БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

кафедра ЭТТ

РЕФЕРАТ

на тему:

«ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ СВЕТА»

МИНСК, 2008

**1. Когерентные волны.**

1. Две волны называются когерентными, если разность их фаз не зависит от времени. Этому условию удовлетворяют монохроматические волны, частоты которых одинаковы.

Две волны называются когерентными, если разность их фаз изменяется с течением времени. Монохроматические волны различных частот, а также волны, состоящие из ряда групп – цугов волн, начинающихся и обрывающихся независимо друг от друга со случайными значениями фаз в моменты начала и обрыва каждой группы, являются когерентными.

2. При наложении двух волн, линейно поляризованных в одной плоскости, амплитуда А результирующей волны связана с амплитудами и и фазами и суперпонируемых волн в рассматриваемой точке волнового поля соотношением:



В случае наложения некогерентных волн с различными частотами и амплитуда А – периодическая функция времени с периодом Если, как это обычно имеет место в оптических опытах, наименьшая возможная продолжительность наблюдений , то в эксперименте может быть зарегистрировано лишь среднее значение квадрата амплитуды результирующей волны: Следовательно, при наложении некогерентных волн наблюдается суммирование их интенсивностей:



3. В случае наложения когерентных волн, линейно поляризованных в одной плоскости, где и - начальные фазы суперпонируемых волн в рассматриваемой точке поля. Амплитуда А результирующей волны не зависит от времени и изменяется от точки к точке поля в зависимости от значения где



при



при



где



Максимальная и минимальная интенсивности результирующей волны соответственно равны:

и .



Если , то и т.е. вдвое превосходит сумму интенсивности суперпонируемых когерентных волн.



4. В результате наложения когерентных волн, линейно поляризованных в одной плоскости, происходит ослабление или усиление интенсивности света в зависимости от соотношения фаз складываемых световых волн. Это явление называется интерференцией света. Результат наложения когерентных волн, наблюдаемый на экране, фотопластинке и т.д., называется интерференционной картиной. При наложении некогерентных волн имеет место только усиление света, т.е. интерференция не наблюдается.

5. Каждый атом или молекула источника света излучает цуг волн в течение промежутка времени порядка . Продолжительность цуга имеет величину порядка длин волн, так что в первом приближении каждый такой цуг можно считать квазимонохроматичным. Однако при спонтанном излучении, которое осуществляется в обычных источниках света, электромагнитные волны испускаются атомами (молекулами) вещества независимо друг от друга, со случайными значениями начальных фаз. Поэтому за время τ наблюдения в оптических опытах волны, спонтанно излучаемые атомами (молекулами) любого источника света, некогерентны и при наложении не интерферируют.



Наряду со спонтанным излучением возможен другой тип излучения – индуцированное (вынужденное) излучение, возникающее под действием переменного внешнего электромагнитного поля. Индуцированное излучение когерентно с возбуждающим его монохроматическим излучением. Оно обладает той же частотой направлением распространения и поляризацией. Эти особенности индуцированного излучения используются в квантовых генераторах – мазерах и лазерах.

6. Для получения когерентных световых волн и наблюдения их интерференции с помощью обычных источников спонтанного излучения применяют метод расщепления волны, излучаемой одним источником света, на две или большее число систем волн, которые после прохождения различных путей накладываются друг на друга. В каждых двух таких системах волн имеются попарно когерентные между собой и одинаково поляризованные цуги, соответствующие одним и тем же актам излучения атомов источника. Результат интерференции указанных систем волн зависит от разности фаз, приобретаемой когерентными цугами волн вследствие прохождения ими различных расстояний от источника до рассматриваемой точки интерференционной картины.

7. На рис.1 изображена принципиальная схема интерференционных установок, в которых свет от источника S с линейным размером 2b, малым по сравнению с длиной волны , расщепляется на две системы когерентных волн с помощью зеркал, призм и т.д. Здесь и - источники когерентных волн (действительные или мнимые изображения источника S в оптической системе установки), - апертура интерференции, т.е. угол в точке S между крайними лучами, которые после прохождения через оптическую систему сходятся в точке M – центре интерференционной картины на экране EE, угол схождения лучей в точке M.



