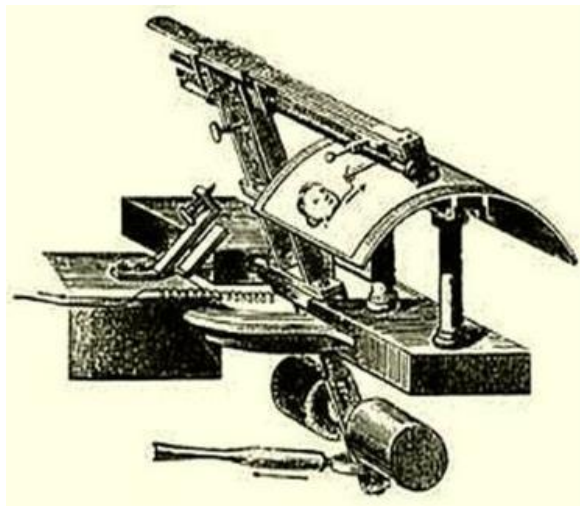


Міністерство освіти і науки України
Чернівецький національний університет
імені Юрія Федьковича

Конспект лекцій з навчальної дисципліни
**“Оптико-електронні системи в поліграфії та
мультимедіа індустрії”**
для студентів спеціальності «Видавництво та
поліграфія» відділу Інфокомунікацій та інженерії



Чернівці
Чернівецький національний університет
імені Юрія Федьковича
2021

Міністерство освіти і науки України
Чернівецький національний університет
імені Юрія Федьковича

**Конспект лекцій з навчальної дисципліни
Оптико-електронні системи в поліграфії та
мультимедіа індустрії”**
для студентів спеціальності «Видавництво та поліграфія»
відділу Інфокомунікацій та інженерії

*Ухвалено Методичною радою відділу
Інфокомунікацій та інженерії
(протокол № 10 від 29. 05. 2021 р.)*

Чернівці
Чернівецький національний університет
імені Юрія Федьковича
2021

Конспект лекцій з навчальної дисципліни «Оптико-електронні системи в поліграфії та мультимедіа індустрії» для студентів всіх форм навчання спеціальності «Видавництво та поліграфія» відділу Інфокомунікацій та інженерії. / Уклад.: О.Д. Архелюк – Чернівці.: ЧНУ імені Юрія Федьковича 2021. – 61 с.

Навчальне видання

Конспект лекцій з навчальної дисципліни
**ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ В ПОЛІГРАФІЇ
ТА МУЛЬТИМЕДІА ІНДУСТРІЇ**

Укладачі: *Архелюк Олександр Дмитрович, канд. фіз.-мат. наук, доц.*

В курсі лекцій з «Оптико-електронних систем в поліграфії та мультимедіа індустрії», описані оптичні приймачі та джерела світла, оптичні середовища, оптико-електронні системи зберігання інформації, ввідні пристрої, вивідні пристрої, систем контролю та управління, які застосовуються в поліграфії та ММІ. Описані також нові технології, засновані на досягнення електроніки, і зокрема оптоелектроніки, які активно розвиваються у всіх поліграфічних процесах - від отримання оригіналу до обробки тиражної продукції.

Відповідальний редактор

Максимяк Петро Петрович, докт. фіз.-мат. наук, професор.

Зміст

1. Вступ	3
2. Фотоприймачі	11
2.1. Фоторезистори	11
2.2. Фотодіоди	13
2.3. Фотоелементи	13
2.4. Фототранзистори	14
2.5. Фототиристоры	14
2.6. Фотоелектронні помножувачі	15
2.7. Відікони	16
2.8. Сканістори	18
2.9. Фотодіодного лінійки і матриці	19
2.10. Прилади з зарядовим зв'язком	20
3. Оптоелектронні джерела випромінювання	22
3.1. Випромінюючі діоди	22
3.2. Лазери	26
3.3. Монітори	30
4. Оптопары і трансоптери	32
4.1. Резисторні оптопары	33
4.2. Діодні оптопары	34
4.3. Транзисторні оптопары	35
4.4. Тиристорні оптопары	36
5. Оптичні середовища і ефекти в них	37
5.1. Світловоди	37
5.2. Оптично активні середовища	39
5.3. Ефекти відхилення променя в оптичних середовищах	43
5.4. Рідкі кристали	44
5.5. Середовища, що розрізняють колір	47
6. Перетворювачі лінійних та кутових переміщень	50
6.1. Перетворювачі лінійних переміщень	51
6.2. Перетворювачі кутових переміщень	53

7. Волоконно-оптичні світловоди, кабелі, лінії зв'язку	57
8. Прилади й пристрої зберігання інформації	59
8.1. Оптичні диски з постійною сигналограммою	60
8.2. Оптичні диски однократного запису	61
8.3. Реверсивні оптичні диски	62
9. Індикатори, екрани, дисплеї	63
9.1. Індикатори	64
9.2. Екрани та дисплеї	65
10. Оптико-електронні компоненти ввідних пристроїв	70
10.1. Барабанні сканери	71
10.2. Планшетні сканери	73
10.3. Слайд-сканери	74
10.4. Листові сканери	74
10.5. Ручні сканери	75
10.6. Пристрої ручного введення	75
11. Оптикоелектронні компоненти вивідних пристроїв	78
11.1. Вивід на цифровий друк (комп'ютер-друк)	78
11.2. Вивід на фотоплівку (комп'ютер-плівка)	80
11.3. Вивід на друковану форму (комп'ютер-пластини)	81
12. Оптикоелектронні компоненти систем контролю та управління	84
12.1. Системи лабораторного контролю	85
12.2. Системи вибіркового виробничого контролю	85
12.3. Системи машинного контролю	87
12.4. Системи регулювання та управління	93
Контрольні питання до курсу	96
Список рекомендованої літератури	98

1. Вступ

Описано курс лекцій з оптико-електронних систем в поліграфії та мультимедіа індустрії. Наведено теоретичні відомості і описано методичні рекомендації по проведенню лекцій.

Матеріал викладено за принципом проблемного навчання, згідно з яким основна увага приділяється розв'язанню задач. Такий підхід забезпечує активне засвоєння теоретичного матеріалу і сприяє розвитку творчих здібностей майбутніх фахівців.

Оптоелектроніка - розділ електроніки, що охоплює ефекти взаємодії оптичного випромінювання з електронами в речовинах (головним чином у твердих тілах) і методи створення приладів і пристроїв, що використовують ці ефекти для отримання, перетворення, передачі, зберігання і відображення інформації).

Як самостійний розділ науки і техніки оптоелектроніка почала формуватися в 60-х роках ХХ століття, коли з'явилися перші лазери і випромінюють діоди - прилади, достатньою мірою пов'язані як з електронікою, так і з оптикою, але що володіють унікальними технічними характеристиками, відмінними від параметрів інших випромінювачів. Очевидно, що до цієї прикордонної області правомірно було віднести і більшість вже відомих фотоприймачів - фотоспротивлений, фотодіодів, фотоелементів і т.д. В наступне десятиліття були створені перші зразки нових приладів оптоелектроніки, таких, як рідкокристалічні індикатори (1966-1968); основний тип багатоелементного фотоприймача - прилад із зарядовим зв'язком (1969); оптичні пристрої (1966-1967). Ідея створення волоконно-оптичних світлопроводов виникла в 1966 р., а її практична реалізація почалася з 1970 р. До цього ж часу відноситься зародження технологій мікромініатюризації елементів і пристроїв оптоелектроніки, що поклали початок інтегральній оптиці.

Все нове зароджується в надрах старого, і в цьому сенсі оптоелектроніка не є винятком. Її витoki можна знайти в дослідженнях нідерландського вченого Християна Гюйгенса (Huygens) (1629-1695), який опублікував в 1690 році роботу з хвильової теорії світла; у фундаментальній праці "Оптика" (1704) всевітньо відомого англійського вченого Ісаака Ньютона (Newton) (1643-1727), який відкрив дисперсію світла, який розвивав корпускулярну теорію світла, який висловив гіпотезу, сочедавшу корпускулярні і хвильові уявлення про світлі, який визначив склад білого світла на основі розкладу за допомогою призми сонячного променя на світло спектральних кольорів; у працях першого російського вченого-натураліста світового значення Михайла Васильовича Ломоносова (1711-1765), що висунув вчення про кольорі, що створив ряд оптичних приладів; на роботах одного з перших російських електротехніків Василя Володимировича Петрова (1761-1834), який відкрив електричну дугу (1802), дослідив електропровідність речовин, люмінесценцію; у дослідженнях французького фізика Етьєна Луї Малюса (Malus) (1775-1812), який відкрив поляризацію і встановив залежність (закон Малюса) інтенсивності лінійно

поляризованого світла, що проходить через аналізатор, від кута між площинами поляризації світла і приладу (1810).

Основні фізичні ефекти, що використовуються в оптоелектроніці, були відкриті в другій половині XIX - початку XX століття. Творець вчення про електромагнітне поле, англійський фізик Майкл Фарадей (Фарадей) (1791-1867) розкрив зв'язку між електрикою і магнетизмом, магнетизмом і світлом; відкрив ефект обертання площини поляризації світла в магнітному полі (ефект Фарадея). Ідею електромагнітної природи світла висунув англійський фізик Джеймс Клерк Максвелл (Maxwell) (1831-1879), а німецький фізик Генріх Рудольф Герц (Hertz) (1857-1894) підтвердив експериментально тотожність основних властивостей електромагнітних і світлових хвиль, відкрив зовнішній фотоэффект (1887).

Дещо раніше (1873) внутрішній фотоэффект (а точніше фотопровідність) в речовинах відкрив У. Сміт. Винахідник телефону (1875) професор університету Бостона (США) Олександр Белл (Bell) (1847-1922) у 1880 р. запропонував, вочевидь, перший оптоелектронний апарат - фотофон, прилад для передачі на відстань звуків за допомогою світла, заснований на властивості фотопровідності селену, яка змінювалася під дією світлових променів, що відображаються вібруючим від звуку дзеркалом (перший "акустооптический" модулятор?).

Відкриття фотопровідності послужило поштовхом і, можливо, першої пропозиції оптоелектронного приладу для поліграфії. В 1883 р. фірма Bain Electric Company (Чикаго, США) отримала патент на апарат, який, користуючись сучасними термінами, можна назвати першим оптоелектронним планшетним сканером-плейтсеттером : у запропонованому пристрої оригінал сканувався світловим променем (рис. 1.1), перетворюваним з допомогою селенового фотоелемента в електричний сигнал управління електромагнітним механізмом, що впливають на різець для гравіювання друкованих форм. Багато пізніше (в 1950-х роках) ця ідея знайшла реалізацію у вітчизняних електронно-гравірувальних апаратах (ЕГО), які випускалися в різних модифікаціях аж до останніх років.

Засновник фізичної лабораторії Московського університету Олександр Григорович Столетов (1839-1896) створив (1886) експериментальний зразок вакуумного фотоелемента, відкрив (1888) перший закон фотоэффекту (закон Стоп, що встановив зв'язок між світловим потоком і фототоком приймача випромінювання. У тому ж 1888 р. австрійським ученим-ботаніком Ф. Рейницером було виявлено рідкокристалічне стан у деяких органічних речовин (як було сказано вище, активне використання рідких кристалів почалося лише через 80 років). Можливість поширення світла по криволінійній траєкторії завдяки ефекту повного внутрішнього відбиття була продемонстрована ще в 1870 р. англійською фізиком Джоном Тиндалем (Tyndall) (1820-1893), але лише через століття цей ефект почав активно використовуватися в волоконних світловодах. Ще один фізичний феномен - пьезоэффект, широко використовуваний зараз в оптоелектроніці (а також у багатьох інших галузях науки і техніки), був відкритий в 1880 р. майбутнім

нобелівським лауреатом (1903) французьким фізиком П'єром Кюрі (Curie) (1859-1906).

Німецький фізик Макс Планк (Planck) (1858-1947), також удостоєний згодом Нобелівської премії (1918), основоположник квантової теорії, ввів в 1900 р. поняття кванта дії (постійна Планка, що зв'язує частоту випромінювання з його енергією). Всесвітньо відомий фізик Альберт Ейнштейн (Einstein) (1879-1955) ввів в 1905 р. поняття фотона, встановив закони фотоэффекту, за що був удостоєний Нобелівської премії (1921). У 1917 р. Ейнштейн зробив важливе відкриття. Теоретично розглядаючи електронні переходи в атомах при генерації світла, він встановив, що можливий процес вимушеного (індукованого) випромінювання, тобто посиленого створення світлу активної середовищем. Нашими співвітчизниками О.М. Прохоровим і П.Р. Басовим (і незалежно від них в США ГОД. Таунсом, Дж. Гордоном і Х. Цайгером) цей процес був реалізований в 1954 р. в винайдений ними молекулярному генераторі (мазері), який працював в радіочастотний діапазоні (на довжині хвилі 1,24 см). За це відкриття Чарльз Хард Таунс (Townes), Олександр Михайлович Прохоров і Микола Геннадійович Басів були удостоєні Нобелівської премії (1964).

З точки зору оптоелектроніки поліграфічну продукцію можна вважати візуалізованою інформацією, і не випадково багато досягнення оптоелектроніки знайшли застосування в поліграфії, а цілий спектр оптоелектронних систем і пристроїв з'явився в першу чергу для видавництва і друкарень.

В додрукарських процесах, друкованому та опоряджувальному виробництвах широко використовуються оптоелектронні компоненти й системи, що в свою чергу впливає на формування нових технологій поліграфічного репродукування. У зв'язку з цим стає очевидною необхідність знайомства майбутніх поліграфістів з оптоелектронними елементами, приладами та пристроями, їх застосуванням в поліграфії.

Все різноманіття оптоелектронних елементів підрозділяють на наступні групи виробів: джерела та приймачі випромінювання, індикатори, елементи оптики і світловоди, а також оптичні середовища, що дозволяють створювати елементи управління, відображення і запам'ятовування інформації. Відомо, що будь-яка систематизація не може бути вичерпним, але, як правильно відзначив наш співвітчизник, який відкрив у 1869 р. періодичний закон хімічних елементів, Дмитро Іванович Менделєєв (1834-1907), наука починається там, де з'являється рахунок, тобто оцінка, порівняння, класифікація, виявлення закономірностей, визначення критеріїв, загальних ознак. Враховуючи це, перш ніж приступити до опису конкретних елементів, треба хоча б у загальних рисах дати відмінну характеристику оптоелектронних виробів.

Як було сказано вище, головною відмінною ознакою оптоелектроніки є зв'язок з інформацією. Приміром, якщо в якийсь установці для загартування сталевих валів використовується лазерне випромінювання, то навряд чи закономірно відносити цю установку до оптоелектронних пристроїв.

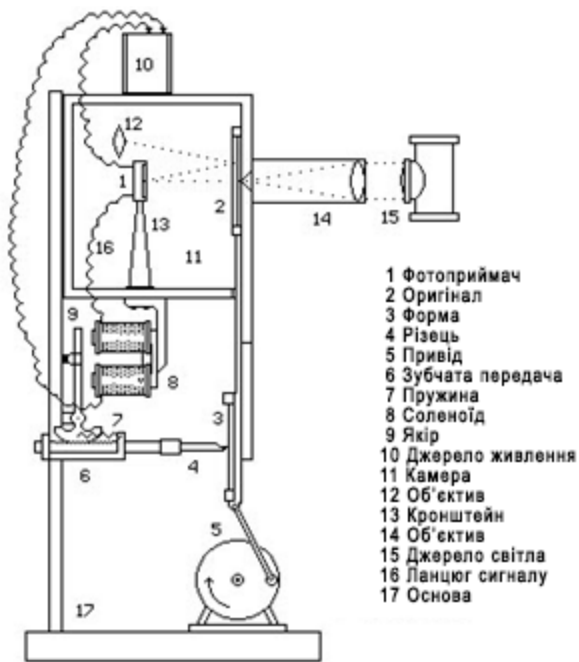
Було також відзначено, що до оптоелектронних відносять зазвичай твердотільні елементи. Але це правило не дуже жорстке, так як в окремих виданнях по оптоелектроніці докладно розглядається робота фотопомножувачів і електронно-променевих трубок (вони відносяться до типу електровакуумних приладів), газових лазерів та інших пристроїв, які не є твердотільними. Проте в поліграфії згадані пристрої широко використовують нарівні з твердотільними (у тому числі і напівпровідниковими), вирішуючи схожі завдання, тому в даному випадку вони мають повне право на розгляд.

Слід згадати про ще трьох відмітні риси, які, на думку відомого фахівця в області оптоелектроніки Юрія Романовича Носова, характеризують її як науково-технічний напрямок.

1. Фізичну основу оптоелектроніки складають явища, методи, засоби, для яких принципові поєднання і нерозривність оптичних і електронних процесів. У широкому сенсі оптоелектронне пристрій визначається як прилад, чутливий до електромагнітного випромінювання у видимій, інфрачервоного (ІЧ) або ультрафіолетового (УФ) областях, або прилад, що випромінює і перетворює некогерентне або когерентне випромінювання в цих же спектральних областях.

2. Технічну базу оптоелектроніки визначають конструктивно-технологічні концепції сучасної мікроелектроніки: мініатюризація елементів; бажане розвиток твердотільних площинних конструкцій; інтеграція елементів і функцій.

3. Функціональне призначення оптоелектроніки полягає у вирішенні завдань інформатики: генерації (формування) інформації шляхом перетворення різних зовнішніх впливів у відповідні електричні й оптичні сигнали; перенесення інформації; переробки (перетворення) інформації по заданому алгоритму; зберіганні інформації, що включає такі процеси, як запис, власне зберігання, неруйнівного зчитування, стирання; відображення інформації, тобто перетворення вихідних сигналів інформаційної системи до сприймається людиною увазі.



- 1 Фотоприймач
- 2 Оригінал
- 3 Форма
- 4 Різець
- 5 Привід
- 6 зубчата передача
- 7 Пружина
- 8 Соленоїд
- 9 Якір
- 10 Джерело живлення
- 11 Камера
- 12 Об'єктив
- 13 Кронштейн
- 14 Об'єктив
- 15 Джерело світла
- 16 Ланцюг сигналу
- 17 Основа

Рис. 1.1. Схема будови першого оптико-електронного пристрою для поліграфії (сканер) по патенту, який виданий фірмі Bain Electric Company (США) в 1883 році



Рис. 1.2. Схема енергетичних зон для різних матеріалів

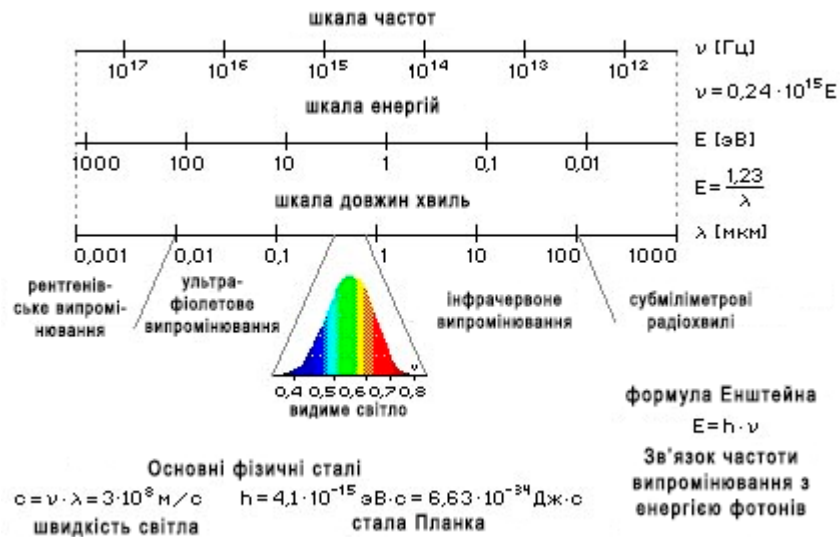


Рис. 1.3. Оптичний діапазон

2. Фотоприймачі

Фотоприймач призначений для перетворення світлового випромінювання в електричні сигнали. Як фотоприймачі можуть бути використані фоторезистори, фотодіоди, фототранзистори, фототиристри, фотопомножувачі та інші елементи.

2.1. Фоторезистори

Фоторезистор - напівпровідниковий елемент, що змінює свій електричний опір під дією зовнішнього випромінювання. Його принцип дії заснований на внутрішньому фотоелекті в напівпровідниках. Фоторезистор являє собою шар (або плівку) напівпровідникового матеріалу на підкладці (або без неї) з нанесеними на нього електродами, за допомогою яких прилад підключається до електричного ланцюга (рис. 2.1). Під дією потоку випромінювання, що падає на робочу поверхню фоторезистора, його внутрішній опір зменшується внаслідок генерації пар вільних носіїв заряду (електронів і дірок), за рахунок чого збільшується електропровідність напівпровідника.

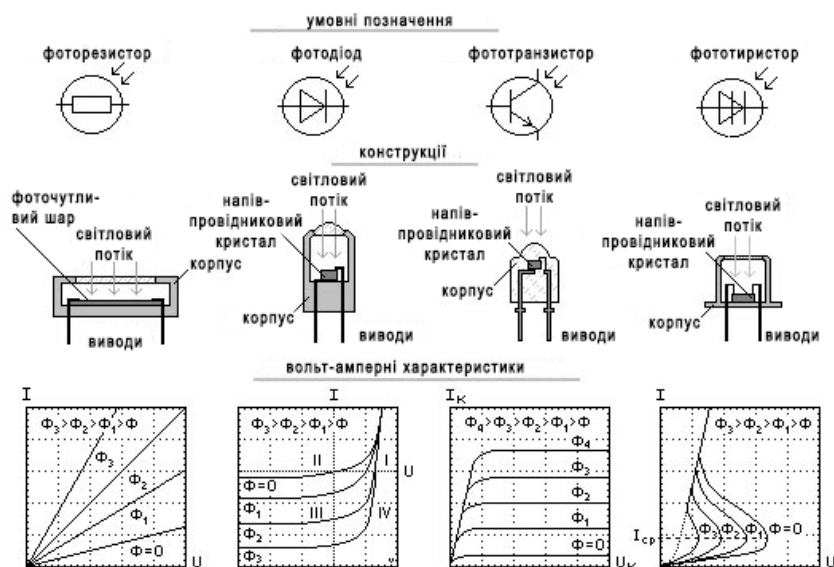


Рис. 2.1. Позначення, конструкції і характеристики напівпровідникових фотоприймачів

Як фоточутливий матеріал у фоторезисторах широкого застосування набули сульфідів і селенідів кадмію та свинцю (CdS, PbS, CdSe, PbSe). Матеріали на основі кадмію чутливі до випромінювання у видимій та ближній інфрачервоній областях, а на основі свинцю - на довжинах хвиль 1-5 мкм. Світлова характеристика фоторезистора $I(\Phi)$ лінійна при невеликих світлових потоках, що відповідає закону Столетова, згідно якого число електронів, звільнених світлом за 1 с (тобто струм), прямо пропорційно світловому потоку при незмінному його спектральному складі:

$$I = S\Phi,$$

де I - фотострум, Φ - світловий потік, S - коефіцієнт пропорційності, який називається чутливістю фотоприймача.

Фоторезистор поводить як омичний опір, тобто його опір не залежить ні від прикладеної напруги, ні від його знака.

При малих значеннях освітленості опір фоторезистора істотно залежить від температури. Настільки ж помітним недоліком фоторезисторів при малих освітленостях є інерційність - при освітленості менше 1 лк, час встановлення нового значення може становити кілька секунд.

Перевагою фоторезисторів є висока чутливість, порівнянна з чутливістю фотопомножувача. До позитивних характеристик фоторезистора слід віднести можливість створення робочих поверхонь приймача різної площі і протяжності, що дозволяє використовувати їх як елемент управління досить значними струмами і в якості датчиків переміщень об'єктів контролю в діапазоні кількох міліметрів (наприклад, в системах стеження за положенням краю паперового полотна в рулонних друкованих машинах).

2.2. Фотодіоди

Фотодіод - фоточутливий напівпровідниковий діод з р-п-переходом (між двома типами напівпровідника або між напівпровідником і металом). При висвітленні р-п-переходу в ньому виникають електронно-діркові пари.

Напрямок струму носіїв співпадає з напрямком зворотного струму переходу (див. рис. 2.1), тобто із зростанням освітленості зростає зворотний струм фотодіода.

Фотодіод може працювати в двох режимах - фотодіодному і фотогенераторному. У фотодіодного режимі прилад підключається до джерела живлення, при цьому на анод повинен подаватися «-», а на катод «+». Цьому режиму відповідають залежності в III квадранті вольт-амперної характеристики. Залежності, наведені в IV квадранті, відображають фотогенераторний режим роботи, коли фотодіод може використовуватися без джерела живлення, так як сам стає джерелом фотоерс, генеруючи (під дією світла) носії зарядів - вільні електрони. Завдяки цьому фотодіод придатний для отримання електроенергії (один фотодіод здатний генерувати напругу в діапазоні 0 - 0,4 В в залежності від струму навантаження, як правило, мікроамперного).

Матеріалом для виготовлення фотодіодів часто служать германій і кремній. Спектральна чутливість германієвих фотодіодів знаходиться в діапазоні 0,5-1,7 мкм (з максимумом на довжині хвилі 1,2 - 1,65 мкм), а кремнієвих - між 0,6 - 1 мкм (максимум на довжині хвилі 0,8 - 0,95 мкм). Фотодіоди володіють великим швидкодією (особливо в фотодіодному режимі), ніж фотоопори - вони зазвичай здатні реагувати на сигнали частотою до 10 МГц. Фотодіоди з р-і-п -переходом (введення області я підвищує швидкодію) здатні працювати з високочастотними сигналами близько 1 ГГц.

Завдяки простоті і мініатюрності конструкції, широкому спектру чутливості, високій швидкодії, можливості автономного (власного) харчування та варіантності схем включення фотодіоди знайшли широке промислове застосування (у тому числі і в поліграфічному обладнанні) в якості датчиків положення, рахунки продукції, світлових бар'єрів, високочастотних перетворювачів світлових сигналів в електричні (в оптичних лініях зв'язку) і т.п.

2.3. Фотоелементи

Фотоелемент - напівпровідниковий фотодіод, оптимізований для прямого перетворення випромінювання Сонця в електричну енергію. Для їх позначення часто використовуються також терміни «сонячні елементи», «сонячні батареї». Сонячні елементи працюють тільки в фотогенераторном режимі, функціонально виступаючи в якості електричних джерел живлення. Робочий майданчик окремого фотоелемента може досягати площі в кілька квадратних сантиметрів, а безліч фотоелементів, об'єднаних в батареї або панелі, можуть мати (як, наприклад, на космічних станціях) площа, що вимірюється в квадратних метрах, виробляти напругу в десятки вольт і давати струм в сотні ампер. Загальновідомо застосування фотоелементів в якості датчиків освітленості в люксометрах і експонетрах (для фотоапаратів, копіювальних рам і т.п.).

Часто в якості базового фоточутливого матеріалу в фотоелементах використовується селен або кремній.

2.4. Фототранзистори

Фототранзистори є тип дискретних оптоелектронних фотоприймачів, найбільш характерними рисами якого є наявність механізму вбудованого посилення (звідси висока фоточутливість) і схемотехнічних гнучкість, обумовлена наявністю третього (правда, не завжди виводиться), керуючого електрода. У схемах заміщення фототранзистор розглядається як транзистор з фотодиодом, включеним між базовою (анодом до бази) і колектором цього транзистора (як правило, типу n-p-n). Струм згаданого фотодіода є базовим струмом транзистора і управляє струмом його колектора.

Рішення про те, чи потрібно підключати до схеми (в якій використовується фототранзистор) базовий електрод або залишити його непідключеним, залежить від обраної схеми. Фототранзистори, у яких базовий електрод взагалі не виведений, іноді називають подвійним фотодиодом.

Чутливість фототранзистор значно вище, ніж у фотодіода, за рахунок внутрішнього посилення (коефіцієнт посилення K_u зазвичай дорівнює 50-200). Ще більше посилення може бути отримано в складеному фототранзисторі ($K_u = 1000 - 10000$). У той же час фототранзисторами властива помітна інерційність, що обмежує область їх застосування в основному пристроями автоматики і управління силовими ланцюгами.

Спектральна чутливість у фототранзисторів така ж, як у відповідних світлодіодів. Область застосування фототранзисторів схожа з областю застосування фотодіодів, з урахуванням їх меншої швидкодії і більшого коефіцієнта передачі, наприклад, при слабких світлових сигналах, при великих (в порівнянні з фотодиодом) відстанях між джерелом світла і фотоприймачем.

2.5. Фототиристри

Фототиристор - це тристор, який включається впливом світлового потоку. При висвітленні фототиристора в напівпровіднику генеруються носії заряду обох знаків (електрони і дірки), що призводить до збільшення струму через тристор на величину фотоструму.

Фототиристор має чотиришарову p-n-p-n -структуру, яку, як і в звичайному тристорі, можна представити у вигляді комбінації двох транзисторів, які мають позитивний зворотний зв'язок по струму. Перехід фототиристора під дією світлового сигналу із закритого стану у відкрите здійснюється при досягненні рівня струму спрацьовування I_{cp} стрибком після подолання певного потенційного бар'єру (див. ВАХ фототиристора на рис. 2.1).

Основна перевага фототиристорів - здатність перемикати значні струми і напруги слабкими світловими сигналами - використовується в пристроях «силової» оптоелектроніки, таких як системи управління виконавчими механізмами, випрямлячами і перетворювачами. Як і фототранзистори, фототиристри часто застосовуються спільно з підібраними за характеристиками випромінювачами, у вигляді оптопар.

2.6. Фотоелектронні помножувачі

Фотоелектронний помножувач (ФЕП) - це підсилювач слабких фотострумів, дія якого заснована на вторинній електронній емісії. ФЕП винайшов російський фізик Леонід Олександрович Кубецький (1906-1959), який в 1930-1934 рр. розробив фотопомножувач для реєстрації слабких електромагнітних випромінювань оптичного діапазону.

Конструктивно ФЕП являє собою скляний балон з торцевим або бічним робочим вікном (на рис 2,2 представлений торцевий варіант) і розташованими всередині балона електродами: катодом, низкою дінодов і анодом. За катодом, як правило, розташовується фокусуючий електрод.

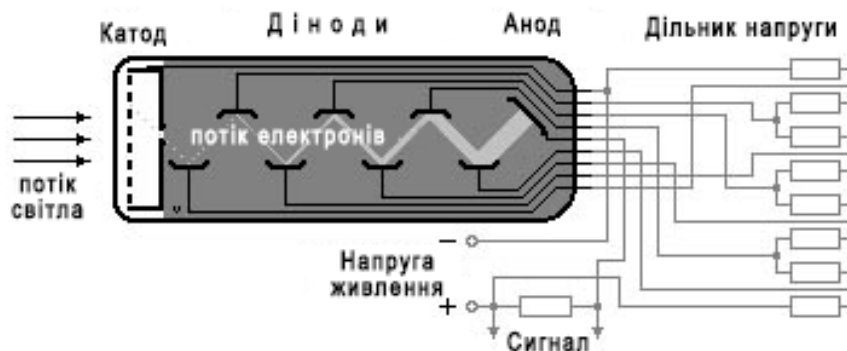


Рис. 2.2. Схема фотоелектронного помножувача

Вимірюваний потік світла через робоче вікно потрапляє на катод, вибиваючи з нього електрони (зовнішній фотоэффект). Згідно з основним законом фотоэффекту фотострум, що виникає в фотоелементі під дією світла, прямо пропорційний падаючого на нього світлового потоку. Особливість ФЕП як фотоприймача полягає в тому, що завдяки системі дінодів коефіцієнт пропорційності вдається підняти в мільйони разів (до восьми порядків). Для цього на ФЕП подається напруга від високовольтного джерела (в залежності від кількості дінодов - від 500 до 1500 В), причому дільник напруги розподіляє потенціали між електродами рівномірно, орієнтовно по 100 В на каскад. Вилітають з катода електрони під дією різниці потенціалів між катодом і найближчим до нього дінодом притягуються до останнього. Цьому процесу сприяє і фокусуючий електрод, що концентрує потік електронів саме в цьому напрямку.

Диноди виготовлені з матеріалів, що володіють високим коефіцієнтом вторинної емісії, так що потік електронів від дінодов до дінодов зростає багаторазово і з опору навантаження в анодному ланцюзі ФЕП протікає посилений струм, значення якого пропорційно потоку світла, який впав на катод.

Особливості конструкції (великі відстані між електродами) зумовлюють надзвичайно високий внутрішній опір ФЕП в темновій режимі і, отже, зникаюче малі темнова струми (шуми) - на рівні наноампер. Тому ФЕП здатний реагувати на найслабші світлові сигнали, аж до одиничних фотонів. Ця обставина і дає при високій інтегральній анодній чутливості ($1 \text{ А} / \text{лм} \cdot \text{м}^2$)

вище), широкий динамічний діапазон (визначається відношенням максимального і мінімального сигналів) - понад 10000.

Спектральний діапазон ФЕП для поліграфічних цілей також бездоганний, так як перевищує весь видимий (0,38-0,78 мкм) спектр світлових хвиль і захоплює як інфрачервону, так і ультрафіолетову зони (наприклад, сурм'яно-цезієвий фотокатода типу Sb-K-Na- Cs мають область спектральної чутливості в діапазоні довжин хвиль 0,3-0,8 мкм).

Як відомо, недоліки є продовженням достоїнств. ФЕП не є виключенням з цього правила. Висока чутливість висуває дуже жорсткі вимоги до стабільності умов вимірювання, у тому числі і до стабільності напруги живлення. Виконати ці вимоги складно, враховуючи, що харчування ФЕП високовольтне. До того ж високовольтної фотоприймача вимагає додаткових заходів з узгодження сигналу ФЕП з низьковольтними напівпровідниковими елементами наступних перетворювачів.

Володіючи безсумнівними достоїнствами (багатоелементного сприйняття зображення, швидкодія), відікони зберігають недоліки, властиві вакуумним електронно-променевим приладам: об'ємність, а отже і нетехнологічність виготовлення (в порівнянні з площинними), високовольтне живлення з усіма наслідками (див. ФЕП). Бажання звільнитися від цих недоліків, призвело розробників, конструкторів і технологів виробництва електронно-оптичних приладів до створення матричних фотоприймачів, до яких відносяться сканістори, фотодіодні матриці, фоточутливі прилади із зарядним зв'язком.

2.7. Відікони

На відміну від розглянутих вище фотоприймачів, як би точкового типу (чи дискретних, від discrete - розглядати окремо, розчленовано), існують фотоприймачі, які здатні сприймати усе зображення цілком з усіма його перепадами яркостей (чи светлот), кольорів, півтонів. До таких приймачів відноситься великий клас приладів, розроблених для телебачення, але що представляють інтерес в даному випадку як природний (і історичний) місток між вакуумними приладами (типу ФЕП) і твердотілими матричними приймачами (типу приладів із зарядовим зв'язком). У телебаченні ці прилади називають передавальними трубками.

Ідея створення передавальної трубки з мішенню, що фотопроводить, належить російському електротехнікові Олександру Олексійовичу Чернишеву (1882-1940), який висловив її в 1925 р. Проте перші експлуатаційні зразки таких трубок з'явилися лише в 1950 р., після того, як були розроблені напівпровідникові шари, що міняють свою електропровідність під дією світла. Прикладом такої передавальної трубки є відікон (рис. 2.3).

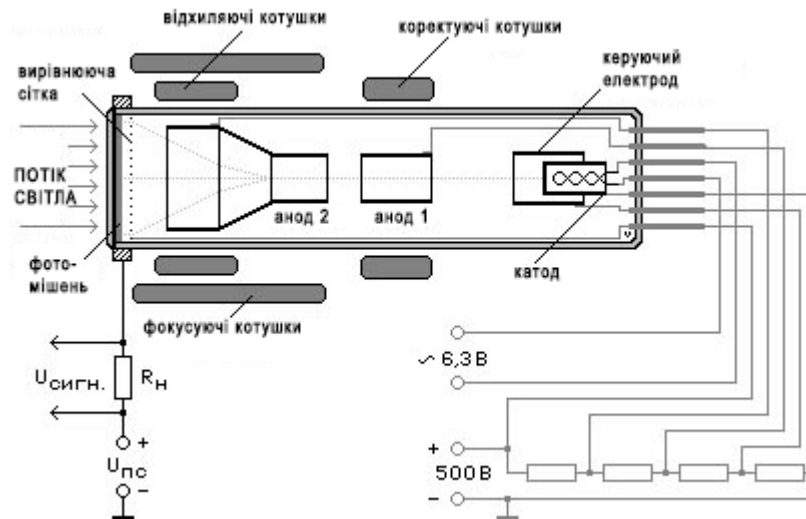


Рис. 2.3. Схема відикона

Відикон - електронно-променевий прилад з фотопровідною мішенню, що перетворює оптичне зображення в електричний сигнал. В якості фотопровідного шару, що має внутрішній фотоэффект, використовуються кремній, окисел свинцю, селенід кадмію та ін. Часто найменування приладу пов'язане з хімічним складом шару, що фотопроводить; наприклад, відикон з шаром, що фотопроводить, на основі кремнію (Si) названий кремніконом, на основі свинцю (Pb) - плюмбіконом, на основі кадмію (Cd) - кадміконом. Основними елементами відикона є фотомішень і електронний прожектор. Фотомішень є скляною пластиною, закріпленою в торці передавальної трубки, на яку нанесений тонкий прозорий для світла (прозорість більше 90%) шар золота, платини або іншого провідника, поверх якого випаром у вакуумі напилений фотошар завтовшки 1-3 мкм із згаданих вище матеріалів на підставі Si (у разі кремнікона) або іншого напівпровідника.

