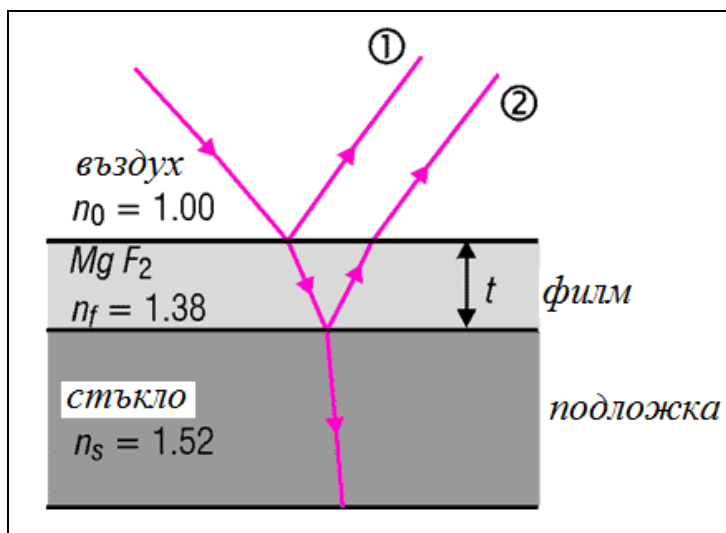


ПРИЛОЖЕНИЕ НА ДВУЛЪЧЕВАТА ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ

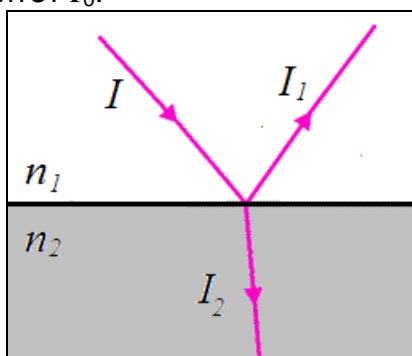
1 Диелектрични интерференчни слоеве

1.1. Коефициент на отражение и пропускане

Много важно практически е приложението на явлениято интерференция на светлина, преминала или отразена от тънки диелектрични слоеве, нанесени върху оптически повърхности. При тази интерференция може да се намали отражателната способност на повърхността или пък да се увеличи.



На границата между две прозрачни среди с показатели на пречупване n_1 и n_2 пада светлина с интензитет I_0 .



В точката на падане тя се разделя на отразен лъч с интензитет I_1 и пречупен с интензитет I_2 . Ако няма поглъщане във втората среда, то

$$I_1 + I_2 = I_0 \text{ - разделяме на } I_0$$

Означаваме: $R = \frac{I_1}{I_0}$ - коефициент на отражение

$$T = \frac{I_2}{I_0} \text{ - коефициент на пропускане}$$

Получаваме: $R + T = 1 \Rightarrow R, T < 1$

Френел намира за нормално падане ($i=0$):

$$R = \left(\frac{n_2 - n_1}{n_1 + n_2} \right)^2 = A_{1omp}^2, \quad A_{1omp} - \text{амплитуда на отразения лъч}$$

$$T = 1 - R = \frac{4n_1 \cdot n_2}{(n_1 + n_2)^2} = A_{2npon}^2, \quad A_{2npon} - \text{амплитуда на преминалия лъч}$$

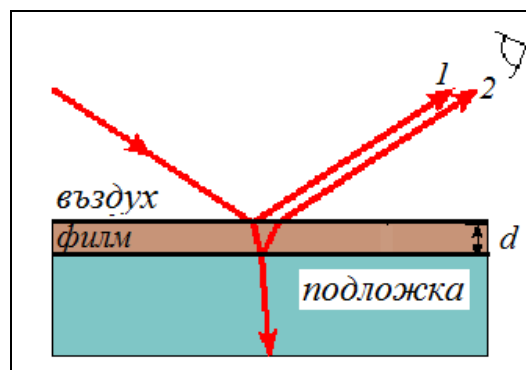
Извод:

- Коефициентите R и T не зависят от посоката на разпространение на лъча (от n_1 към n_2 или от n_2 към n_1);
- Винаги на границата стъкло-въздух има отразена светлина ($n_2 = 1,5$, $n_1 = 1$, $R \sim 0,04 = 4\%$). Това отражение е много нежелателно явление за качествата на оптичните системи, съдържащи няколко отразяващи повърхности. В сложна леща с 4 гранични повърхности, стъкло-въздух, около 20% от светлината се губи в отражение. Затова в оптичното приборостроене е много важно намаляването на R, което се постига чрез явлението интерференция.

1. 2. Намаляване на коефициента на отражение R, чрез диелектрични слоеве.

Отражението на светлината може да се намали, ако покрим повърхността на лещата с прозрачно вещество – диелектрик, с показател на пречупване, по-малък от този на стъклото.

$$n_s < n_\phi < n_n$$



Светлината отразена от границата въздух - диелектричен слой (1) ще интерферира със светлината, отразена от границата диелектричен слой - стъкло (2).

За да могат двата снопа напълно да се погасят един друг е необходимо да бъдат изпълнени две условия:

- 1. Амплитудите им да бъдат равни
- 2. Разликата във фазите им да бъде π или $\Delta = (2m+1) \cdot \lambda/2$

1) За ($i=0$), трябва $A_1=A_2$

$$\frac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1} = \frac{n_3 - n_2}{n_2 + n_3}$$

При $n_1=1$ за въздух, n_2 – за диелектричен слой, n_3 – за стъклото.

$$n_2 \cdot n_3 - n_3 + n_2 - n_2 = n_2 \cdot n_3 - n_2^2 + n_3 - n^2$$

$$2n_2^2 = 2n_3$$

$$\boxed{n_2 = \sqrt{n_3}} \quad (*)$$

2) От плоскопаралелна пластинка, за разликата в оптичните пътища (и при двете отражения за лъчите 1 и 2 има загуби на $\lambda/2$)

$$\Delta = 2d \cdot n \cdot \cos i_2$$

За минимум: $\Delta=(2m+1) \cdot \lambda/2$

$$2d \cdot n_2 \cos i_2 = (2m + 1) \cdot \frac{\lambda}{2}$$

При нормално падане ($i_2=0$):

$$2d \cdot n_2 = (2m + 1) \cdot \frac{\lambda}{2}$$

$$d \cdot n_2 = (2m + 1) \cdot \frac{\lambda}{4} \quad (**) - \text{оптична дебелина на слоя}$$

За $m=0$,

$$\boxed{d \cdot n_2 = \frac{\lambda}{4}} \quad (***) - \text{четвърт вълна}$$

При изпълнение на (*), (**) или (***) слой не отразява. Такъв слой се нарича антиотразяващ, а самият процес на унищожаване на отразената светлина – просветление. Оптичната система – просветлена оптика.

Решението на тази задача се усложнява т.к n_2 и n_3 зависят от $\lambda \Rightarrow (*)$ е изпълнено за определено λ или за тесен вълнов интервал $\Delta\lambda$ около нея. Ако просветлението се прави за средната част на спектъра (жълто-зелената област $\sim 550\text{nm}$), то коефициентът на отражение за крайните части на видимия спектър ще бъде отличен от нула и оптичния детайл ще ни се вижда пурпурен (смес от червено и виолетово).

За получаване на ахроматично просветление, т.е. да имаме еднаква пропускливост в целия видим спектър, трябва да използваме многослойни покрития.