E

N



l h

φ

2b φ 0 M



S l

E



Рис. 1

8. Обычно S имеет вид щели, параллельной плоскости симметрии оптической системы. При EE|| интерференционная картина представляет собой полосы, параллельные щели.



В обозначениях =2l, OM=D, MN=h распределение интенсивностей в интерференционной картине для монохроматической волны



имеет максимумы при:



и минимумы при:



где m – целое число, называемое порядком интерференции, а



- интенсивность в точке М (при h=0).

9. Расстояние между соседними максимумами или минимумами ():



.



Величина В называется шириной интерференционной полосы. Интерференционная картина тем крупнее, чем меньше 2l (или ω). Угловая ширина полос интерференции:



10. Если размеры источника , то наблюдается отчётливая интерференционная картина. Практически , и интерференционная картина определяется наложением расщеплённых когерентных волн от разных точек источника. Интерференционная картина остаётся отчётливой при приближенном условии:



где 2 - апертура интерференции , λ – длина волны.



11. Контрастность интерференционной картины определяется из формулы:



где Emax, Emin – освещённости экрана в местах максимумов и минимумов картины, т.е. в центрах светлых и тёмных полос, B=λD/2l – ширина интерференционной полосы, 2b – размеры источника. Величина v называется видимостью полос. Зависимость v=f(2b/B) показана на рис.2.

2b/B

1 2 3 4 5

рис2.

12. Интерференционная картина в немонохроматическом свете, длины волн которого лежат в интервале от λ до , полностью смазывается, когда с интерференционными максимумами m-го порядка для излучения с длиной волны совпадают максимумы (m+1)-го порядка для излучения с длиной волны λ:



Для наблюдения интерференции порядка m должно выполняться условие:



Чем больше порядок интерференции m, который необходимо наблюдать, тем монохроматичнее должен быть свет. Даже для света с линейчатым спектром не может быть меньше естественной ширины спектральной линии . Обычно из-за доплеровского и ударного уширения .



2. Оптическая длина пути

1. Оптической длиной пути называется произведение геометрической длины d пути световой волны в данной среде на абсолютный показатель преломления этой среды n.

s=nd.

2. Разность фаз двух когерентных волн от одного источника, одна из которых проходит длину пути в среде с абсолютным показателем преломления , а другая – длину пути в среде с абсолютным показателем преломления :



где , , λ – длина волны света в вакууме.



3. Если оптические длины пути двух лучей равны, , то такие пути называются таутохронными (не вносящими разности фаз). В оптических системах, дающих стигматические изображения источника света, условию таутохронности удовлетворяют все пути лучей, выходящих из одной и той же точки источника и собирающихся в соответствующей ей точке изображения.



4. Величина называется оптической разностью хода двух лучей. Разность хода связана с разностью фаз :



.



5. При разность фаз ; удлинению (или укорочению) оптической длины пути одной из волн относительно другой на соответствует запаздывание (или опережение) первой волны на π. При суперпозиции таких волн их амплитуды вычитаются друг от друга, и в случае равенства амплитуд обеих волн амплитуда результирующей волны равна нулю.



6. Наблюдение интерференции возможно лишь при не слишком больших разностях хода . Если (τ – средняя продолжительность одного акта излучения света атомом источника, с – скорость света в вакууме, а τс – средняя продолжительность цуга волн в вакууме), то накладывающиеся волны заведомо некогерентны и не интерферируют. Условия наблюдения интерференции при оптической разности хода



т.е. для осуществления интерференции при больших значениях необходима сильная монохроматизация света.



3. Интерференция в тонких плёнках

1. При наблюдении интерференции монохроматического света, отражённого в вакуум от плоскопараллельной пластинки (рис.3.), оптическая разность хода интерферирующих лучей

=n(AD+DC)-BC+λ/2=



=



где h – толщина пластинки, n – её абсолютный показатель преломления, i – угол падания лучей на пластинку, r – угол преломления лучей в ластинке. Дополнительная разность хода связана с отражением света от передней поверхности пластинки (оптически более плотной среды), т.е. с изменением при отражении фазы волны на π.



S S

O

B O

i i

A C

h

r r

D

Рис.3.

