

## Литература

- [1] Колосов П. А., Красавин А. Ю., Смирнов Ю. М. — Астрон. журн., 1981, т. 58, с. 1213.
- [2] Колосов П. А., Смирнов Ю. М. — Опт. и спектр., 1982, т. 53, в. 3, с. 411.
- [3] Петеркоп Р. К. — Опт. и спектр., 1980, т. 48, в. 1, с. 10.
- [4] Хохлов М. З. — Изв. Крым. астрофиз. обсер., 1961, т. 26, с. 52.
- [5] Wiese W. L., Smith M. W., Miles B. M. Atomic transition probabilities. Washington, 1969, v. 2.
- [6] Славенас И.—Ю. — Опт. и спектр., 1964, т. 16, в. 3, с. 390.
- [7] Корлисс Ч., Бозман У. Вероятности переходов и силы осцилляторов 70 элементов. М., 1968.
- [6] Веролайнен Я. Ф., Николаич А. Я. — УФН, 1982, т. 137, с. 305.

Поступило в Редакцию 25 сентября 1983 г.

УДК 535.854 : 535.345.6

Опт. и спектр., т. 58, в. 1, 1985

## НОВАЯ КОНСТРУКЦИЯ УЗКОПОЛОСНЫХ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫХ ФИЛЬТРОВ

Шкляревский И. Н., Овчаренко А. П.

В [1] показано, что толщина центрального слоя узкополосного интерференционного фильтра может быть равна  $0.25\lambda_0$ , если только скачки фаз на границах этого слоя с многослойными зеркалами отличаются друг от друга на  $\pi$ . В [2] такой фильтр был рассчитан при произвольно взятом показателе преломления центрального четвертьволнового слоя, что привело к пропусканию  $T_{\text{макс}} < 1$ . Между тем правильный выбор показателя преломления этого слоя приводит к  $T_{\text{макс}} = 1$  даже при различных показателях преломления подложки и второй ограничивающей фильтр среды.

Пусть зеркала фильтра состоят из чередующихся четвертьволновых слоев  $H$  с высоким  $n_H$  и  $L$  с низким  $n_L$  показателем преломления. Показатели преломления подложки  $S$  и второй полубесконечной среды  $S_0$  обозначим соответственно через  $n$  и  $n_0$ , а центрального четвертьволнового слоя  $M$  — через  $n_M$ . У многослойных покрытий

$$Sk(HL)S_0 \quad (1)$$

и

$$Sk(HL)HS_0 \quad (2)$$

эквивалентные показатели преломления для длины волны  $\lambda_0$  соответственно равны [1]

$$n_{e1} = n \left( \frac{n_L}{n_H} \right)^{2k}, \quad n_{e2} = n_0 \left( \frac{n_H}{n_L} \right)^{2k} \quad (3)$$

и

$$n_{e1} = \frac{n_H^2}{n} \left( \frac{n_H}{n_L} \right)^{2k}, \quad n_{e2} = \frac{n_H^2}{n_0} \left( \frac{n_H}{n_L} \right)^{2k}. \quad (4)$$

Значения  $n_{e1}$  и  $n_{e2}$  соответствуют отражению света со стороны  $S_0$  и  $S$ . Перемена местами слоев  $H$  и  $L$  в (1) и (2) влечет за собой замену  $n_H$  на  $n_L$  и  $n_L$  на  $n_H$  в (3) и (4).

Рассмотрим одну из возможных конструкций узкополосного фильтра с четвертьволновым центральным слоем

$$Sk(HL)Mk(HL)S_0. \quad (5)$$

Для этой конфигурации эквивалентные показатели преломления  $n_{e1}$  и  $n_{e2}$  зеркал фильтра даются равенствами (3). Пропускание в максимуме полосы фильтра (5)

$$T = \frac{4n_M^2 n_{e1} n_{e2}}{(n_M^2 + n_{e1} n_{e2})^2} \quad (6)$$

Из (6) следует, что  $T_{\max} = 1$ , если показатель преломления центрального четвертьволнового слоя

$$n_M = \sqrt{n_{e1} n_{e2}} = \sqrt{nn_0}, \quad (7)$$

а при  $n_0 = n$  показатель преломления  $n_M = n$ .

Эта и другие конструкции рассматриваемых фильтров, отличающиеся от (5) расположением слоев  $H$  и  $L$  в зеркалах, включены в табл. 1. Там же приведены выражения для показателей преломления  $n_M$ , найденные с помощью соотношений (3), (4) и (6).

