

УДК 621.372.8:535

# МУЛЬТИПЛЕКСИРОВАНИЕ ЛАЗЕРНЫХ ПУЧКОВ С ПОМОЩЬЮ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ

Е. А. ЧУДАКОВ, Д. В. ПОНКРАТОВ, А. Б. СОТСКИЙ

Могилевский государственный университет им. А. А. Кулешова

Могилев, Беларусь

В некоторых приложениях возникает необходимость наложения нескольких лазерных пучков с различными длинами волн, распространяющихся по совпадающим путям в воздухе. Анализируется решение этой проблемы с помощью интерференционных покрытий, наносимых на противоположные стороны плоскопараллельных пластин. Схема мультиплексора, осуществляющего наложение трех пучков с длинами волн  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ,  $\lambda_3$ , приведена на рис. 1. Она включает две кварцевые пластины, ориентированные под углом  $45^\circ$  к осям пучков. На противоположные стороны каждой из пластин нанесены интерференционные покрытия с номерами 1, 2, 3, 4. Покрытия состоят из чередующихся слоев  $\text{ZrO}_2$  (слои 1, 3, 5, ...,  $N_j - 1$  с толщинами  $\delta_1^{(j)}, \delta_3^{(j)}, \delta_5^{(j)}, \dots, \delta_{N_j-1}^{(j)}$ ) и  $\text{SiO}_2$  (слои 2, 4, 6, ...,  $N_j$  с толщинами  $\delta_2^{(j)}, \delta_4^{(j)}, \delta_6^{(j)}, \dots, \delta_{N_j}^{(j)}$ ), где  $j$  – номер покрытия;  $N_j$  – число слоев в нем.

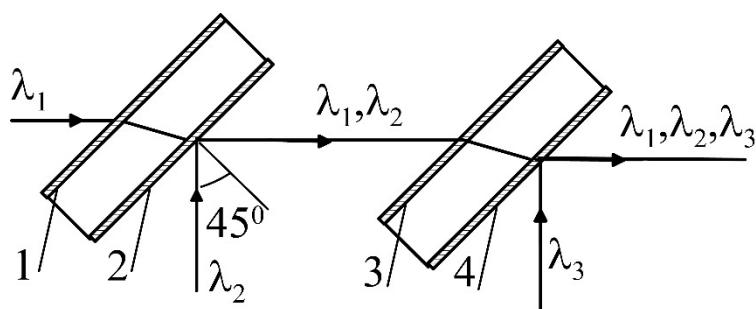


Рис. 1. Оптическая схема мультиплексора

Расчет мультиплексора выполнен на основании рекуррентных формул и соотношений взаимности для интерференционных покрытий. Поскольку практический интерес представляют лазерные пучки с диаметром миллиметрового порядка и случайным распределением поляризации по их сечению, использована плосковолновая модель естественного света со спектральной плотностью  $\rho(\lambda - \lambda_i)$ . В ней энергетический коэффициент отражения лазерного пучка с длиной волны  $\lambda_i$  от  $j$ -го интерференционного покрытия описывается соотношениями

$$R_i^{(j)} = \int_{-\infty}^{\infty} \rho(\lambda - \lambda_i) R^{(j)}(\lambda) d\lambda / \int_{-\infty}^{\infty} \rho(\lambda - \lambda_i) d\lambda; \quad R^{(j)}(\lambda) = 0,5(|r_p^{(j)}(\lambda)|^2 + |r_s^{(j)}(\lambda)|^2),$$

где  $r_p^{(j)}(\lambda)$ ,  $r_s^{(j)}(\lambda)$  – амплитудные коэффициенты отражения от покрытия волн  $p$ - и  $s$ -поляризации.

При расчетах использована гауссова модель  $\rho(\lambda - \lambda_i) = \exp[-(\lambda - \lambda_i)^2 / \Delta\lambda_i^2]$ . Дисперсионные характеристики материалов задавались по трехчленной формуле Селлмейера с использованием известных литературных данных. Оптимальный синтез интерференционных покрытий осуществлен путем минимизации методом покоординатного спуска целевых функций

$$F_1(\delta_1^{(1)}, \delta_2^{(1)}, \dots, \delta_{N_1}^{(1)}) = R_1^{(1)}; \quad F_2(\delta_1^{(2)}, \delta_2^{(2)}, \dots, \delta_{N_2}^{(2)}) = 2 / (1 - R_1^{(2)} + R_2^{(2)});$$

$$F_3(\delta_1^{(3)}, \delta_2^{(3)}, \dots, \delta_{N_3}^{(3)}) = 0,5(R_1^{(3)} + R_2^{(3)}); \quad F_4(\delta_1^{(4)}, \delta_2^{(4)}, \dots, \delta_{N_4}^{(4)}) = 3 / (2 - R_1^{(4)} - R_2^{(4)} + R_3^{(4)}).$$