Виведенням сигнальної пластини служить металеве кільце, що електрично контактує з шаром провідної пластини. У неосвітленому стані фотошар має дуже високий опір (близько 1000 ГОм/см) отже дві його сторони (одна з яких контактує з прозорим шаром, що проводить, і звернена до об'єкту зйомки, а друга "сканується" електронним променем прожектора і обернена всередину трубки) утворюють як би панель (матрицю) мініатюрних конденсаторів площа обкладання кожного з яких визначається діаметром електронного променя, що пробігає за цикл опитування (кадр) відрядкові усі елементи (конденсатори) фотомішені. Якщо елемент фотомішені освітлений, то його опір падає приблизно в 100 разів, і елементарний конденсатор будучи раніше зарядженим, за час між опитуваннями може розряджатися до рівня напруги, залежної від міри освітленості.

Електронний промінь у відиконі одночасно виконує роль розгортаючого елементу і комутатора ланцюга заряду кожного елементу мішені. Діаметр променя визначає роздільну здатність мішені. При розмірі мішені 9,5×12,5 мм і діаметрі променя близько 15 мкм площа мішені як би розкладається на 527300 (633×833) елементарних фотоприймачів, що цілком достатньо для

передачі високоякісного телевізійного зображення. Пучок електронів що випускається підігрітим катодом і направляється до мішені системою електродів (керівників, першого і другого анодів, вирівнюючої сітки) і електромагнітних сил котушок, що коригують і фокусуючих, замикає ланцюг між катодом і "обкладанням" елементарного конденсатора дозаряджаючи останній до потенціалу катода. Струм заряду, пропорційний різниці потенціалів катода і "обкладки" (яка, у свою чергу, пропорційна світловому потоку, що падає на елемент), протікає по опорі навантаження R_n , створює вихідний сигнал U_c .

Мішені видиконів відрізняються великою різноманітністю, але можуть бути поділені на фоторезистивні і фотодіодні. У фоторезистивних мішенях процес розряду визначається опором фотопровідного шару. У фотодіодних мішенях розряд визначається ще і властивостями р-п -перехода напівпровідникового матеріалу, що забезпечує кращий розподіл світлових носіїв, велику лінійність світлової характеристики, безінерційність і високу чутливість. Зокрема мішень кремнію є фотодіодною матрицею з мозаїкою р-п -переходів (більше 1000000 переходів)

Маючи безперечні достоїнства (багатоелементність сприйняття зображення, швидкодія), видикони зберігають недоліки, властиві вакуумним електронно-променевим приладам: об'ємність, а отже і нетехнологічність виготовлення (в порівнянні з площинними) високовольтне живлення з усіма наслідками. Бажання звільнитися від цих недоліків, зберігши достоїнства, привело розробників, конструкторів і технологів виробництва електронно-оптичних приладів до створення матричних фотоприймачів, до яких відносяться сканістори, фотодіодні матриці, фоточутливі прилади із зарядовим зв'язком.

2.8. Сканістори

Сканістор (від слів скану [вання] і [транзи] стор) являє собою напівпровідниковий перетворювач просторового розподілу світлового потоку в адекватну йому послідовність електричних сигналів (відеосигнал). Сканістор вважається твердотілим аналогом передавального електронно-променевого приладу, заснованим на внутрішньому фотоефекті. Перетворює світлочутливим елементом сканістора є транзисторна структура р-н-р-або п-р-п-типу. В якості вихідного напівпровідникового матеріалу транзисторної структури зазвичай використовують кремній. Відмінними рисами сканістора є висока швидкодія, надійність в експлуатації, тривалий термін служби, малі габаритні розміри і маса.

Еквівалентну схему транзисторної структури сканістора можна представити у вигляді досить великого числа фотодіодів і вентильних діодів, з'єднаних попарно і включених навстремління сусідніх діодних ланцюжків. До низькоомної емітерної області прикладається пікоподібна напруга розгортки, яка послідовно відкриває вентильні діоди, здійснюючи таким чином сканування (опитування) кожної пари діодів.

При відсутності світлового потоку сигнал на виході ланцюжка фотодіод - вентильний діод дорівнює нулю, оскільки струми витоку фотодіодів і вентильних діодів однакові за значенням, але протилежні за напрямком. При впливі на сканістор світлового потоку в фотодіодах виникають фотоструми, які підсумовуються і створюють ступінчастий вихідний сигнал, величина кожного ступеня якого пропорційна світловому потоку, що падає на відповідний діод. Диференціальний підсилювач сканістора перетворює ступінчастий вихідний сигнал у послідовність відеоімпульсів, амплітуда яких також пропорційна світловому потоку (див. діаграми на рис. 2.4).

Розроблено конструкції сканісторів рядкового і матричного типів з однорідним і комірчастим (у вигляді окремих p-n -переходів) растрами. Сканістори застосовують в фототелеграфії, в системах оптичної обробки інформації, а також в колориметрії і спектрофотометрах.

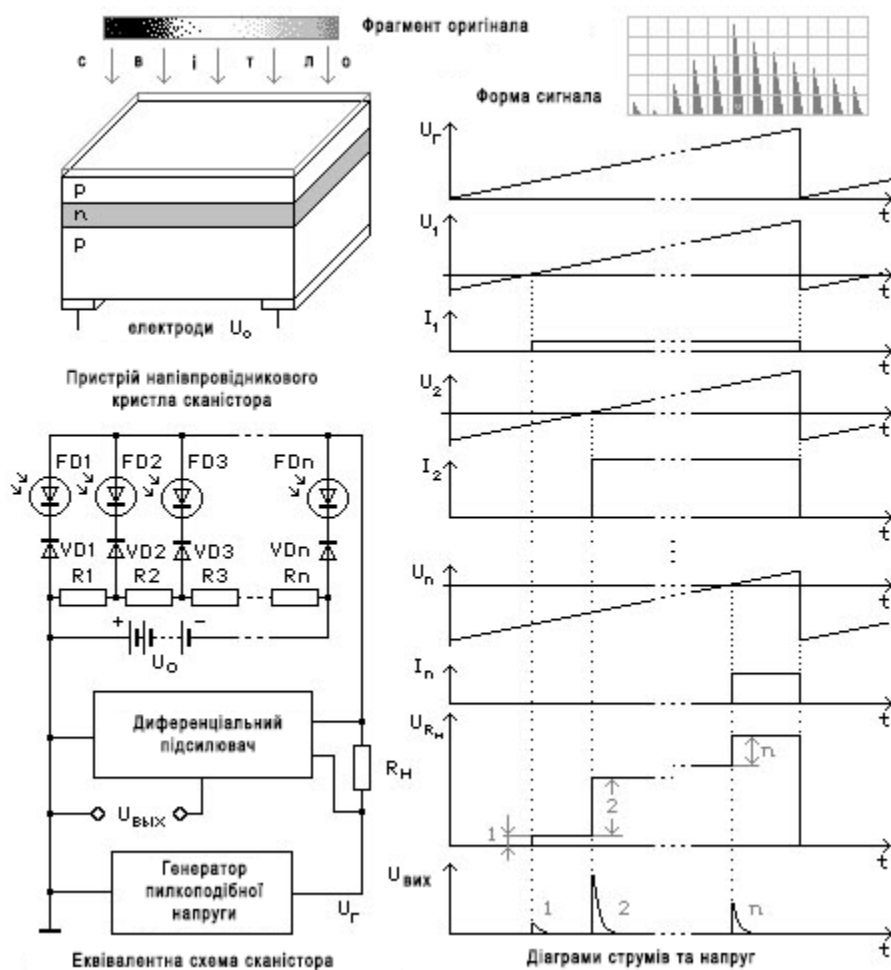


Рис. 2.4. Пристрій, схема та діаграми, які ілюструють роботу сканістора

2.9. Фотодіодного лінійки і матриці

Багатоелементні фотодіодного приймачі призначені для перетворення двовірної (розподіленої за площею) оптичної інформації від зображення в одновірну часову послідовність електричних сигналів. Вони випускаються у вигляді лінійок та матриць. У лінійках фотодіоди розташовані в ряд (рядок,

лінію) з рівномірним невеликим кроком, а матричні представляють собою набір таких лінійок.

Розгортка зображення здійснюється послідовним зчитуванням сигналів кожного з фотодіодів лінійки, а в матричному варіанті - шляхом почергового опитування кожної лінійки (і кожного фотодіода в лінійці). У лінійці одні електроди, наприклад аноди фотодіодів, об'єднані в одну шину (рис. 2,4), а інші, в даному випадку - катоди, виведені на комутатор (наприклад, на транзисторних ключах). Комутатор підключає кожен фотодіод до вимірювальної ланцюга, яка в найпростішому випадку може містити в собі джерело живлення і опір навантаження. В електроніці режим послідовного опитування станів великого числа елементів і передачі їх на один вхід називається мультиплексний (а пристрій, що організує таке опитування, - мультиплексором).

У матричному варіанті фотодіоди підключаються одним електродом до горизонтальної шини (ті ж аноди), а іншим - до вертикальної (катоди). Шини, в свою чергу, також підключені до комутаторів (мультиплексорам), які, як і у випадку з лінійкою, включають послідовно кожен з фотодіодів в вимірювальну ланцюг. У результаті організованого мультиплексування послідовне підключення вертикальних шин утворює розгортку по рядку (лінії, ряду), а перехід з одного горизонтального ряду на наступний - розгортку по кадру. Так, на виході схеми утворюється послідовність імпульсів (відеосигнал), амплітуда яких відповідає освітленості того або іншого елемента матриці.

Фотодіодні лінійки і матриці використовуються в сучасних спектрофотометрах, сканерах і інших пристроях введення оптичної інформації.

2.10. Прилади з зарядовим зв'язком

Фоточутливий прилад із зарядовим зв'язком (ФПЗЗ) - це фотоприймач, що сприймає зображення, що здійснює його розкладання на елементарні фрагменти, поелементне електронне зчитування (сканування) і формування на виході відеосигналу, адекватного зображенню. ФПЗЗ, що є багатоелементних фотоприймачів, випускається в матричному або лінійному вигляді, досягаючи в найсучасніших зразках декількох тисяч елементів для лінійок і декількох мільйонів - для матриць.

Для ФПЗЗ істотна близькість розташування елементів один до одного - відстані між ними вимірюються одиницями мікрометрів, що призводить до часткового перекриття електричних полів сусідніх елементів і до виникнення власне явища переносу заряду з одного елемента в інший (явище зарядовим зв'язку).

Принцип зарядовим зв'язку ілюструється на рис. 2.5. ФПЗЗ являє собою мікросхему на напівпровідниковому кристалі (кремній), поверхня якого покрита шаром (0,1 мкм) діелектрика (окис кремнію), а на цей шар нанесені прозорі електроди (алюміній або полікремній). Розміри електродів вимірюються одиницями мікрометрів, а відстані між ними складають менше

1-2 мкм. Рядок від рядка відокремлюються вузькими областями так званої стоп-канальної дифузії.

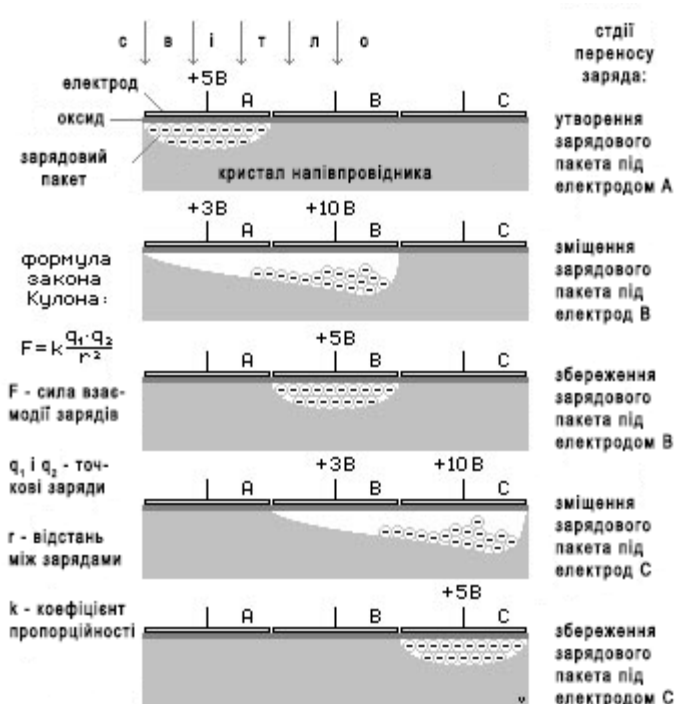


Рис. 2.5. Схема дії ФПЗЗ

Якщо на електрод подати напругу 5-10 В, то під ним, за тонким шаром діелектрика утворюється так звана потенційна яма, так як носії зарядів однойменного (+) з потенціалом електрода знака будуть витіснені в глибину кристала під дією сил, що відштовхують (за законом Кулона) однойменні заряди. При висвітленні цієї ділянки з'явилися в результаті поглинання фотонів вільні електрони будуть накопичуватися (завдяки силам притягання того ж кулонівського закону) під притягає їх електродом в так званий зарядовий пакет. Чим більше світловий потік на даній ділянці, тим більше буде зарядовий пакет. Таким чином, елементарна комірка ФПЗЗ являє собою мініатюрний МОП-конденсатор (аббревіатурою МОП прийнято позначати мікросхеми, виготовлені за технологією метал-окисел-напівпровідник), здатний утримувати заряд, пропорційний падаючому на елемент світловому потоку.

Час зберігання заряду невеликий - 1-100 мс (може змінитися освітленість ділянки, електрони можуть рекомбінувати з дірками або притягнуться іншим електричним полем - «розсмоктатися» і т.п., але при високих частотах опитування ці процеси не встигають реалізуватися).

Внаслідок близькості електродів зарядовий пакет може бути пересунутий під сусідній електрод, якщо потенціал там виявиться вище і, отже, потенційна яма глибше. Чергуючи різниця потенціалів на електродах сусідніх певним чином, можна пересунути сформований під дією світла зарядовий пакет уздовж лінійки або уздовж рядка в матриці і «зняти» його з останнього елемента ряду. Часова послідовність зарядових пакетів, передана за

елементами рядка на її вихід, утворює відеосигнал. У разі матричного ФПЗЗ відеосигнали окремих рядів, передаючись послідовно один за одним, утворюють відеосигнал кадру зображення.

Власне ПЗЗ може бути використаний і за іншим призначенням - як елемент пам'яті, зберігання інформації або як лінія затримки електричного сигналу. Для відмінності від цих застосувань і використовується аббревіатура ФПЗЗ. Однак на практиці літеру «Ф» часто опускають, якщо в якійсь галузі (як, наприклад, поліграфії) ці прилади використовуються по одному призначенням - як фотоприймачів. Тому в літературі поширене вживання термінів «ПЗЗ-лінійка», «ПЗЗ-матриця».

Найбільш широке застосування в поліграфії ПЗЗ-фотоприймачі знайшли в різноманітних сканерах (ручних, листових, планшетних), цифрових фотоапаратах та інших пристроях оцифровки зображень (слайд-сканерах і т.п.).

На цьому завершується короткий огляд приймачів випромінювання. По кожному з них можна знайти спеціальну літературу і ознайомитися з тим чи іншим приладом більш докладно. В даному випадку переслідувалася мета дати загальне уявлення про різні типи фотоприймачів для загального розуміння принципу їх дії, можливостей, обмежень і сфери застосування, що допоможе розібратися в роботі пристроїв, що мають застосування в поліграфії. Незмінним супутником фотоприймачів в різних оптоелектронних пристроях є джерела випромінювання. У поліграфії використовуються джерела найрізноманітніших видів і типів - лампи розжарювання, дугові ліхтарі, ртутні і металогалогенні лампи, люмінесцентні джерела світла, лазерні і світлодіодні випромінювачі. Однак власне до оптоелектронним джерел випромінювання відносять, як правило, лазерні і світлодіодні. Їм нижче і буде приділено основну увагу.

3. Оптоелектронні джерела випромінювання

Перераховані на початку даної глави характерні риси оптоелектронних приладів і пристроїв дозволяють окреслити ознаки відмінності оптоелектронних джерел випромінювання. До таких загальних рис, як мініатюрність елементів і, в більшості випадків, твердотільні, конструктивність виготовлення по площинним технологій (притаманну інтегральних мікросхем), можна додати, виходячи з інформаційної складової визначення оптоелектроніки, керованість і пов'язані з цим вузьконаправленість і швидкодію. Більш детально ці ознаки будуть розкриті при подальшому розгляді, але виходячи навіть із знайомства з попереднім матеріалом можна сказати, що такими характеристиками можуть володіти напівпровідникові випромінювачі.

3.1. Випромінюючі діоди

В основі роботи джерел випромінювання оптичного діапазону лежить одну з таких фізичних явищ: теплове випромінювання, розряд у газовому середовищі, люмінесценція, індуковане випромінювання. Дія випромінюючих

діодів ґрунтується на явище люмінесценції, а точніше - електролюмінесценції. Для виникнення люмінесценції в напівпровіднику необхідно привести його в збуджений стан за допомогою будь-яких зовнішніх джерел енергії. При дії електричного поля або струму виникає електролюмінесценція. Історія створення випромінювальних діодів ведеться від згаданого в першому розділі «світіння Лосєва». У 1923 р. О.В. Лосєв, досліджуючи точково-контактні карбідокремнієві детектори, виявив, що при пропущенні через них електричного струму може виникнути зеленувато-блакитне світіння. Практичного застосування тоді цей ефект не отримав, але в 1955 р. вчені виявили інфрачервоне випромінювання при пропущенні струму через діод на кристалі арсеніду галію (GaAs). У 1962 р. інший напівпровідник (на основі фосфіду галію) засвітився червоним світлом. Ці дві дати і визначають час народження світлодіодів.

Збуджені електрони (а порушуються вони електричним полем), переходячи із зони провідності у валентну зону, випускають кванти енергії. Згідно залежності, що зв'язує енергію і частоту випромінюваних коливань (величина енергії [eV] на довжину хвилі [мкм] дорівнює числу 1,23), для випромінювання у видимому і ближньому інфрачервоному діапазонах спектру потрібна енергія 1-3 eV [1,23: 1, 1 = 1,1 ... 1,23: 0,4 = 3,1]. Саме в цих межах знаходиться енергія, необхідна для подолання забороненої зони у кремнії (Si), арсеніду галію (GaAs) і фосфіду галію (GaP): 1,12; 1,4; 2,27 eV. Створюючи напівпровідникові матеріали, за допомогою тих чи інших домішок (в строго певних пропорціях) вчені й технологи навчилися отримувати напівпровідникові джерела, що випромінюють в діапазоні від інфрачервоного до блакитного (найбільш складно реалізовується, особливо за потужністю, випромінювання).

Характеристики ілюструються на рис. 3,1 (на графіку вольт-амперних характеристик виділена область, обумовлена напругою живлення в достатньо вузькому діапазоні 1,2-2,5 В, і слід зауважити, що у більшості світлодіодів рівні граничних зворотних напруг також невеликі - в межах 2,5-5 В, тому в ланцюг живлення світлодіода необхідно, як правило, включати обмежувальне опір). Графіки спектральних характеристик свідчать про досить вузькі смуги випромінювання світлодіодів, що мають ширину (на рівні 0,5 від максимального випромінювання) у кілька десятків нанометрів.

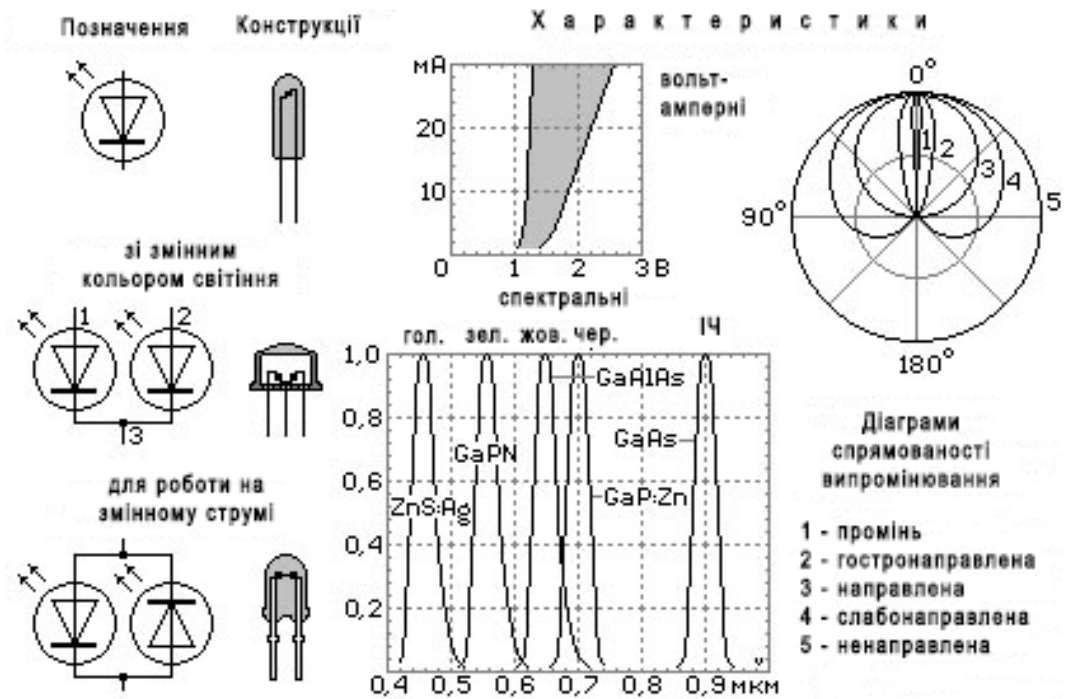


Рис. 3.1. Позначення, конструкції і характеристики дискретних випромінювальних діодів

Важливою характеристикою будь-якого випромінювача є спрямованість випромінювання. Просторовий розподіл випромінювання характеризується фотометричним тілом випромінювача, а в разі його симетрії - діаграмою спрямованості. На рис. 3,1 наведено кілька типових діаграм, характерних для випромінювачів різних видів (ненаправлення характерні для ламп розжарювання, промінь - для лазерів). Діаграми зі слабо спрямованістю характерні для індикаторних світлодіодів в пластмасових корпусах (для них важливий сам факт світіння або гасіння), а для випромінюючих діодів, що використовуються в датчиках чи записуючих пристроях, характерні спрямовані і гостронаправлені діаграми випромінювання.

Оскільки робочий живлення на випромінюючі діоди подається в прямому напрямку (свічення виникає при позитивному потенціалі на анодному виведення діода), для роботи на змінному струмі випускаються діодні збірки, в яких два діода включені зустрічно-паралельно. У цьому варіанті кожен діод працює тільки півперіоду синусоїдального циклу. При цьому важливо не забути, що обмежувальне опір в ланцюзі живлення діода не повинно допустити підвищених зворотних напруг на замкненому діоді. Випускаються також діодні збірки, що дають світловий потік із змінним кольором світіння. У таких збірках об'єднуються два діоди з різним кольором світіння (як правило, зелений і червоний), що дозволяє випромінювати не тільки той чи інший основний колір, а й проміжні (наприклад, жовто-зелений, жовтий, оранжевий). Ще не створені діоди з інтенсивним свіченням синього кольору, рівним по яскравості зеленому і червоному, інакше на таких діодних збірках можна було б створювати повнокольорові світлодіодні табло та екрани.

Строго кажучи, під світлом мається на увазі видиме людським оком випромінювання, тому і світлодіодами слід називати діоди, що випромінюють у видимому діапазоні спектра. Проте фізичні параметри випромінювання прилеглої до видимій зоні інфрачервоної області спектра мало чим (крім частоти коливань) відрізняються від світлових хвиль, тому термін «світлодіод» часто застосовують і до ІЧ-діодів, хоча термін «випромінюючий діод» в цьому випадку більш точний.

Природним розвитком елементної бази класу випромінювальних діодів можна вважати появу світлодіодних збірок у вигляді цифрових, літерно-цифрових та графічних індикаторів, широко використовуваних в індикаторних панелях і табло. У цьому призначенні вони використовуються і в поліграфії. Відомості про ці елементах можна знайти в довідковій літературі, наприклад.

Для того щоб висвітити той чи інший символ, необхідно управляти світінням (або гасінням) кожного елемента. З цією метою, як і в фотодіодних лінійках і матрицях, живлення на окремі елементи світлодіодних лінійок та матриць подається в мультиплексному режимі. При цьому якщо в збірці загальне число елементів одно M , то кожен з елементів працює як би в миготливому режимі, запалюючи на $1/M$ часу циклу оббігання всіх елементів. Якщо частота циклів мультиплексування вище 10-15 Гц, то за законом Тальбота блимаючі елементи здаються неперервними, але з меншою яскравістю (яскравість може бути підвищена шляхом пропускання через світлодіод більшого струму).

Випускаються в різних виконаннях світлодіодні лінійки і матриці знайшли застосування в поліграфічних скануючих і записуючих пристроях. У сканерах вони використовуються як лінійні освітлювачі (наприклад, в ручному сканері). У записуючих головках рекордерів, цифрових друкарських машин світлодіодні лінійки і матриці здійснюють запис інформації на світлочутливий матеріал - фотоплівку, фоторезист орну плівку, електрографічний циліндр і т.п.

Особливістю цих елементів є необхідність синхронізації їх роботи з високочастотним інформаційним сигналом (кожен імпульс сигналу призначається певному світлодіоду в лінійці або матриці). Завдання підключення в необхідний момент того чи іншого світлодіода до джерела сигналу виконується електронними комутаторами, керованими по циклічним програмами.

Особливий клас випромінювальних діодів складають так звані лазерні діоди (напівпровідникові лазери), але до їх розгляду слід ознайомитися з особливостями лазерного випромінювання.

3.2. Лазери

Основними відмінними рисами лазерного випромінювання є монохроматичність, когерентність і променева спрямованість. Щоб уявити, наскільки лазерне випромінювання «монохроматичності» світлодіодного (яке представляється теж однокольоровим), можна зіставити ступінь

монохроматичності того й іншого виду джерел, яка оцінюється відношенням ширини смуги спектру випромінювання до довжини хвилі максимуму спектральної характеристики. Для світлодіодів ступінь монохроматичності оцінюється величинами порядку 0,05 - 0,1, а для лазерів - менше 0,000001. Тобто довжину хвилі лазерного випромінювання визначають з точністю до третього-четвертого знака після коми, інакше кажучи, лазер випромінює практично строго на одній довжині хвилі.

Лазер є джерелом випромінювання, у якого принцип дії та параметри випромінюваного потоку докорінно відрізняються від характеристик всіх попередніх джерел, так що іноді їх в оптоелектроніці називають «долазерними випромінювачами». Лазерне випромінювання відноситься до виду індукованого випромінювання, передбаченого А. Ейнштейном в 1917 р. і реалізованого в перших лазерах (1954 р.). В даний час основними видами лазерів є газові (на вуглекислому газі, гелій-неонові, аргонові), рідинні (до рідинним відносяться і лазери на склі, яке аморфно, як і рідини, тому вважається переохолодженої рідиною), твердотільні (на рубіні, гранаті, неодимом) і напівпровідникові (на кристалах напівпровідникових матеріалів, наприклад GaAs). У поліграфії застосовуються практично всі види лазерів (можливо, крім рідинних).

Схеми пристрої твердотільних, газових та напівпровідникових лазерів наведені на рис. 3.2.

Лазерне випромінювання фізично зароджується там, де в атомах або молекулах активної речовини під дією зовнішніх сил (світла, електричного поля і т.п.) утворюється «перенаселеність» верхніх енергетичних шарів зовнішніх електронних оболонок (зони провідності) збудженими електронами, що призводить до активного утворення фотонів при природному прагненні електронів перейти в нормальне, збудженому стані (тобто при переході в валентну зону). Таким чином, в активній речовині (газовому середовищі, кристалі, напівпровіднику) виникає постійно поповнюється безліч квантів світла - фотонів, що коливаються, що важливо зазначити, з однією частотою, оскільки в однорідному речовині при подоланні електроном забороненої зони виділяється однакова кількість енергії.

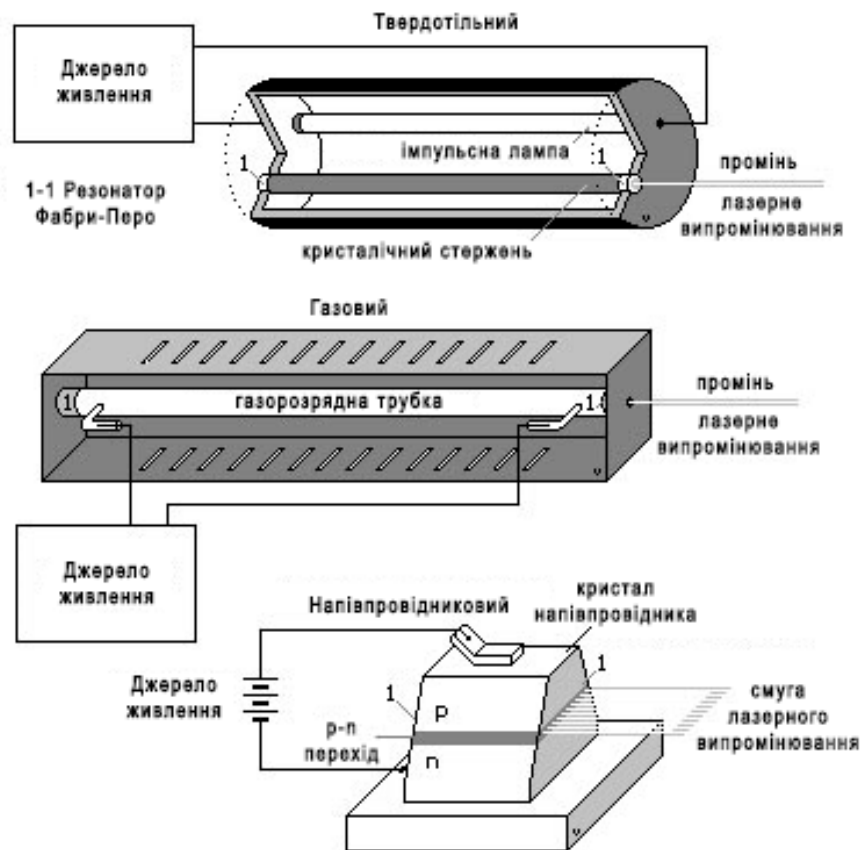


Рис. 3.2. Види лазерів

Наявність коливань однієї і тієї ж частоти є умовою (не єдиним) отримання когерентного випромінювання. Наступне завдання - домогтися однонаправленого поширення цих коливань. Це досягається за допомогою використання резонаторів (як правило, резонаторів Фабрі - Перо). Резонатор Фабрі - Перо являє собою два співвісні, паралельно розташованих і звернених один до одного дзеркала, між якими, відбиваючись від цих дзеркал, переміщуються в активному середовищі фотони, що генеруються зовнішнім збудженням. Напрямок руху кожного з фотонів, при їх появі, визначається випадковим чином і непередбачувано. Внаслідок цього багато фотони марно залишають активне середовище, створюючи навколо неї світіння (у кращому випадку, будь-якої електрон, «захопивши» енергію такого фотона, переходить в зону провідності). Лише ті з фотонів, напрямок руху яких виявилось паралельним осі резонатора, залишаються в активному середовищі і у освіті лазерного випромінювання. Ці фотони, відбиваючись десятки і сотні разів від дзеркал резонатора, пробігають вздовж активного середовища, сприяючи генерації нових фотонів.

Суть теоретично відкритого Альбертом Ейнштейном індукованого (змушеного) випромінювання полягає в тому, що в умовах «перенаселення» верхніх енергетичних рівнів пролітають повз фотони можуть «збивати» збуджені електрони з цих рівнів на нижні, зберігаючись при цьому самі. «Збитий» електрон породжує новий фотон, таким чином, замість одного фотона з'являється два, що і сприяє наростанню світлового потоку. Це

наростання числа фотонів - важлива обставина в зародженні лазерного випромінювання.

Чим більше зароджується фотонів, тим більше їх кількість залишається в просторі резонатора, беручи участь в накопиченні світлової енергії. Відстань між дзеркалами підбирається таким чином, щоб довжина хвилі випускається лазером випромінювання укладалася в ньому ціле число разів. Таким чином, резонатор вирішує два важливі завдання: організовує односпрямоване рух фотонів вздовж осі лазера і селектує збігаються по довжині хвилі і фазі коливання (решта загасають в процесі постійного накладення хвиль один на одного). Так виникає когерентне випромінювання. Схеми складання когерентних коливань наведено на рис. 3.3.

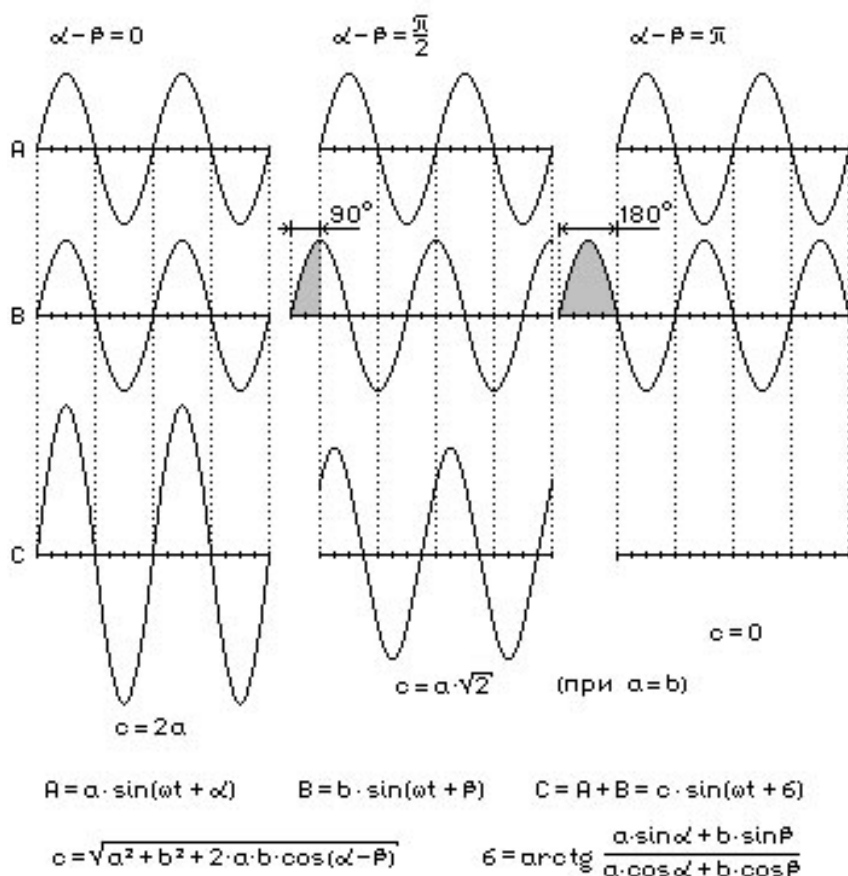


Рис. 3.3. Схеми складання когерентних коливань

Одне з дзеркал резонатора робиться напівпрозорим (у разі безперервного випромінювання), або (та) у вихідного вікна лазера встановлюється оптичний затвор (детальніше про оптичний затворі буде сказано після розгляду явища поляризації світла). При наявності затвора лазер може накопичувати світлову енергію, щоб потім випустити її одночасно у вигляді потужного імпульсу світла - імпульсні лазери дають лазерний промінь, що набагато перевищує за потужністю безперервне. В іншому випадку після накопичення світлової енергії, достатньої для подолання непрозорості дзеркала, лазер починає випромінювати світло, набираючи потужність в промені до рівня насичення в сталому процесі роботи.