2. Условия максимумов и минимумов для интерференционной картины, образуемой когерентными волнами, отражёнными от обеих поверхностей пластинки:



Здесь k=2m, где m – целое, для минимумов и k=2m+1 для максимумов. Если отражение от обеих поверхностей пластинки происходят с потерями λ./2 (или без них), то интерференционная картина смещается на полполосы, т.е. значения k=2m соответствуют интерференционным максимумам, а k=2m+1 – минимумам.

3. При освещении плоскопараллельной пластинки параллельным пучком лучей белого света пластинка приобретает в отражённом свете цветную окраску. В соответствии с условием п.6. интерференцию в белом свете можно наблюдать лишь на очень тонких пластинках (плёнках), толщина которых не превосходит 0.01 мм. В монохроматическом свете можно наблюдать интерференцию и на значительно более толстых пластинках.

4. Если параллельный или почти параллельный пучок лучей монохроматического света падает на плёнку, толщина h которой неодинакова в разных местах, то в отражённом свете на верхнеё поверхности плёнки видны тёмные и светлые интерференционные полосы. Эти полосы называют полосами равной толщины , так как каждая из них проходит через точки с одинаковыми значениями h. Полосы равной толщины, локализованные на поверхности плёнки, можно наблюдать также и на экране, если на него спроецировать верхнюю поверхность плёнки с помощью собирающей линзы. В белом свете наблюдается система цветных интерференционных полос равной толщины.



5. При интерференции на прозрачном клине полосы равной толщине параллельной ребру клина. Ширина интерференционных полос при угле падения i=0



где - угол при вершине клина (, n – абсолютный показатель преломления вещества клина.



В случае протяжённого источника света интерференционная картина наблюдается только от той части клина, вблизи его вершины, для которой , где i – угол падения, - угол, под которым виден протяжённый источник из точки клина, соответствующий данном h.



6. При интерференции света в воздушном зазоре между плоским чёрным зеркалом и плотно прижатой к нему плоско-выпуклой линзой (рис.4), свет падает нормально на плоскую поверхность линзы, параллельную плоскости чёрного зеркала.

R

P

Рис.4.

Наблюдается система полос равной толщине воздушного зазора, имеющих вид центрических колец (кольца Ньютона). Центры колец совпадают с точкой соприкосновения линзы и зеркала. В отражённом монохроматическом свете радиусы светлых и тёмных колец равны:

и



где R – радиус крутизны нижней поверхности линзы, - длина волны света в вакууме (воздухе), m=1,0,2,… В центре интерференционной картины находится тёмное пятно.



В белом свете различным длинам волн λ соответствуют разные q, и получается система цветных колец со значительным наложением одних цветов на другие; при больших m интерференционная картина неразличима для глаза.

7. При освещении плоскопараллельной пластинки монохроматическим сходящимся или расходящимся пучком света каждому значению угла падения I соответствует своё значение оптической разности хода . Интерференционная картина наблюдается в фокальной плоскости собирающей линзы, установленной на пути света, отражённого пластинкой. Для монохроматического света интерференционная картина имеет вид чередующихся тёмных и светлых полос. Каждая из этих полос соответствует определённому значению углу падения i, поэтому их называют полосами равного наклона. Полосы равного наклона локализованы в бесконечности. При освещении плоскопараллельной пластинки белым светом полосы равного наклона различно расположены в зависимости от λ и являются цветными. По мере возрастания порядка интерференции m картина смазывается.



8. В случае интерференции N когерентных волн с одинаковыми амплитудами и одинаковыми сдвигами по фазе между i-ой (i - 1)-й волнами ( не зависит от i) амплитуда A и интенсивность I результирующей волны равны:



Где - интенсивность каждой из интерферирующих волн.



**ЛИТЕРАТУРА**

1. Мирошников М.М. Теоретические основы оптико-электронных приборов: учебное пособие для приборостроительных вузов. -- 2-е издание, перераб. и доп.—Спб.: Машиностроение,20033 -- 696 с.
2. Порфирьев Л.Ф. Теория оптико-электронных приборов и систем: учебное пособие.— Спб.: Машиностроение,20033 -- 272 с.
3. Кноль М., Эйхмейер И. Техническая электроника, т. 1. Физические основы электроники. Вакуумная техника.—М.: Энергия, 2001.