Вычисления выполнены при значениях  $\lambda_1 = 1,07\mu\text{m}$ ,  $\lambda_2 = 1,09\mu\text{m}$ ,  $\lambda_3 = 1,11\mu\text{m}$ ,  $\Delta\lambda_i = 0,001\mu\text{m}$  ( $i = 1, 2, 3$ ), соответствующих волоконным лазером YDL-40, выпускаемым НТО «ИРЭ-Полус».

Решение оптимизационной задачи иллюстрирует рис. 2.

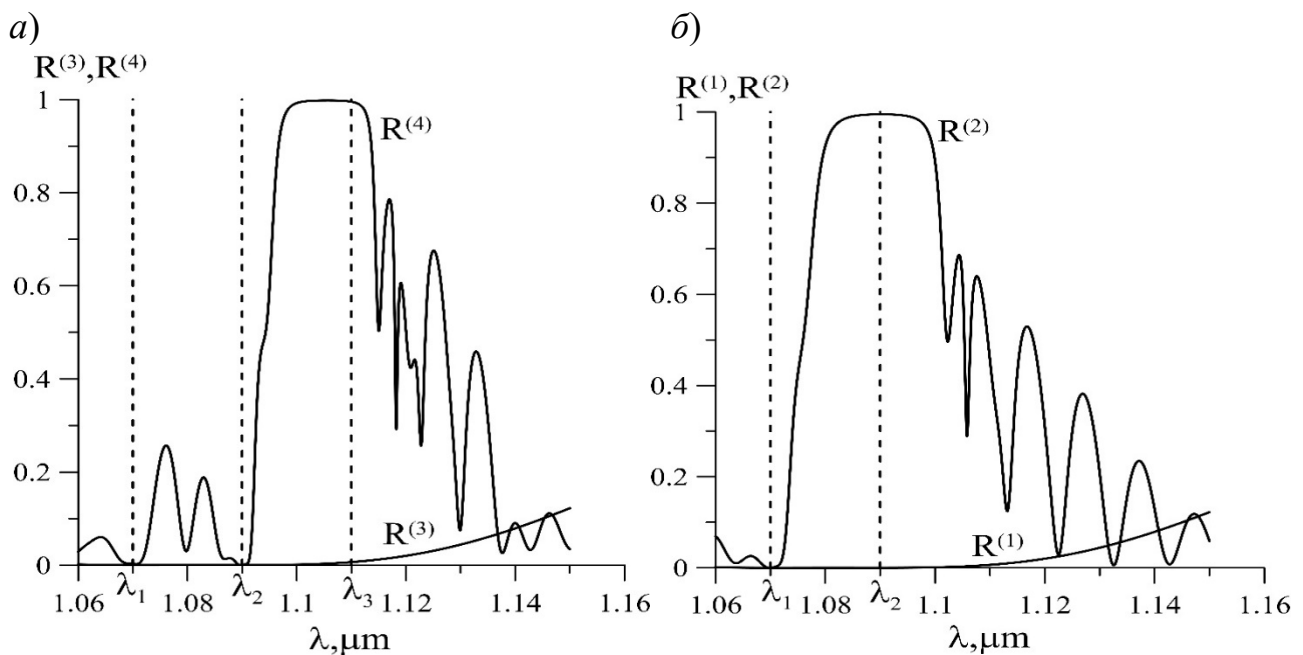


Рис. 2. Спектры отражательной способности интерференционных покрытий на первой (а) и второй (б) кварцевых пластинах мультиплектора

Суммарные толщины интерференционных покрытий составляют  $2,268\mu\text{m}$  (номера покрытий  $j = 1, 3$ ),  $37,237\mu\text{m}$  ( $j = 2$ ),  $47,76\mu\text{m}$  ( $j = 4$ ). Увеличение толщины покрытий 2 и 4, по сравнению с покрытиями 1 и 3, объясняется усложнением выполняемых ими функций (см. рис. 2). Суммарные потери энергии, вносимые мультиплексором, составляют 0,5 % (длина волны  $\lambda_1$ ), 1 % ( $\lambda_2$ ), 0,8 % ( $\lambda_3$ ).

Работа выполнена в рамках Государственной программы научных исследований РБ «1.15 Фотоника и электроника для инноваций».