Таким чином, лазерний пристрій має містити активна речовина (у якому зароджується випромінювання), резонатор і джерело збудження активної речовини. Для газових лазерів таким джерелом порушення служить газорозрядна трубка, для твердотільних - потужне джерело світла (імпульсна лампа, яка висвітлює стрижень кристала), для напівпровідникових - прямий електричний струм через р-п-перехід напівпровідника. Кожен з цих джерел призводить електрони атомів і молекул активної речовини в збуджений стан (мовою лазерщиків це називається «накачуванням»).

Спрямованість випромінювання (розбіжність променя) безпосередньо залежить від протяжності тіла активної речовини (відстані між дзеркалами резонатора). Чим більша ця відстань, тим менше кут розходження і, отже, тим більше вузьконаправленим є лазерний промінь. Довжина газорозрядної трубки газового лазера становить, як правило, десятки сантиметрів (нерідко і більш метра), що дозволяє отримати промінь з розбіжність в кілька кутових хвилин. Сучасні технології вирощування кристалів дозволяють отримувати стрижні довжиною 250-400 мм, що дає можливість досягати в твердотільних лазерах розбіжності променя в десятки кутових хвилин. У напівпровідникових лазерах ж використовуються кристали розміром 0,5 0,5 мм (і менше), тому розбіжність променя, а точніше смужки випромінювання, набагато більше - 20-30 кутових градусів.

Напівпровідниковий лазер в чомусь схожий на випромінюючий діод (часто його і називають лазерним діодом). Володіючи звичної діодною структурою, при невеликих прямих струмах він і працює як звичайний випромінюючий діод. Але дві протилежні грані кристала робляться дзеркально відображають (резонатор Фабрі - Перо), і при збільшенні прямого струму до певного порогового значення (раніше для цього були потрібні десятки ампер і, як наслідок, серйозні заходи по охолодженню), коли створюється «інверсія населеностей» (перевищення числа збуджених електронів над незбудженими на зовнішніх електронних оболонках атомів і молекул), з'являється справжнє когерентне лазерне випромінювання. Кожен вид лазера має свої переваги і відповідно сферу застосування. Газові лазери, володіючи найбільшою потужністю випромінювання, застосовуються в поліграфії в пристроях запису зображення безпосередньо на друкарську форму, так як вони здатні з прийнятною швидкістю випалювати шар пробільного матеріалу, оголюючи друкуючі елементи. З-за великих розмірів вони використовуються в стаціонарному великогабаритному обладнанні. Твердотільні лазери досить компактні і застосовуються в рекордерах середнього розміру для запису зображення на плівки, пластмаси та інші світлочутливі й випалює матеріали (з низьким коефіцієнтом теплопровідності). Лазерні діоди використовуються в записуючих головках лазерних принтерів, цифрових друкарських машин, а також в оптичних лініях зв'язку.

3.3. Монітори

Для завершення огляду елементної бази джерел випромінювання слід сказати кілька слів про джерела світіння, які, будучи випромінювачами, не

призначені для освітлення об'єктів або засвічення фоточутливих матеріалів, а являють собою світяться площині (матриці, панелі), що використовуються в якості індикаторів, дисплеїв, екранів для подання монохромного чи кольорового зображення. До таких джерел відносяться газорозрядні індикатори, плазмові й люмінесцентні панелі та екрани.

Плазмові панелі

Розряд в газовому середовищі, що використовується, як згадувалося вище, для накачування газових лазерів, є фізичною основою роботи плазмових панелей. Пристрій найпростішої плазмової панелі ілюструється на рис. 2.10. Між двома скляними обкладками плазмової панелі розташовується перфорована прокладка, щільно прилегла до стекол. По периферії цей «сендвіч» залитий герметиком. Повітря з внутрішньої порожнини відкачано, і вона заповнена газом, здатним світитися при наявності високої (100 В і більше) різниці потенціалів між електродами горизонтальної та вертикальної орієнтації (верхні електроди прозорі), нанесеними на поверхні скляних обклавок, звернені один до одного. Таким чином виходить матриця, в якій можна засвітити газовим розрядом будь-який елемент, подавши на відповідну пару електродів електричну напругу. Електричний розряд призводить газ (що знаходиться у відповідному отворі перфорованої прокладки) в стан плазми, що і дозволяє відображати на панелі той чи інший елемент зображення. Кількість елементів зображення на плазмової панелі може досягати декількох мільйонів пікселів, тому такі панелі дають можливість представляти зображення будь-якої складності. У поліграфії подібні дисплеї широко використовуються на пультах управління друкованих, різальних та інших машин. В даний час з'являються повнокольорові екрани, здатні прийти на зміну електронно-променевим кінескопа комп'ютерних моніторів.

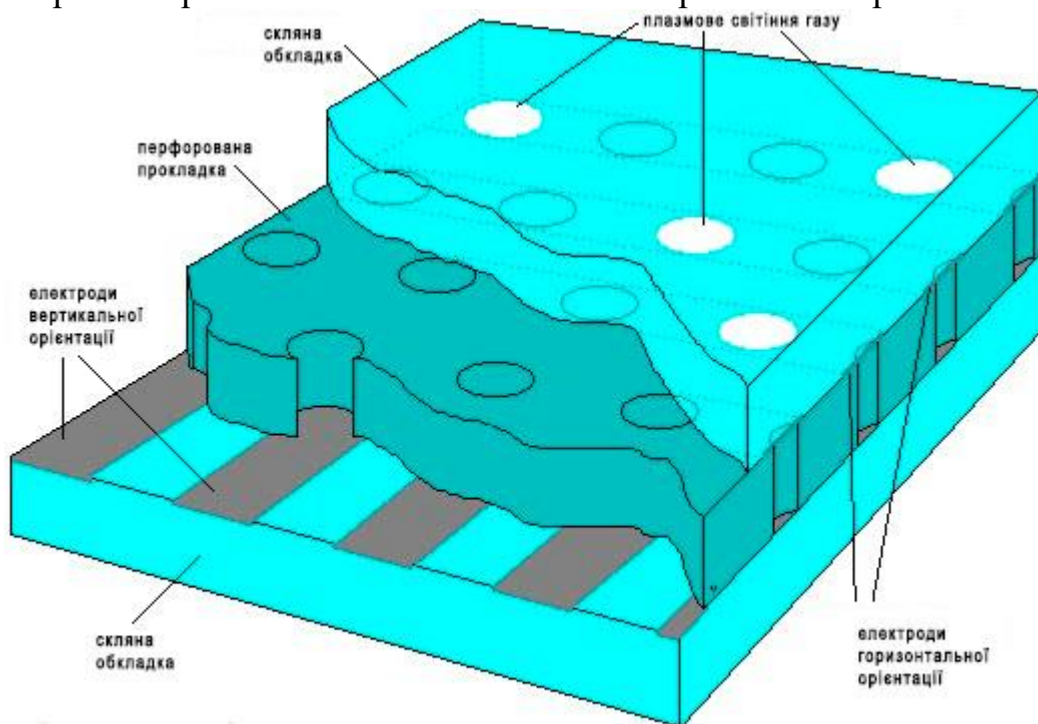


Рис. 3.4. Будова плазмової панелі

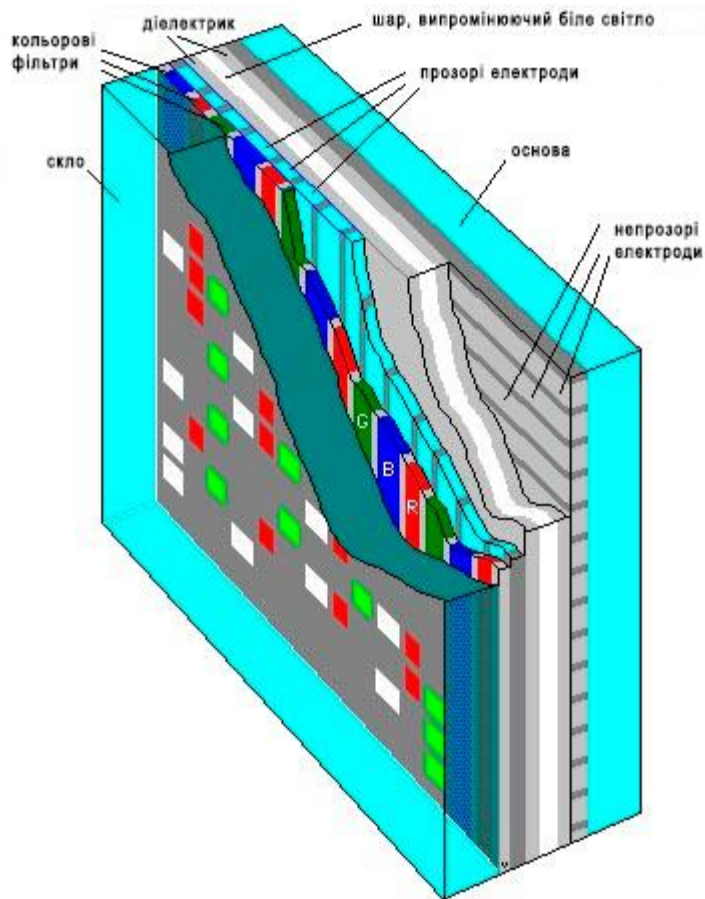


Рис. 3.5. Схема люмінесцентного екрана

Люмінесцентні екрани

По конструкції люмінесцентні екрани схожі на плазмові, але фізична основа їх дії інша. Схема, що ілюструє принцип дії люмінесцентного елемента, наведена на рис. 3.5.

Люмінесцентний елемент використовує принцип низьковольтної катодолюмінесценції - світіння люмінофора при його бомбардуванні електронами. Катод випускає електрони, вони розганяються і бомбардують анод, на поверхні якого нанесена плівка люмінофора. Як і в телевізійному кінескопі, виникає світіння. Різниця між кінескопом і люмінесцентним елементом полягає в тому, що в кінескопі відстань між катодом і анодом велике (воно необхідне для організації сканування великої площі екрану телевізійної трубки), і це вимагає високої напруги (15-20 кВ), в люмінесцентному ж елементі катод і анод розташовані на незначній відстані (електроди розділяють практично тільки люмінофор і діелектричні плівки, які захищають від замикання), тому напруга потрібно значно нижче (все-таки, десятки вольт) і потік електронів не потрібно кудись відхилити - вже знайомий матричний принцип побудови дозволяє засвічувати будь-яку точку екрану. Люмінесцентні дисплеї знаходять все більш широке застосування в якості індикаторів і моніторів у пультах управління виробничим обладнанням, а використання люмінофорів, вживаних в телебаченні, робить їх

конкурентоспроможними серед комп'ютерних засобів відображення інформації.

4. Оптипарі і оптрони

Оптопара являє собою оптоелектронний прилад, що складається з випромінюючого і фотоприймальних елементів, між якими є оптична зв'язок, тобто зв'язок входу з виходом здійснюється за допомогою світлових сигналів. В електронній ланцюга такий прилад виконує функцію елемента зв'язку, в якому в той же час здійснена електрична (гальванічна) розв'язка входу і виходу. Поняття «оптрон» трактується в літературі дещо ширше, ніж оптопара (слово «оптопара» само по собі несе вже деяке обмеження - пара, тобто всього два елементи, хоча, як правило, є ще оптична імерсійна середу, та й в одному корпусі часто розміщується не одна пара елементів). Історично термін «оптрон» отримав спочатку право на існування, але незабаром з'ясувалося, що ще на початку 60-х років одна з американських фірм була зареєстрована під назвою «Optron», і тому міжнародні організації не рекомендують застосовувати те ж слово для назви приладу, щоб не переносити ім'я цієї фірми на вироби інших виробників. Більш того, МЕК (Міжнародна електротехнічна комісія) запропонувала навіть термін *transoptor*, однак він не прижився. Так чи інакше, але сьогодні у нас офіційно (в довідниках, технічній документації) застосовують термін «оптопара», поширюючи його і на прилади з більш ніж двома елементами.

Оскільки в більшості оптопар джерелом служить випромінюючий діод, прийнято класифікувати оптопари за типом фотоприймачів - резисторні, діодні і т.п.

4.1. Резисторні оптопари

В резисторних оптопари джерелом є випромінюючий діод або мініатюрна лампа розжарювання (див. схему оптопари ОЕП-2 на рис. 3.1), а приймачем служить фоторезистор, найчастіше на базі селеніду кадмію.

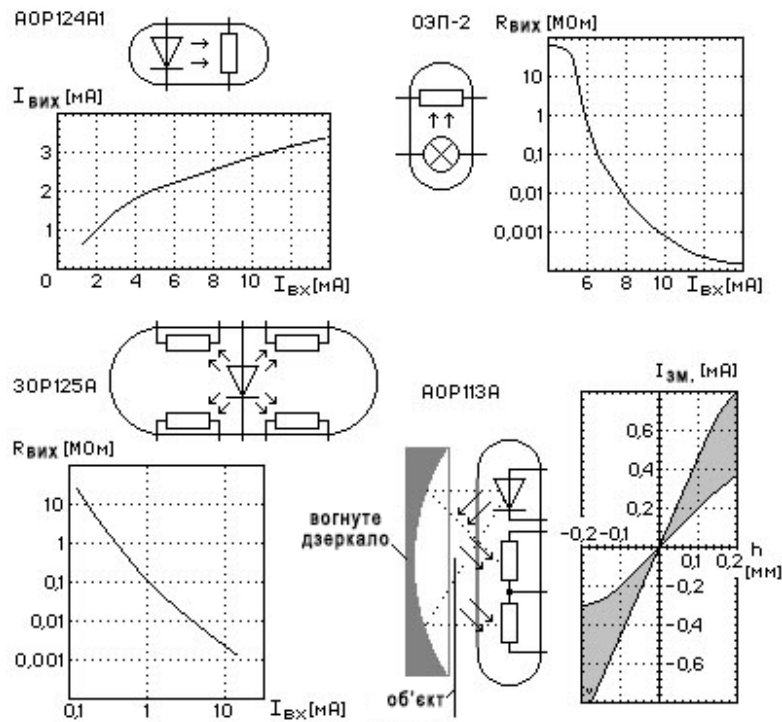


Рис. 4.1. Резисторні оптопарі та їх передаточні характеристики

Властивості фоторезисторів не залежать від полярності напруги живлення, тому вихід резисторної оптопарі можна підключити до ланцюга змінного струму, що іноді має істотне значення для схем управління обладнанням в цехових умовах. Залежність вихідного опору оптопарі (передатна характеристика з опору) від вхідного струму (протікає через джерело світла), наприклад, для оптопарі ОЗП-2 або ЗОР125А (на рис. 4.1 наведена залежність для одного з чотирьох опорів цієї оптопарі) показує, як різко, на кілька порядків падає опір фоторезистора під дією випромінювання (слід звернути увагу, що масштаб за шкалою опорів для цих залежностей логарифмічний, а для ЗОР125А і по осі абсцис відкладений логарифм вхідного струму). У той же час коефіцієнт передачі по струму ($I_{\text{вих}} / I_{\text{вх}}$) у оптопар на фоторезисторах невеликий - близько 0,3 (див. струмовий передатну характеристику оптопарі АОР124А1).

Крім функцій гальванічної розв'язки оптопарі можуть виконувати функції розгалуження сигналу на кілька незалежних один від одного каналів. Це ілюструє схема оптопарі ЗОР125А - один випромінювач передає світловий сигнал одночасно на чотири фоторезистора, кожен з яких може бути підключений до свого інформаційного каналу. З іншого боку, ця оптопара дозволяє збільшити коефіцієнт передачі по струму - якщо запаралелити всі чотири фотоопори для одного інформаційного каналу. Всі розглянуті приклади стосувалися оптопар з внутрішньою передачею сигналу від випромінювача до приймача через імерсійне середовище, в яку вони занурені в корпусі оптрона. У цьому випадку відстань між передавачем і прийомним елементами мінімально (частки міліметра), що дозволяє мінімізувати втрати і мати максимально можливий коефіцієнт передачі (слід нагадати закономірність, відому з курсу фізики, що освітленість падає

пропорційно квадрату відстані від джерела до приймача). Однак оптопара може бути не тільки передавачем сигналу, але і служити його першоджерелом, виконуючи функцію датчика інформації. Приклад такого роду представляє так звана оптопара з відкритим оптичним каналом (див. схему оптопари АОР113А на рис. 4.1). В даному випадку світло від джерела через робоче вікно в корпусі приладу випускається в зовнішнє середовище, де, відбившись від спеціально встановлюваного відбивача (увігнутого дзеркала), повертається в корпус оптрона і падає на два фоторезистора, які мають спільну точку і можуть електрично складати одну половину вимірювального моста (інша половина складається з двох постійних опорів). Конструктивно фотоопори розташовані в лінію, тому якщо між оптопарою і дзеркалом помістити будь-який плоский об'єкт, наприклад край аркуша паперу, то можна дуже точно стежити за його переміщенням вздовж цієї лінії. Наведена на рис. 4.1 передатна характеристика оптопари АОР113А показує, як лінійно реагує струм у вимірювальній діагоналі моста ($I_{\text{вим}}$) на переміщення в діапазоні $+ / - 0,2$ мм (виділена на графіку зона визначається розкидом параметрів).

Такі допустимі межі на положення кромки листа або паперового полотна можуть контролюватися подібними оптопарами на листових і рулонних друкованих машинах.

4.2. Діодні оптопари

У діодних оптопар фотоприймачем служить фотодіод на основі кремнію, а джерелом є інфрачервоний діод, що випромінює на довжині хвилі близько 1 мкм. Оскільки фотодіоди можуть працювати як в діодному, так і фотогенераторному режимі, то вихідна ланцюг при необхідності може працювати автономно - без джерела живлення (наприклад, подавати сигнал безпосередньо на вимірювальну головку, скажімо, стрілочний мікроамперметр або мілівольтметр). Прикладом роботи діодним оптопарою в тому і в іншому режимі служать передавальні характеристики $I_{\text{вих}} / I_{\text{вх}}$ для приладу АОД107, наведені на рис. 4.2. Представлені графіки показують, що в фотодіодному режимі залежність близька до лінійної, з коефіцієнтом передачі по струму, близьким до 5%, в той час як в фотогенераторному режимі нелінійність залежності стає все більш явною у міру збільшення опору навантаження вихідний ланцюга (у міру перетворення фотоприймача з джерела струму в джерело напруги), що одночасно впливає на зменшення коефіцієнта передачі по струму (у міру зниження вихідного струму).

Діодний оптрон АОД134АС представляє набір з двох оптопар в одному корпусі, що створює певні зручності при реалізації на них гальванічних розв'язок в електротехнічній апаратурі. Коефіцієнт передачі по струму близько 1% типовий для діодних оптопар (на графіку показана зона розкиду і усереднена крива).

Істотне зростання коефіцієнта передачі по струму досягається в діод-транзисторних оптопарах (45% для КОЛ201А на рис. 4.2), у яких приймач - фотодіод - виконаний інтегрально на одній пластині з n-p-n-транзистором. Вони як би перекидають місток до іншого типу оптопар - транзисторним.

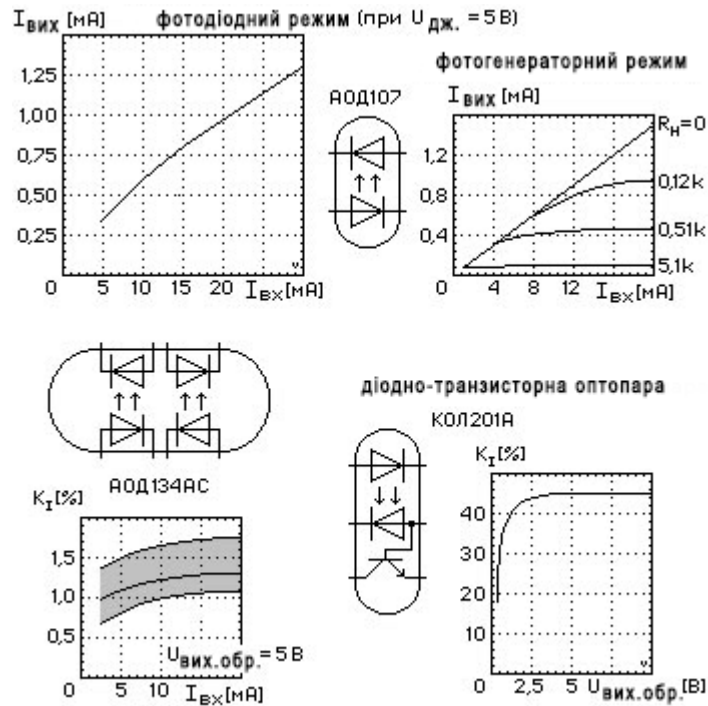


Рис. 4.2. Діодні та діодно-транзисторні оптопарі та їх передаточні характеристики

4.3. Транзисторні оптопарі

Типове джерело в транзисторних оптопарі - інфрачервоний діод, а фотоприймачем служить, як правило, кремнієвий (n-p-n) одинарний або складової транзистор. Характерні приклади схем транзисторних оптопар і графічних залежностей, що пов'язують вихід зі входом, наведені на рис. 4.3. Слід зазначити, що в довідковій літературі не завжди можна знайти представляють інтерес залежності (зокрема, передавальні характеристики), тому на рис. 4.1-4.4, наведені графіки, так чи інакше дають інформацію про перетворення вхідного сигналу у вихідний і досить повно відображає оптоелектронну елементну базу виданні.

Датчики на базі оптопар відбивного типу, маючи джерело інфрачервоного випромінювання, добре працюють в умовах підвищеної запиленості (наприклад, паперової пилу в друкованих машинах). Оптопарі щілинного типу часто використовуються в якості кінцевих вимикачів (наприклад, в принтерах, сканерах), коли, скажімо, каретка доходить до крайнього положення і необхідно зупинити рух або здійснити реверс. При цьому заслінка або «прапорець», пов'язаний з кареткою, входить в щілину оптопарі, перериваючи світловий потік і повідомляючи тим самим про досягнення крайнього положення.

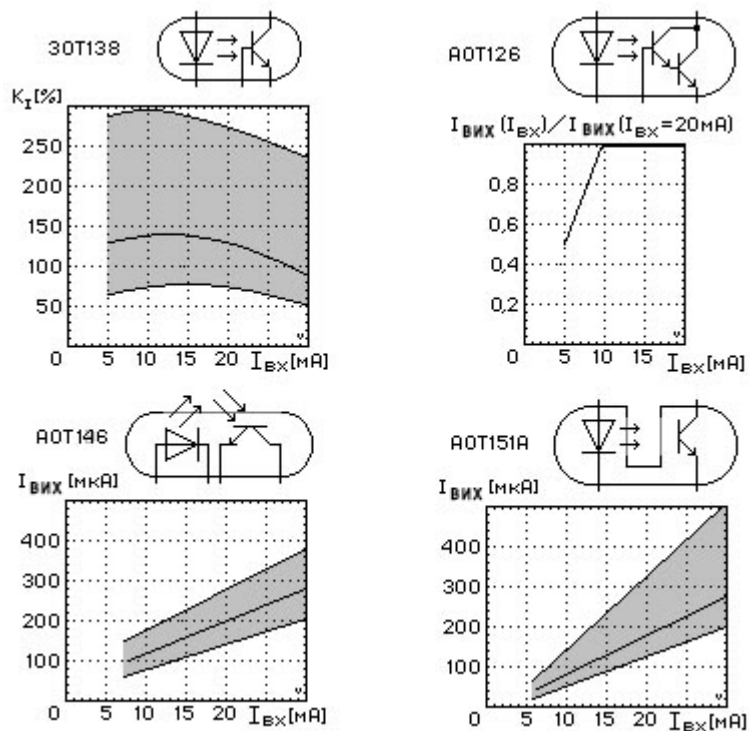


Рис. 4.3. Транзисторні оптопары та їх передаточні характеристики

4.4. Тиристорні оптопары

На відміну від транзисторних тиристорні оптопары дозволяють посилювати інформаційний сигнал не тільки по струму, але і по потужності, оскільки пристосовані для роботи при напрузі на вході і виході, що відрізняються на порядки - як, наприклад, у випадку, проілюстрованих на рис. 4.4: на вході сигнал рівня 5 В (комп'ютерний) перетворюється на виході в 220 В змінного струму. Така тиристорна оптопара в свою чергу може використовуватися для управління тиристорами на десятки кіловольт або сотні ампер (наприклад, в енергетичних мережах).

На закінчення необхідно відзначити, що пари оптоелектронних елементів «джерело - приймач» не у вигляді окремої мікросхеми, а як складова частина більш складного типового приладу використовуються, наприклад, в перетворювачах лінійних і кутових переміщень.

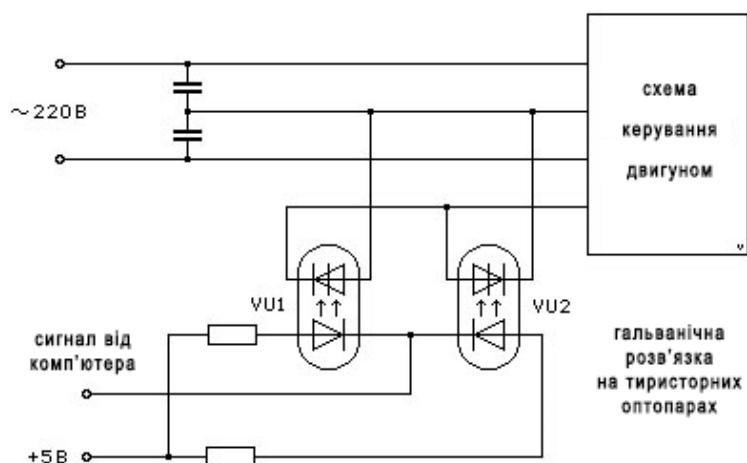


Рис. 4.4. Тиристорні оптопары в схемі керування двигуном

5. Оптичні середовища і ефекти в них

У оптоелектронних пристроях оптичні інформаційні сигнали поширюються, як правило, в спеціальних середовищах - для захисту сигналів від перешкод, додачі їм бажаного напрямку поширення і, при необхідності, управління - наприклад, в режимі «пропустити-відхилити». Часто оптичне середовище підбирається спеціально - для здійснення того чи іншого фізичного ефекту. Тому в даному розділі розглядаються оптичні середовища і різні фізичні ефекти та явища, що реалізуються в цих середовищах. Для управління світловим потоком використовуються різні оптичні елементи: лінзи, призми, відбивачі і дефлектори (дзеркала), фільтри, модулятори, а також шари рідких кристалів, тонкі магнітні плівки, що міняють свою прозорість під дією магнітного поля та ін. Напрямок світлового потоку по криволінійній траєкторії здійснюється за допомогою елементів волоконної оптики - світловодів.

5.1. Світловоди

Дія волоконних світловодів засноване на ефекті повного внутрішнього відбиття світла, відкритого Джоном Тіндалем. Цей ефект виникає на межі двох оптичних прозорих середовищ, коли похило падає світловий потік з середовища з великим показником заломлення досягає межі розділу з середовищем з меншим показником заломлення (рис. 5.1).

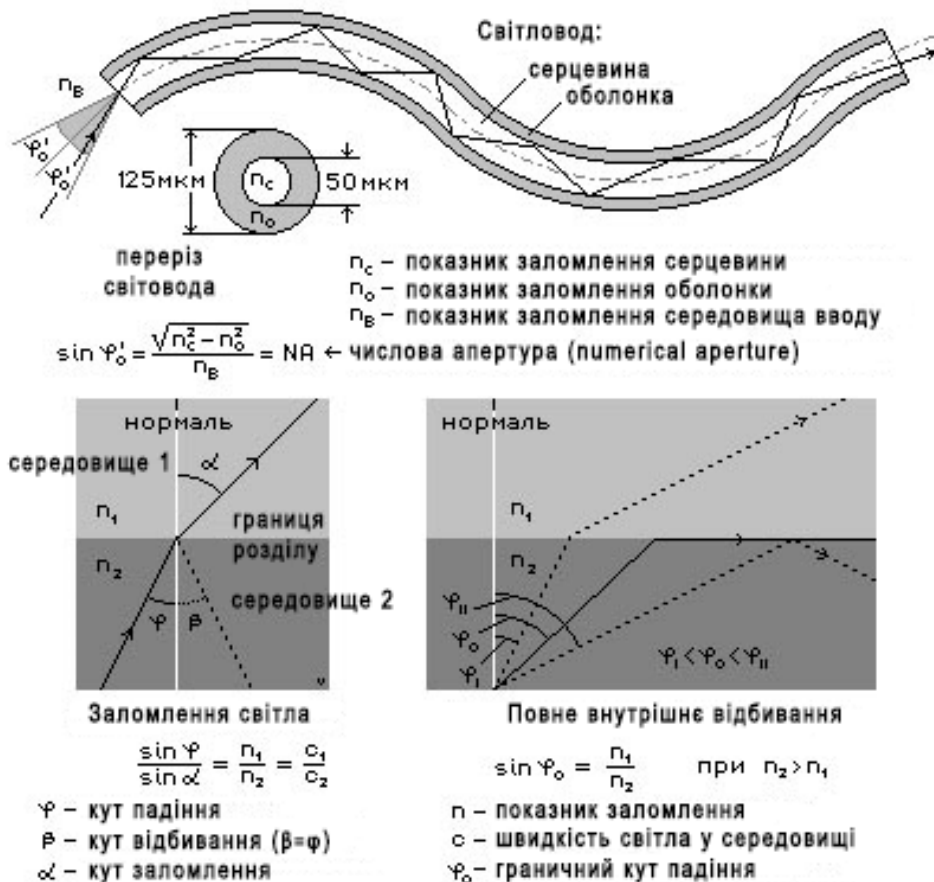


Рис. 5.1. Принцип дії світловода

При деякому куті падіння, званому граничним, промінь вже не проходить до сусідньої середу, а поширюється по межі розділу. Подальше збільшення кута падіння призводить до повного внутрішнього відбиття. Якщо світловий потік буде надходити в оптичну середу під кутом, більшим, ніж граничний, то світло, не виходячи з даного середовища, буде поширюватися вздовж і всередині неї, до протилежного кінця, де може бути встановлений приймач випромінювання. На цьому принципі заснована дія світловодів.

Перші оптичні світловоди виготовляли у вигляді волокон з багатокомпонентних стекол на основі діоксиду кремнію. Змінюючи склад скла, добивалися бажаних значень коефіцієнта заломлення. Стержень з скла одного складу щільно вставляли в трубку зі скла іншого складу, потім, безперервно обертаючи, їх спікають разом на вогні газового пальника і, коли вся структура розм'якшувалася, розтягували її в довгу найтоншу нитку. Однак експерименти з першими световодами з таких стекол показали, що передача випромінювання на скільки-небудь значні відстані (навіть на кілька метрів) без істотних втрат практично неможлива через поглинання (розсіяння, затухання) світла в середовищі.

Втрати пропускання, віднесені до довжини волокна, оцінюються за формулою

$$B = 10 (LG P_{вх} - LG P_{вих}) / L,$$

де B - коефіцієнт втрат пропускання (дБ / км); $P_{вх}$ - потужність вводиться у волокно світлового потоку (Вт); $P_{вих}$ - потужність виведеного з волокна світлового потоку (Вт), L - довжина волокна (км).

Наприклад, для віконного скла $B = 100000$ дБ / км, тобто світловод з такого матеріалу завдовжки всього в 10 см передав би на вихід тільки лише одну десяту частину потужності, поданої на вхід.

У 1970 р. фахівці американської скляної фірми «Корнінг глас» повідомили про виготовлення кварцового волокна з втратами пропускання 16 дБ / км. Вже в 1974 р. отримали волокна із загасанням 2 дБ / км. В даний час досягнуто показник 0,2 дБ / км, тобто на кілометровому световолокна втрачається всього 5% введеної потужності сигналу.

Слід згадати ще про спектральної залежності втрат пропускання. На рис. 4.2 наведено спектр поглинання випромінювання в кварцовому волокні. З представленої залежності видно, що менші втрати в світловодах досягаються при роботі випромінювачів на довжинах хвиль інфрачервоної області спектра (0,9, 1,2, 1,5 мкм). З цієї точки зору для оптичних ліній зв'язку більше підходять як джерела сигналу інфрачервоні діоди і напівпровідникові лазери (лазерні діоди) цієї зони спектра.

Передача інформації по оптичному кабелю має багато достоїнств. Світловоди можуть стійко працювати в умовах радіо-і електромагнітних перешкод, підвищеної вологості і інших несприятливих впливів, які нерідко зустрічаються у виробничих цехах. З їх допомогою можна отримувати інформацію в важкодоступних місцях машин і апаратів. Вони дозволяють розгалужувати світловий сигнал по декількох напрямках. По оптичному кабелю можна передати в одиницю часу на кілька порядків більше інформації,

ніж по дротового зв'язку, так як паразитні ємності й опір кабелю на великій довжині не «з'їдають» інформаційний сигнал, а можливості модуляції. Всі ці переваги успішно використовуються на практиці в поліграфії - в системах контролю (оптоелектронних датчиках), передачі даних (між пристроями комп'ютерних комплексів), в пристроях виводу зображень на плівку в фотоскладальних автоматах і на формні пластини в системах «комп'ютер-друкарська форма» (комп'ютер-друкована форма) або «комп'ютер-друкарська машина» (комп'ютер-прес).

5.2. Оптично активні середовища

До оптично активним відносяться середовища і речовини, здатні впливати на поляризоване світло. Оптична активність буває природною (властивою самому речовині без сторонніх впливів) і штучною (купується при впливі ззовні). Перш ніж заглибитися в цю область, необхідно зупинитися на понятті поляризації світла.

Поляризація світла

З відкриттям явища поляризації світла пов'язана невелика історія. У 1808 р. молодий французький фізик Етьєн Луї Малюс зайшов після роботи в Люксембурзький сад Парижа, недалеко від Сорбоннського університету, і присів на лавочку відпочити навпроти палацу Катерини Медичі (придбаного нею свого часу у графа Люксембурзького, від якого і залишилася назва як саду, так і палацу). Промені сонця грали на вікнах прекрасного будівлі, і Малюс, з дитинства любив розглядати навколишній через різні скельця, дістав з кишені кристалик ісландського шпату і глянув через нього на блискучі скла. Повертаючи кристалик, Етьєн зауважив, що при певних кутах віддзеркалення сонячних променів на вікнах меркне. На наступний день, прийшовши в лабораторію, він вже більш ретельно перевірів цей ефект і переконався в його повторюваності. Так була відкрита поляризація світла.

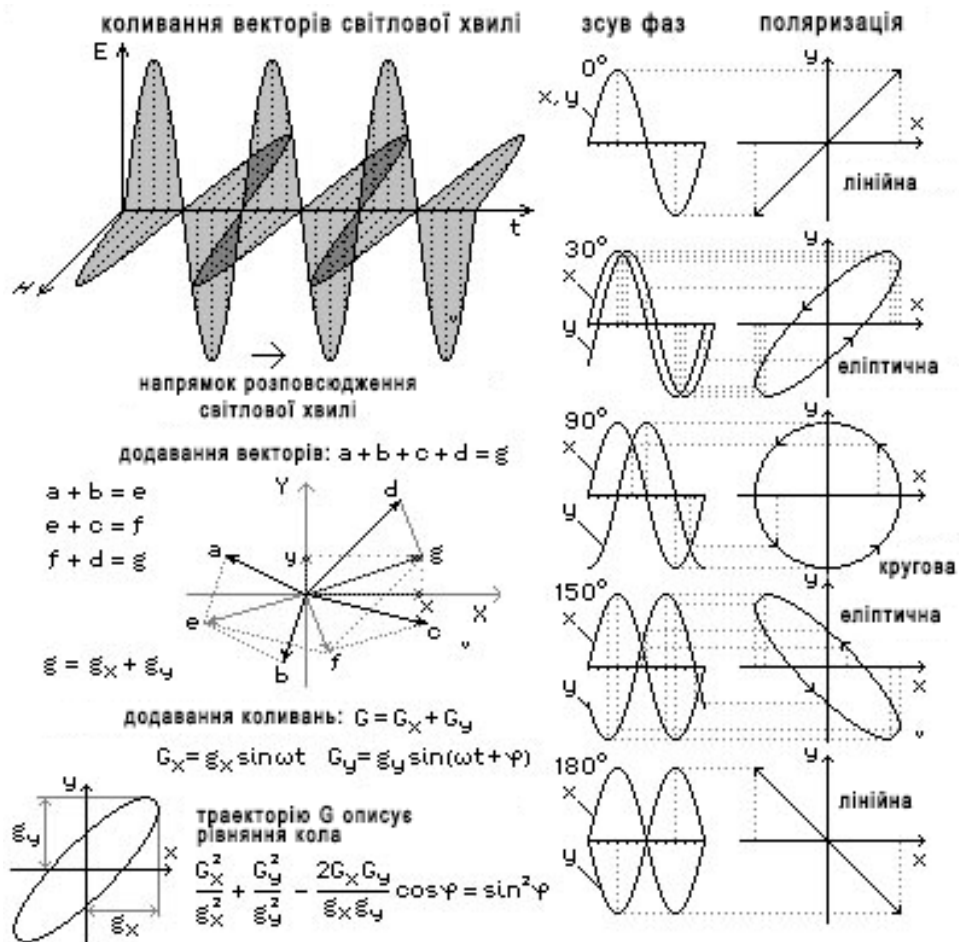


Рис. 5.2. Поляризація світла

Суть цього явища полягає в упорядкованості орієнтації векторів напруженостей електричного (E) і магнітного (H) полів світлової хвилі в площині, перпендикулярній світловому променю (рис.5.2).

