3.2. Когерентность световых волн

Световые волны излучаются атомами вещества. Любой макроскопический источник света состоит из множества атомов. Атомы вещества излучают свет независимо друг от друга. Причем излучение происходит хаотически в виде отдельных порций (квантов) электромагнитного излучения различных частот. Результирующая световая волна, излучаемая источником света, является наложением множества случайным образом происходящих излучений отдельных атомов. Если даже попытаться представить результирующую световую волну как наложение множества монохроматических волн, то параметры этих волн будут изменяться хаотически. Поэтому световые волны могут считаться когерентными лишь при выполнении определенных условий.

Рассмотрим световое колебание, возбуждаемое в данной точке пространства отдельной световой волной, которую условно можно считать монохроматической. Опишем это колебание зависимостью

$$E = \tilde{A}\cos(\tilde{\omega}t + \tilde{\alpha}), \tag{3.6}$$

где параметры $\tilde{A}$, $\tilde{\omega}$, $\tilde{\alpha}$ изменяются случайным образом. Но поскольку колебание (3.6) возбуждается условно монохроматической волной, можно выделить некоторое среднее значение ω частоты волны и представить частоту $\tilde{\omega}$ в виде

$$\tilde{\omega} = \omega + \Delta\omega, \tag{3.7}$$

где $\omega = const$, а $\Delta\omega$ изменяется случайным образом. Тогда зависимость (3.6) можно преобразовать следующим образом:

$$E = \tilde{A}\cos(\omega t + \alpha). \tag{3.8}$$

где $\alpha = \tilde{\alpha} + t\Delta\omega$.

Соотношение (3.8) показывает что, случайные световые колебания, возбуждаемые условно монохроматическими световыми волнами, происходят как колебания с некоторой средней частотой ω и хаотически изменяющейся начальной фазой α.

Начальная фаза α изменяется не мгновенно. Если взять достаточно малый промежуток времени, то в течение него начальная фаза будет практически постоянной. Характерное изменение аргумента гармонических функций равно числу π. Именно это число и взято для оценки времени случайного изменения начальной фазы α.

Время $t_{ког}$, в течение которого случайное изменение начальной фазы световых колебаний достигает величины π, называют **временем когерентности**.

Если взять промежуток времени

$$\Delta t < t_{ког}\,, \tag{3.9}$$

то, разделив в течение данного промежутка времени волну на части, можно получить когерентные световые волны. Неравенство (3.9) называют **условием временной когерентности**.

Время когерентности имеет порядок 10^{-8} секунд. За это время световая волна проходит в вакууме расстояние $l_{ког} = c\, t_{ког}$, которое называют **длиной когерентности**. Условно монохроматическую световую волну, которая образуется за время когерентности, называют **цугом волн** (от немецкого слова *zug* – поезд).

Кроме временной когерентности используют также понятие **пространственной когерентности**. Если взять две произвольные точки пространства, то колебания, возбуждаемые в данных точках условно монохроматической световой волной, вообще говоря, не могут быть согласованными между собой. Однако если взять две достаточно близкие точки пространства, находящиеся на одной волновой поверхности, то между двумя колебаниями в данных точках будет наблюдаться согласованность (когерентность) вследствие близости этих точек. Критерием малости расстояния между двумя точками опять-таки является величина случайного рассогласования фазы колебаний.

Радиусом когерентности $\rho_{ког}$ называют расстояние между двумя точками волновой поверхности, на котором случайное рассогласование фазы световых колебаний достигает величины π. Если взять две точки волновой поверхности, находящиеся на расстоянии

$$\Delta l < \rho_{ког}\,, \tag{3.10}$$

то световые колебания с одинаковыми средними частотами ω в данных точках можно считать когерентными. Неравенство (3.10) называют **условием пространственной когерентности**.