

МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

КАФЕДРА КВАНТОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

ОТЧЕТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

**«РАСЧЁТ ХАРАКТЕРИСТИК ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫХ
ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЛАЗЕРНЫХ ЗЕРКАЛ КОСОГО ПАДЕНИЯ»**

Работу выполнил:

Козлов Михаил

Москва, 2020 г.

Оглавление

Цели работы	3
Теоретическая часть	3
Задание.....	4
Практическая часть.....	4
Вывод	5

Цели работы

1. Изучение интерференции в тонких плёнках.
2. Ознакомление с методом Абелеса для описания свойств плёночных систем.
3. Численный расчёт интерференционного зеркала с заданными свойствами.

Теоретическая часть

В лазерных приборах, работающих с монохроматическим излучением, большое распространение получили интерференционные диэлектрические зеркала.

Основу большинства многослойных диэлектрических покрытий составляет чередующаяся структура плёнок с высоким и низким показателями преломления вида **(HL)** (см. рис.1). Оптическая длина хода луча в этих плёнках равна четверти длины волны, на которую рассчитано зеркало, с учётом угла падения. **H** обозначает слой с высоким показателем преломления (High), а **L** – слой с низким показателем преломления (Low). В этих обозначениях многослойное диэлектрическое зеркало может быть записано в виде формулы **A(HL)^NHG**.

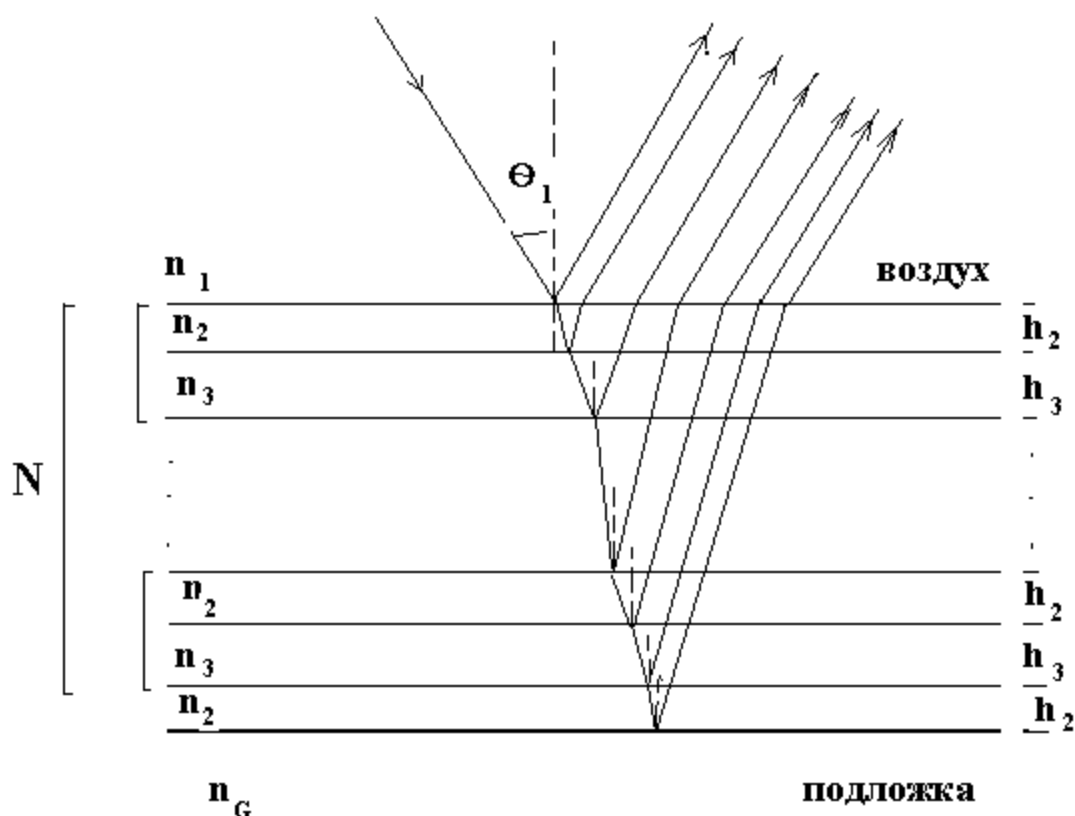


Рис.1. Периодическая многослойная структура.

Из формулы Френеля для отражения луча света от границы раздела двух диэлектрических сред известно, что отражение для s-поляризации заведомо выше, чем для p-поляризации. Так как необходимо рассчитать зеркало, то все расчёты следует проводить для p-поляризованного света.

Для описания плёночных систем используется метод характеристических матриц Абелеса, весьма удобный для численных расчётов. В основе этого метода лежит понятие матрицы одного слоя. Для p-поляризованного света она выглядит следующим образом:

$$M_j = \begin{pmatrix} \cos \beta_j & -i \cos \beta_j / q_j \\ -i q_j \sin \beta_j & \cos \beta_j \end{pmatrix},$$

$$\text{где } \beta_j = 2\pi/\lambda n_j h_j \cos \theta_j, \quad q_j = \cos \theta_j / n_j, \quad \theta_j = \cos^{-1} \sqrt{1 - \sin^2 \theta / n_j^2}.$$

Так как обычно слои напыляются таким образом, чтобы оптическая длина хода луча составляла четверть от длины волны λ , то $\beta_j = \pi/2 \cos \theta_j$. Для того, чтобы получить матрицу для многослойного покрытия, нужно перемножить матрицы всех слоёв в порядке, обратном порядку прохождения светового луча через слои покрытия.