Електромагнітна природа світла відбивається в коливаннях двох векторів (E і H) у взаємно перпендикулярних площинах, у напрямку поширення світлового променя (оскільки напрям векторів E і H взаємно перпендикулярні, далі буде розглядатися орієнтація тільки вектора E).

Навіть якщо взяти коливання однієї частоти, але з непостійними співвідношеннями по фазі, то і в цьому випадку світло не буде поляризоване, так як змінюється розбіжність фаз дасть невпорядковану орієнтацію результуючого вектора E. Тільки коливання постійної частоти з незмінним фазовим зрушенням (а саме такі коливання називають когерентними) дають впорядкованість орієнтації результуючого вектора E.

Результуючий вектор будь-якого напрямку можна розкласти в прямокутній системі координат на дві складові - x та y. У загальному випадку синусоїдальні коливання цих складових можуть мати фіксоване розбіжність по фазі. При цьому траєкторія руху кінця результуючого вектора буде описуватися (в площині, перпендикулярній напрямку світлового променя) рівнянням еліпса. У разі розбіжності фаз на 90° еліпс буде перетворюватися в коло, а при різниці фаз 0 або 180° - вироджуватися в пряму. Будь-який з цих (а також проміжних)

випадків свідчить про впорядкованій орієнтації вектора E і, отже, про те, що світло поляризоване (тобто спрямований, від грецького слово - Полос, вісь, напрямки).

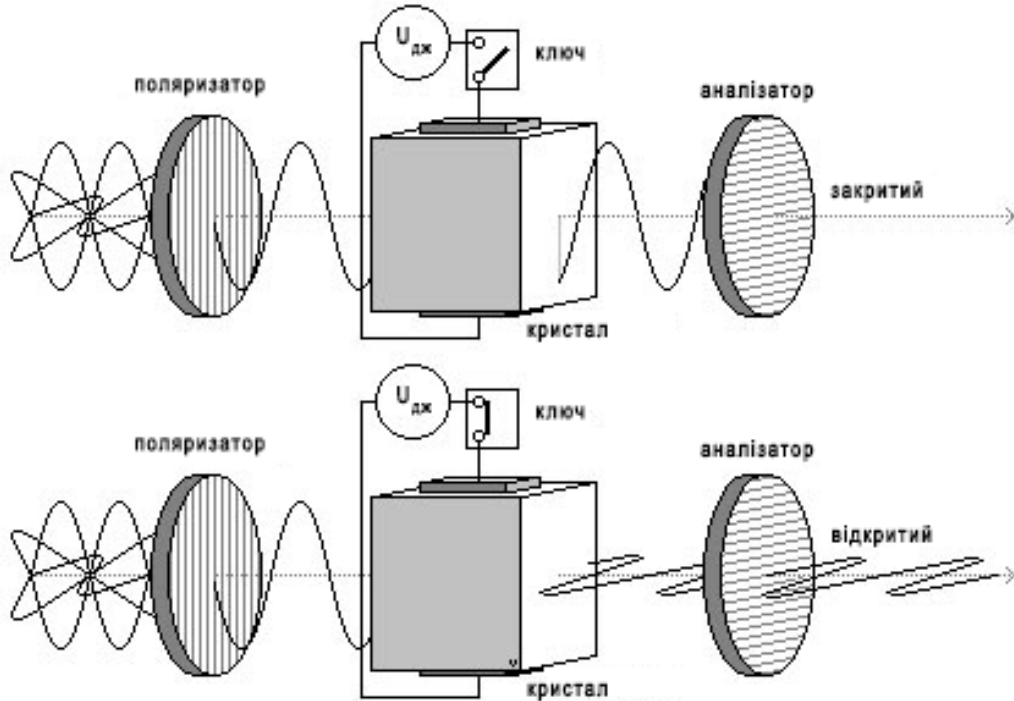


Рис. 5.3. Схема оптичного затвора

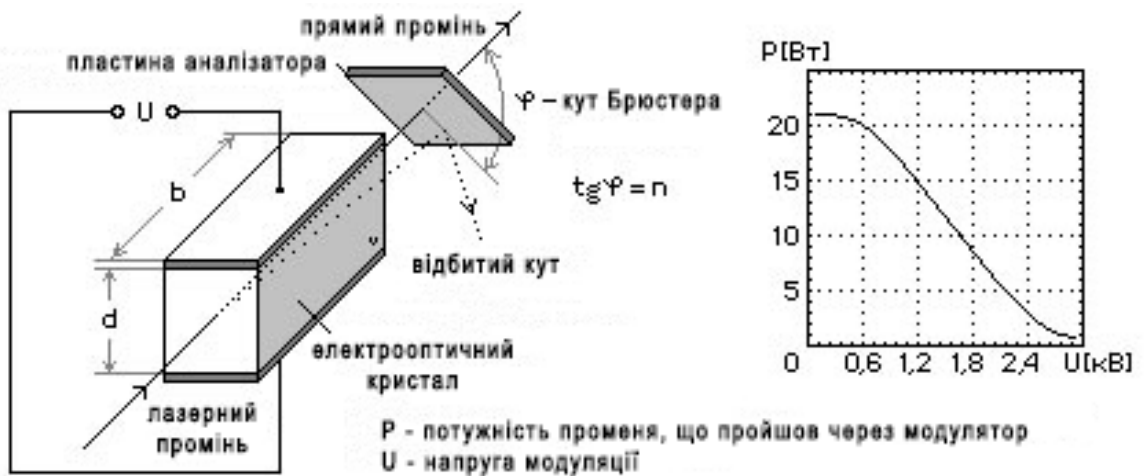


Рис. 5.4. Схема та модуляційна характеристика електрооптичного модулятора

З урахуванням викладеного вище розрізняють лінійну поляризацію світла, коли E зберігає постійну орієнтацію площини поляризації (площиною поляризації називається площина, в якій лежать E і світловий промінь), еліптичну поляризацію світла, при якій кінець вектора E описує еліпс в

площині, перпендикулярній променю, і кругову поляризацію світла, коли кінець вектора E описує коло.

Особливості взаємодії поляризованого світла з речовинами і оптичними середовищами лежать в основі роботи поляризаційних світлофільтрів, модуляторів світла, оптичних затворів, пристроїв зчитування інформації з магнітооптичних дисків та ін.

Оптична активність

Це природна властивість деяких речовин викликати обертання площини поляризації проходить через них лінійно поляризованого світла. Оптично активні речовини бувають двох типів. У речовин першого типу (до яких відносять камфору, винну кислоту та ін) Оптична активність обумовлена несиметричним будовою молекул. Речовини другого типу (кварц, кіновар) оптично активні тільки в кристалічному стані, що пов'язано з асиметрією сил, що зв'язують молекули і іони в кристалічну решітку. Штучна (наведена) оптична активність виникає в магнітному полі.

Як уже згадувалося в розд. 1, Майкл Фарадей відкрив (в 1845 р.) Ефект обертання площини поляризації світла при його поширенні в намагніченому речовині. Ефект Фарадея максимальний, якщо світло поширюється паралельно намагніченості середовища. Феромагнітні речовини, використовувані в магнітооптиці для запису інформації, при відображенні зчитує лазерного променя повертають площину поляризації його в ту чи іншу сторону на невеликий кут, в залежності від напрямку намагніченості опитуваного ділянки.

Поляризатори та оптичні затвори

Ефект обертання площини поляризації використовується також в оптичних затворах. Існують кристали, які повертають площину поляризації проходить через них світла під дією прикладеної до них електричної напруги. Інші кристали (наприклад, турмалін) здатні перетворювати неполяризований світло в поляризоване. Якщо взяти пластину турмаліну з площинами, паралельними осі кристалічної решітки, то така платівка пропустить лише ті складові світлових коливань, у яких електричний вектор спрямований паралельно осі кристала. Коливання з векторами E , перпендикулярними осі, не пройдуть через кристал. Такі пристрої називають поляризаторами. Якщо розмістити паралельно на одній оптичній осі один за одним два поляризатора, розгорнувши їх кристалічні осі під прямим кутом (другий кристал в цьому випадку називається аналізатором), то через таку збірку світло не пройде: аналізатор не пропустить світловий потік, що пройшов через поляризатор, в силу перпендикулярності його кристалічної структури площини поляризації світла. Але якщо розмістити між цими пластинками електрооптичний кристал (наприклад, кристал ніобіту літію), то вийде керований оптичний затвор: при подачі на кристал напруги він буде повертати площину поляризації світла і той пройде через аналізатор, в іншому ж випадку затвор не пропустить світло.

Оскільки такі затвори на відміну від механічних не мають рухомих частин, вони практично безінерційні і використовуються в швидкодіючих оптоелектронних пристроях - лазерних рекордерах, цифрових фотоапаратах, модуляторах світлового потоку.

5.3. Ефекти відхилення променя в оптичних середовищах

Електрооптичні кристали

Поряд з ефектом повороту площини поляризації існує так званий лінійний електрооптичний ефект відхилення світлового променя в кристалі під дією електричного поля - ефект Поккельса. Суть його полягає в зміні показника заломлення середовища пропорційно прикладеній напрузі. Ефект Поккельса спостерігається тільки в п'єзокристалла.

Схема, що пояснює принцип дії електрооптичного модулятора, і його модуляційна характеристика представлені на рис. 5.5.



Рис. 5.5. Принцип дії акустооптичного дефлектора (модулятора)

Пройшовши через електрооптичний кристал, лазерний промінь потрапляє на пластину аналізатора, розташовану під таким кутом до променя, що він безперешкодно проходить через пластину. При подачі ж високої напруги на обкладки електрооптичного кристала промінь відхиляється під дією зміненого показника заломлення на більший кут і вже не проходить через пластину аналізатора, а відбивається від неї. Відхилення променя тим більше, чим вище напруга на обкладках і чим довший шлях променя (δ) через кристал. Перевагою такого модулятора є його висока швидкодія (в принципі, частота модуляції може досягати десятків гігагерц). Проте в реальності полоса пропускання обмежується труднощами модуляції високої напруги і ємністю конденсатора, створюваного обкладками кристала. До того ж при малих відстанях (δ) між обкладками існує небезпека пробоя цього проміжку високою напругою, що прикладається до модулятора.

Акустооптичні кристали

Поряд з електрооптичними модуляторами в поліграфічних оптоелектронних пристроях застосовуються також акустооптичні модулятори, в основу дії яких покладено акустооптичний ефект, що виникає в деяких середовищах. Під дією акустичної хвилі в такій оптичному середовищі, наприклад кристалі, відбуваються зміни показника заломлення, причому ці зміни поширюються в середовищі в міру проходження в ньому акустичних хвиль, так що всередині кристалу утворюється як би дифракційна решітка, що відхиляє напрямом проходження світлового потоку від нормального, коли акустична хвиля відсутня. Принцип дії акустооптичного модулятора ілюструється на рис. 5.5.

У цьому пристрої застосовано два елементи, що використовуються в оптоелектроніці, - акустооптичний кристал і п'єзокристал. Змінна напруга ультразвукової частоти подається на п'єзокристалла, механічно з'єднаний з акустооптичним кристалом. Відповідно до рівняння зворотного п'єзоефекту електричні коливання викликають у п'єзокристалла механічні вібрації з ультразвуковою частотою, які фізично передаються акустооптичному кристалу. Хвилі ультразвукових вібрацій викликають в акустооптичному кристалі неоднорідності показника заломлення, потрапляючи на які промінь дифрагує (відбивається) під кутом Бреґга і не проходить по прямому напрямку. Низькі рівні напруг і мала потужність, необхідна для управління акустооптичними модуляторами, роблять їх привабливими для безсумнівної практики. Однак вони поступаються електрооптичним по смузі частот, яка обмежується величиною порядку 20 МГц.

Ще менш енерговитратними середовищами, за допомогою яких можна пропускати або забороняти проходження світлового потоку, є рідкі кристали.

5.4. Рідкі кристали

В рідкокристалічному стані можуть перебувати багато природні речовини, перетворюючись з рідини в тверде тіло при зниженні температури. Однак для більшості рідин це відбувається в дуже вузькому діапазоні температур (десяті частки градуса), тому властивості рідких кристалів (РК) довгий час після їх відкриття не знаходили практичного застосування. Рідким кристалам, молекули яких мають видовжену форму ниткоподібну, за що вони отримали назву нематических (від грец NEMA - Нитка), властива впорядкованість у розташуванні (укладанні) молекул. Ниткоподібного (кілька нанометрів в довжину і кілька ангстрем в ширину) обумовлена цепочечной структурою молекул. Наприклад, на рис. 5.6 наведена формула молекули рідкого кристала MBVA (метілоксібензіліден-бутіланілін) і деякі види укладання подібних молекул в рідкому і рідкокристалічному станах.

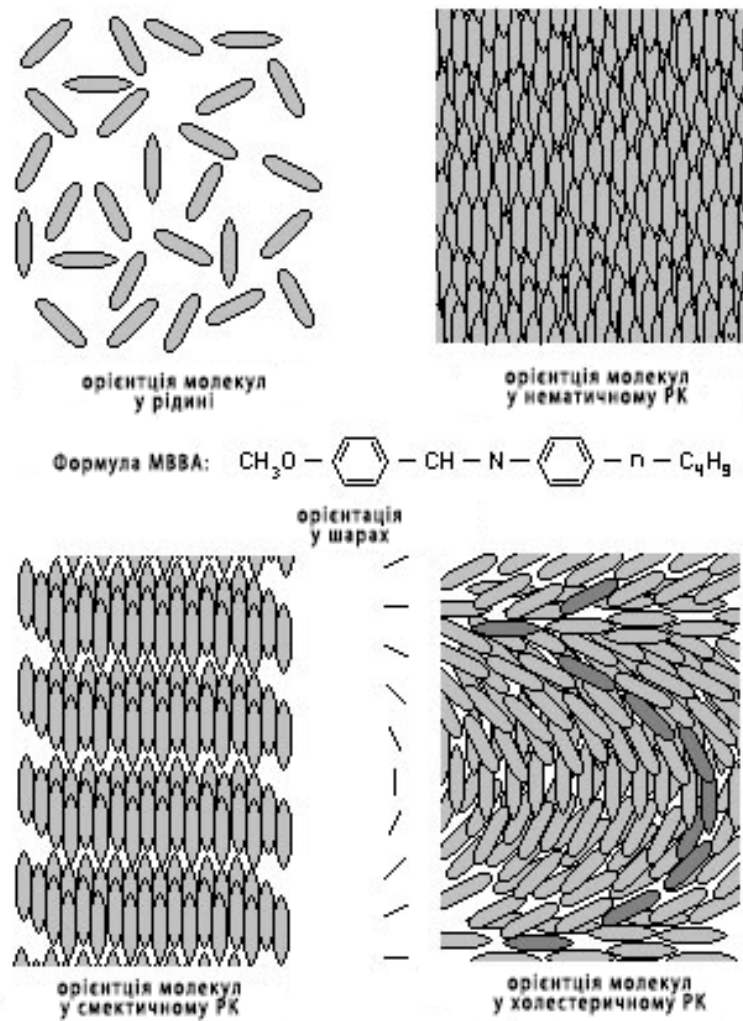


Рис. 5.6. Орієнтація молекул в рідинах та рідких кристалах

З часом були отримані рідкі кристали, що зберігають свої властивості в достатньому для практичного використання діапазоні температур. А властивості РК такі, що під дією навіть слабкого електричного поля в тонкому (кілька мікрометрів) шарі укладання та рух молекул змінюються, що супроводжується зміною його оптичних параметрів і проявом деяких струмових або польових ефектів (не розкриваючи суті кожного, можна метою посилення просто перерахувати деякі з використовуваних на практиці ефектів: ефект динамічного розсіяння, «твіст»-ефект, ефект «гість-хазяїн»). В оптоелектроніці використовується властивість рідких кристалів змінювати свою оптичну щільність під дією прикладеної до електродів (між якими знаходиться шар РК) різниці потенціалів. Ця особливість ЖК знайшла застосування в широкому спектрі індикаторних приладів та екранів. Самі по собі рідкі кристали не світяться, але якщо покласти ЖК на светоотражаючу підкладку (або висвітлити на просвіт), то контраст оптичної щільності двох станів РК (під напругою і без нього) цілком достатній для візуального розрізнення. Головним недоліком РК в цьому сенсі є порівняно (наприклад, з кінескопами або плазмовими панелями) невеликий кут спостереження - найкраще дивитися на РК-зображення по нормалі, а при

великих кутах відхилення від неї зображення зникає. Цей недолік стає менш відчутний при використанні властивості РК (наприклад, з «твіст»-ефектом) впливати на лінійно поляризоване світло. Принцип дії «твіст»-ефекту ілюструється на рис. 5.7.

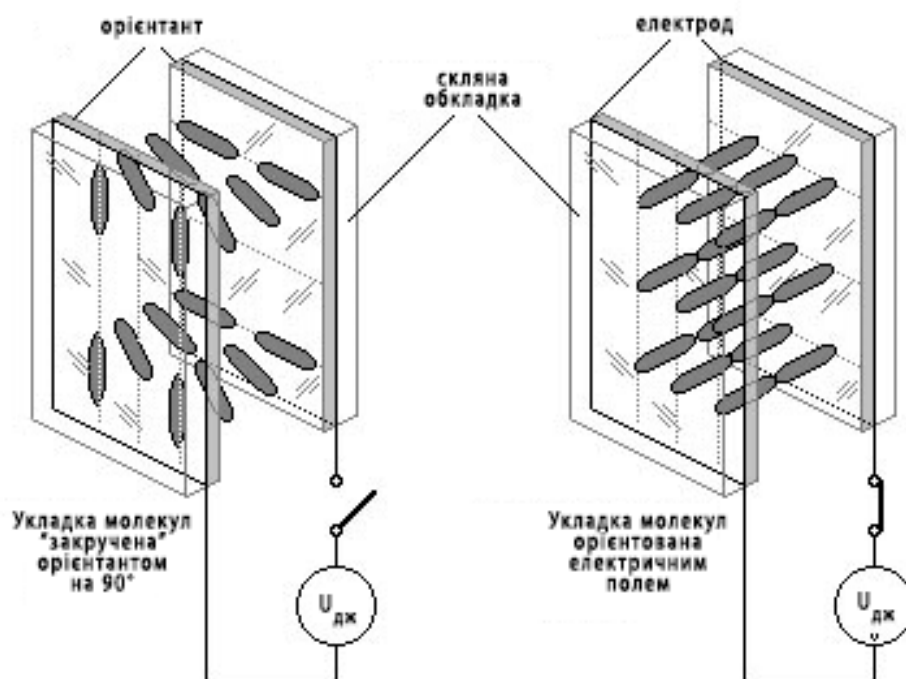


Рис. 5.7. Принцип дії «твіст»-ефекта в рідких кристалах

На поверхні скляних обкладок, звернених до ЖК, наноситься орієтант (у вигляді прозорої плівки), який укладає прилеглі до нього молекули в заданому напрямку.

Якщо орієнтація молекул РК у протилежних обкладох буде взаємно перпендикулярній завдяки відповідними напрямками орієнтуючих плівок, то укладання рідкого кристал виявиться «закрученої» (слово «твіст» - англ [поворот] - означає поворот, скручування) на 90° . Це відбувається в силу здатності молекул піддаватися навіть слабким напрямним впливів - кожна молекула намагається прийняти такий же напрямок, як і сусідні. При висвітленні рідкого кристала лінійно поляризованим світлом, що збігається за напрямом поляризації з вхідним орієтантом, така «закрутка» в укладанні молекул призводить до повороту напрямку лінійної поляризації світлового потоку, що пройшов через ЖК, на ті ж 90° . Якщо ж прикласти до електродів невелика напруга, то під дією електричного поля (більш сильного, ніж дія орієтанту) укладання молекул втрачає скрученості і вони вибудовуються по нормалі до поверхні електродів. Нова укладання контрастно змінює оптичну щільність електризуваних ділянок і одночасно усуває ефект повороту напрямку поляризації пропускається через РК лінійно поляризованого світла.

Встановивши перед джерелом світла поляризатор, а після РК - аналізатор, можна отримати новий оптичний затвор, тільки більш універсальний. На поверхні РК можна розмістити матрицю електродів і замикати або пропускати світло на необхідних ділянках, багаторазово збільшивши інформаційні потоки через такий «затвор», або використовувати його як екран дисплея (в цій якості рідкі кристали широко відомі всім).

Сучасний дисплей (по-англійськи [дисплей] - виставляння напоказ, відображення) асоціюється із зображенням, а для поліграфіста - зображення найчастіше пов'язане з кольором.

5.5. Середовища, що розрізняють колір

Оптоелектронні пристрої, що використовуються в поліграфії, часто працюють з кольором (сканери, денситометри, спектрофотометри та ін), і на них при цьому, як правило, покладаються функції кольороподілу або цветорозличення (розкладання на спектральні кольору). Ще до появи оптоелектроніки в поліграфічному обладнанні для цих цілей використовувалися (і зараз з успіхом застосовуються) найрізноманітніші елементи традиційної оптики - призми і дифракційні ґрати - для розкладання світлового потоку на складові кольору в спектральних приладах; зональні світлофільтри і діхроїчних дзеркала - для кольороподілу світлового потоку будь забарвленості на три складові: червону, зелену і синю. Ці елементи детально вивчаються студентами в курсах відповідних дисциплін, а тут будуть згадані лише їх основні властивості, які використовуються в оптоелектронних приладах.

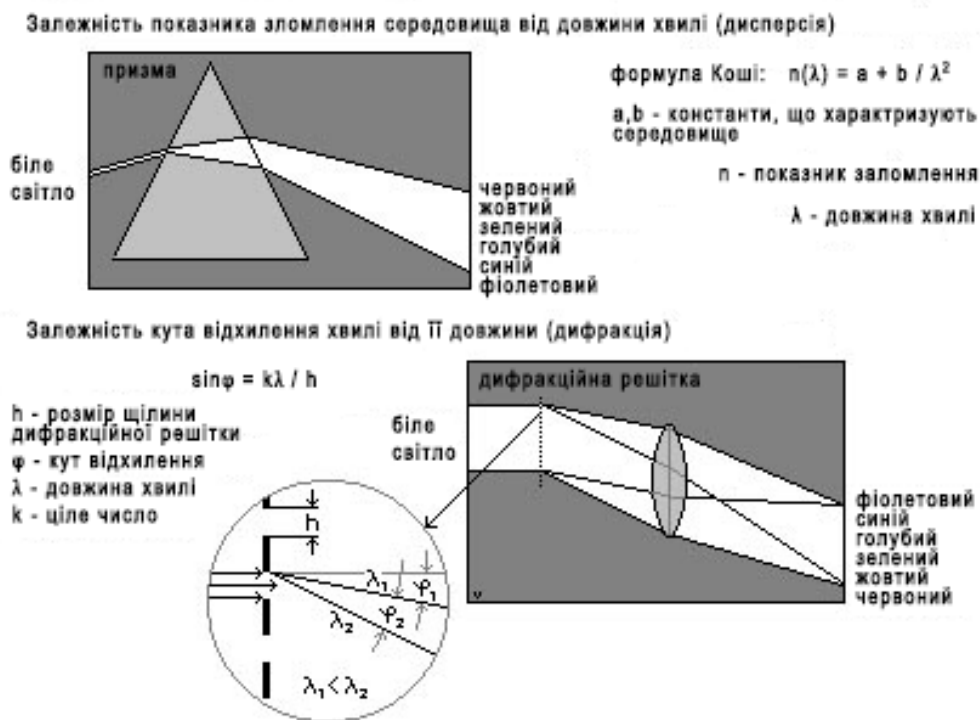


Рис. 5.8. Принцип дії призми та дифракційної ґратки

Принцип дії призми (рис. 5.8 заснований на залежності показника заломлення середовища, через яку пропускається світло, від довжини хвилі

електромагнітних коливань, простіше кажучи, кольору. Ця залежність у першому наближенні описується формулою Коші (по імені французького математика Коші АЛ [1789-1857]). Залежність ця нелінійна. Показник заломлення збільшується зі зменшенням довжини хвилі. Це призводить до ефекту розкладання білого кольору, що пропускається через призму. Призма посилює различимість ефекту, так як промені різних кольорів, відхиляючись під різними кутами, проходять до того ж різні відстані, і на виході з неї спектр виявляється більш розтягнутим. Якщо за призмою встановлена лінійка фотоприймачів (або білий екран), то це дозволяє визначати спектральний склад випромінювання.

Інший принцип закладений в явищі спектрального розкладання світла на дифракційних ґратах. Ефект дифракції світла позначається у країв екранів, малих отворів, вузьких щілин, коли відстані світлих проміжків стають порівнянні з довжиною світлової хвилі. У таких умовах промені, що стосуються краю перешкоди, відхиляються від прямолінійної траєкторії падаючого світла, при цьому синус кута відхилення прямо пропорційний і кратний довжині хвилі (тобто кут відхилення тим більше, чим більше довжина хвилі). Навколо малого одиничного отвору в результаті дифракції спостерігаються дифракційні кільця чергуються світлих і темних ділянок (у формулу входить показник кратності або порядку явища k). Навколо одиночної щілини кільця перетворюються на смуги, затухаючи в міру віддалення від просвіту (в обидві сторони). Якщо такі щілини розташовані в ряд і близько один до одного (розміри щілин і перегородок одного порядку малості), то утворюється дифракційна решітка, за якої, при розміщенні там білого екрана, можна побачити спектр падаючого на ґрати світлового променя. Дифракційні решітки роблять і на відображення - тоді на дзеркальну поверхню наносять тонкі ризики (до декількох тисяч рисок на міліметр).

Такі елементи розкладання складного світла на складові кольори використовуються в сучасних спектрофотометрах, приладах калібрування моніторів, комп'ютерних системах управління кольором (системи управління кольором - CMS). Інше завдання розрізнення складної забарвлення - поділ на зональні складові для подальшого поліграфічного синтезу кольору (на базі тріади блакитної, пурпурової і жовтої фарб + чорна) - кольороподіл. Кольороподіл здійснюється, як правило, за допомогою зональних світлофільтрів - червоного (червоний - R), зеленого (зелений - G) і синього (синього - B), або для цих цілей застосовують діхроїчних дзеркала. На рис. 4.8 наведені спектральні характеристики світлофільтрів R, G і B, рекомендовані європейським (ФРН) стандартом DIN 16536, і приблизні характеристики діхроїчних дзеркал.

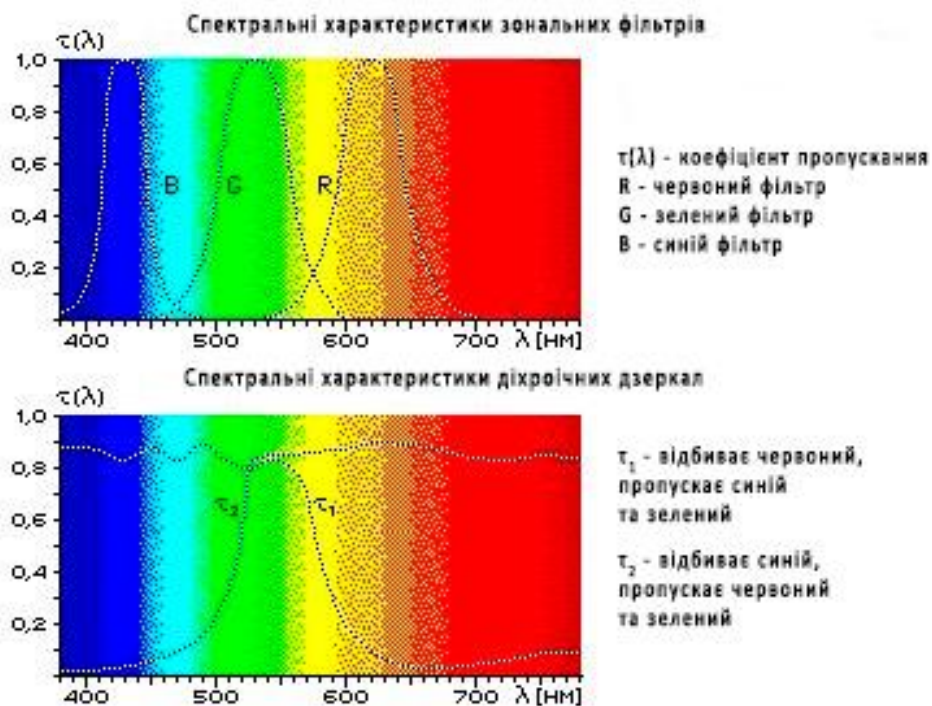


Рис. 5.9. Спектральні характеристики кольороподільних фільтрів та дзеркал

Світлофільтри пропускають світло тільки своєї зони спектру, затримуючи світлові потоки інших кольірних відтінків, тому якщо взяти, наприклад, синій фільтр і подивитися через нього на відбиток, зроблений жовтою фарбою на білому папері (до речі, без фільтра жовте на білому відрізняється з працею), то око побачить чорний відбиток на тлі синього - промені жовтого кольору через синій фільтр не пройдуть. Чим менше буде жовтого на відбитку, тим менше чорним здасться ця ділянку за синім фільтром. Цей ефект дозволяє вимірювати оптичні щільності основних фарб поліграфічної тріади (блакитний, пурпурний, жовтий) на відбитках за допомогою денситометрів, в яких встановлюються зональні фільтри: синій - для жовтої фарби, зелений - для пурпурової, червоний - для блакитної (чорна вимірюється за візуальним фільтром, які мають спектральну характеристику, близьку до характеристики людського зору)

Дихроїчні дзеркала теж не пропускають випромінювання однієї із зон видимого спектру (тому їх також називають дихроїчними фільтрами), відображаючи ці промені, як дзеркало, - це додає їм нову властивість на відміну від світлофільтрів, так як не пройшли через дзеркало промені можуть використовуватися в іншому вимірювальному каналі, якщо вони будуть туди направлені. Поставивши один за одним два різних за характеристиками (див. рис 5.8) Дзеркала, можна зробити розподіл світлового потоку на промені червоної, зеленої та синьої зони: перше дзеркало відобразить хвилі червоної зони і пропустить зелені та сині, які розділяться на другому дзеркалі - сині відіб'ються, а зелені будуть пропущені через нього.

Як вже було сказано на початку цієї глави, відмінною рисою оптоелектроніки є мініатюризація елементів, їх інтеграція з метою переробки великих обсягів інформації. Тому й ті елементи традиційної оптики, які були

описані вище, в додатку до оптоелектронним приладів виготовляються найчастіше в зовсім специфічному вигляді, за технологіями, що застосовуються у виробництві оптоелектронних елементів. Наприклад, зональні фільтри для матричного ПЗЗ можуть являти собою тонку плівку, розміщену на поверхні матриці, з нанесеними мікроскопічними тріадами кольорів, у вигляді синіх, зелених і червоних штришків або точок, кожна з яких призначається для своєї елементарної ПЗС-осередки розміром 5×5 мкм

Сказавши про плівкових світлофільтрах, на закінчення слід згадати про багатошарових діелектричних структурах, що застосовуються в системах оптичної зв'язку у випадках, коли з змішаного світла з різними довжинами хвиль необхідно виділити світло з однієї певною довжиною хвилі. Такі структури являють собою багатошаровий «бутерброд» з чергуванням тонких шарів діелектриків двох типів з різними показниками заломлення. Кожен шар має товщину, рівну чверті довжини хвилі виділяється випромінювання. Падаючий на структуру світло частково відбивається від кожної з меж розділу двох середовищ. Відбиті промені виділеної довжини хвилі, будучи одночастотними і зсунутими на чверть хвилі, тобто когерентним, інтерферують (складаються), посилюючись по амплітуді (див. приклад такого складання на раніше наведеному рис. 5.9). Світло інших довжин хвиль такого ефекту не має, тому що або проходить через структуру не відбиваючись, а якщо й відбивається, то не синфазно, а отже, і не когерентно - для нього інтерференція безрезультатна.

Викладені в цій главі поняття про базові елементи, присутніх у тому чи іншому наборі в кожному оптоелектронному пристрої, дозволяють перейти до розгляду типових приладів цього напрямку, широко застосовуються в поліграфії.

Оптоелектронні прилади в широкому розумінні являють собою пристрої, що використовують оптичне випромінювання для своєї роботи: створення, детектування, перетворення і передачі інформаційного сигналу. Як правило, ці прилади включають в себе той чи інший набір оптоелектронних елементів, основні з яких було розглянуто в попередньому розділі. У свою чергу, самі прилади можна підрозділити на типові та спеціальні, вважаючи типовими ті з них, які серійно виробляються для широкого застосування в різних галузях промисловості, а спеціальні пристрої випускаються з урахуванням специфіки конкретної галузі - у нашому випадку, поліграфії.

6. Перетворювачі лінійних і кутових переміщень

У багатьох електронних поліграфічних машинах і апаратах (сканерах, рекордерах, фотоапаратах і ін) потрібна точна інформація про місце розташування або переміщення того чи іншого вузла - об'єктива, Плівка, записуючого інструменту і т.п. В таких ситуаціях найбільшу точність забезпечують, як правило, оптоелектронні перетворювачі лінійних і кутових переміщень в електричний сигнал, часто видається у вигляді імпульсів, підготовлених до сприйняття дискретними логічними схемами і комп'ютерами.

6.1. Перетворювачі лінійних переміщень

У типових оптоелектронних перетворювачах лінійних переміщень (згідно стандарту на технічну документацію в найменуванні виробів перше слово повинно бути іменником, в даному випадку - перетворювач оптоелектронний лінійних переміщень, скорочено ПОЛП) інформація знімається найчастіше кількома фотоприймачами (працюють у відбитому або минаючому світлі) з переміщеною вздовж них кодової лінійки (відповідно скляній чи металевої), на якій з високим ступенем точності нанесені мікроштрихи, ширина яких і відстань між ними вимірюються мікрометрами. Схема, що пояснює принцип дії такого перетворювача, що працює у відбитому світлі, наведена на рис. 5.1.

На каретці, лінійне переміщення якої вимагає контролю, розміщується вимірювальний блок ПОЛП, звернений робочим вікном до кодової лінійки. Чим вище вимоги до точності контролю переміщень (а це можуть бути навіть частки мікрометра), тим тонше повинні бути риски мікроштрихами і тим частіше вони повинні бути нанесені на лінійку. Однак, коли рахунок йде на мікрометри, слід пам'ятати про дифракції і про довжину хвилі випромінювача - природних обмежувачах можливостей кодової лінійки і оптичних вимірювань. Застосування чотирьох фотоприймачів і відповідно чотирьохщільної діафрагми дозволяє вимірювати переміщення, в 4-8 разів менші кроку штрихів лінійки.

Ширина щілин діафрагми дорівнює ширині штрихів лінійки, а крок щілин в 1,25 рази більше кроку її штрихів. Тому якщо, наприклад, в якийсь момент переміщення щілину А повністю збігається зі штрихом лінійки, то щілину В в цій позиції вже пройде половину ширини сусіднього штриха, щілину С сполучиться точно з пропуском між штрихами, а в щілини D здасться перша половина нового штриха.

Кожен з чотирьох фотоприймачів націлений на свою щілину в діафрагмі, тому на фотоприймач А буде падати мінімальний світловий потік, що відбилася від закрив щілину темного штриха, на фотоприймач С - максимальний, а на В і D - середній між максимальним і мінімальним. При переміщенні діафрагми вздовж лінійки сигнал кожного фотоприймача буде, отже, плавно змінюватися за синусоїдальним законом, із зсувом по фазі на 90° щодо сигналів сусідніх фотоприймачів.

Якщо згадати, що у фотоприймачів (фотоопорів, фотодіодів, фототранзисторів - елементів, найчастіше вживаних для таких цілей, у даному ж випадку більш підходящим є фотодіод як найменш інерційний елемент) при їх висвітленні внутрішній опір падає, а при затемненні - різко зростає, то при підключенні такого елемента до джерела стабілізованого живлення послідовно з постійним опором (див. схему плати електроніки на рис. 3.5) утворюється дільник напруги, потенціал середньої точки якого буде максимальним (щодо загальної шини фотоприймачів) при спостереженні штриха і мінімальним - при спостереженні пробілів.

Таким чином, на один крок лінійки (штрих і пробіл) датчик ПОЛП видасть чотири амплітудних максимуму синусоїдальних сигналів, зсунутих один щодо одного на 90° .