1. 3. Увеличаване коефициента на отражение

Нека $n_2 > n_3$

$$2d \cdot n_2 \cdot \cos i_2 - \frac{\lambda}{2} = 2m \cdot \frac{\lambda}{2} \rightarrow \text{max усилване на отразените лъчи}$$

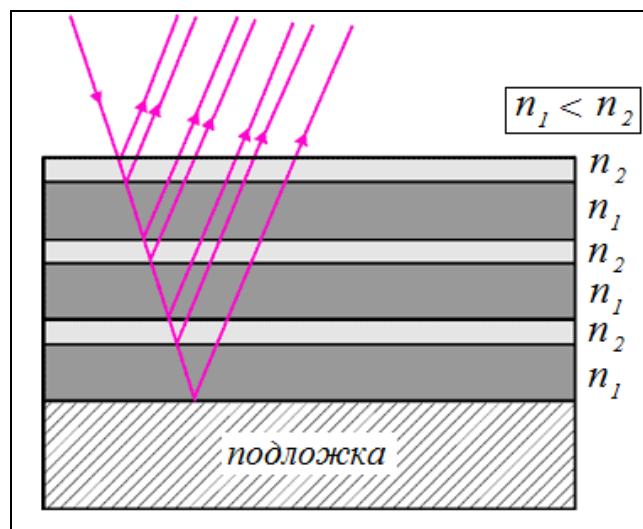
Само при отражение от първата гранична повърхност въздух - диелектричен слой ще има фазов скок.

$$\text{За } i_2=0: \quad 2d \cdot n_2 - \frac{\lambda}{2} = m\lambda, \quad m=0,1,2,\dots$$

$$\text{За } m=0: \quad d \cdot n_2 = \frac{\lambda}{4}$$

При оптична дебелина $\lambda/4$ и $n_2 > n_3$ двата лъча ще са във фаза и ще има увеличение на амплитудата на отразената вълна.

За получаване на голям коефициент на отражение върху стъклена подложка се нанасят редуващи се слоеве с оптична дебелина $n_i d_i = \frac{\lambda}{4}$, $i=1, 2$ с голям показател на пречупване n_2 и с малък показател на пречупване n_1 .



В такъв случай вълните отразени от всички граничещи повърхности ще бъдат във фаза и при интерференция ще се увеличи интензитетът на отразената светлина.

От формулата на Френел: $R = \left(\frac{n_2 - n_1}{n_1 + n_2} \right)^2 \Rightarrow$ за да имаме голям R , трябва n_1 и n_2

да се различават много. Например $n_1(\text{LiF})=1,3$; $n_2(\text{ZnS})=2,3$. За $R \sim 99\%$ се изисква нанасяне на 11 до 13 слоя.

Диелектрични интерференчни слоеве с голямо R се използват в лазерите като резонатори на стимулирано лъчение; за направата на интерференчни поляризатори за различни части от спектъра (от TiO_2 , SiO_2).

Интерференчните слоеве се използват и при направата на интерференчни филтри с тясна спектрална ширина.

2. Интерферометри

Оптически прибори, действието на които е основано на явлението интерференция на светлината. Предназначени са за точни измервания на дължини, ъгли, характеристики на оптически повърхности, показатели на

пречупване на различни среди и тяхното изменение, спектралния състав на изследваното излъчване и т.н. Наблюдаването на интерференчни линии не е цел на изследването, а средство за измерванията.

В зависимост от характера на поставената задача, към оптичната схема на интерферометъра и неговата конструкция се поставят различни изисквания.

Видове интерферометри:

- двулъчеви – интерферометри, които използват два лъча
- многолъчеви

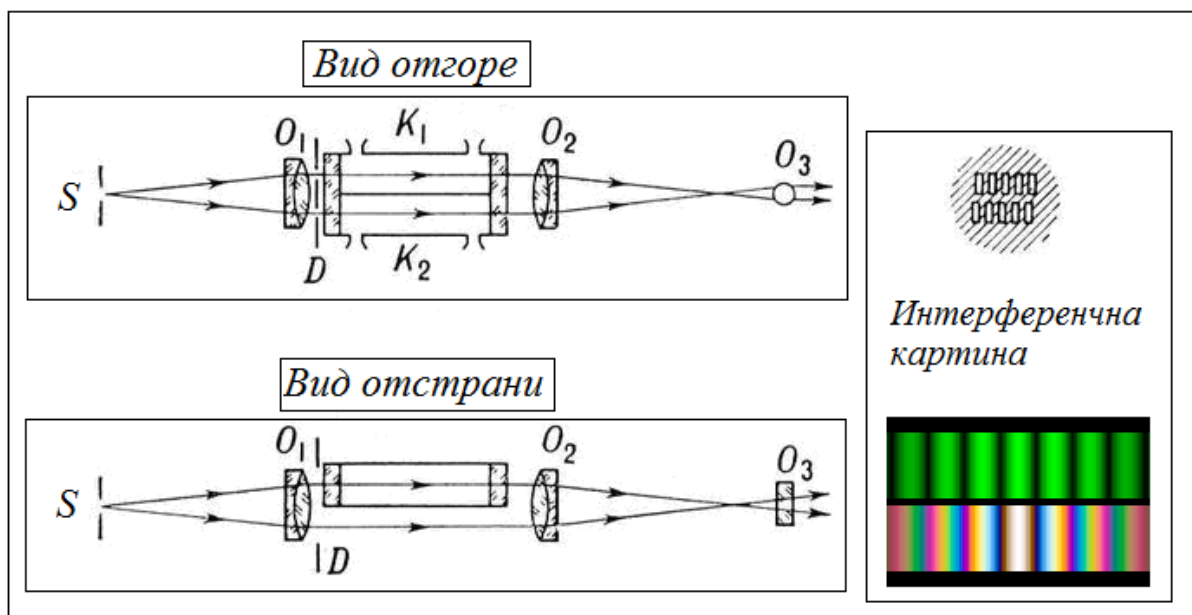
При интерферометрите се използва делене на фронта или делене на амплитудата на вълната.

2.1. Интерферометър на Релей

Използва се делене на фронта на вълната. Предназначен е за измерване на показателя на пречупване на газове и течности.

От източника S , чрез диафрагма с два тънки отвора D , се отделят два лъча, които могат да интерферират. Тези лъчи преминават през две кювети - K_1 и K_2 съответно, събират се във фокалната равнина на обектив O_2 и образуват интерференчна картина, която се наблюдава с окуляр O_3 . При това, част от лъчите, излизащи от диафрагмата, минават под кюветите и образуват своя интерференчна картина на линии на равен наклон, която е разположена под първата.

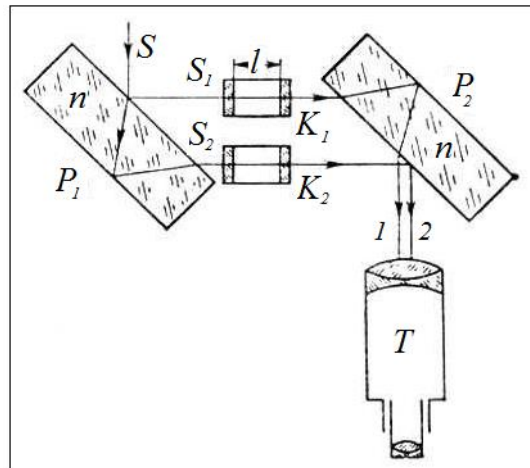
Ако в кюветите има различни вещества – течности или газове – с показателите на пречупване n_1 и n_2 , то поради разликата в оптичните пътища на лъчите през кюветите, горната интерференчна картина ще се отмести спрямо долната. Определяйки отместването по броя на линиите, може да се изчисли разликата ($n_1 - n_2$). Ако е известен единият показател на пречупване, то може да се определи вторият.



2.2. Интерферометър на Жамен

Използва се делене на амплитудата на вълната. Предназначен е за измерване на показателя на пречупване на газове и течности.

Състои се от две еднакви, достатъчно дебели, стъклени пластини P_1 и P_2 с посребрени задни повърхности (напълно отразяващи) и показател на пречупване n , които са поставени под много малък ъгъл θ .