Полученную матрицу для многослойника можно обозначить как $A = \begin{pmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{pmatrix}$. Тогда коэффициент пропускания по амплитуде для р-поляризованного света (ТМ-поляризация) с длиной волны λ выражается следующим образом:

$$t_{TM} = \frac{2q_1}{(A_{11}q_1 + A_{22}q_G) + (A_{12}q_Gq_1 + A_{21})}.$$

Коэффициент пропускания по интенсивности равен $T_{TM} = t_{TM} t_{TM}^* q_G / q_1$.

Для s-поляризации формулы аналогичные, только q_j нужно заменить $p_j = n_j \cos \theta_j$.

Задание

1. Рассчитать число N при заданном коэффициенте пропускания $T_{TM} = 0.2\%$ для р-поляризации, угле падения луча на зеркало $\theta_i = 30^\circ$ и $\lambda = 632$ нм.
2. Вычислить T_{TE} для s-поляризации для зеркала с N , найденным в предыдущем пункте.
3. Построить спектр такого зеркала.

Практическая часть

Для решения поставленной задачи необходимо было написать программу, которая считает T_{TM} пока он не станет меньше 0.2%, увеличивая N на единицу в каждой итерации. Было получено $N = 8$, то есть для соответствия зеркала указанным условиям общее число слоёв должно быть равно 17. T_{TM} при этом равен 0.1%, а $T_{TE} = 0.02\%$.

Для построения спектра такого зеркала было использовано представление $\beta_j(\lambda_{\text{пер}}) = \pi \lambda \cos \theta_j / 2\lambda_{\text{пер}}$, где $\lambda = 632$ нм, а $\lambda_{\text{пер}}$ принимает значения от 400 до 900 нм. Полученный спектр для коэффициента пропускания T_{TM} имеет вид, представленный на рис. 2. Можно сделать вывод, что зеркало, рассчитанное на длину волны $\lambda = 632$ нм, обладает подходящими свойствами в диапазоне от 562 до 654 нм.

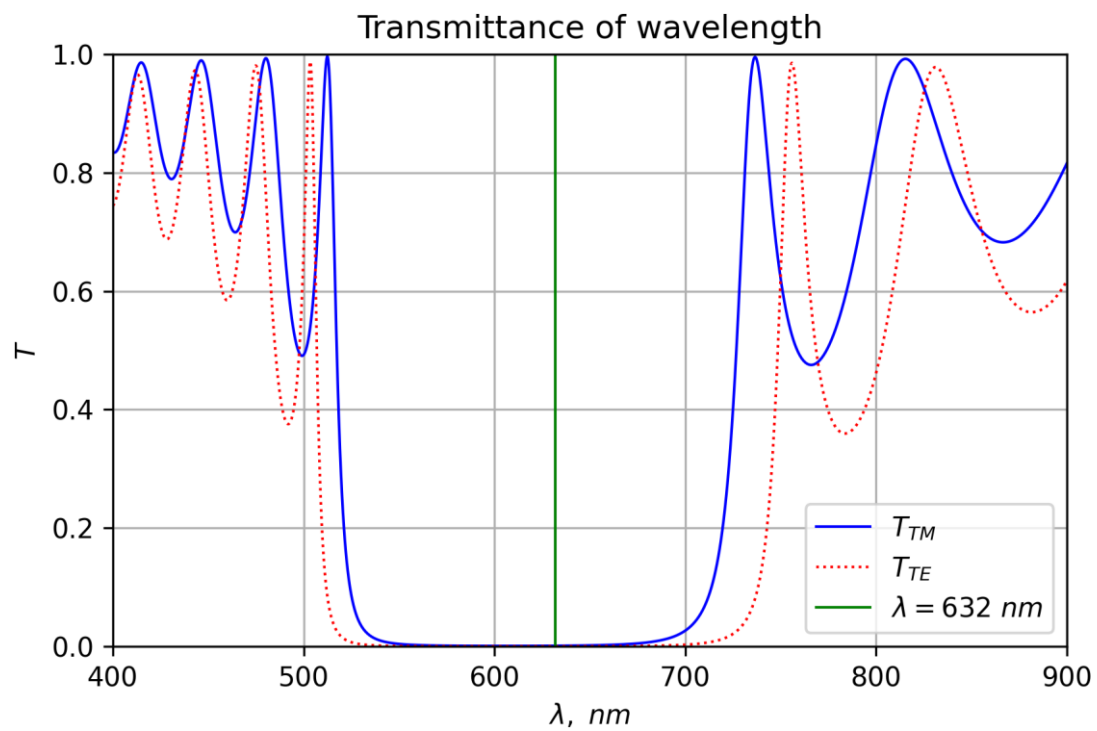


Рис.2. Спектр $T_{TM}(\lambda_{пер})$ диэлектрического зеркала.

Вывод

Выполняя эту работу, мы познакомились с матричным методом описания оптических систем; выяснили, сколько слоёв требуется напылить для получения диэлектрического зеркала с заданными свойствами; как коэффициент отражения меняется при изменении длины волны падающего света.