Схема плати електроніки дозволяє перетворити ці сигнали в низку рівновіддалених один від одного прямокутних імпульсів - по чотири імпульсу на кожен крок лінійки. З цією метою до того ж джерела живлення підключений дільник напруги на двох постійних опорах, з середньої точки якого щодо загальної шини знімається постійна напруга U_0 , рівне середньому значенню між максимальним і мінімальним сигналами фотоприймача. Якщо подати цю напругу на інвертуючий вхід операційного підсилювача, що працює в режимі компаратора (порівнює дві напруги і видає сигнал на виході, при наявності більшої напруги на неінвертуючий вході), а на неінвертуючий - сигнал з фотоприймача, то на виході компаратора (К) буде присутній позитивний постійний сигнал при перевищенні сигналом фотоприймача рівня U_0 (див. діаграми сигналів $U_a - U_0$ і K_a , $U_0 - U_0$ і K_0 , $U_c - U_0$ і K_c , $U_d - U_0$ і K_d на рис. 6.1).

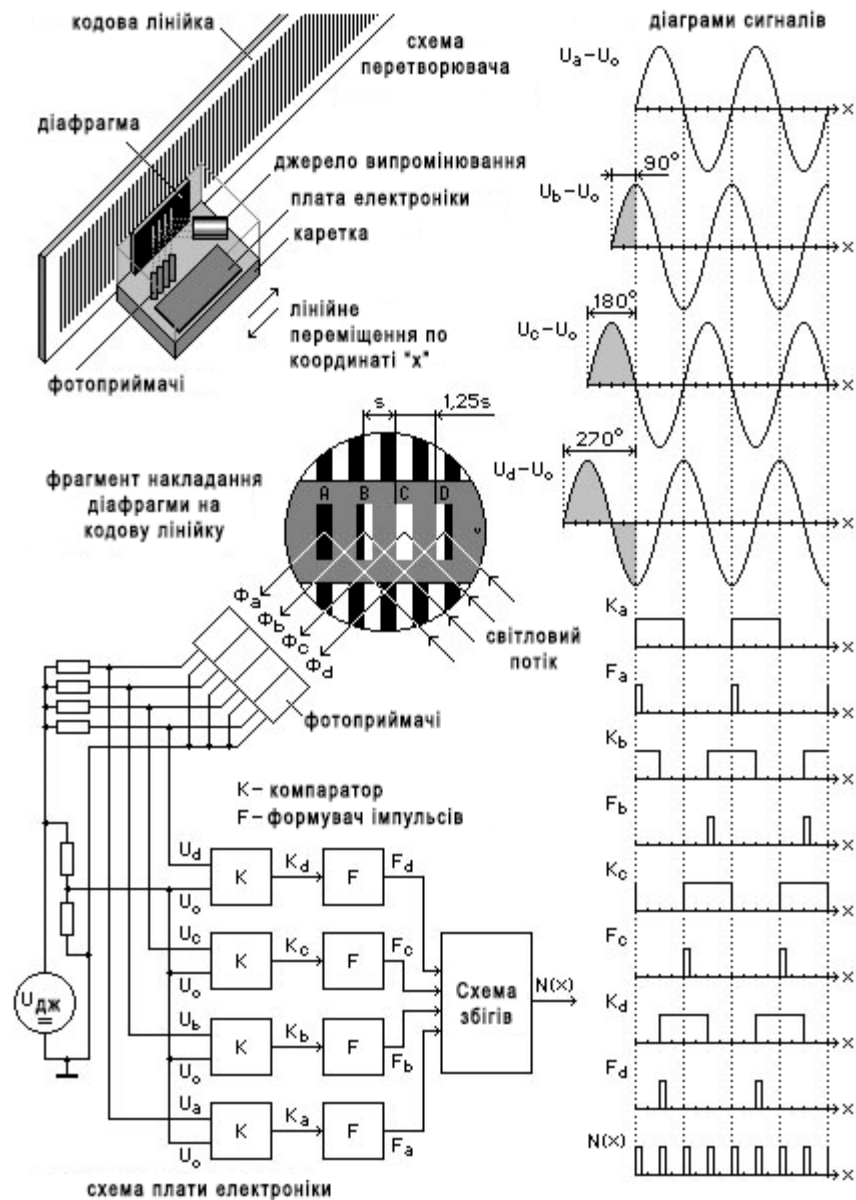


Рис. 6.1. Схеми та діаграми вихідних сигналів перетворювача лінійних переміщень

6.2. Перетворювачі кутових переміщень

Знання точного кутового положення обертового барабана або циліндра обов'язково при скануванні або порядкової запису інформації в багатьох видах поліграфічного устаткування - від барабаних сканерів до офсетних друкованих машин. У подібних випадках завдання часто вирішується за допомогою оптоелектронних перетворювачів кутових переміщень (ОПКП).

В таких перетворювачах основними елементами є кодовий диск і одна або декілька оптопар «джерело світла - фотоприймач». Все різноманіття цих приладів можна розділити на два класи - прилади накопичувального типу та прилади прямого відліку кута. У приладах накопичувального типу кутове переміщення визначається за кількістю імпульсів фотоперетворювача, отриманих при повороті кодового диска, на якому нанесені з рівним кроком темні ризики на світлому фоні (в датчиках відбивної дії) або ті ж темні ризики на прозорому склі (в датчиках, що працюють на просвіт). Крім того, в простих приладах використовуються і непрозорі диски з перфорованими отворами у вигляді круглих дірочок або щілинних прорізів (див., наприклад, рис. 4.5). Як правило, при включенні приладу накопичувального типу в роботу його необхідно встановити в початкове положення - заздалегідь відому кутову позицію, що вважається нульовою. Тут слід додати, що існують найпростіші прилади з кодовим диском, що має всього одну щілину (або виріз) - такий прилад дає всього один імпульс на оборот, називається циклових датчиком і є одночасно і накопичувальним (якщо вважати число оборотів) і приладом прямого відліку (оскільки єдиний імпульс припадає на одне і те ж кутове положення диска).

Прилади прямого відліку мають більш складні кодові диски. Як правило, на такому диску присутні кілька доріжок у вигляді концентричних кіл, з розміреним чергуванням темних і світлих (або прозорих) дужок. Якщо взяти для прикладу диск, зображений на рис. 6.2, то можна відзначити, що на найближчій до центру диска колу є всього одна темна півколо (з розчином кута в 180°) і один пробіл. На наступній від центру кола темних дужок вдвічі більше (так само, як і прогалін), а розчин кута відповідно в 2 рази менше і т.д.

Якщо кожна з кіл перетинає оптичну вісь відповідного фотоприймача (як правило, фотодіода), то на темних її ділянках з виходу фотоприймача буде зніматися напруга, практично рівне напрузі джерела живлення (темновий опір фотодіода велике), а на світлих - падіння напруги на фотоприймачі буде близько до нуля. Таким чином в приладі організовано перетворення кута в двійковий код (виражає числові величини у вигляді нулів і одиниць): сама ближня до центру диска окружність представляє старший розряд двійкового коду кутового положення диска, а сама далека від центру - молодший розряд. Відомо, що в двійковій системі числення молодший розряд представляє лише два числа - 0 і 1, двома розрядами виражається вже чотири числа (0, 1, 2, 3), третій розряд додає до них ще чотири (4, 5, 6, 7), тобто додаток кожного нового розряду подвоює кількість експонованих значень. Зображений на рис. 6.2 диск має чотири кодові кола (чотири двійкових розряди), значить, поворот диска може ідентифікуватися 16 позиціями і одиниця молодшого розряду відповідає

куту повороту в $22,5^\circ$ (якщо взяти більше розрядів, то можна домогтися точності визначення кута аж до часток градуса).

Перевага приладів прямого відліку полягає в тому, що кожному кутовому положенню диска відповідає свій двійковий код і немає необхідності запам'ятовувати попередню або початкову кутову позицію. Лінією зчитування коду є пряма ON0, на якій знаходяться фотоприймачі 1, 2, 3 і 4 з одного боку диска (їх позиції на лінії ON0 показані кружечками) і джерело світла SL - з іншого (на рис. 6.2- за диском). Джерелом світла в таких приладах служить, як правило, лампа розжарювання, так як тут немає необхідності модулювати витік світла (оскільки інформація вводиться кодовою диском), а лампа може дати потужний широкий потік світла, що охоплює всі оптичні канали.

Вихідного положення відповідає код 0000. Якщо диск повернути за годинниковою стрілкою до позиції OA, то на лінії зчитування виявиться кодова комбінація, позначена лінією ON (0010). Для прикладу на малюнку вказано ще кілька кодових комбінацій (0110, 1001, 1101), відповідні їм позиції на диску і вихідні сигнали фотоприймачів, що працюють за наведеною схемою.

Поряд з очевидними перевагами прилади з простим двійковим кодом мають недолік, що обмежує область їх застосування, - перехід від однієї кодової комбінації до іншої повинен відбуватися строго одночасно по всіх фотоприймача і найменші розбіжності приведуть до похибки у визначенні кутового положення. У цьому відношенні більш досконалим є двійково-зрушений код, званий також кодом Баркера. Для пояснення принципу побудови коду Баркера на рис. 6.6 приведена розгортка диска.

Особливістю двійково-зрушеного коду є подання кожного розряду, крім молодшого, двома доріжками (підрозряду) - а і b з можливістю зчитування однієї з них за наступним алгоритмом: якщо попередній розряд кодової комбінації 0, то значення наступного розряду зчитується за його доріжці a; якщо ж 1 - то значення наступного розряду визначається по доріжці b. Доріжки побудовані так, що зони 1 (і відповідно 0) підрозряду b зрушені щодо підрозряду a на половину своєї ширини; зони молодшого розряду розташовані по центру зон a другого розряду; зони підрозряду a кожного наступного розряду зрушені на чверть ширини зони підрозряду a попереднього розряду. Така побудова і алгоритм зчитування виключають можливість помилок на кордонах сусідніх розрядів при зміні кутового положення диска, так як кордон перетинає тільки фотоприймач молодшого розряду, а решта, що беруть участь в зчитуванні коду при цьому розташовуються завідомо всередині кодової зони. Для ілюстрації сказаного на розгортці диска за кодом Баркера кружечками виділені зони вже згаданих кодів: 0000, 0110, 1001, 1101 (зростання чисел на розгортці справа наліво) і приведена відповідна схема приладу (схеми на рис. 6.1 наведено без логічних елементів, принцип роботи яких вимагає окремих пояснень і повів би виклад від головної теми, а схеми знімання сигналів з фотоелементів в даному випадку аналогічній схемі, наведеній на рис. 6.2).

Прилади накопичувального типу простіше у виготовленні і не вимагають докладних пояснень принципу дії. Найбільш точні з них також містять

скляний кодовий диск з низкою кодових доріжок, освітлювач у вигляді лампи розжарювання і кілька фотоприймачів (відповідно доріжках), в якості яких найчастіше застосовуються фотодіоди. На рис. 6.2 наведена конструкція і діаграми сигналів чеського перетворювача «кут - код» накопичувального типу IRC-111, а нижче наводяться його технічні характеристики:

Число циклових імпульсів на оберт диска	1
Число тактових імпульсів на оберт диска	1000
Напруга яка відповідає 1, В	3,5-5
Напруга яка відповідає 0, В	0,1-2
Напруга живлення електронних елементів, В	5
Напруга живлення освітлювача, В	6

Пряма або інверсна послідовності вибираються з урахуванням полярності живлення логічних схем. Послідовність тактових імпульсів із зсувом в 0,5 імпульсу щодо основної дає можливість логічним елементам визначати, в який бік здійснюється обертання (в залежності від цього на схему, визначальну напрям обертання осі перетворювача, першим буде приходити або основний, або зрушений імпульс).

На закінчення слід зазначити, що подібні прилади випускають багато виробників (у тому числі й вітчизняні) на різне число тактових імпульсів (500, 1000, 2500, 5000, 10000 і більше), різних розмірів і конструктивного оформлення. У поліграфії вони застосовуються не тільки для контролю кутового положення валів і циліндрів, а й для стеження за лінійними переміщеннями - установка такого приладу, наприклад, на ходовий гвинт одноножової паперорізальної машини дозволяє відслідковувати переміщення подавача стопи паперу.

Розглядаючи застосування типових оптоелектронних приладів в якості датчиків контролю поліграфічних процесів, необхідно коротко зупинитися на застосуванні для цих цілей світловодів і використанні в поліграфії типових волоконно-оптичних пристроїв.

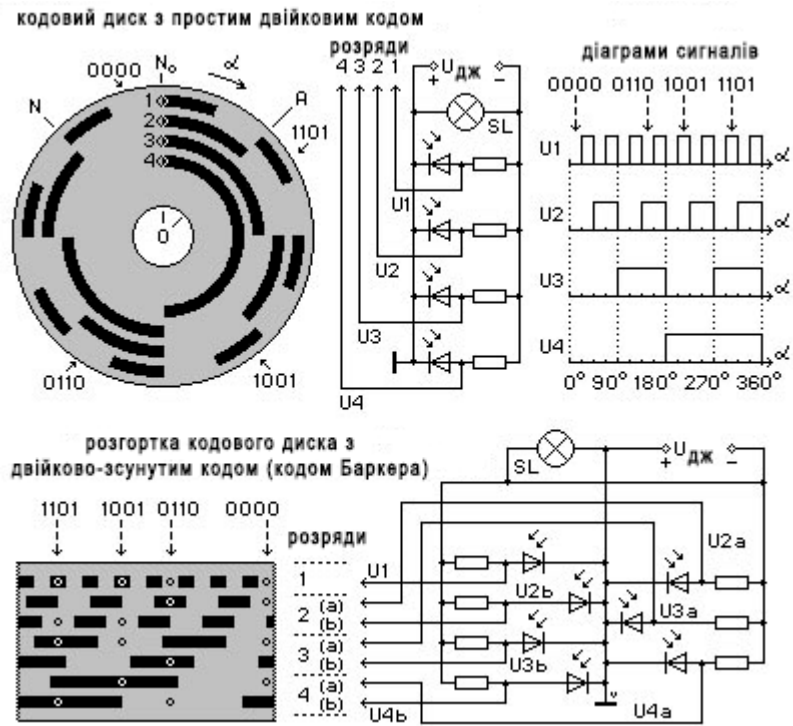


Рис. 6.2. Коди дисків, схеми і діаграми сигналів перетворювачів кутових переміщень

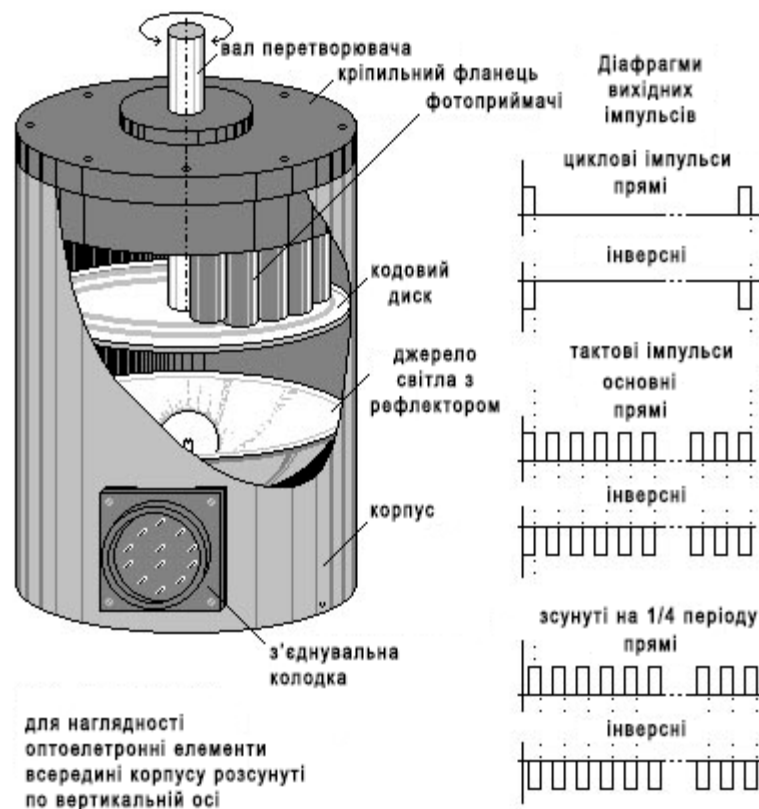


Рис. 6.3. Конструкція і діаграми сигналів перетворювача «кут - код» IRC-111

Тема 7. Волоконно-оптичні світловоди, кабелі, лінії зв'язку

У реальних умовах досить часто зустрічаються ситуації, коли для подачі або знімання оптичного сигналу потрібне застосування світловодів. Це може визначатися компактністю конструкції обладнання або неможливістю розміщення приймача, традиційної оптики або джерела (освітлювача) в необхідному місці через їх розмірів, необхідністю розгалуження або збору світлового потоку по декількох каналах, потребою в чіткому поданні на площині (торці світловода), збільшення або зменшенні площі аналізованого ділянки і т.п. Для цих цілей використовуються типові рішення у вигляді ординарних світловодів в стандартному обрамленні, джгути розгалужених світловодів (відгалужувачі і колекторів), фокони, світловоди з упорядкованою (регулярної) укладанням волокон та ін. Приклади перерахованих типів світловодів наведені на рис. 7.1.

Ординарний світловод являє собою гнучкий джгутик з оптичних волокон, склеєний або спечений у кінців, діаметром в долі міліметра (може бути і більше і менше), укладений в гумову (або пластмасову) трубочку з металевими наконечниками, відшліфованими по торцю врівень зі світловодами. Наконечники можуть мати різьбу для з'єднання з іншими деталями оптичної системи.

Світловод може згинатися по будь-якому природному радіусу, не виводить промінь за кордон граничного кута повного внутрішнього відбиття (зрозуміло, не слід перегинати світловод до залому волокон).

Розгалужені світловоди призначені або для поділу (відгалужувач) вхідного світлового потоку на декілька вихідних, або для відомості (колектор) кількох автономних оптичних потоків, як правило інформаційних, до одного пучку. Волоконно-оптичний відгалужувач часто застосовуються для розведення світла від потужного джерела по декількох каналах, коли потрібно забезпечити в безлічі точок ідентичне локальне освітлення (наприклад, при одномоментних вимірах оптичної щільності в динаміці процесу друку на машині по смузі контрольних міток). Якщо в відгалужувачі укладання волокон загального джгута може бути досить довільною, то світловод-колектор відрізняється впорядкованістю розташування джгутиків гілок в торці загального пучка. Вони можуть розташовуватися, наприклад, в лінію, в стільниковому або якомусь іншому порядку. Це дає можливість створити на виході колектора з оптичних сигналів окремих гілок фрагмент зображення. У ньому по восьми автономно модульованим каналах створюється лінійний фрагмент половини растрового квадрата (весь квадрат - 16×16).

Світловоди з повністю впорядкованим укладанням використовуються в разі необхідності передачі зображення або його фрагмента без спотворень з однієї точки простору в іншу (не знаходяться, як правило, на одній оптичній осі). Якщо вхідний і вихідний зображення співвісні, то можуть застосовуватися не гнучкі, а жорсткі волоконно-оптичні світловоди, окремі волокна у яких скріплені (склеєні) один з одним. До цього типу світловодів відносяться і фокони (фокони - фокусуєчий конус), волокна яких мають змінну площа перерізу по довжині. Діаметри окремих волокон можуть бути в

межах 5-75 мкм, так що з поліграфічної точки зору фокони цілком прийнятні за роздільної здатності. Це дозволяє не тільки передавати, але і масштабувати зображення - зменшувати або збільшувати в залежності від того, яким кінцем (розширеним або звуженим) фокони звернений до джерела зображення.

Окремі волоконно-оптичні елементи ефективні при передачі оптичної інформації на невеликі відстані, як правило, всередині корпусу або блоку одного апарату, машини. Для зв'язку об'єктів, які обмінюються оптичними сигналами всередині одного приміщення, будівлі або перебувають на великих відстанях (в поліграфічних технологіях нерідкі ситуації, наприклад, передача газет на відстані, при яких здійснюється передача оцифрованих даних з міста в місто, з країни в країну, з континенту на континент), потрібні оптоелектронні компоненти іншого рівня - волоконно-оптичні кабелі, елементи інтегральної оптики та інші специфічні пристрої зв'язку, з яких утворюються системи оптичного зв'язку. Багато з цих компонентів є типовими оптоелектронним елементами, але так як поліграфісти користуються ними як споживачів послуг зв'язку (подібно пошті, телефону, телебачення), в даному короткому курсі оптоелектроніки вони не розглядаються.

Проте деякі відомості про можливості ліній оптичного зв'язку представляють інтерес, оскільки дозволяють усвідомлено вибирати оптимальне рішення тієї чи іншої виробничої завдання. Наприклад, по оптичних кабелях без регенерації (проміжного підсилення, компенсуючого загасання сигналу на великій відстані) можна передавати інформацію (в тому числі відеосигнали) на сотні кілометрів. Враховуючи, що частота оптичних коливань на багато порядків вище частот радіодіапазону, інформація по таким лініях зв'язку передається більш ефективно - швидше і з меншими втратами, що істотно при роботі з оцифрованими зображеннями. Як орієнтир необхідної швидкості передачі даних від різних джерел інформації нижче наводиться вибірка з матеріалу на цю тему, опублікованого в книзі японських авторів.

Використання надшвидкодійних лазерів і фотодіодів дозволило довести швидкість передачі інформації по волоконно-оптичних ліній зв'язку до 1 Гбіт/с. Така швидкість здається поза межною при порівнянні зі швидкістю передачі, наприклад, факсимільного інформації по звичайних телефонних лініях зв'язку, що становить кілька десятків кілогерц. Однак, якщо уявити, що одна кольорова журнальна ілюстрація містить обсяг інформації в десятки мегабайт, то стає зрозумілим бажання пересилати інформацію ще швидше.

Якщо повернутися до оптоелектроніці, що стала звичною на поліграфічних підприємствах, то в друкарнях, оснащених сучасним обладнанням, де відбувається постійний інформаційний обмін між робочими станціями, серверами, вступними і вивідними пристроями, пристроями зберігання інформації та іншим обладнанням, прокладають волоконно-оптичні лінії зв'язку. Ілюстрацією цього може служити схема, реалізована в московській друкарні ім. А.С. Пушкіна (рис. 7.1).

Переходячи від питань отримання інформації до проблем її раціонального зберігання та використання, необхідно відзначити, що зберігання інформації в

зручній для користувача формі здійснюється найчастіше також із застосуванням типових оптоелектронних засобів.

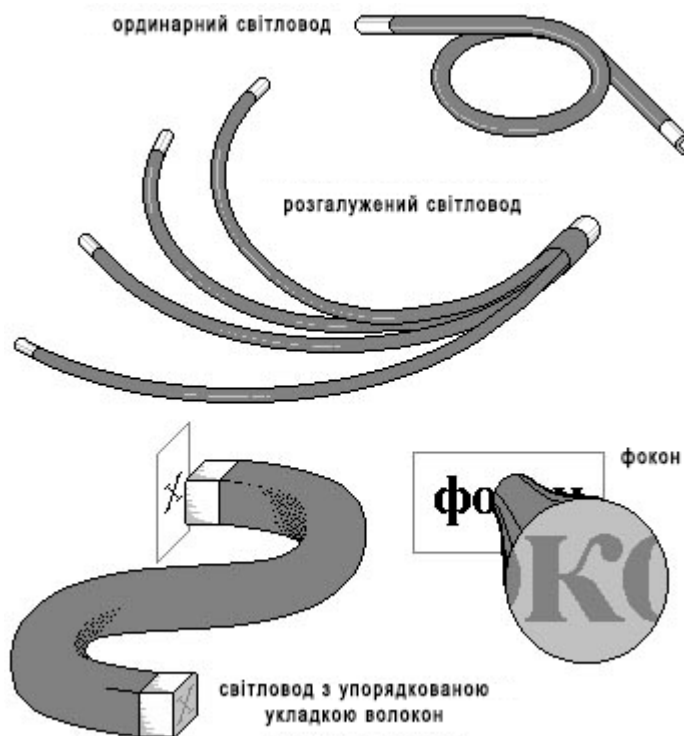


Рис. 7.1. Приклади світловодів різних типів

8. Прилади й пристрої зберігання інформації

Традиційні засоби зберігання інформації на магнітних носіях (плівках, дисках тощо) відіграють важливу роль в будь-якій системі цифрової обробки інформації. Проте технічні можливості власне магнітних засобів запису, наприклад, по такому параметру, як щільність запису (визначається кількістю одиниць інформації на одиницю площі носія), мабуть, близькі до граничних. Тому, незважаючи на очевидні достоїнства і практичність магнітних носіїв (простота в експлуатації, зручність доступу до інформації, можливість багаторазового перезапису на один і той же носій, налагодженість виробництва тощо), необхідність зручного і компактного зберігання все зростаючих обсягів оперативної інформації змусила розробників шукати інші носії і способи запису на них.

Звернули увагу і на оптичні запам'ятовуючі середовища. У джерелі наведено відомості про таких середовищах, невелика вибірка з яких дана в наступній таблиці.

Оптичні запам'ятовуючі середовища та їх характеристики

Клас середовища	Механізм запису інформації	Разрізнення (1/мм)	Можливість перезапису	Час зберігання
Фотографічні матеріали	Відновлення галогенідів срібла	До 4000	Нема	Не обмежений
Фоторезист	Фотополімеризація, фотодеструкція	До 5000	Нема	До 10 років
Термооптичні матеріали	Випаровування, плавлення, утворення бульбашок	1500	Нема	До 10 років
Магнітооптичні матеріали	Перемагнічування в магнітному полі при нагріванні лазером	До 1000	Є	До 1 року

Пошук виявився результативним, і в 70-х роках з'явилися перші оптичні диски. Мова йде про досить поширених сьогодні оптичних компакт-дисках, скорочено позначаються CD (compact disc). Широке використання технології зберігання інформації на оптичних CD в нашій країні почалося з кінця 80-х років. Спочатку вона застосовувалася в аудіосистемах з метою підвищення якості і щільності запису інформації в цифровій формі. Спочатку з'явилися диски однократного запису - всім тепер відомі CD-ROM (read only memory), запис яких здійснював виробник дисків, потім була реалізована можливість запису (але теж одноразово) і у споживача - CD-WORM (write only read multiply). Пізніше народився симбіоз магнітної та оптичної технологій - магнітооптичні носії і спосіб запису на них, поєднав високу щільність запису, притаманну оптичним дискам, з можливістю багаторазового запису, стирання і читання - гідністю магнітних носіїв.

8.1. Оптичні диски з постійною сигналограммою

Запис цифрової інформації на CD-ROM здійснюється джерелом лазерного випромінювання, що дозволяє збільшити щільність запису в порівнянні з магнітною більш ніж на два порядки (600 Мбайт і більше на диск діаметром 120 мм в порівнянні з ще використовуваними в той час 5-дюймовими флоппі-дисками, що мали обсяг пам'яті близько 1,4 Мбайт). Інформація записується у вигляді поглиблень - пітів (англ. pit - ямка, поглиблення), по концентричних доріжках.

Розмір піта (еліпсоїдної за формою), близько 1 мкм при глибині близько 0,5 мкм, відстань між доріжками 1,6 мкм, площа диска, де нанесено запис (звана сигналограмма), металізована для кращого відображення зчитує лазерного променя. Для захисту запису від механічних пошкоджень зверху припресовують шар прозорого пластика (полікарбонату), аналогічного матеріалу підкладки диска. Диски можуть бути і двосторонніми (як би

склеєними тильними сторонами), і в цьому випадку обсяг пам'яті подвоюється. Схема зберігання та отримання інформації з диска наведена на рис. 7.10.

Зчитування інформації з оптичного диска, як і запис, здійснюється за допомогою лазерного променя. Промінь лазерного діода колімується мікрооб'єктивом і потрапляє на світлоподільник, що пропускає тільки лінійно поляризоване світло одного напрямку (інші відображаються). Пройшовши через чвертьхвильову пластину, що приводить до зрушення фаз складових сумарною світлової хвилі на 90° (чверть хвилі), промінь відбивається від відхиляє дзеркала і фокусується мікрооб'єктиви на площину сигналограми оптичного диска.

Оптика від'юстована (налагоджена) таким чином, що якщо промінь потрапляє на піт, в заглиблення, то він злегка розфокусується, і отже потужність променів, відбитих від піта і від ділянки нульового сигналу, буде різною. Відбиті від диска світлові промені проходять знову через мікрооб'єктив, дзеркало, чвертьхвильову пластину до світлоподільник. Але на цьому шляху, внаслідок зсуву фаз ще на чверть хвилі, напрям поляризації світла зміниться щодо початкового променя сумарно вже на 90° (при зсуві фаз на півхвилі) і світлоподільник не пропустить світло, модульований інформаційним сигналом від диска, а відобразить його в бік фотоприймача.

8.2. Оптичні диски однократного запису

Оптичні диски однократного запису і багаторазового читання використовують властивості термооптичних матеріалів (див. CD-WORM на рис. 8.1). Запис здійснюється тепловим впливом лазерного променя на робочий шар. В результаті нагрівання необоротно змінюються оптичні властивості цієї ділянки. Є принаймні три варіанти формування «пітів» (тільки в одному з варіантів утворюється насправді поглиблення) на таких дисках.

У першому використовується робочий шар у вигляді плівки легкоплавкого матеріалу, наприклад телуру або його сполук, товщиною всього 0,03-0,06 мкм. Під дією лазерного променя шар випаровується і утворюється воронка (поглиблення, піт), яка фіксує інформацію про сигнал.

У другому варіанті діелектрична плівка з низькою температурою випаровування покрита тонким шаром металу, що має в початковому стані мінімальний коефіцієнт відбиття. Локальний нагрів ділянки лазерним променем призводить до випаровування плівки під металом, і утворюється при цьому бульбашка газу роздуває поверхню металевому шару, збільшуючи його відбивну здатність. В цьому випадку інформаційними є роздуті горбики.

Третій варіант заснований на ефекті зміни під дією лазерного нагріву стану напівпровідникового робочого шару. При підвищенні температури напівпровідник переходить з кристалічного стану в аморфний, не відбиваючись на геометрії поверхні, але такий фазовий перехід супроводжується зміною оптичних властивостей матеріалу.

8.3. Реверсивні оптичні диски

Оптичні диски з можливістю багаторазового запису, читання і стирання називаються реверсивними. Одна з технологій практично повторює попередній варіант, але в даному випадку фазові перетворення є оборотними. Напівпровідниковий робочий шар на базі окису телуру, легованої германієм або оловом (є й інші матеріали) при обробці коротким лазерним імпульсом переходить з кристалічного в аморфний стан. Але при іншому, більш тривалому режимі нагріву, відбувається зворотний перехід (з аморфної фази в кристалічну), з відповідним відновленням вихідних оптичних властивостей. Оптичні диски, що працюють за цією технологією, витримують до мільйона циклів запису-стирання.

Інша технологія заснована на використанні аморфних магнітооптичних матеріалів з термомагнітним ефектом. Плівка з такого матеріалу наноситься на основу оптичного диска (наприклад, з уже згаданого полікарбонату) тонким шаром, завтовшки 0,02 - 0,1 мкм. Перед процесом запису плівка однорідно намагнічується (на рис. 8.1 це позначено в шарі стрілками, спрямованими вниз). Термомагнітний ефект полягає в тому, що при нагріванні матеріал може бути перемагнічений слабким магнітним полем, тоді як намагніченість ненагрітих ділянок залишиться колишньою. Слабке магнітне поле соленоїда діє в процесі запису на що знаходиться перед ним область оптичного диска, проте перемагнічування відбувається тільки в тих ділянках, які нагріваються лазерним променем. Таким чином, щільність запису інформації відповідає діаметру сфокусованого лазерного променя (порядку 1 мкм), а носій інформації - магнітний матеріал. Однак зчитування в цьому випадку здійснюється також за допомогою лазерного променя.

Якщо при записі вихідна потужність лазера становить 10 - 30 мВт, то при зчитуванні вона знижується до рівня 1-2 мВт і не нагріває робочий шар. Немодульований поляризований промінь лазера сканує (переглядає) доріжку запису і, відбиваючись, потрапляє на фотоприймач. Оптична схема (з використанням світлоподільвача) здатна відрізнити невеликі повороти площини поляризації відбитого променя. А промінь, відбитий від намагніченого матеріалу, відповідно до ефектом Керра, як раз випробовує поворот площини поляризації на певний кут, значення і напрям якого залежать від параметрів намагніченості робочого шару. Таким чином відтворюється записана на диску інформація.

Магнітооптичні реверсивні диски забезпечують десятки мільйонів циклів стирання-запису й обсяги пам'яті в кілька гігабайт. У перспективі пристрої зберігання інформації на магнітооптичних дисках здатні замінити використовувані в комп'ютерах накопичувачі вінчестерного типу. Вони знаходять все більш широке застосування в сучасних поліграфічних технологіях в якості пристроїв зберігання великих обсягів інформації при підготовці видань до друку.

На закінчення необхідно відзначити, що значно більшу щільність розміщення інформації забезпечують голографічні запам'ятовувальні пристрої, здатні зберігати дані в обсязі оптичного середовища. Розглянувши

типові оптоелектронні пристрої отримання, передачі та зберігання інформації, слід звернутися до пристроїв її відображення - індикаторами, екранів, дисплеїв.

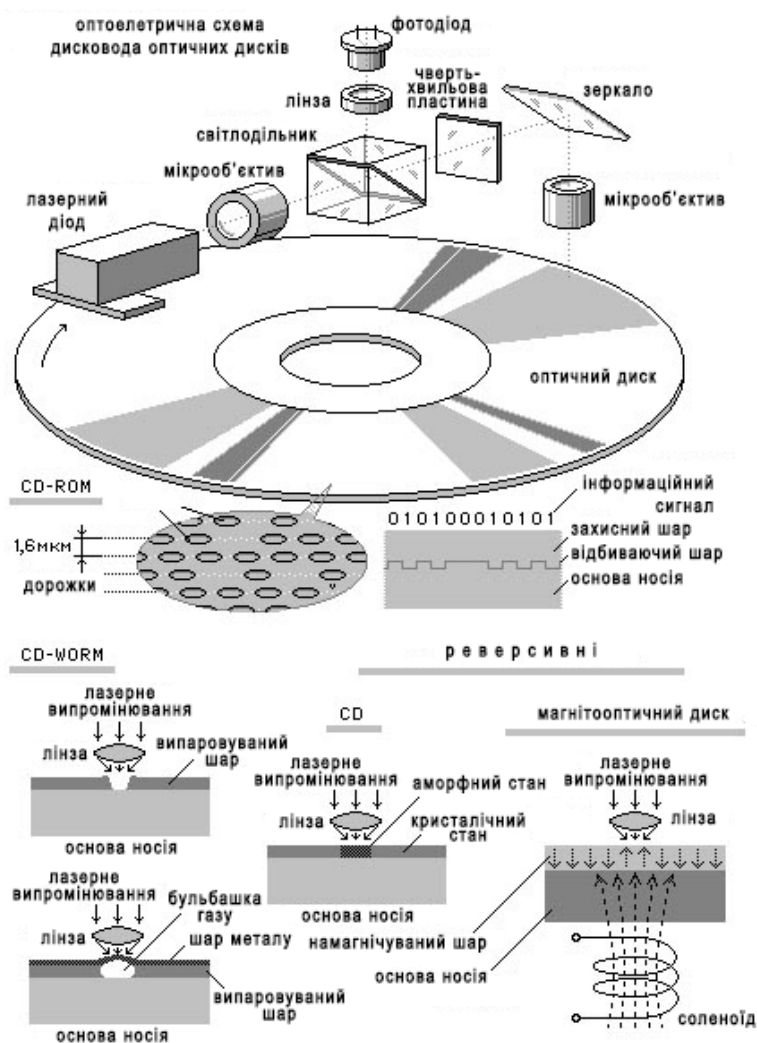


Рис.8.1. Схеми запису та читання оптичних дисків

Тема 9. Індикатори, екрани, дисплеї

Оптоелектронні індикатори знайшли найширше застосування вже з початку 70-х років практично у всіх областях людської діяльності, включаючи побут (годинники, калькулятори тощо). З впровадженням в практику цифрових пристроїв стрілочні прилади та газорозрядні лампи були відтіснені на периферію індикаторної техніки, де не зникли, а зайняли свої ніші завдяки простоті і невибагливості. Їхнє місце (і не тільки їх, а своє власне, в якості цифрових і графічних) зайняли світлодіодні, а потім і рідкокристалічні індикатори. Знайшли своє місце в цій галузі також плазмові й люмінесцентні індикаторні панелі і дисплеї.