θ - ъгъл между двете пластини, много малък.

i_1 - ъгъл на падане на светлината на горната повърхност на първата пластина

i_1' - ъгъл на пречупване на светлината от горната повърхност на първата пластина

Лъчът S след отражение от предната и задна повърхност на първата пластина P_1 се разделя на два лъча S_1 и S_2 . Тези лъчи минават през кюветите K_1 и K_2 , отразяват се от втората пластина P_2 , попадат в зрителната тръба, където образуват интерференчна картина на линии на равен наклон. Ако в кюветите има различни вещества – течности или газове – с показателите на пречупване n_1 и n_2 , то по отместването на интерференчната картина на m на брой линии спрямо тази, която се получава при напълване на кюветите с еднакви вещества, може да се намери разликата $(n_1 - n_2)$. Ако е известен единият показател на пречупване, то може да се определи вторият.

Разликата в оптичните пътища на лъчи 1 и 2 е:

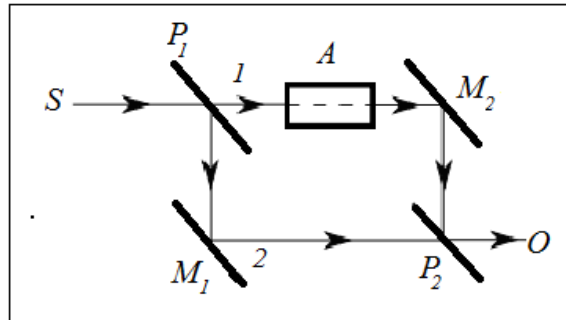
$$\Delta = d.n.\sin i_1' .\theta$$

Наблюдават се хоризонтални, разположени на равни разстояния една от друга интерференчни ивици, съответстващи на нисък порядък на интерференция.

Тъй като двата снопа 1 и 2 са достатъчно раздалечени, то могат да се поставят кювети с дължина l с изследвано вещество на пътя им. При това разликата в оптичните им пътища ще се измени с $(n_2 - n_1)l$, което ще доведе до отместване на интерференчната картина.

2.3. Интерферометър на Рождественски

Използва се делене на амплитудата на вълната. Ролята на делител играят двете полупрозрачни пластини.

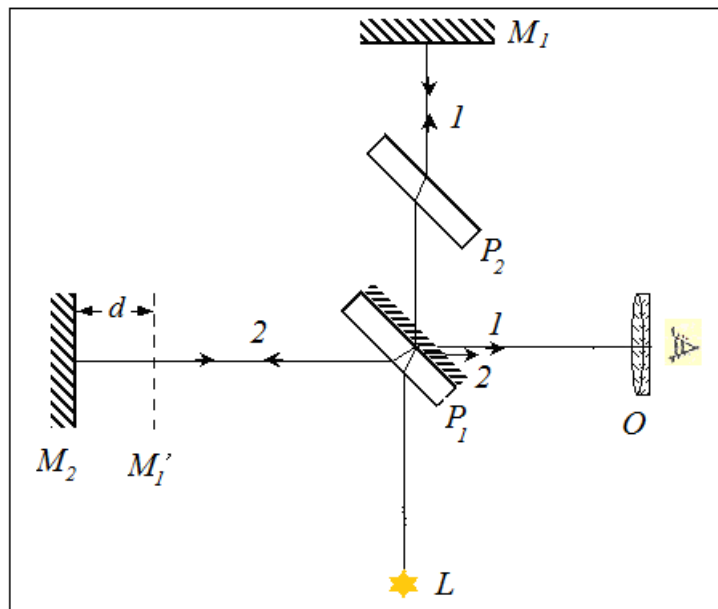


Използват се две огледала M_1 , M_2 и две пластини P_1 , P_2 - полупрозрачни плоско-паралелни пластини, отразяващи 50% и пропускащи 50% от интензитета на падналата светлина.

Тъй като двата снопа 1 и 2 са достатъчно раздалечени, то могат да се поставят кювети с дължина l с изследвано вещество на пътя им. При това разликата в оптичните им пътища ще се измени с $(n_2 - n_1)l$, което ще доведе до отместване на интерференчната картина. Наблюдават се хоризонтални линии на равен наклон, съответстващи на нисък порядък на интерференция (при липса на кювети).

