**Лекція 9**

**Розділ 3. Характеристика поля випромінювання в просторі предметів**

**Характеристики і параметри когерентного поля**

Реальні джерела випромінювання генерують електромагнітні хвилі в обмеженому інтервалі , що є не точковим, а протяжним.

Коли діапазон частот достатньо великий, то інтереференційну картину від двох джерел спостерігати неможливо, оскільки вони нестабільні в просторі й часі.

Проте реєстрація неможлива, якщо час реєстрації від часу де – різниця частот двох джерел.

Якщо реальний діапазон частот малий то сумарну напруженість поля від окремого джерела можна подати таким виразом:

де - середня частота, що відповідає максимальному значенню спектральної амплітуди, , – амплітуди та фази ∑ хвильового процесу.

Швидкість зміни залежить від напівширини та форми спектра.

Комплексна амплітуда сумарного хвильового процесу є випадковою функцією через випадковість самого процесу випромінювання від статичної сукупності елементарних випромінювачів, що складають оптичне джерело.

За час – напівширина квазімонохроматичного джерела ( - середня частота), зміни функції – незначні. Проте за час , спостерігається значна кількість змін.

Коли ширина спектра мала, стає можливим спостереження інтерфераційної картини для часових затримок (різниця ходу/швидкість світла) менших величини , оскільки за цей час амплітуда та фаза змінюються неістотно У цьому випадку випромінювання поводить себе подібно до монохроматичного із середньою частотою .

Якщо в деяку область проходять дві однаково орієнтованих поляризованих хвильових процеси та з однаковою частотою (ця умова принципова, то її треба виконувати завжди через ділення пучка від одного джерела на два за допомогою отворів чи n- прозорих джерел), то в цій області може спостерігатися інтерференційна картина.

Нехай протяжне джерело А освітлюють 3 однакових отвори на екрані та які є незалежними джерелами через дифракцію.

Розмістимо на певній відстані від отворів другий екран і будемо спостерігати на ньому інтерференційну картину. Міра її наявності – це скорельованість у точках та .



Рис. 24.

Позначимо сумарні комплексні напруженості в т. та через та відповідно.

Тоді в т.С

,

комплексні величини, що визначають дифракцію випромінювання в отворах.

Середня інтенсивність в т.С визначається:

(\*)

Позначимо

=, =

- інтенсивності в точках і на отворах, , - інтенсивності в точці С при освітленні окремо отворами і .

Припускаючи, що процес стаціонарний, змістимо час в усередненні на величину і введемо позначення

Тоді маємо:

Функція носить назву функції взаємної когерентності.

Встановлює кореляцію полів у точках та .

Експериментально така кореляція визначається на основі аналізу інтенсивності картини і точці С. Здійснимо нормування комплексної функції :

Функція - нормована функція взаємної когерентності (ступенем когерентності) полів, що існують в точках та .

Враховуючи, що

Враховуючи (\*) можна записати:

у теорії когерентності показується, що

у залежності від параметрів випромінювання модуль нормованого ступеня когеренстності (Рис. 25).



Рис. 25. Зміна величин та від часової затримки

Якщо =0, то повна некогерентність, при =1 - повна когерентність, зміною різниці ходу можна добитись повного гасіння інтенсивності , якщо

Випромінювання когерентно

Окрім взаємної, є часова та просторова когерентності.

Функція характеризує об’єм когерентності.

Часова когерентність



Рис. 26. Уведення часової когерентності з часовою затримкою

Т.С. отримується від 1 джерела зі дзеркалом.

Така схема еквівалентна схемі інтерферометра Майкельсона з напівпрозорим світлоподільником.

У даному випадку інтенсивність у точці С описується виразом:

де

Функція - кореляцію одного хвильового випадкового процесу в т.В у момент часу, рознесені на інтервал

Тому функція () характеризує часову когерентність.

При цьому функція однозначно визначається спектром потужності хвильового процесу.

де

- спектральна густина випромінювання.

Косинусне Фур’є-перетворення від величини дозволяє визначити сам спектр . Це лежить в основі Фур’є-спектроскопії.

Часова когерентність враховує скорельованість випромінювання сама з собою в різні моменти часу, буде залежати від ширини спектра випромінювання.

Останній буде задавати інтервал коли випромінювання можна вважати скорельованим.

Розглянемо просторову модель випромінювання у вигляді випадкових цугів однакової протяжності. Цуг – аналітичне представлення хвильового процесу, коли фаза в наступний момент визначається попереднім моментом.

Нехай деяке джерело випромінює хвильові цуги однакової протяжності (в часі) на частоті .

Випромінювання такого цугу в аналітичні формі:



Рис. 27. Зображення монохроматичного цугу протяжністю

Застосовуючи перетворення Фур’є до функції , отримуємо:

Інтенсивність такого гармонічного сигналу:



Рис. 28. Спектральна густина інтенсивності монохроматичного цугу

протяжністю

Частотний інтервал відповідає напівширині контуру спектральної лінії, де інтенсивність ще достатньо велика (не менше ) визначається співвідношенням

Звідси випливає таке правило: ефективна смуга частот хвильового цугу обернено пропорційна його протяжності.

Довжина - відповідає максимальній різниці ходу, коли зберігаються фазові співвідношення в інтерференційному досліді.

При різниці ходу суттєво більшій ніж , спостереження інтерференційної картини стає неможливим.

Це представлення є сильно ідеалізованим. Насправді має місце затухання випромінювання, статистичний розподіл довжин і амплітуд цугів, зміна фази цуга через співударяння атомів, зміна частоти у зв’язку із тепловим рухом.

Розглянемо процес випромінювання із затуханням, що пов’язано із суттєвою втратою енергії в часі, в результаті чого амплітуда хвильового цугу зменшується в часі:

Частотний спектр Фур’є такого процесу визначається виразом:



Рис. 29. Спектральна інтенсивність затухання цугу (Лоренцовий контур)

Напівширина контуру лінії визначається з умови:

Якщо реальний хвильовий процес охарактеризувати середньо статичним часом що відповідає напівширині контуру , то можна ввести поняття довжини когерентності, в межах якої зберігається фаза цугів хвиль:

Довжина когерентності чисельно дорівнює максимальній кількості смуг стаціонарної інтерференційної картини, помножений на середню довжину хвилі в спектрі.

Поняття часу когерентності та довжини когеренстності еквівалетні.