9.1. Індикатори

По виду відображається індикатори поділяють на одиничні, цифрові, буквено-цифрові, шкальні, мнемонічні і графічні. В якості одиничних сьогодні, як правило, використовуються світлодіоди зеленого, червоного або жовтого кольору світіння, оскільки вони економічні, довговічні і не вимагають особливої конструктивної прив'язки - припаяні до будь-якої електронної платі двома ніжками, вони вже готові до роботи. Жоден електронний прилад практично не обходиться без таких індикаторів, якщо він видає хоча б інформацію про включення свого харчування.

Великою різноманітністю відрізняються цифрові, буквено-цифрові і шкальні індикатори. Призначення їх ясно виражено в назвах. Розрізняються вони конструктивним виконанням, розмірами, принципом дії (газорозрядні, люмінесцентні, світлодіодні, рідкокристалічні). Найбільш поширені в даний час світлодіодні і рідкокристалічні як самі економічні. Люмінесцентні мають більш яскравим світінням і застосовуються, наприклад, в цехових умовах, де спостереження за панеллю управління може вестися зі значної відстані (в кілька метрів), якщо оператор відходить від пульта до якої-небудь зони обслуговування машини, скажімо, друкованої або оздоблювальної.

Найтиповішими в цьому класі є однорозрядні (при необхідності з них набираються індикатори будь розрядності) семисегментні цифрові індикатори, засновані, наприклад, на світлодіодним лінійці, але з характерним розташуванням випромінювачів - світлодіоди виконані у вигляді подовжених цеглинок, що розташовуються в прямокутному віконці в формі вісімки - по два вертикально зліва і справа, а горизонтально - в середині, зверху і знизу фігури, що дозволяє синтезувати будь-яку цифру від 0 до 9.

Приблизно також виконуються шкальні індикатори, тільки елементи розміщуються пліч-о-пліч в лінію, яку, як метричну лінійку, можна розташовувати по необхідності горизонтально або вертикально. З таких шкал зручно збирати індикаційну панель для спостереження за значеннями безлічі однотипних параметрів, наприклад значеннями зональної подачі фарби в друкарських машинах (фарбоподавальний вузол кожної барвистої секції друкарської машини може мати по 20-40 зон локального регулювання подачі фарби).

Буквено-цифрові індикатори частіше будуються на основі матриць, а не сегментних лінійок, так як накреслення у букв більш різноманітно, ніж у цифр. Окремі індикатори (як правило, 5×7 елементів), зібрані в лінію або табло, дозволяють створювати вже рядки або сторінки текстів таблиць. Такими індикаторами оснащуються пульти управління деяких поліграфічних машин (наприклад, кришкоделательних машин фірми Herauf).

Мнемонічні індикатори виконуються як у формі окремих символів (трикутник, квадрат, круг, прямокутник), так і у вигляді табло з набором символів, знаків і схем, які відбивають в умовній і зрозумілою для оператора формі окремі технічні вузли або склад машини в цілому. Поодинокі індикатори виконуються частіше на світлодіодним основі, а табло - на люмінесцентної або плазмової. В таких індикаторах один з двох електродів

виконується у формі зображуваного символу, а другий, прозорий, перекриває габаритну площу фігури або всього табло. Прикладом мнемонічних плазмових індикаторів можуть служити табло на пультах управління СРС друкованих машин німецької фірми Heidelberg.

Графічні індикатори, як правило, використовуються в складових засобах відображення інформації, представляючи літери, цифри, символи, графіки та інші зображення без втрати інформації в місцях стикування. Призначені для роботи в складі цифрових систем, вони мають звичайно число елементів, узгоджене з бінарною системою числення (8×8 , 16×16 і ін) і створюються на базі світлодіодних, рідкокристалічних або газорозрядних матриць.

Прикладом використання графічних індикаторів може служити панель управління системи централізованого контролю офсетного друкарського процесу (розробка ВНДІ поліграфії), в якій застосовані чотири газорозрядні панелі типу ІМГ (індикатор матричний газорозрядний) для відображення даних про характеристики відбитків і параметрах процесу на машинах типу ПОК84. При необхідності відображення великих масивів інформації в якості індикаторів застосовуються екрани і дисплеї різних конструкцій і принципів дії.

9.2. Екрани та дисплеї

Комп'ютерні перетворення оцифрованого зображення здійснюються при постійному контролі результатів обробки інформації на екрані монітора.

Фахівці проводять за дисплеями основний робочий час, і параметри цих пристроїв відображаються не тільки на якості роботи, а й на здоров'я оператора. З іншого боку, самі монітори можуть експлуатуватися в різних виробничих умовах - від стерильних приміщень, що кондиціонують, захищених навіть від перепадів природного світла, до робочого середовища друкованих цехів (при динамічному моніторингу якості продукції в процесі друкування). Для кожного конкретного випадку сьогодні можна підібрати монітор з оптимальними параметрами: розміром екрана, дозволом, кроком пікселів, конструктивним виконанням, відповідним набором калібровок і т.п.

На додрукарській стадії підготовки видання до поліграфічного репродукування зазвичай використовуються монітори з кінескопами (на електронно-променевих трубках - CRT). Вперше розробку «катодного телескопія» з використанням електронно-променевої трубки для отримання зображень здійснив в 1907-1911 рр.. викладач Петербурзького технологічного інституту Борис Львович Розінг (1869-1933).

Електронні прожектори, розташовані всередині скляної колби кінескопа (по одному на кожен колір RGB), генерують потоки електронів, модульовані по потужності керуючими відеосигналами. Для того щоб електронні промені досягли поверхні екрана кінескопа і змусили світитися нанесені на неї люмінофорні точки, що утворюють RGB-тріади, потрібна висока напруга, порядку 16-25 кВ. Кожна тріада на екрані утворює образотворчий елемент - піксель. Завдяки точній фокусуванню електронних пучків, прецизійному виготовленню тіньової маски (число отворів в якій відповідає числу пікселів на екрані) і тонкому відома трьох променів в фокус при проходженні отвори в

масці вдається розташувати точки на екрані з кроком 250-300 мкм. Очевидно, що чим менше крок, тим вище роздільна здатність екрану.

Роздільна здатність людського ока (здатність бачити два близько розташованих елемента окремо) в середньому дорівнює одній кутовий хвилині (1/60 кутового градуса). З урахуванням цього для різних умов спостереження зображення доводиться добиватися різного екранного дозволу. Відомо, що найкращі умови спостереження для людини укладені в кутах огляду 20° по горизонталі і 15° по вертикалі. Тому, скажімо, у телевізійних екранів співвідношення сторін одно 4:3 (те саме, що 20:15), а число елементів розкладання на телеекрані знаходиться десь на рівні 640×480 (для стандартів різних країн є невеликі розбіжності). Таке екранне дозвіл виправдано для телебачення, так як телевізор зазвичай дивляться з відстані 1,5-2 м.

Оператору монітора теж було б бажано знаходитися від екрану на чималій відстані. Електромагнітні поля, рентгенівське випромінювання, статична електрика, мерехтіння кадрів і відблиски на екрані від зовнішніх джерел - весь це набір неприємних для здоров'я, і зокрема зору, факторів підсилює ефект свого впливу на людину при наближенні його до екрану (особливо, ближче ніж на 50 см). Але якщо текст на дисплеї ще можна читати на відстані до метра, то при роботі із зображенням доведеться мимоволі наблизитися до екрану на відстань близько 50 см. На такій дистанції людське око вже здатний розрізнити деталі з кроком в 150 мкм (тоді як на цій відстані телевізійне дозвіл екрана з діагоналлю 52 см дає дискретизацію з кроком близько 650 мкм). Це призводить до зниження чіткості, зникнення ефекту безперервності зображення, що негативно відбивається на сприйнятті його людиною. Звичайно, на малих екранах (з діагоналлю 25-30 см або 10-11 дюймів) зображення буде більш чітким, але оператор змушений в такому разі чи не пристане до екрану, щоб розрізнити дрібні деталі і нюанси кольору.

Зменшення розмірів точок на екрані до 250-280 мкм дозволяє підняти екранне дозвіл (у порівнянні з телевізійним) в 2-3 рази. В даний час існує широкий вибір моніторів з розмірами екрану по діагоналі 14, 15, 17, 19, 21 дюйм (36, 38, 43, 48 і 53 см відповідно), зі стандартним екранним дозволем 640×480 , 800×600 , 1024×768 , 1280×1024 , 1600×1200 елементів.

Висока роздільна здатність тягне за собою багаторазове збільшення необхідних обсягів пам'яті й швидкості передачі даних (як кажуть фахівці в галузі обробки зображень - біля комп'ютера не буває занадто багато пам'яті і він ніколи не працює занадто швидко). І знову, чим здійснено, тим дорожче. Але роботи простого рівня - малоформатні кольорові (або просто напівтонові монохромні) зображення - можуть виводитися для обробки на монітори з розміром по діагоналі 14-17 дюймів і роздільною здатністю $640 \times 480 \dots 1024 \times 768$. Роботи середнього рівня вимагають 19 - або 21-дюймових екранів з роздільною здатністю $1024 \times 768 \dots 1280 \times 1024$. І тільки для продукції високого класу слід вибирати найкращу техніку. Але не слід економити на охороні здоров'я.

Електронно-променеві дисплеї слід оснащувати якісними захисними фільтрами (не тільки від електромагнітних випромінювань і статичної

електрики, а й поляризаційно поглинаючих відблиски від зовнішніх джерел світла). Бажано також мати екран з можливо більшою частотою кадрової розгортки (рекомендується частота вище 80 Гц для зниження стомлюваності).

Крім небезпеки для здоров'я монітори на кінескопах при всіх своїх перевагах (в сенсі якості зображення) мають і інші недоліки (громіздкість, високовольтне харчування), які накладають обмеження на їх використання в певних умовах, наприклад, якщо потрібно портативність і транспортабельність (монітори комп'ютерів класу notebook для сервісних служб і ремонтних бригад) або робота в друкарських цехах, де виникають вимоги до удароміцності, пило-та вологонепроникності, пожежо-і вибухобезпеки.

В даний час пошук альтернативних CRT рішень ведеться в трьох напрямках - мова йде про рідкокристалічних, плазмових і електролюмінесцентних екранах. Структура рідкокристалічного екрана (в англійській літературі позначається LCD - Liquid Crystal Display) схематично наведена на рис. 9.2.

Досягнення тонкоплівкової технології (Thin Film Transistor technology - TFT) дозволили розмістити плівку з керуючими мікросхемами усередині самого РК-екрану. У спеціальній літературі стосовно до таких приладів вживається термін «рідкий кристал з активною матрицею». Усередині екрану розміщена також плівка з RGB-фільтрами, а підсвічування забезпечується шаром білого люмінофора постійного свічення, розташованим за екраном. Таким чином, виходить компактна, міцна плоска конструкція, добре сумісна з технологічно родинними мікросхемами комп'ютерів.

Роздільна здатність РК-екранів відповідає стандартам: 640 × 480 (VGA), 800 × 600 (SVGA) і 1024 × 768 (XGA), при розмірах екранів по діагоналі 9,4; 10,4; 11,3; 12,1; 13,3; 14,1; 15,1 дюйма. До вже перерахованих достоїнств рідкокристалічних дисплеїв (компактність, жорсткість конструкції, низьковольтне харчування, схемна сумісність із сучасною електронікою) можна додати відсутність сильних електромагнітних полів і шкідливих випромінювань, що допускає (якщо це необхідно) безпечну роботу оператора з екраном на близькій відстані, розміщення таких моніторів у виробничих цехах і навіть безпосередньо на працюючому обладнанні. Але є й недоліки. Один з них широко відомий - звужений кут огляду: на РК-екран найкраще дивитися, перебуваючи прямо перед ним. Є обмеження і по терміну служби як самого ЖК-шару, так і люмінофорне підсвічування (за даними окремих джерел, вихідні параметри зберігаються тільки в перші два-три роки роботи). За вартісними показниками РК-дисплеї помітно дорожче еквівалентних (по робочій площі екрану) електронно-променевих. Поступаються вони й по яскравості світіння, що суттєво, тому що колірний зір людини при низьких яркостях помітно слабшає. Проте новітні розробки в області LCD дозволили створити професійні рідкокристалічні монітори, які відповідають високим вимогам поліграфічних додрукарських процесів, як, наприклад Apple Studio Display.

За яскравості світіння і по довговічності (термін служби близько 20 років) екрани, виконані за електролюмінесцентній технології (Electroluminescent technology - EL), значно випереджають LCD. Істотно ширше у них і кут огляду - близько 160°. Пояснюється це тим, що осередки EL-дисплеїв самі є джерелами світла. Решта конструктивні переваги EL-дисплея (перед CRT) схожі з LCD. Оскільки перші зразки EL-повнокольорових дисплеїв тільки з'явилися, можливості їх в поданні кольорових зображень поки не визначені, але розробники дивляться на перспективи цього напрямку з оптимізмом.

Великих успіхів останнім часом досягли розробники плазмових телевізійних екранів. Свої телевізійні плазмові дисплеї пропонують фірми Nishiden, Thomson, Fujitsu. Володіючи достоїнствами плоских екранів і вільні від недоліків електронно-променевого моніторів, плазмові дисплеї мають і деякі переваги в порівнянні з LCD та EL. На відміну від LCD вони володіють самосвіченням і, отже, достатньою яскравістю і хорошим кутом огляду. На відміну від EL у них немає проблем з кольором. Мабуть, недоліком (не афішуються) плазмових екранів є досить великий крок між елементами (пікселями).

З наведених даних випливає, що при зазначених розмірах екрану і роздільної здатності відстань між центрами елементів (триколірних) становить 0,79 мм. Розробники не уточнюють, чи є великий крок плазмових екранів технологічно неминучим або це притаманне тільки великим екранам (що виправдано для телебачення), а при менших розмірах дисплея і крок буде зменшено відповідно. Проте наведені характеристики свідчать про конкурентоспроможність плазмових дисплеїв.

У цьому плані цікава інформація фірми SHARP, яка повідомляє про появу дисплея, заснованого на технології PALC (plasma-addressed liquid crystal - рідкокристалічний з плазмовим управлінням). Суть технології полягає в тому, що замість TFT-схем управління елементи рідкокристалічної матриці відкриваються або закриваються за допомогою плазмових електронних ключів. Завдяки більш простій (у порівнянні з TFT) структурі ключа помітно знижується вартість дисплея, а його «плазмової» збільшує кут огляду. Повідомляється, що за технологією PALC можна створювати дисплеї з діагоналлю від 20 до 50 дюймів (0,5-1,3 м).

Після завершення знайомства з типовими оптоелектронними приладами та пристроями, які використовуються в поліграфічних технологіях нарівні з іншими галузями промисловості, можна звернутися до розгляду оптоелектронних компонентів, що застосовуються в спеціалізованій техніці поліграфічних підприємств і видавництва.

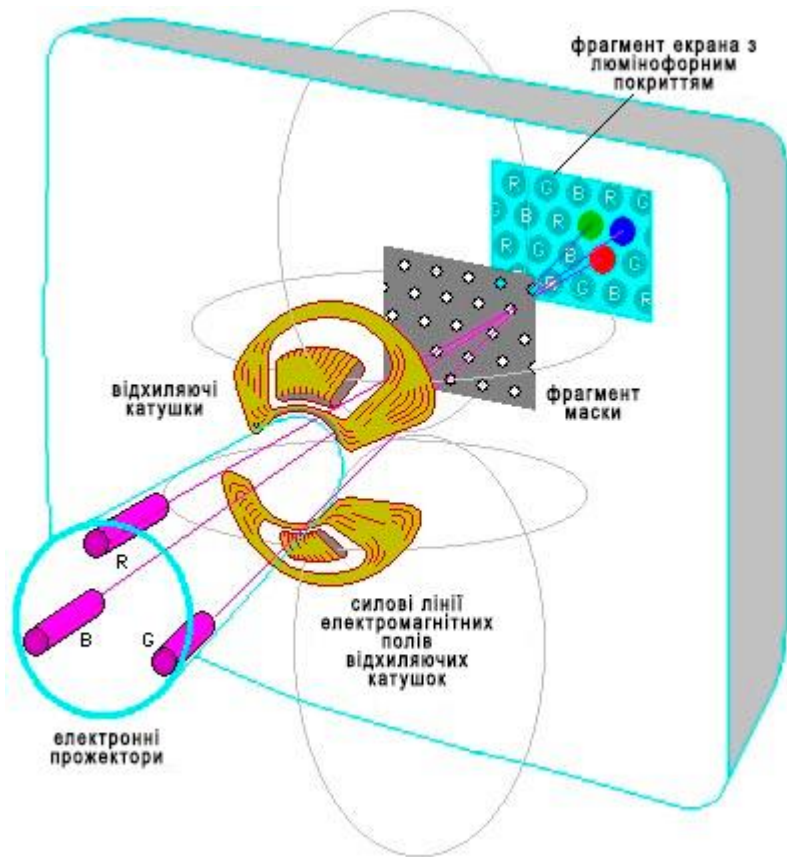


Рис. 9.1. Схема будови кінескопа

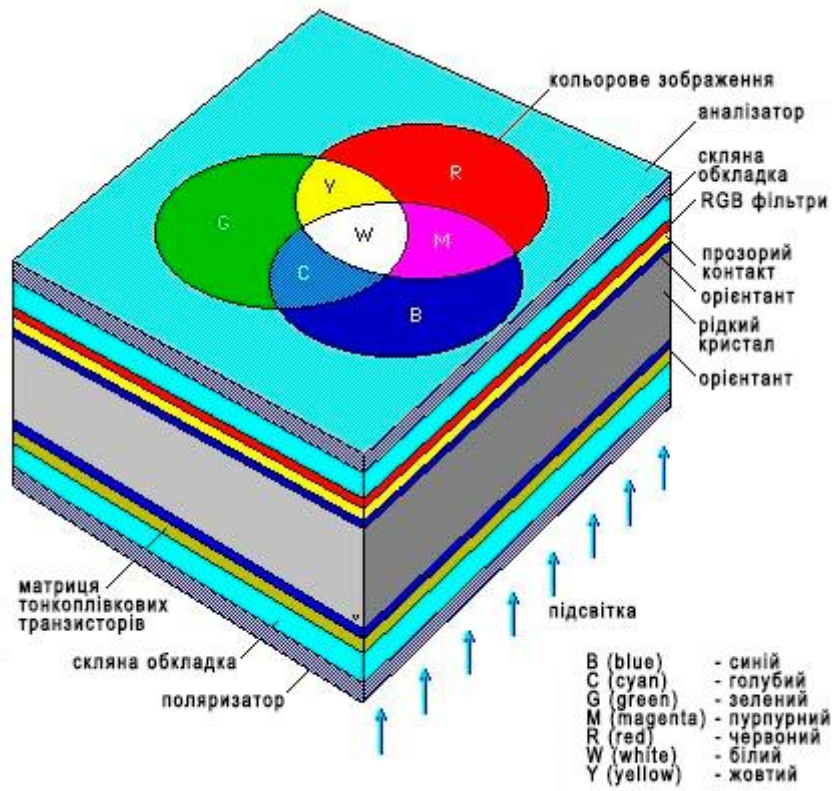


Рис. 9.2. Будова рідкокристалічного екрана

10. Оптико-електронні компоненти ввідних пристроїв

Виходячи з ситуації, класифікації використовуваних в поліграфії електронних систем, до численного класу ввідних пристроїв (рис. 10.1), призначених для оцифровки оригіналів з метою введення інформації в комп'ютер, відносяться різноманітні апарати, в основі дії яких закладено використання оптоелектронних компонентів. В залежності від характеру оригіналу, типу вивідного пристрою, вимог до якості репродукції та іншим її фізичним параметрам (розміри зображення, стан поверхні і т.п.), а також економічних показників видання може бути обраний той чи інший апарат.

Оцифроване зображення сьогодні можна ввести в комп'ютер, використовуючи:

- барабанний сканер;
- планшетний сканер;
- слайд-сканер;
- ручний сканер;
- листовий сканер;
- цифровий фотоапарат;
- відеокамеру (з можливістю передачі одиничного кадру);
- оптичний компакт-диск;
- маніпулятор миша або інший засіб управління курсором на екрані монітора (зокрема, графічний планшет), що дозволяють редагувати (і створювати) оригінали в техніці комп'ютерної графіки.

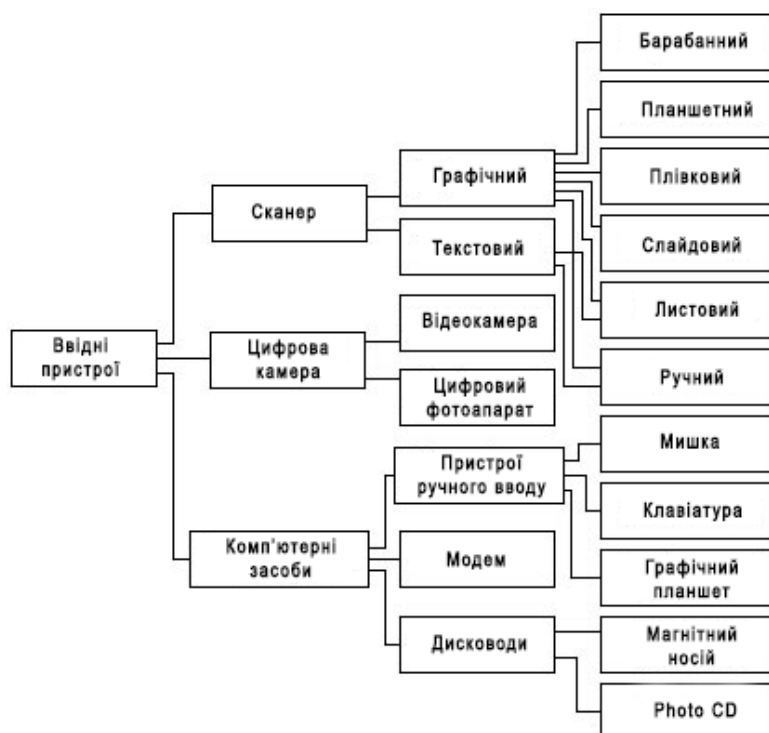


Рис. 10.1. Варіант класифікації ввідних пристроїв

Зображення, нарешті, може бути отримано з віддаленого пункту передачі по каналах зв'язку. Про це слід згадати, так як в певних умовах такий канал

може виявитися єдиним засобом термінової доставки зображення видавцеві. Попутно можна відзначити, що сам канал може бути оптоволоконним, а для каналу зв'язку природним сканером служить і офісний факс, також містить оптоелектронні компоненти. Проте якість зображення (навіть чорно-білого), переданого по факсу, поки не відповідає вимогам поліграфії. Тому можна обмежитися розглядом оптоелектронних компонентів пристроїв з наведеного переліку.

10.1. Барабанні сканери

Всього кілька років тому професіонали-поліграфісти для високоякісного репродукування не мали альтернативи барабанним сканерів. Тільки з їх допомогою можна було наблизитися до роздільної здатності пристойного слайда. Зображення, зняте навіть узкоплечного фотоапаратом, може містити більше 20 млн. пікселів в 35-міліметровому кадрі (при розмірі зерна 5-7 мкм), що відповідає роздільній здатності сканера в межах 4000-5000 пікселів / дюйм (150-200 точок / мм).

Серед вітчизняних користувачів барабанних сканерів найбільш популярна продукція фірм Crosfield Electronics (Великобританія), Linotype-Hell (ФРН), що з'явилися на нашому ринку з 1960-х років, а також Dainippon Screen (Японія). Останнім часом російські споживачі набувають і барабанні сканери американських фірм Ortronics, Howtek та ін

Принцип дії барабанних сканерів (рис. 10.2) полягає в поелементному зчитуванні світлового сигналу від зображення-оригіналу за допомогою оптичної плівки, де в якості фотоприймачів, як правило, використовуються фотоелектронні помножувачі.

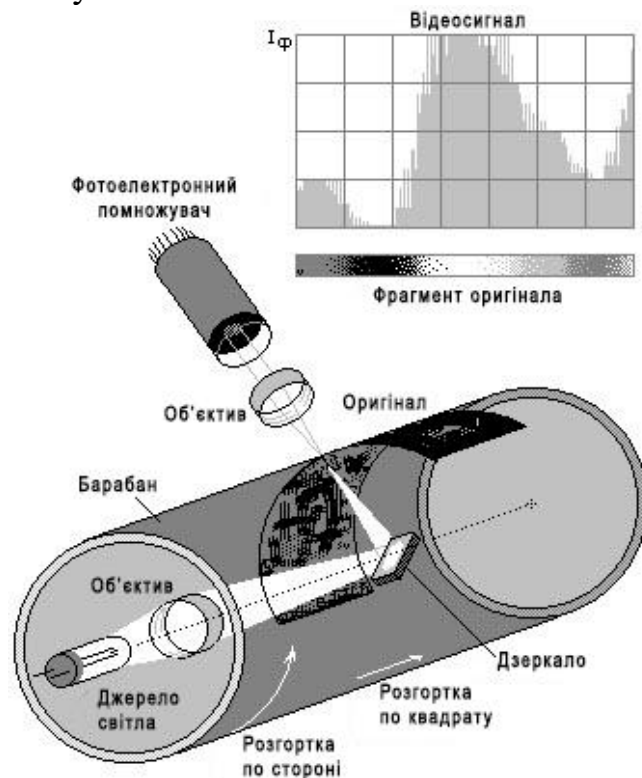


Рис. 10.2. Принцип дії барабанного сканера та його оптоелектронні компоненти

Обертанням барабана забезпечується розгортка зображення «по рядку», а переміщенням фотоголівка вздовж барабана - розгортка «по кадру». Мінімальний розмір зчитує елементу може доходити до 5-7 мкм, тобто практично до розміру зерна фотоплівки, що забезпечує високу роздільну здатність барабанних сканерів. Зрозуміло, що світловий сигнал від настільки малого елемента буде невеликий, а до цього ще додається вимога розрізняти більше 256 градацій за рівнем цього сигналу. У кольорових сканерах також необхідно мати високу чутливість фотоприймача до випромінювань у всьому видимому діапазоні спектра. І, природно, фотоприймач повинен бути практично безінерційні, оскільки сканування оригіналів навіть великого формату не може займати багато часу.

Усім цим жорстким вимогам краще інших приймачів випромінювання відповідають фотопомножувачі. Але високоякісний барабанний сканер через тонкої оптики, точної механіки і складної електроніки коштує досить дорого, тому коло споживачів цих пристроїв обмежений. Як правило, це репроцентр і видавництва, що випускають багато ілюстровані журнали, альбоми та книги, які мають постійно великий обсяг сканувань кольорових оригіналів у відбитому та прохідному світлі (з позитивів і негативів), репродукується на великий формат.

Для таких споживачів прийнятний висококласний барабанний сканер зі змінними циліндрами, оснащений власним бортовим комп'ютером і програмним забезпеченням. Такий сканер часто володіє штучним інтелектом (AI-штучний інтелект), які приймають на себе окремі функції інтелекту людини, вибираючи та реалізуючи оптимальні рішення на основі раніше отриманого досвіду і раціонального аналізу умов сканування. Він може здійснювати необхідні корекції та перетворення в самому процесі сканування (на льоту - на ходу): нерізке маскуванню (USM - нерізкого маскуванню), перетворення колірних параметрів з RGB (червоний-зелений-синій) в CMYK (блакитний-пурпурний-жовтий- Key), віднімання кольорових фарб під чорної (UCR - під колір видалення) і т.п.

До безперечних достоїнств таких сканерів відносяться висока роздільна здатність (5000-8000 пікселів / дюйм і більше), широкий діапазон масштабування (від 10 до 3000% з кроком 0,1%), можливість сканування оригіналів від малих (35-міліметрові слайди) до великих розмірів (500 × 600 мм і більше), солідна глибина кольору (до 48 біт, по 16 біт на кожний колірний канал), хороший динамічний діапазон оптичної щільності (4,0 D). Безумовно, настільки дороге і складне устаткування вимагає обслуговування операторами вищої кваліфікації та істотних постійних витрат на підтримання техніки в робочому стані.

Розвиток комп'ютерних видавничих систем зробило доступною для широкого кола споживачів область обробки кольорових зображень з метою подальшого поліграфічного репродукування. З'явився попит на недорогі вступні пристрої, і цю нішу заповнили настільні барабанні сканери. За багатьма технічними параметрами (роздільна здатність до 8000 крапок на дюйм, динамічний діапазон оптичної щільності до 4,0 D і глибина кольору 30-

36 біт або 10-12 біт на кожен колір) вони мало чим відрізняються від описаних вище висококласних, але коштують значно дешевше і більш пристосовані до роботи з відкритими комп'ютерними системами (такими, як IBM PC), а також з орієнтованими на видавничу продукцію Apple Macintosh. Настільний варіант барабанного сканера має обмеження по формату оригіналів (приблизно 250 × 300 мм) і більш скромне програмне забезпечення, так як орієнтований на універсальні (в сенсі апаратної сумісності) комп'ютерні програми обробки зображень типу Adobe Photoshop. Ці сканери стали незамінні для багатьох видавництв і друкарень, рекламних агентств і сервіс-бюро, які мають короткий виробничий цикл.

10.2. Планшетні сканери

Планшетні сканери відрізняються від барабаних більш простою конструкцією та зручністю експлуатації. В якості фотоприймача (рис. 10.3) в них, як правило, використовуються ПЗС-лінійки. Рядкова розгортка забезпечується природним для ПЗС електронним способом, а кадрова - лінійним переміщенням каретки з оптоелектронними компонентами вздовж оригіналу. Така схема сканера дозволяє застосувати не дуже складну механіку.

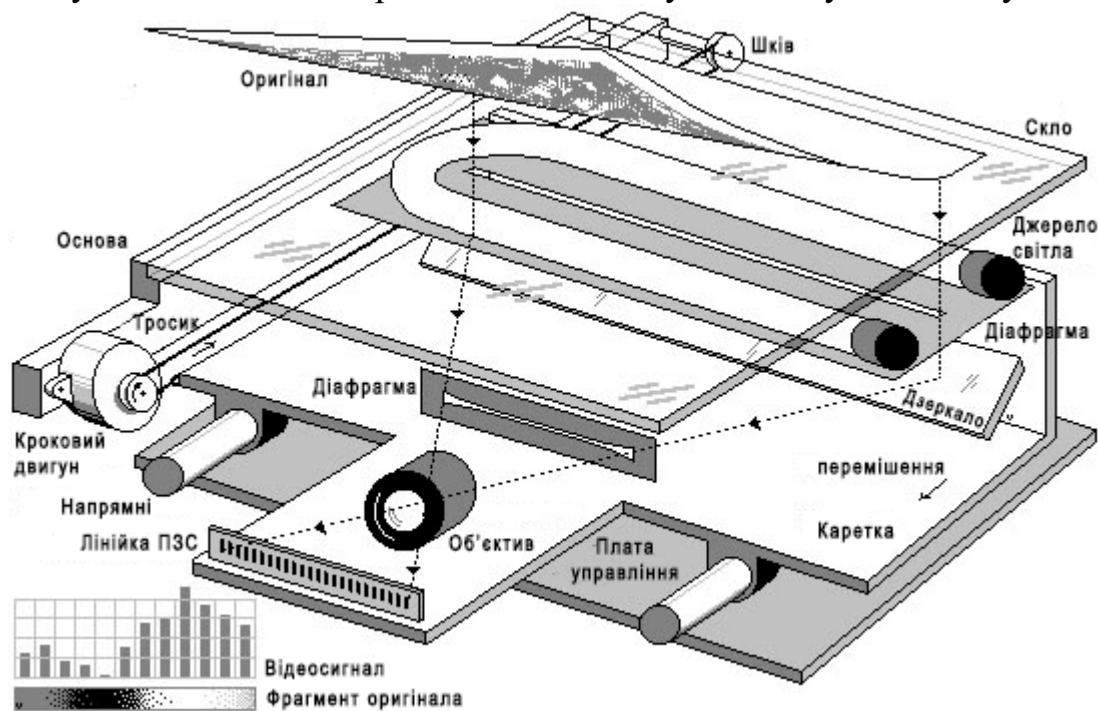


Рис.10.3. Схема будови планшетного сканера

Одним з безперечних достоїнств планшетних сканерів є простота запуску в роботу. При автоматизованій (пакетної) обробці планшетний сканер може обробляти десятки оригіналів поспіль, не вимагаючи втручання оператора. Де в чому планшетні сканери просто незамінні. Наприклад, сканування оригіналів на товстій, жорсткій чи погано гнеться основі зовсім неможливо здійснити на пристрої барабанного типу.

Сучасні висококласні планшетні сканери мають дуже близькі до барабанним технічні дані: роздільна здатність 5000 точок на дюйм і більше, динамічний діапазон оптичної щільності до 3,9 D, максимальний формат оригіналу близько 300 × 400 мм, діапазон масштабування 20-2400%, глибина кольору 36 біт (12 біт на кольоровий канал в RGB), можливість сканування прозорих (позитив або негатив) і непрозорих оригіналів. До того ж вони мають високу продуктивність - 10-12 оригіналів / год (формату 100x125 мм) Або, якщо оригіналами служать 35-міліметрові слайди, 20 сканувань за годину. Такими характеристиками володіють, наприклад, планшетні сканери фірми Scitex (Ізраїль), одного з лідерів виробництва подібних пристроїв. Забезпечуючи прийнятну якість на рівні настільних барабанних сканерів, володіючи ефективною продуктивністю і простотою обслуговування, вони привабливі для широкого кола видавництв, виробників мультимедійних продуктів і рекламних агентств.

10.3. Слайд-сканери

Якщо видавництво працює з 35-міліметровими слайдами як основним типом оригіналів або його з якихось причин влаштовує оцифровка слайдів на окремому (більш простому і недорогому) пристрої, питання може бути вирішене на користь професійного слайд-сканера. Слайд-сканер можна розглядати як спрощений варіант планшетного сканера, спеціалізований для сканування фотокадрів (слайдів), закріплених в індивідуальних рамках або плоских футлярах (для послідовного сканування декількох слайдів). Такі сканери забезпечують динамічний діапазон оптичної щільності 3,0-3,7 D, мають роздільну здатність 2000-3000 точок на дюйм, глибину кольору до 12 біт на кольоровий канал.

До слайд-сканерів такого рівня можна віднести, наприклад, пристрій Kodak Professional RFS 2035 Plus зі швидкістю сканування 35-міліметрових слайдів - 40 с на слайд при вирішенні 2000 точок на дюйм і 11 с при 1000 точок на дюйм. Фотоприймачем є ПЗС-матриця на 2048 × 3072 пікселя (елементів зображення), що дозволяє здійснювати повністю електронне сканування з витікаючими з цього достоїнствами, зазначеними для планшетних сканерів.

Плівкові сканери низького рівня забезпечують глибину 8 біт на колір, динамічний діапазон 2,2-2,8 D, що для ряду користувачів може бути цілком прийнятним, так як більшість слайдів мають оптичну щільність порядку 2,8-3,0 D.

10.4. Листові сканери

В деяких випадках у видавництвах застосовуються листові сканери для оцифровки оригіналів формату А4, які можуть оснащуватися автоподатчиками аркушів. Вони забезпечені роликівим (або подібним) протяжним механізмом (рис. 4.4), при цьому сканування здійснюється ПЗС-лінійкою по мірі просування листа через сканер. Перевагою таких сканерів є простота обслуговування, малі розміри і маса, невисока вартість. Наприклад, листовий сканер сторінку партнер фірми Primax, формату А4, має оптичний

дозвіл 300×600 точок на дюйм, глибину кольору 24 біт (8 біт на колір) і швидкість сканування 10 с на сторінку. Такі сканери, хоч і не мають суттєвого значення для поліграфії, можуть бути корисні для малих друкарень і дизайн-центрів, де листові оригінали (зокрема, начерки, ескізи) можуть служити основою для подальшої творчої роботи - комп'ютерної графіки.

10.5. Ручні сканери

Досить специфічним видом площинних сканерів можна вважати ручні сканери, рядкова розгортка в яких також здійснюється ПЗС-лінійкою, а розгортка по кадру виконується просуванням сканера вручну по поверхні оригіналу (рис. 10.5). Валик сканера обертає кодовий диск (з чергуються щілинами і перегородками), що перетинає оптичну вісь оптопарою «світлодіод-фотодіод». Число щілин по колу диска визначає роздільну здатність сканера в напрямку його переміщення. Контрольована смуга оригіналу освітлюється від лінійки світлодіодів (аналогічний джерело використовується і в листових сканерах), розташованої уздовж переглядового отвори.