2.4. Интерферометър на Майкелсон

Използва се делене на амплитудата на вълната.



M_1 , M_2 – отразяващи огледала;

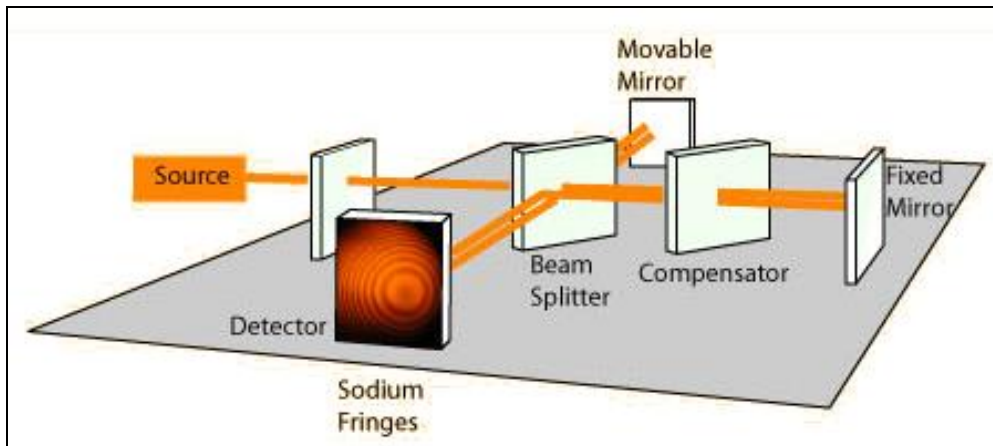
P_1 – полупрозрачна плоско-паралелна пластинка, чиято задна страна е покрита с тънък полупрозрачен слой;

P_2 – полупрозрачна плоско-паралелна пластинка като P_1 , но без полупрозрачен слой, изравнява ходовете на лъчите 1 и 2.

Извод:

Интерференчната картина, наблюдавана в зрителната тръба О, възниква поради въздушния слой, ограничен от действителната отразяваща повърхнина M_2 и мнимата отразяваща повърхнина M_1' (образ на S_1) с дебелина d .

- При успоредни огледала, $M_2 \parallel M_1'$, линиите в монохроматична светлина имат вид на окръжност и са локализирани в безкрайност. Ако M_2 се приближава към M_1' линиите се свиват по посока на центъра. Отместването на картината с една ивица съответства на преместване на M_2 на половин дължина λ .



$$\Delta = 2d \cdot n \cdot \cos i_2 + \frac{\lambda}{2} \text{ (възд. пп пластинка), } i_1 = i_2 = 0^\circ$$

$$\Delta = 2d + \frac{\lambda}{2} = m\lambda - m^{\text{th}} \text{ max}$$

Увеличаваме d с $\lambda/2$:

$$\Delta = 2 \cdot \left(d + \frac{\lambda}{2}\right) + \frac{\lambda}{2} = m\lambda$$

$$2d + \frac{\lambda}{2} = (m-1) \cdot \lambda - \text{условие за } (m-1) \text{ max}$$

- Ако M_2 и M_1' са близко разположени и образуват клин с неголям ъгъл, линиите са локализирани или на повърхността на клина или близо до нея – имат вид на прави линии, успоредни на ръба на клина.

Особеност: За разлика от другите интерферометри, може непосредствено да се изменя разликата в оптичните дължини на вълните в голям диапазон, чрез преместване на едно от огледалата и да се наблюдават при това интерференчни линии от висок порядък. (m е голямо).

Приложения:

- геометрични измервания – лещи, призми;
- измерване на показател на пречупване;
- сравнение на дължини на вълни;
- измерване на дължини – еталон за дължина;
- сравнение с еталона – с помощта на интерферометър на Майкелсон.