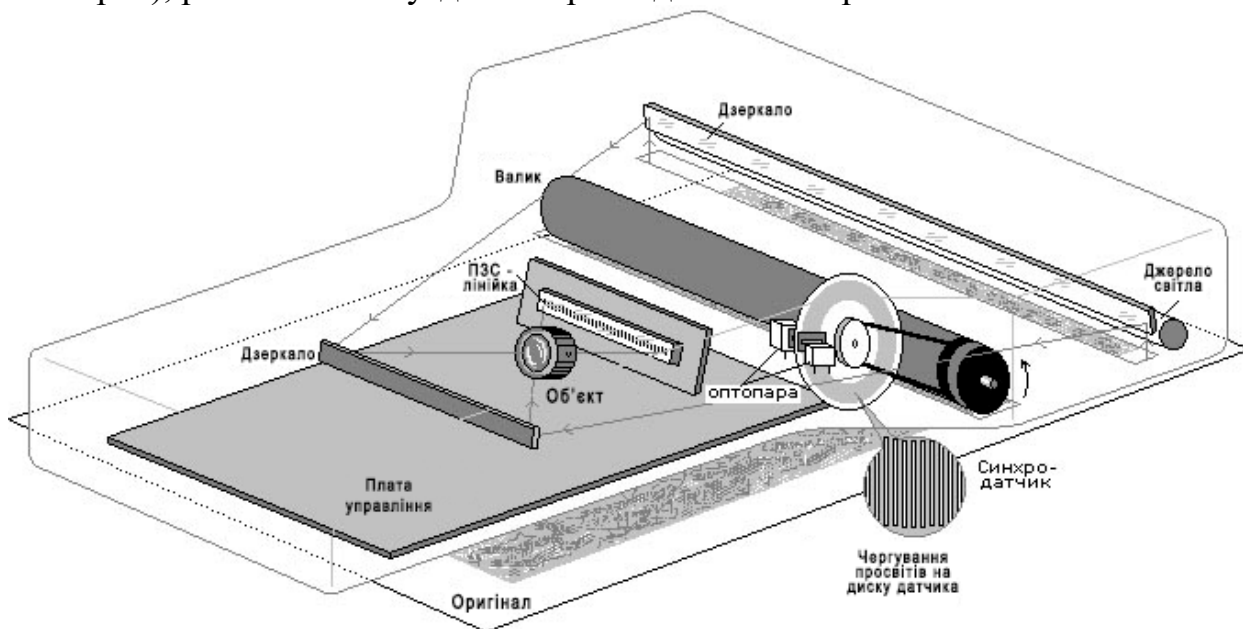


Рис. 10.4. Принцип дії ручного сканера та його оптоелектронні компоненти

Ручний сканер може вирішити задачу оцифровки там, де безсилі більш професійні пристрої: просканує малюнок з давньої книги, зніме узор з гобелена або оббивної тканини, оцифрує текстуру меблевого покриття і може виявитися корисним в інших нестандартних ситуаціях, які виникають у творчій діяльності художників, дизайнерів, мистецтвознавців, орієнтованих на друк.

10.6. Пристрої ручного введення

До пристроїв ручного введення відносяться в першу чергу штатна клавіатура комп'ютера і маніпулятор миша (всі ілюстрації цієї книги створені в графічному редакторі кисті за допомогою миші, а пояснювальні написи в тій же програмі можуть набиратися за допомогою клавіатури). Якщо зняти

кришку з миші, такого звичного і начебто нехитрого пристрою, то і там можна знайти оптоелектронні компоненти (рис. 10.6).

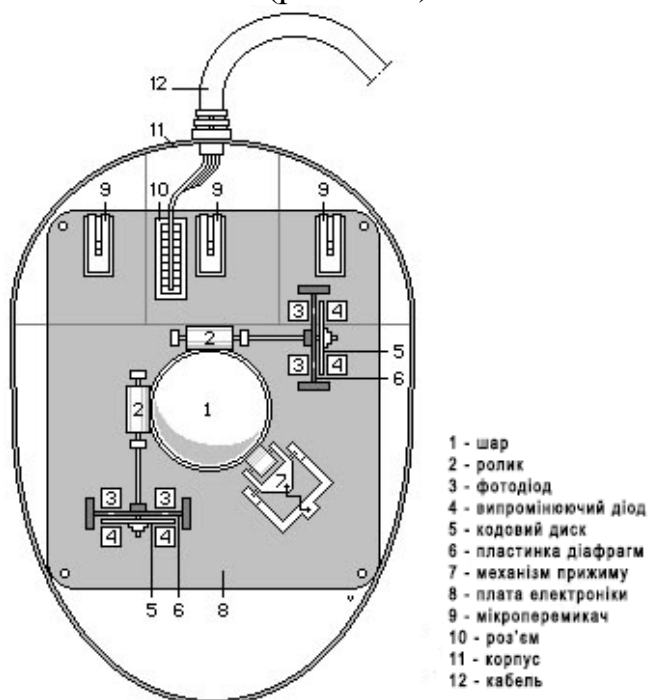


Рис. 9.6. Будова маніпулятора «миша»

Рухи руки оператора відстежує катається по килимку прогумований шар, до поверхні якого притиснуті два ролики. Їх осі розташовані горизонтально у взаємно перпендикулярних напрямках. При переміщенні маніпулятора будь траєкторія миші розкладається через обертання цих роликів на дві ортогональні складові, перетворені в зсув курсора на екрані дисплея по горизонталі і вертикалі. На осі кожного ролика укріплений (як і в попередньому випадку), кодовий диск з прорізами, який перекриває оптичні осі відповідних оптопар. Для визначення напрямку обертання при кожному диску використовуються дві оптопари.

Клавіші традиційних комп'ютерних клавіатур, як правило, управляють спрацьовуванням механічних контактів або герконів (герметизованих контактів), але в останні роки все частіше в різних пристроях (пультах управління поліграфічних машин зокрема), знаходять застосування сенсорні (а також псевдосенсорні) клавіатури, засновані на різних принципах дії, в тому числі і на основі оптоелектронних компонентів.

Конструктивно клавіатура складається з координатної рамки (рис. 10.7) інтерфейсної плати. Клавіатура розроблена у двох варіантах - екранному (рамка закріплюється перед екраном комп'ютерного дисплея, а інтерфейсна плата вставляється у вільний слот комп'ютера) і пультової (рамка розміщується на лицьовій панелі пульта управління тієї чи іншої поліграфічної машини, а плата - всередині пульта). Власне оптоелектронної є координатна рамка клавіатури.

По периметру рамки в її корпусі розташовані лінійки чергуються випромінюючих ПЧ-діодів і фототранзисторів, що утворюють оптопари з

протилежними елементами. Оптичні осі оптопар, розташованих у взаємно перпендикулярних напрямках, створюють в отворі рамки невидиму для очей координатну сітку. Якщо оператор введе палець в будь-яке з перехресть, то логічна схема інтерфейсної плати визначить, яка горизонтальна і вертикальна вісь виявилася перекритою. Відповідні сигнали можуть бути перетворені в команди управління. За рамкою, проріз який захищений прозорим склом, може бути вміщено клавішний трафарет (в пультовій варіанті) або екранний кадр з набором функціональних клавіш будь-якого призначення, центри яких розміщуються в перехрестя оптичних осей оптопар. Клавіатурний набір (або екранні кадри) можна змінювати в залежності від керованого обладнання або схем управління. Таким чином виходить багатофункціональна клавіатура, адаптується до будь-яких виробничих умов, оскільки є герметичною, безконтактною, що задовольняє самим жорстким вимогам техніки безпеки.

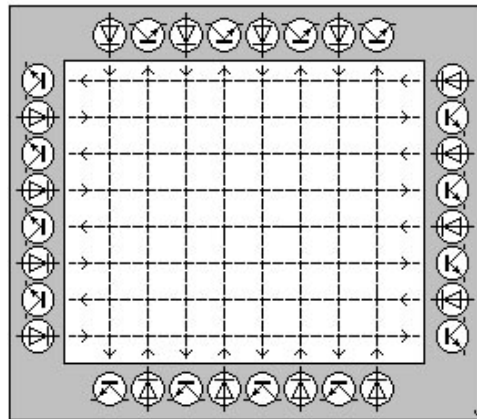


Рис. 10.5. Координатна рамка електронно-оптичної клавіатури

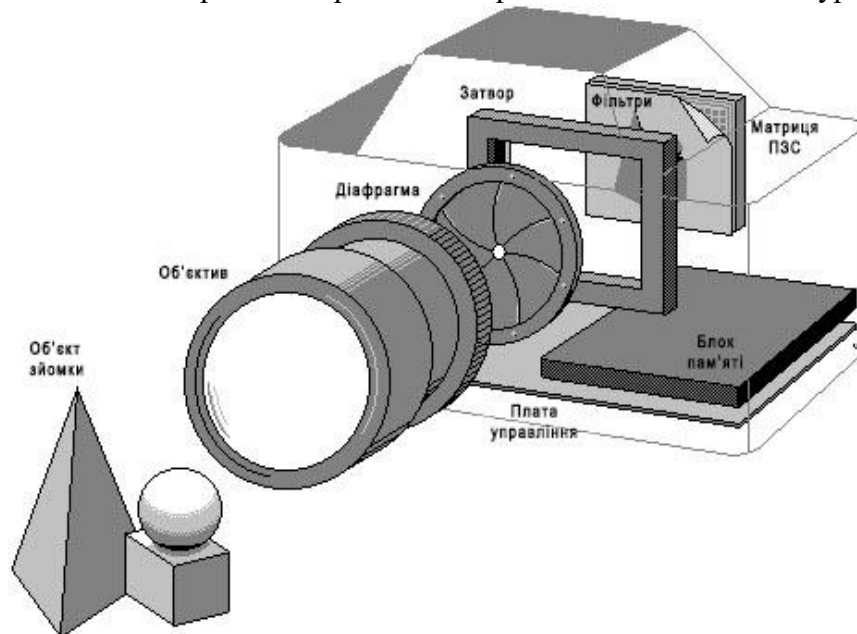


Рис. 10.6. Схематична будова цифрового фотоапарата

Тема 11. Оптиелектронні компоненти вивідних пристроїв

Введена в комп'ютерну систему інформація про зображення піддається тим чи іншим перетворенням (редагується), компонується з текстовими і графічними фрагментами майбутнього видання (верстається). При цьому оператор постійно контролює результати своїх дій по зображенню на екрані монітора. Крім того, на додрукарській стадії час від часу виникає необхідність (особливо при обробці кольорових ілюстрацій) оперативної перевірки проміжних результатів шляхом виведення зображень на той чи інший вид принтерів або кольоропробних пристроїв.

У літературі розглядаються три варіанти виведення відбитків кольоропроби з комп'ютерних систем. Перший - кольоропроба здійснюється безпосередньо після сканування і корекції (найбільш економічний і оперативний варіант). Другий - виготовлення відбитків кольоропроби з остаточно зверстаних смуг видання, але до виведення фотоформ (цей варіант дозволяє оцінити колірне рішення смуги в цілому, колірну сумісність знаходяться поруч зображень). Третій - отримання відбитка кольоропроби безпосередньо з фотоформ (найбільш дорогий - наприклад, відбиток, отриманий на пристрої Cromalin, варто кілька десятків доларів, не кажучи вже про випадки, коли за результатами кольоропроби виникає необхідність переробки комплекту фотоформ). Нарешті розглядається варіант (поки рідкісний для наших умов) з використанням цифрових друкарських машин - при цьому виходить відбиток, повністю адекватний тиражному, якщо намічено друкувати тираж на цій машині.

Багато принтерів, нерідко застосовуються як кольоропробних пристроїв, використовують електрографічний спосіб друку. Будучи широко поширеним, він постійно вдосконалювався і знайшов, мабуть, найбільш оригінальне технологічне і конструктивне вираження в цифрових друкарських машинах фірми Indigo.

11.1. Вивід на цифровий друк (комп'ютер-друк)

Головною відмінністю цифрової друкарської машини від лазерного принтера, також використовує принцип електрографії, є продуктивність. Якщо в кольорових лазерних принтерах вона оцінюється одиницями відбитків в хвилину, то у цифрових друкарських машин продуктивність на порядок вище - до 1000 повнокольорових відбитків формату А3 на годину. Досягається це завдяки багатоелементним лазерним або світлодіодним випромінювачам, високому швидкодії і все зростаючим обсягами оперативної пам'яті комп'ютерної техніки.

Схема цифрових друкарських машин серії INDIGO E-Print (1000 +, Pro, TurboStream) представлена на рис. 11.1. Приховане електрографічне зображення формується на попередньо зарядженому до потенціалу -800 В формному циліндрі за допомогою лазерного експонуються пристрої. Для забезпечення високої швидкості запису інформації (200 Мбіт / с вже на перших моделях E-Print 1000, в той час як швидкість запису в лазерному принтері становить 2-25 Мбіт / с) розроблена оригінальна друкарська головка з чотирма

лазерами. Під дією лазерного променя засвічені ділянки розряджаються до потенціалу -100 В.

Для прояви прихованого зображення між формним і виявляє циліндром (зарядженим до потенціалу -400 В) вприскується суспензія фарби (Electroink) з носієм (маслоподібною рідиною). Заряджені частинки фарби в зазорі між циліндрами переміщуються в бік більшого потенціалу, прилипаючи в ділянках прихованого зображення до формному циліндру (потенціал -100 У більше, ніж -400 В), а в пробільних - до проявляє (-400 В більше, ніж -800 В). В результаті на формному циліндрі за кожен оборот формується виявлену фарбою зображення, яке переноситься на офсетний циліндр (нагрітий до 140 °, що сприяє сплаву частинок фарби в однорідну м'яку плівку) і з нього на папір. Завдяки особливим властивостям фарби і офсетного полотна здійснюється 100%-ний перенос фарби на папір, тому офсетний циліндр не вимагає очищення.

Особливості технології дозволяють послідовно наносити на відбиток фарби всіх квітів (до шести), завдяки чому друк багатокольоровим продукції здійснюється в одній друкованій секції (економляться виробничі площі, електроенергія, конструкційні матеріали та ін.). Можливість формування в кожному циклі друку нового зображення на формі відкриває в принципі перспективу друкування багатосторінкового кольорового видання «за один прогін». Це скорочує виробничий цикл, знімає проблеми складування напівфабрикатів (в друкарнях часто всі проходи забиті піддонами з друкованими зошитами в очікуванні ще не надрукованих зошитів видання). Таким чином, застосування новітніх досягнень оптоелектроніки і комп'ютерної техніки створює нові можливості в організації виробництва.

Завдяки спільній технологічній базі виготовлення комп'ютерних мікросхем і оптоелектронних приладів компоненти цих технічних засобів добре поєднуються і чудово взаємодіють один з одним. Вдале поєднання «комп'ютер - оптоелектронний прилад» сприяло народженню нових поліграфічних технологій, які отримали схожі між собою найменування: комп'ютер-друк (або комп'ютер-папір), комп'ютер-клавішу (пряме зображення), комп'ютер-пластина, комп'ютер-плівка (пояснення цих термінів дано в глосарії). У всіх випадках інформація з комп'ютера у вигляді бітового масиву (біт-карту) виводиться на той чи інший носій (плівку, форму, папір) за допомогою оптоелектронної системи запису (лазерної, світлодіодним і т.п.). Справедливості заради слід сказати, що є й інші способи виведення інформації з комп'ютера - струменевий, термосублімаційний, магнітографічним та інші, але вони не входять в коло розгляду даної книги.

Розглянутий приклад цифрового друку на INDIGO E-Print реалізує технологію виведення комп'ютера до друку, придатну для малотиражної продукції - орієнтовно від одного до 1000 екземплярів (хоча можна віддрукувати і 15 000 примірників: наприклад, журнал Публій віддрукував на машині цифрового друку Xerox DocuColor 40 кольорові текстові вкладки з полями змінної інформації на кожному примірнику тиражем 10 000 екз -. см ОПУБЛІКОВАНІ № 9 за 1998 р) ...

Для тиражів більшого об'єму, як правило, готують комплекти фотоформ або друкованих форм.

11.2. Вивід на фотоплівку (комп'ютер-плівка)

Технологія комп'ютер-фільм ближче до традиційної поліграфії, так як вона еволюціонувала від аналогових кольороподілювачів-кольорокоректорів з «долазерними» джерелами світла. Це були, як правило, пристрої барабанного типу, у яких на одному валу оберталися циліндри аналізу та синтезу. Комп'ютерна техніка дозволила відокремити рекордер від сканера, і з'явилося ціле покоління записуючих пристроїв, лідерами виробництва яких були згадувані на початку даної глави фірми.

Як приклад використання оптоелектронних компонентів в пристроях виведення на плівку можна розглянути схему рекордера серії Linotronic німецької фірми Linotype-Hell, наведену на рис. 11.1. Оскільки фотоплівки мають високу чутливість до світла, пучок лазерного випромінювання розщеплюється на вісім променів за допомогою напівпрозорих дзеркал і кожен промінь модулюється індивідуально, що дозволяє одночасно вести запис по восьми доріжках (половина растрового квадрата). При вирішенні 3250 точок / дюйм діаметр світлової плями на формі від одного променя складає всього 8 мкм. Для точного позиціонування світлових променів настільки малих перерізів передача оптичних сигналів від модуляторів до записуючої голівки здійснюється за допомогою розгалуженого світловода з упорядкованою укладанням волокон.

Поряд з барабанної конструкцією записуючих пристроїв, що вимагають закріплення листа фотоплівки на поверхні циліндра, останнім часом привертають увагу рекордери, що мають конструкцію типу воріт, в яких використовується рулонна плівка, розмотується в плоске стан для порядкової запису зображення і далі або передана відразу в проявну машину, або знову згорнута в рулон приймальні касетою. Подібні рекордери з проявом виробляє, наприклад, фірма Dainippon Screen. У моделі FT-R3035A вивідного пристрою цієї фірми експонування здійснюється лазерним діодом на довжині хвилі 633 нм з розгорткою багатограним дзеркалом на ширину фотоматеріалу до 406 мм і дозволом від 1000 точок на дюйм (при швидкості запису 1463 мм / хв) до 3000 точок на дюйм (при 163 мм / хв).

Прикладом розробки в цій галузі може служити Фотонабірна світломатрична машина ФС 300, створена фахівцями АТ «НІПоліграфмаш» під керівництвом В.Г. Богомолова (рис. 11.1). Машина може здійснювати запис на рулонну фотоплівку або фотопапір шириною до 300 мм з роздільною здатністю 400 ліній записи на 1 см (1000 точок на дюйм) при часі записи смуги формату А3 не більше 11 хв. Вузол записи машини розміщується на каретці, переміщуваної уздовж рядка записуваного зображення, і містить світлодіодну матрицю (світломатричний модуль МС-256), що випромінює в діапазоні довжин хвиль 650-670 нм, мікросхеми управління і фокусуючий об'єктив. Рухи плівки (розгортка по кадру) і каретки (розгортка по рядку) здійснюються за допомогою крокових двигунів ДШП200-1. Завдяки застосуванню

двухрядової світлодіодної матриці на фотоплівці одночасно записуються 256 плям (кожне діаметром 25 мкм), утворюючи рядок шириною 6,4 мм.

Компактність машини (розміри 960 × 500 × 360 мм, маса 60 кг) дозволила створити на її базі настільну фотоскладальну систему «Кристал», яка комплектується керуючим комп'ютером, робочими станціями (набору, верстки, обробки ілюстрацій, ведення архівів), сканерами і пристроями для отримання коректурних відбитків (матричними, лазерними або світлодіодними принтерами).

11.3. Вивід на друковану форму (комп'ютер-пластини)

Перші експериментальні установки для лазерного виготовлення друкованих форм були створені в 1960-х роках на кафедрі автоматизації технологічних процесів МПП під керівництвом професора В.В. Казакевича. Слідом за цим, в кінці 1970-х років, були виготовлені промислові зразки лазерного автомата ЛГА для виробництва офсетних форм - спільна розробка ВНДІ поліграфії (керівник технологічних досліджень Н.В. Маркова) і НДІ «Полюс» (керівник технічної розробки Г.А. Мачулка).

Однак, власне пристрій що реалізує технологію комп'ютер-пластини (СТР), було розроблено в 1980-х роках під ВНІПоліграфмаші під керівництвом Е.С. Десятника. Чинний зразок такого пристрою, випущеного під маркою «Гранат 530», в даний час функціонує в лабораторії кафедри автоматизації поліграфічних процесів МГУП. Схема конструкції та оптоелектронних компонентів автомата наведена на рис. 10.1.

Як джерело випромінювання використовується твердотільний YAG-лазер (ітрій-алюміній-гранат), що працює в ІЧ-діапазоні спектра на довжині хвилі 1064 мкм з вихідною потужністю променя систему дзеркал, діафрагми, телескопа і об'єктиву фокусується на поверхні формної пластини, закріпленої на циліндрі, що обертається, в пляма діаметром 12,5 мкм. Розгортка по рядку здійснюється обертанням циліндра і контролюється оптоелектронним перетворювачем кутових переміщень (5000 імпульс / об), а розгортка по кадру - обертанням (за допомогою крокового двигуна) прецизійного ходового гвинта, по якому рухається каретка записуючої голівки.

Автомат має роздільну здатність 400 і 800 ліній записи на 1 см і може виготовляти форми розміром 530 × 650 мм на офсетних пластинах з алюмінієвою підкладкою ПЛ-2, металізованих полімерних плівках (товщиною 0,1-0,3 мм) та інших матеріалах. Хімічна обробка форм після експонування не потрібно. Автомат управляється програмним RIP PostScript-QuickScript 4.0 (Windows).

За кордоном основними виробниками плейтсеттерів (так називають пристрої виготовлення форм для технологій СТР) є фірми Creo, Optronics, Dainippon Screen, Presstek. Як джерела випромінювання в цих пристроях використовуються декілька типів лазерів:

- газові:
 - про аргонний (448 нм),
 - про гелій-неоновий (633 нм);

- твердотільні:
про YAG (1064 нм),
про частоту вдвічі (з подвоєною частотою) YAG (532 нм);
- напівпровідникові лазери випромінюють:
 - о в червоній зоні спектра (650-670 нм),
 - о в ІЧ-зоні спектра (780-900 нм).

Існує два типи пристроїв СТР. Одні експонують пластини, що вимагають подальшої традиційної хімічної обробки (металеві пластини з фоточутливим шаром). Інші ж експонують більш потужним лазером, що випромінюють в ІК-зоні спектра і випалює чутливе до високої температури спеціальне покриття (так звані термопластини) в місцях, де повинні знаходитися елементи зображення. Формні пластини, отримані на таких установках, не вимагають подальшої хімічної обробки (до цього типу пристроїв відноситься «Гранат 530»).

За даними літератури, до 1997 р. в світі вже було продано більше 800 плейтсеттерів і попит на них зростає в геометричній прогресії. Технологія СТР проявляє свої переваги в умовах повного завантаження виробничої лінії і великому потоці замовлень, що характерно для друкарень, що спеціалізуються на друку газет та журналів.

Економічна вигода технології СТР полягає в скороченні виробничого циклу (виключаються процеси виготовлення фотоформ), економії фотоматеріалів і хімреактивів. Ці тенденції привели до створення технологій комп'ютер-клавішу і прямого зображення, що пропонують здійснювати процес виготовлення форм безпосередньо в друкарській машині.

Фірма Dainippon екрану створила цифрову друкарську машину TruePress як би з вбудованим пристроєм СТР, а фірма Heidelberg з початку 1990-х років розвиває технологію прямого зображення, спочатку на машинах GTO 52 DI, потім Quickmaster 46 DI, останні технічні новинки втілилися в машині Speedmaster 72 DI. Технологія виготовлення друкованих форм безпосередньо в друкарській машині базується на розробках уже згадуваної американської фірми Presstek і дозволяє отримувати форми сухого офсету на пластинах, закріплених безпосередньо на формних циліндрах листових друкованих машин. В якості формного матеріалу застосовується спеціальна лавсанова (майлар) плівка товщиною 0,17 мм, покрита тонким алюмінієвим і верхнім силіконовим шарами.

Лазерні записуючі пристрої, що встановлюються в кожній друкованій секції, за 10-12 хв одночасно по командах комп'ютера виготовляють усі друковані форми (силіконовий шар, не сприймає фарбу, призначений для пробільних елементів, а лавсан, оголюються при випалюванні верхніх силіконового та алюмінієвого шарів, - для друкуючих). Паралельно з цим в машині здійснюється настройка барвистих апаратів на основі інформації про зміст друкувальних елементів в кожній барвистою зоні, а проблема приводки фарб практично не виникає, оскільки процес нанесення зображення на формні пластини здійснюється після їх закріплення на формних циліндрах.

Торкнувшись питання настройки подачі фарби і приводки фарб, пов'язані з проблемами забезпечення якості відбитків, природно звернутися до розгляду систем контролю і управління.

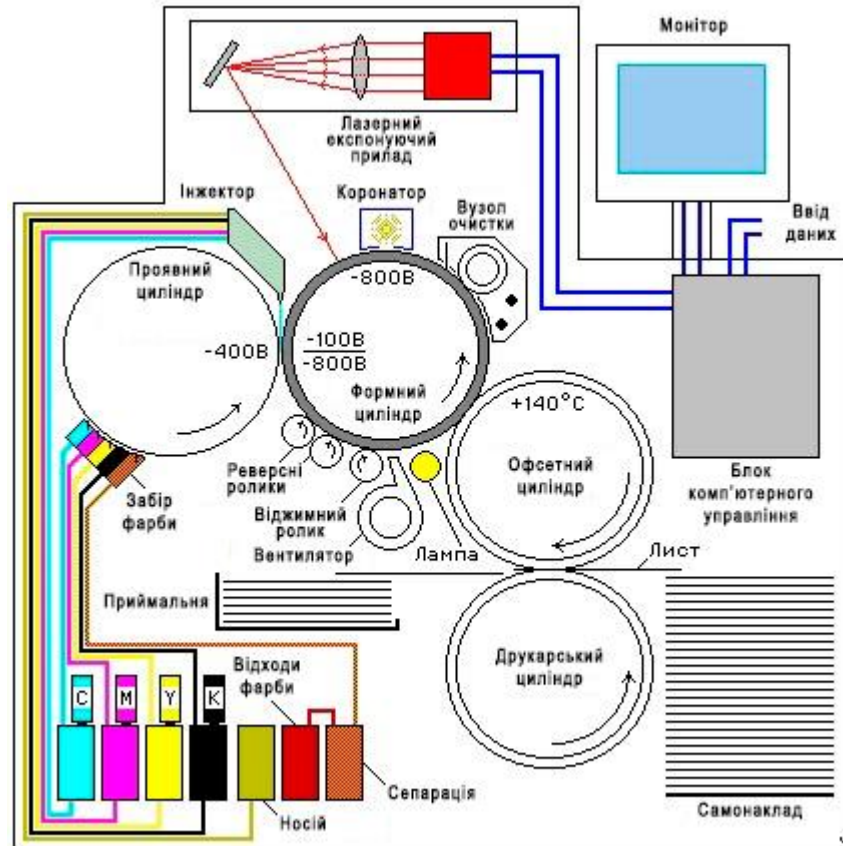


Рис. 11.1. Схема цифрової печатної машини фірми INDIGO

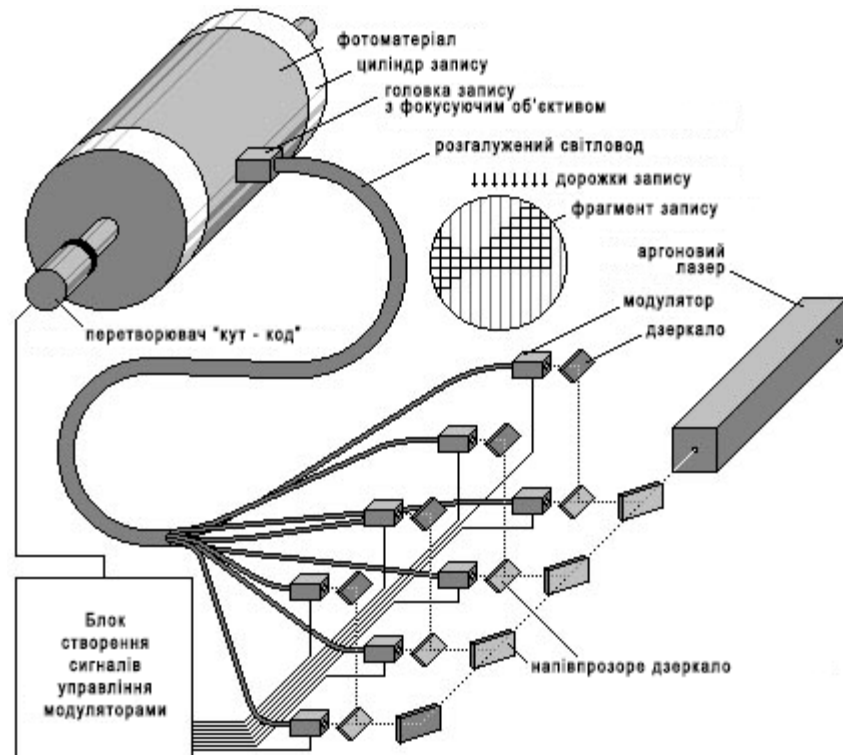


Рис. 11.2. Схема оптоелектронних елементів рекордера серії Linotronic

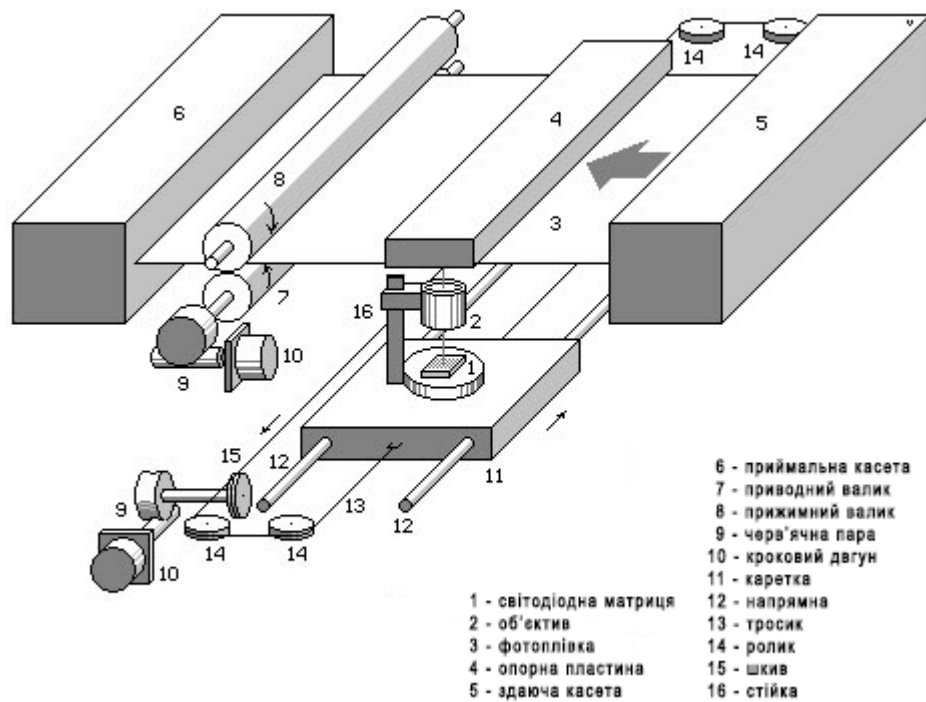


Рис. 11.3. Конструкція фотонаборної світломатричної машини «ФС 300»

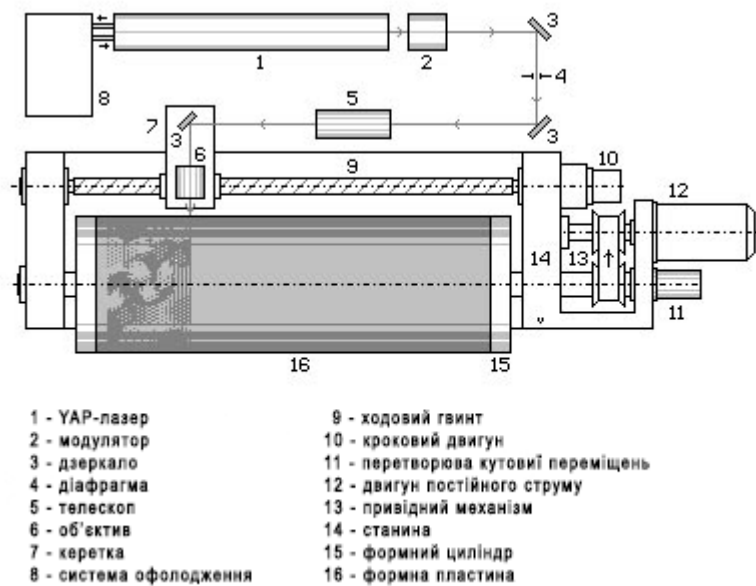


Рис. 11.4. Конструкція лазерного формного апарата «Гранат 530»

12. Оптиелектронні компоненти систем контролю та управління

Кожне друковане видання в процесі поліграфічного репродукування проходить шлях «від проекту - до об'єкта», тобто від макета до його реалізації у вигляді книги, журналу, газети. Мистецтво поліграфістів допомагає максимально точно втілити задум видавця в друкованому та обробному виробництві. Оскільки візуальне сприйняття зображення людиною суб'єктивно (особливо кольорового), а образотворча інформація неодноразово трансформується (в електронних технологіях в меншій мірі), відбиваючись на

екрані дисплея, на плівці, на формі і, нарешті, на відбитку (переходячи від одного фахівця до іншого), - потрібні об'єктивні критерії та засоби контролю для оцінки результату на кожному проміжному етапі і на фініші виробництва.

Додаткові труднощі зумовлені тим, що кольорове зображення представляється на різних стадіях то в аддитивній (на слайді, на екрані), то в субтрактивній (на кольоропробі, на відбитку) системою змішування кольорів (RGB, CMY) і кількісні оцінки в тій чи іншій системі координат повинні відповідати реальним змінам кольірних відчуттів.

12.1. Системи лабораторного контролю

Прийнята в 1931 р. Міжнародною комісією з освітлення МКО (не менш відома її французька аббревіатура CIE - Комісія Internationale d'Eclairage) система представлення кольору у вигляді графіка МКО (рис. 12.1) через математично формалізовані координати x і y дала можливість переходити з однієї системи в іншу (з RGB в CMY і навпаки, а також CIE Lab та ін.) і визначати реальну здатність відтворення кольорів, зображуючи їх на графіку у вигляді полів кольорного охоплення (з рис. 12.1 очевидно, що деякі кольори, що подаються на екрані дисплея, не можуть бути реалізовані на відбитку).

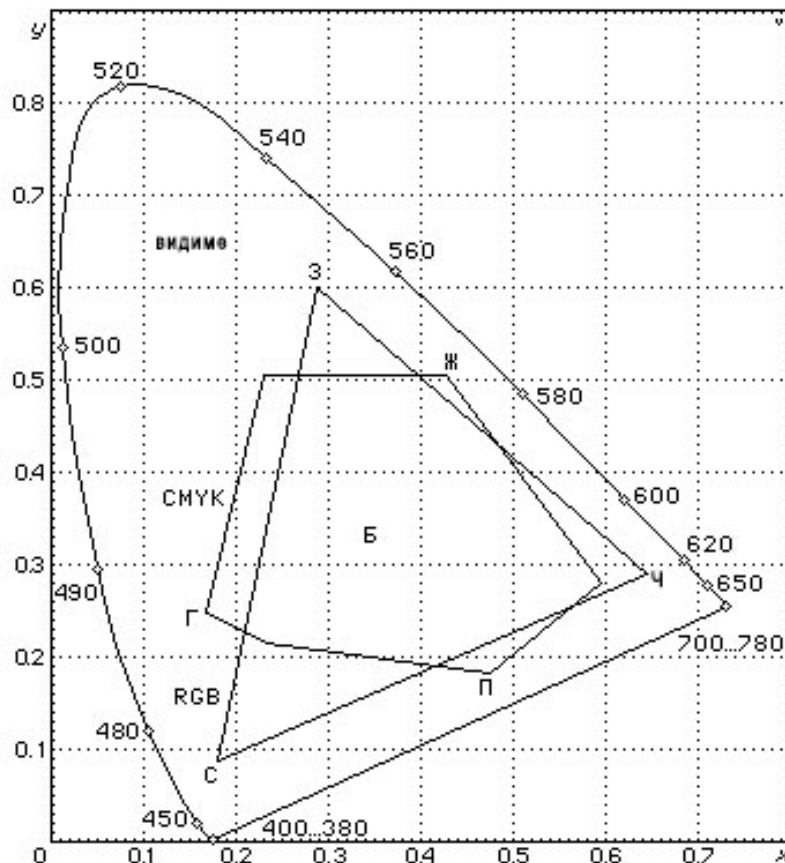


Рис. 12.1. Кольорова діаграма xu з приблизними полями кольорового охоплення дисплея та відбитка

Можливість відтворення кольорів тим чи іншим способом на тому чи іншому пристрої визначається характеристикою кольору (профіль), знаючи

яку для кожного пристрою можна враховувати трансформації кольору по всьому ланцюжку репродукування, вносячи відповідні корективи в видавничі розробки.

Оптоелектроніка та комп'ютерна техніка сприяли появі приладів, здатних «профільювати» - визначати профіль (профіль) того або іншого пристрою (сканера, дисплея, кольоропроби, принтера і т.п.). Як приклад можна згадати прилад Spectrolino відомої швейцарської фірми Gretag, який за допомогою програмного забезпечення ProfileMaker змогу калібрувати сканери, монітори і вивідні пристрої. Компактна вимірювальна фотоголівка приладу може бути встановлена як на екрані дисплея, так і на спеціальному столику СПЕКТРОСКАН, що дозволяє проводити вимірювання у прохідному і відбитому світлі як еталонів (наприклад, ІТ8), так і отриманих по ним плівок і відбитків (а також відбитків та інших непрозорих копій, отриманих при репродукуванні еталонних шкал), з подальшим комп'ютерним обчисленням параметрів і характеристик кольоровідтворення контрольованих приладів і пристроїв.

12.2. Системи вибіркового виробничого контролю

Для оперативного контролю тиражних відбитків на них друкуються контрольні шкали з мітками денситометричного контролю та перевірки інших параметрів, що характеризують якість продукції (приводка фарб, розтиск, ковзання, роздільна здатність в «тінях» і «світлі»). В процесі роботи друкар з певною періодичністю вибирає з машини відбитки й перевіряє за цими шкалами відповідність продукції вимогам стандарту. Так як на одному відбитку потрібно виміряти кілька десятків, а то і більше сотні контрольних міток, промисловістю випускаються скануючі денситометри, Плівка яких, переміщаючись уздовж шкали, вимірюють відбитий від її полів світловий потік і передають сигнали для обробки в бортовий комп'ютер.

На рис. 12.2 наведена оптична схема денситометричної фотоголівка системи контролю друку CPC2, розробленої фірмою Heidelberg. Світловий потік, випромінюваний джерелом світла, відбившись від контрольованого запечатаного ділянки відбитка, проходить через кільцевий поляризаційний фільтр (для відсікання глянцевого складової на непросохлої відбитку), через систему сферичного і плоского кільцевих дзеркал і розщеплюється на інтерференційних дзеркалах (аналогічних за функціями діхроїчним) на три пучки, що потрапляють через відповідні зональні фільтри (R, G і B) на напівпровідникові фотоприймачі червоного, зеленого і синього вимірювальних каналів. Плівка за кілька секунд вимірює всю смугу міток на відбитку, і друкар на дисплеї пульта управління бачить в табличній та графічній (у вигляді гістограм) формі представлену комп'ютером інформацію про відповідність заданим вимогам (або відхилення від норми) оптичної щільності по всіх фарбах.

Денситометричні вимоги не завжди здатні виявити колірні відхилення, візуально помітні для людини (особливо при друку в 5, 6 фарб і більше). Завдяки вдосконаленню елементної бази та розвитку програмного

забезпечення стало можливим в цехових умовах здійснювати спектрофотометричний контроль кольору на відбитках. Приміром, в рамках розвитку системи СРС (комп'ютер управління печаткою) фірма Heidelberg розробила скануючий спектрофотометр СРС21, оптична схема якого представлена на рис 12.2.



Рис. 12.2. Оптична схема головки денситометра

На відміну від скануючого денситометра тут відбитий від відбитка світловий потік з фотоголівка по світловод передається на дифракційну решітку, яка розкладає його на спектральні складові, і вже ці промені, відбившись від увігнутого дзеркала, опахалоподібно падають на фотодіодних лінійку так, що на кожен фоточутливий елемент лінійки потрапляє частина спектрального випромінювання шириною приблизно в 10 нм. Вимірюючи інформаційний сигнал від кожного фотодіода лінійки, комп'ютер розраховує спектрограму контрольованої ділянки в діапазоні 380-730 нм. Визначивши координати кольору в параметрах графіка МКО, система може видати їх в бажаній системі колірних просторів і розрахувати колірні відхилення в одиницях «дельта E». Отримана інформація передається на пульт управління машини і може бути використана для регулювання подачі фарби в ручному або автоматичному режимі.

11.3. Системи машинного контролю

В рулонних друкованих машинах виникають ситуації, коли друкар не може скористатися описаними вище системами контролю. По-перше, швидкості друку на рулонних машинах вище (до 15 м / с), ніж на листових, відбиток викладається на вивідний транспортер у вигляді сфальцованного (складеного) зошитом, а не плоского листа. Іноді друк може йти «з рулону в рулон» - тоді і зовсім не можна поглянути на окремо взятий відбиток. Для таких ситуацій випускаються системи машинного контролю, здатні видавати інформацію про показники якості відбитків в режимі «на перспективу» (на працюючій машині), не відбираючи їх для вимірювань в статичних умовах.

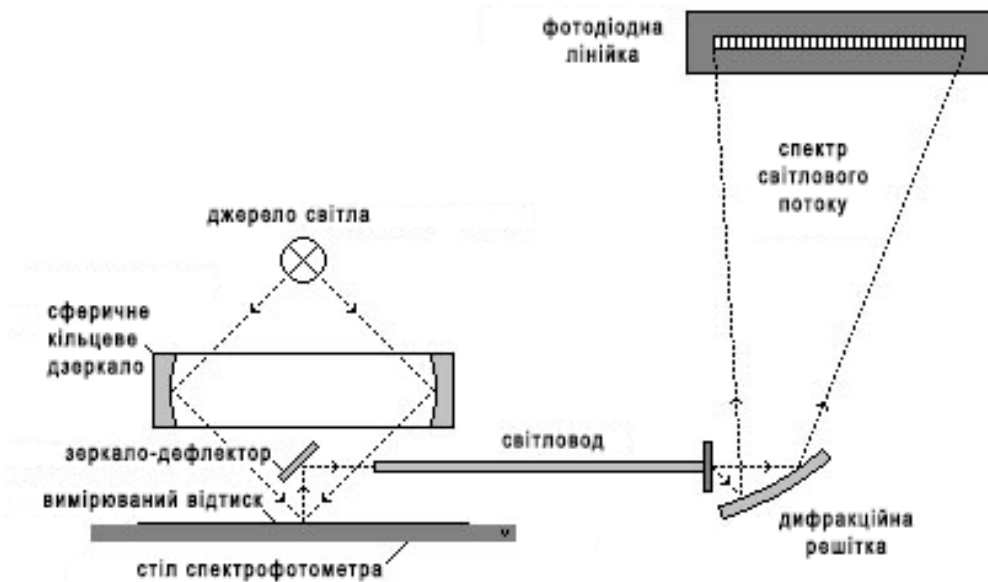


Рис. 12.3 Оптична схема спектрофотометра

Перед кожним валіком на зубчастій рейки, закріпленої на заданій відстані від поверхні паперу паралельно твірній лінії кола, за допомогою крокового двигуна переміщується каретка з двоканальної Плівка - один канал для вимірювання чорної фарби з «сірим» (візуальним) світлофільтром, а другий - для вимірювання кольорових фарб, з диском з трьох зональних світлофільтрів (R, G, B). Вибір світлофільтра здійснюється відповідно до другої фарбою, яка може бути як триадною, так і сумішевою. Світловий потік від випромінювача (кварцової лампи) через систему лінз і діафрагм фокусується в пляму діаметром 3 мм на поверхні відбитка, а відбитий світловий потік поступає по каналам «сірого» та «кольорового» на фотодіоди, проходячи послідовно через фокусуючу лінзу, діафрагму, поляризаційний, теплової (для захисту фотодіода від теплових випромінювань) і зональний (або візуальний) фільтри. Синхронізація моменту вимірювання з проходженням смуги міток перед робочим вікном фотоголівка здійснюється за допомогою перетворювача «кут-код», встановленого в Фальцапарат на валу циліндра рубки полотна, що обертається синхронно з циліндрами друкованої секції.

Для періодичної калібрування фотоголівка після вимірювань повертається у вихідне положення (поза полем відбитка), де зупиняється послідовно перед еталонами «білого» і «чорного», а отримані сигнали обробляються в процесорі комплексу для коригування тарувальних характеристик. Оброблена інформація порівнюється із заданими номіналами і допусками і пред'являється друкареві на матричному дисплеї в табличній та графічній (у вигляді гістограм) формі для ухвалення рішення про ті чи інші керуючих впливах.

Попередниками денситометричних засобів контролю параметрів якості відбитків на рулонних машинах (зокрема, глибокого друку, а потім і флексографської) були електромеханічні синхроскопи з дзеркальними барабанами. Ще в 1960-х роках такі пристрої випускала фірма Crosfield.

Суть цього електронно-механічного приладу візуального контролю полягає в тому, що перед полотном, що рухаються зі швидкістю до 6 м / с, встановлюється барабан з дзеркальними гранями, що обертається синхронно зі швидкістю руху полотна. Кожна дзеркальна смужка передає в робочий (450 × 50 мм) вікно спостерігача фрагмент зображення поперечної (руху полотна) смуги відбитка. Повторювана від кожної смужки картинка зливається для спостерігача в нерухоме зображення, і друкар може розглядати будь-які фрагменти друкованої продукції, помічаючи відхилення у візуальному сприйнятті відбитків.

З появою приладів з зарядовим зв'язком, що дали імпульс до розвитку компактних теле-і відеокамер, фірма Crosfield почала випускати замість сінхроскопов стробоскопічний відеосистему Surveyor 3000. В цій системі функцію зйомки зображення на рухомому полотні бере на себе відеокамера з ПЗС-матрицею 512 × 512 пікселів, а сам момент зйомки визначається спалахом потужного стробоскопічного джерела світла, що спрацьовує від сигналів комп'ютерної системи управління на основі інформації, одержуваної від перетворювача кутових переміщень. Схема цієї відеосистеми наведена на рис. 12.4. Друкар може спостерігати на дисплеї будь-які з обраних ним 16 фрагментів зображення, при необхідності збільшувати кожен з них до формату половини екрану, з можливістю вивести для порівняння на іншу половину еталонне зображення цього ж фрагмента, що зберігається в пам'яті системи. Цей напрямок (застосування відеотехніки для контролю продукції в машині) отримало свій розвиток в представленій на виставці DRUPA-90 японською фірмою Kometi системі оцінки друку PAS (система друку оцінка) для своїх листових машин Lithrone 540RP. Відеокамера високого дозволу сканує все поле зображення кожного відбитка і оцінює ці дані в порівнянні з інформацією, що зберігається в пам'яті комп'ютера. Відбитки, які містять відхилення, що виходять за встановлені межі, відзначаються в підсумковому протоколі замовлення.

Про розробку подібної системи (CPC 23) заявила і фірма Heidelberg на виставці DRUPA-95. Схема оптоелектронних компонентів CPC 23 представлена на рис. 12.4. В даному випадку зображення на ПЗС надходить через канал передачі світлового потоку від 16 оптичних модулів, розташованих в лінію перед друкованим циліндром останньої секції листової машини. Кожен модуль оснащений індивідуальним джерелом світла. Така конструкція дозволяє зняти проблеми з наведенням на різкість зображення по всьому полю листа, так як кожен оптичний модуль переглядає тільки свою вузьку смугу зображення, а «склеюється» воно лише при комп'ютерній обробці відеосигналів від ПЗС. На екрані дисплея, розташованого на пульті управління машини, друкар може бачити як весь відбиток, так і будь-який його фрагмент в збільшеному вигляді. Зберігається (для порівняння) в пам'яті комп'ютера масив даних про еталонному зображенні дозволяє видати «сертифікат якості» на кожен відбиток. Це нова форма відкритої роботи з клієнтом, коли він має можливість перевірити (при необхідності) кожен примірник сплаченого їм замовлення.

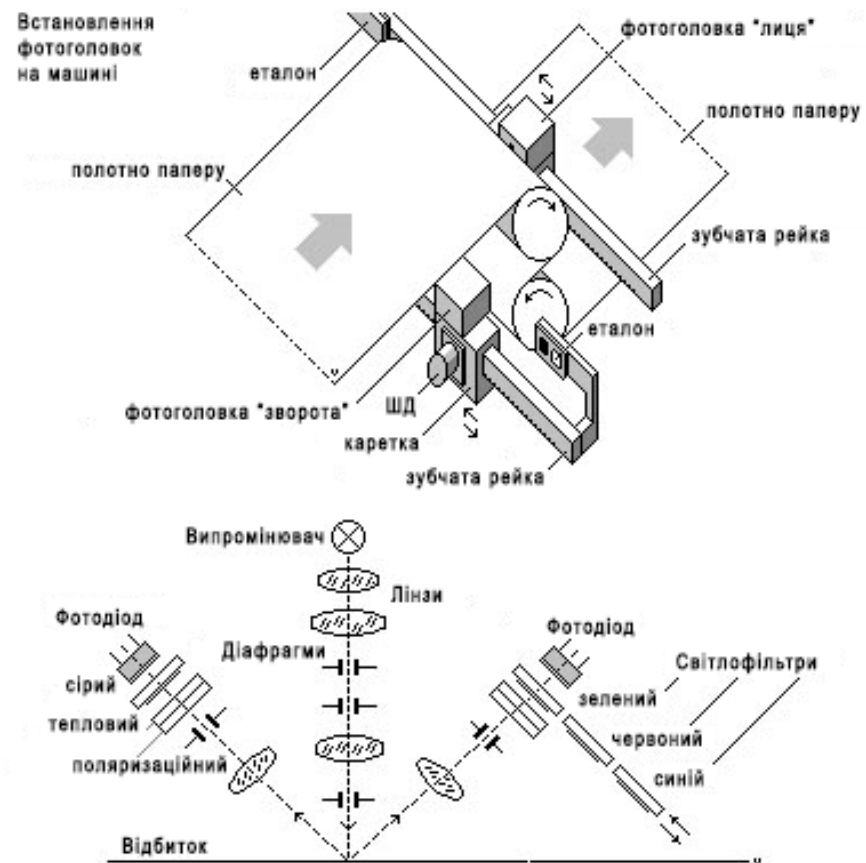


Рис. 12.4. Схема фотоголівки машинного денситометра

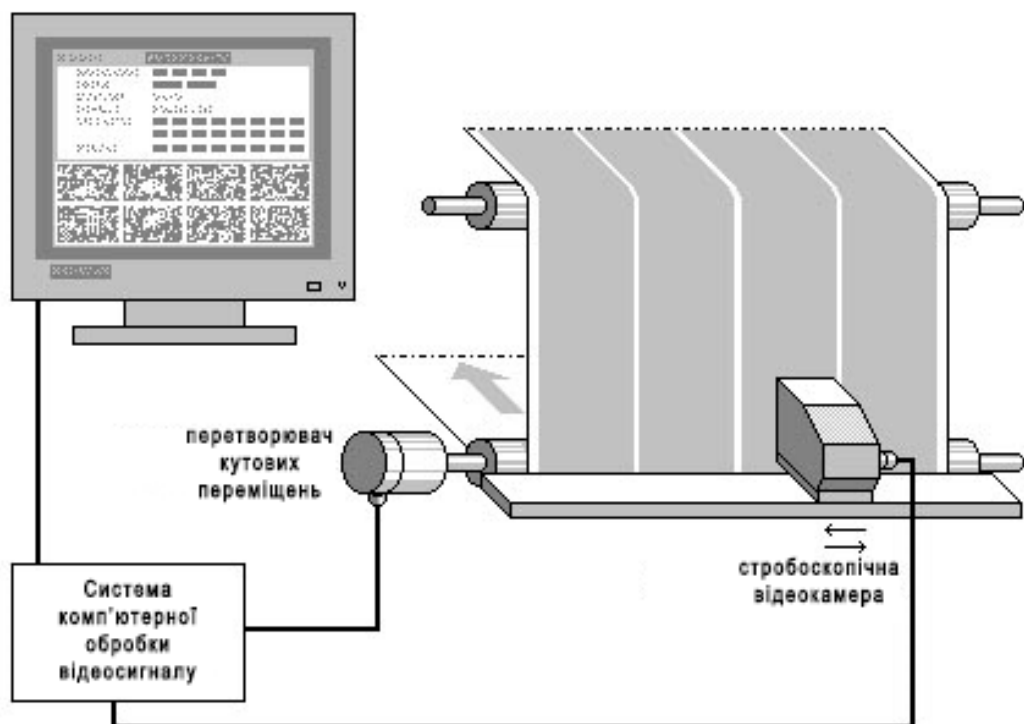


Рис. 12.5. Схема стробоскопічної відеосистеми

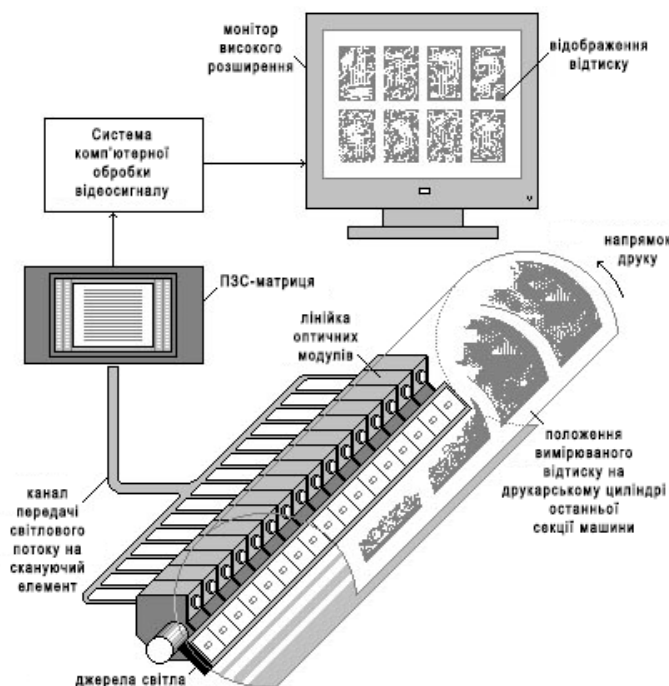


Рис. 12.6. Схема оптоелектронних компонентів системи динамічного контролю зображення

Крім систем контролю показників якості відбитків оптоелектронні прилади дозволяють стежити і за технологічними параметрами процесу друкування, зокрема за ступенем зволоження пробільних ділянок друкованих форм. В офсетного друку питання контролю подачі зволожуючого розчину на форму і підтримки оптимального балансу «фарба-волога» знаходяться постійно в полі зору бригади друкарів і технологів цеху.

Складність організації контролю за подачею зволожуючого розчину полягає в тому, що шар вологи на формі невидимий, оцінюється товщиною в кілька мікрометрів, а наслідки поганого зволоження призводять до шлюбу - при нестачі вологи фарба починає заковувати пробільні елементи і форма «тенит», а при надлишку зволоження на друкованих елементах (особливо в зонах різких поперечних напрямку друку кордонів з пробілами) спостерігається «залівка» фарби водою, тобто на зображенні з'являються ділянки як би розведеної оптичної щільності з характерними патьокми.

Протягом останніх 30-40 років велися дослідження і створювалися окремі зразки приладів контролю зволоження, використовують різні принципи вимірювання - від радіоактивного до гігроскопічного і від ємнісного до глянецметричного. Одним з об'єктивних методів контролю зволоження офсетних форм є інфрачервоний.

Вперше він був реалізований в приладі, розробленому в кінці 1960-х років в ВНДІ поліграфії під керівництвом О.М. Маневича. Пізніше прилад, який використовує цей метод вимірювання, увійшов до складу згаданого контрольного комплексу ПКК РПМ та аналогічного комплексу для листових машин ПКК ЛПМ (розробник фотоголовка контролю зволоження - Л.М. Герштейн). Ще в дослідженнях Є.М. Маневича було встановлено, що шар

вологи на офсетного формі має явну зону поглинання інфрачервоного випромінювання в зоні спектра, близькою до довжини хвилі в 2,9 мкм (рис.12.7).

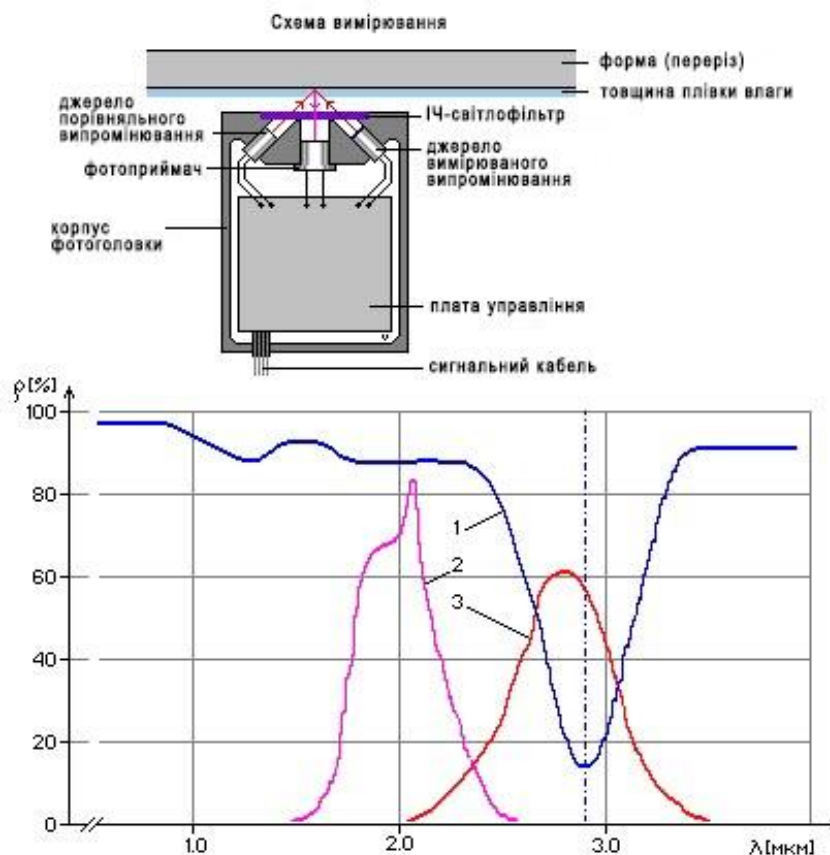


Рис. 12.7. Спектральні характеристики пропускання ІЧ-випромінювання шаром води (1) та випромінювання порівняльного (2) та вимірювального (3) джерела і схема вимірювання товщини плівки вологи на формі

В залежності від товщини шару відсоток поглинається випромінювання буде змінюватися (товщі шар - більше поглинання). Використовуючи цей ефект і маючи для порівняння опорний сигнал на іншій довжині хвилі, не поглинається вологою, можна контролювати подачу зволожуючого розчину на форму. Датчик, який реалізує цей принцип виміру, має два випромінюючих діода, один з яких є джерелом порівняльного сигналу, а другий - вимірювального. Імпульси випромінювання, що пройшли через плівку вологи і відбиті від форми, потрапляють на фотоопір, що реагує на випромінювання в обох зонах спектра. Цифрова обробка цих сигналів дозволяє виділити інформативну складову, відповідну ступеня зволоженості контрольованої ділянки форми. Момент вимірювання обраної для контролю майданчика на формі визначається, як і в багатьох описаних системах, за допомогою датчика кутового положення формного циліндра.

Інформація про зміни ступеня зволоженості форми допомагає друкареві своєчасно реагувати на небажані відхилення і може бути використана для автоматичного регулювання подачі зволожуючого розчину.

11.4. Системи регулювання та управління

Багато оптоелектронні датчики використовуються на друкованому та опоряджувальному обладнанні в якості засобів контролю за позаштатними ситуаціями і пов'язані безпосередньо з системами програмного управління роботою устаткування (системами блокування). Є фірми, наприклад німецька Leuze електронні, що спеціалізуються на виробництві подібних датчиків. Їх виробами оснащуються багато типів поліграфічного обладнання для захисту при обриві паперового полотна, проходженні негабаритних матеріалів або їх перекосі, розбіжності циклів стикуються операцій, визначенні моменту заповнення витратних матеріалів і т.п. Інший аспект застосування таких пристроїв - рахунок продукції, розпізнавання штрих-кодів, добірка комплектів (наприклад, зошитів у книжковому блоці на обробної стадії). Нарешті - у системах забезпечення безпечних цехових умов і безпеки праці на операційному обладнанні.

Прикладом цього може служити система фотозахисту, що застосовується на паперорізальних машинах, де поряд з «дворучним керуванням» і блокуванням включення ножа передбачена фотозахист, що не допускає опускання механізму притиску стопи і тим більше виконання операції реза, якщо хоч один з каналів фотозахисту перекритий рукою оператора. На рис. 4,20 показані оптоелектронні компоненти системи управління паперорізальної машини, що включають декілька оптопар «випромінювач-приймач» з відкритим оптичним каналом, що перекривають усі можливі напрямки переміщення рук оператора до зони притиску і реза стопи. Інші компоненти (перетворювач «кут-код» і дисплей) входять в систему програмного управління автоматичною розрізання стопи. Сама програма (наприклад - зробити 16 поздовжніх різів і 8 поперечних із завданням відповідних переміщень стопи) вводиться з клавіатури або через сенсорний екран, індичіюється задаються координати і виконувані операції, а перетворювач «кут-код», встановлений на ходовому гвинті подавача стопи, визначає місце розташування стопи і видає інформацію про виконання команд заданої програми.

Прикладом використання оптоелектронних компонентів в замкнутих автоматичних системах регулювання на поліграфічному обладнанні можуть служити представлені на рис. 12.9 системи бічної і поздовжньої приводки паперового полотна перед фальцапарат рулонної друкарської машини (такими системами оснащена, наприклад, книжково-журнальна офсетна друкарська машина М600 фірми Harris).

Система поздовжньої приводки забезпечує правильність поєднання кількох (рис.12.9) полотен один з одним і їх приводку по відношенню до місця рубки полотна, а система бічної приводки стежить за тим, щоб місце майбутнього згину (фальца) полотна знаходилося строго по осі воронки фальцапарата. У разі зміщення полотна в бічному напрямі рама з реєстровими валиками бічної приводки злегка перекошується, зміщуючи полотно в сторону ліквідації неузгодженості. Інформація про стан полотна

щодо осі воронки надходить від двох датчиків положення кромки полотна, що представляють собою оптопари з відкритими оптичними каналами.

Система поздовжньої приводки стежить за правильністю положення поля зображення відбитка щодо лінії рубки за допомогою фотодатчиків і синхронізується з швидкістю роботи машини і кутовим положенням рубають ножів за сигналами перетворювача «кут-код», встановленого на осі одного з рубають циліндрів. Регулювання здійснюється за допомогою реєстрових валиків, що змінюють на необхідну величину довжину S-подібної петлі кожного з полотен. В системі QTI серії 3000X контроль місця рубки здійснюється фотоголівка за спеціальними матюками, друкується в неробочому поле відбитка. Система може визначати місце рубки і без міток, по полю зображення, якщо перебуває ділянка з стійко помітним контрастом між запечатаними і пробільними (або фоновими) елементами зображення, відеосигнал від якого може бути зафіксований процесором в якості довідкового.

Наведені приклади не вичерпують усього різноманіття застосування оптоелектронних компонентів в поліграфічній техніці і технологіях, але, можна сподіватися, достатньо переконливі, щоб показати важливу роль оптоелектроніки у вдосконаленні поліграфічного виробництва.

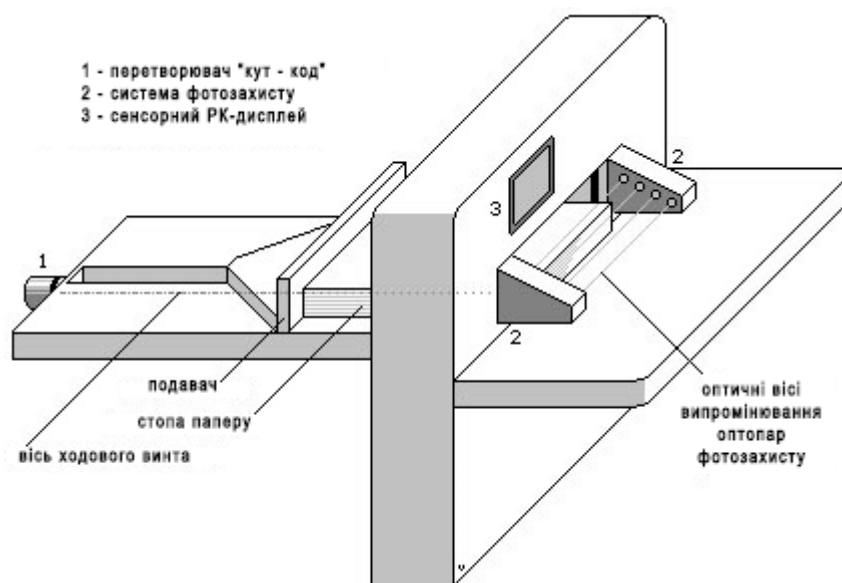


Рис. 12.8. Схема оптоелектронних компонентів системи керування бумагорізальною машиною

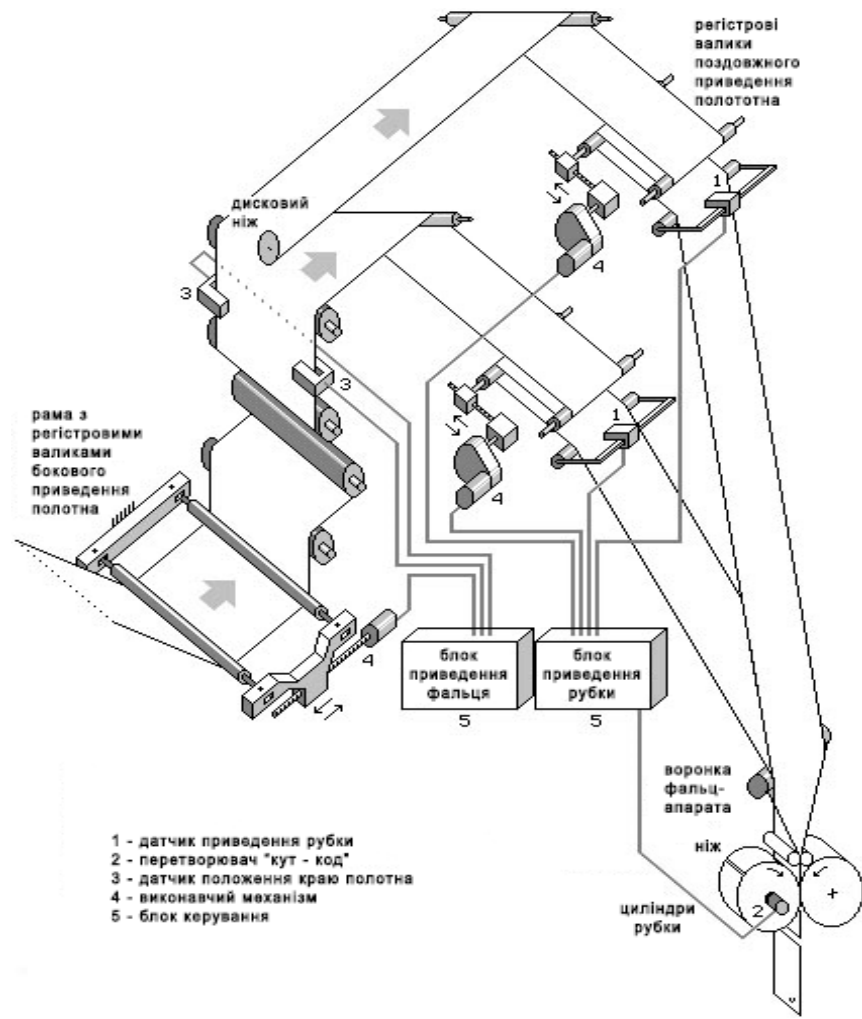


Рис. 12.9. Системи бокової та повздовжньої приводки полотна перед фальцапаратом

Контрольні питання до курсу

1. Класифікуйте фотоприймачі.
2. Будова, характеристики та призначення фоторезисторів.
3. Будова, характеристики та призначення фотодіодів.
4. Будова, характеристики та призначення фотоелементів.
5. Будова, характеристики та призначення фототранзисторів.
6. Будова, характеристики та призначення фототиристорів.
7. Будова, характеристики та призначення фотоелектронних помножувачів.
8. Будова, характеристики та призначення відіконів.
9. Будова, характеристики та призначення сканісторів.
10. Будова, характеристики та призначення фотодіодної лінійки і матриці
11. Будова, характеристики та призначення приладів із зарядовим зв'язком
12. Класифікуйте оптоелектронні джерела випромінювання.
13. Будова, характеристики та призначення випромінюючих діодів.
14. Будова, характеристики та призначення лазерів
15. Класифікуйте оптопарі і трансоптери.
16. Назвіть основні характеристики резисторних оптопар, їх призначення.
17. Назвіть основні характеристики діодних оптопар, їх призначення.
18. Назвіть основні характеристики транзисторних оптопар, їх призначення.
19. Назвіть основні характеристики тиристорних оптопар, їх призначення.
20. Оптичні середовища і ефекти в них
21. Фізичні принципи на яких працюють світловоди.
22. Що таке оптично активні середовища?
23. Ефекти відхилення променя в оптичних середовищах.
24. Що таке рідкі кристали?
25. Які ви знаєте середовища, що розрізняють колір?
26. Для чого служать перетворювачі лінійних та кутових переміщень?
27. Як влаштовані перетворювачі лінійних переміщень?
28. Як влаштовані перетворювачі кутових переміщень?
29. Принципи роботи волоконно-оптичних світловодів, кабелів, ліній зв'язку.
30. Класифікуйте та опишіть прилади й пристрої зберігання інформації.
31. Що таке оптичні диски з постійною сигналограммою.
32. опишіть будову оптичних дисків однократного запису.
33. Як влаштовані реверсивні оптичні диски?
34. Наведіть класифікацію індикаторів, екранів, дисплеїв. Їх призначення.
35. Для чого служать індикатори.
36. Класифікуйте і опишіть будову екранів та дисплеїв.
37. Оптико-електронні компоненти ввідних пристроїв.
38. Будова і призначення барабанних сканерів.
39. Будова і призначення планшетних сканерів.
40. Будова і призначення слайд-сканерів.
41. Будова і призначення листових сканерів.
42. Будова і призначення ручних сканерів.

- 43.Опишіть як влаштовані пристрої ручного введення?
- 44.Опишіть як влаштовані системи виводу на цифровий друк (комп'ютер-друк) і для чого вони створені?
- 45.Опишіть систем виводу на фотоплівку (комп'ютер-плівка)
- 46.Як влаштовані системи виводу на друковану форму (комп'ютер-пластини)?
- 47.Назвіть оптоелектронні компоненти систем контролю та управління.
- 48.Для чого служать системи лабораторного контролю?
- 49.Як влаштовані системи вибіркового виробничого контролю?
- 50.Які переваги і недоліки системи машинного контролю?
- 51.Які ви знаєте системи регулювання та управління і які задачі вони розв'язують?

Список рекомендованої літератури:

1. Киппхан Г. Энциклопедия по печатным средствам информации. Технологии и способы производства: пер. с нем. / Г. Киппхан. – М.: МГУП, 2003. — 1280 с. — ISBN 5-8122-0310-5
2. Смирнов В.Д. Оптика, оптоэлектроника и лазерная техника в полиграфии. СПб.: Изд-во «Петербургский институт печати», 2000. 320 с.
3. Вартамян С.П. Оптоэлектронные приборы и устройства в полиграфии. М.: Изд-во МГУП, 2000. 187 с.
4. Сидоров А.С. Электронные полиграфические устройства и системы. Ч. 1. Оптоэлектроника в полиграфии: Учеб. пособие. М.: Мир книги, 1998. 140 с.: ил.
5. Горбачев В.В. Физические основы полупроводниковой техники и ее применение в полиграфии: Учеб. пособие / Горбачев В.В., Ткачева Т.М., Вартамян С.П. М.: МГУП, 1999. – 175 с.
6. Носов Ю.Р. Оптоэлектроника. М.: Радио и связь / Носов Ю.Р. 1989. 359 с.: ил.
7. Айриг С., Айриг Э. Сканирование - профессиональный подход. Минск: Попурри, 1997. 176 с.: ил.
8. Вартамян С.П., Румянцев В.Н., Базазьян Э.В. Средства автоматизации рулонных офсетных печатных машин. М.: Книжная палата, 1989. 32 с.: ил. (Полиграфическая промышленность: Обзорная информация / Информпечать. Вып. 7).
9. Мачулка Г.А. Лазеры в печати. М.: Машиностроение, 1989. 224 с.: ил.
10. Носов Ю.Р., Сидоров А.С. Оптроны и их применение. М.: Радио и связь, 1981. 220 с.: ил.