Таблица 1

| Номер фильтра | Узкополосный фильтр | $n_M$                   | $n_0 = 1, n = 1.52$ |                             | $n_0 = n = 1.52$ |                             |
|---------------|---------------------|-------------------------|---------------------|-----------------------------|------------------|-----------------------------|
|               |                     |                         | $n_M$               | $\delta\lambda, \text{\AA}$ | $n_M$            | $\delta\lambda, \text{\AA}$ |
| 1             | $S5(HL)M5(HL)S_0$   | $\sqrt{nn_0}$           | 1.23                | 15.0                        | 1.52             | 19.0                        |
| 2             | $S5(HL)MH5(LH)S_0$  | $n_H \sqrt{n/n_0}$      | 2.71                | 9.8                         | 2.2              | 12.6                        |
| 3             | $S5(HL)HM5(LH)S_0$  | $n_H \sqrt{n_0/n}$      | 1.73                | 10.8                        | 2.2              | 12.6                        |
| 4             | $S5(LH)ML5(HL)S_0$  | $n_L \sqrt{n/n_0}$      | 1.63                | 20.5                        | 1.32             | 16.0                        |
| 5             | $S5(LH)LMH5(LH)S_0$ | $n_L n_H / \sqrt{nn_0}$ | 2.36                | 13.5                        | 1.91             | 11.2                        |

Значения показателей преломления  $n_H$ ,  $n_L$ ,  $n$  и  $n_0$  определяются, кроме того, спектральной областью, для которой изготавливается фильтр. Для конкретных расчетов нами взяты значения  $n_H = 2.2$  (ZnS),  $n_L = 1.32$  ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ),  $n = 1.52$ ,  $n_0 = 1$  и  $n_0 = 1.52$ . Для приведенных в табл. 1 фильтров были построены полосы пропускания, найдены их полуширины  $\delta\lambda$  и ширины на уровне ординаты, равной 0.1  $T_{\max}$ . Последние, как и в случае классических узкополосных фильтров, в 3 раза больше полуширины. Заметим, что при  $n_0 = n$  конструкции фильтров 2, 3 и 4 переходят в обычные классические фильтры с полуволновым центральным слоем.

На базе предложенных нами узкополосных фильтров могут быть построены узкополосные контрастные фильтры. В качестве примера рассмотрим следующий узкополосный контрастный фильтр:

$$Sk(HL)Mk(HL)Hk(LH)Mk(LH)S_0. \quad (8)$$

Эквивалентные показатели преломления  $n_{e1}$  и  $n_{e2}$  граничащих с центральным слоем  $H$  фильтров  $Sk(HL)Mk(HL)$  и  $S_0k(HL)Mk(HL)$  соответственно равны

$$n_{e1} = \frac{n_M^2}{n}, \quad n_{e2} = \frac{n_M^2}{n_0}. \quad (9)$$

Пропускание же контрастного фильтра (8) аналогично выражению (6)

$$T = \frac{4n_M^2 n_{e1} n_{e2}}{(n_H^2 + n_{e1} n_{e2})^2} = \frac{4n_H^2 \frac{n_M^4}{nn_0}}{\left(n_H^2 + \frac{n_M^4}{nn_0}\right)^2}. \quad (10)$$

Как следует из (10),  $T_{\max} = 1$ , если показатель преломления слоев  $M$   $n_M = \sqrt{n_H \sqrt{nn_0}}$ .

В выражении (8) центральный соединительный слой  $H$  можно заменить слоем  $M$ . В этом случае  $T_{\text{макс}}=1$ , если показатель преломления трех четвертьволновых слоев  $M$   $n_M = \sqrt{nn_0}$ , а при  $n_0 = n$   $n_M = n$ .

Таблица 2

| Номер<br>фильтра | Узкополосный контрастный<br>фильтр | $n_M$                          | $n_0 = 1,$<br>$n = 1.52$ |                             | $n_0 = n = 1.52$ |                             |
|------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------------------|-----------------------------|------------------|-----------------------------|
|                  |                                    |                                | $n_M$                    | $\delta\lambda, \text{\AA}$ | $n_M$            | $\delta\lambda, \text{\AA}$ |
| 1                | $S5(HL)M5(HL)H5(LH)M5(LH)S_0$      | $\sqrt{n_H \sqrt{nn_0}}$       | 1.65                     | 9.9                         | 1.83             | 11.2                        |
| 2                | $S5(HL)M5(HL)M5(LH)M5(LH)S_0$      | $\sqrt{nn_0}$                  | 1.23                     | 12.5                        | 1.52             | 13.5                        |
| 3                | $S5(HL)HM5(LH)L5(HL)MH5(LH)S_0$    | $n_H \sqrt{n_L \sqrt{nn_0}}$   | 2.28                     | 7.2                         | 2.05             | 8.8                         |
| 4                | $S5(HL)HM5(LH)M5(HL)MH5(LH)S_0$    | $n_H^2 / \sqrt{nn_0}$          | 3.93                     | 10.2                        | 3.48             | 11.6                        |
| 5                | $S5(HL)MH5(LH)L5(HL)HM5(LH)S_0$    | $n_H \sqrt{\sqrt{nn_0} / n_L}$ | 2.13                     | 7.5                         | 2.36             | 8.4                         |
| 6                | $S5(HL)MH5(LH)M5(HL)HM5(LH)S_0$    | $\sqrt[3]{n_H^2 \sqrt{nn_0}}$  | 1.81                     | 9.0                         | 1.94             | 10.4                        |

Исследованные нами контрастные фильтры и их оптические характеристики приведены в табл. 2. Ширина полосы пропускания на уровне 0.1  $T_{\text{макс}}$  у приведенных в табл. 2 фильтров немного меньше удвоенной полуширины. Рассмотренные конструкции фильтров не исчерпывают всех возможностей. Так, если во второй половине фильтров 4 и 6 табл. 2 поменять местами слои  $M$  и  $H$ , их пропускание  $T_{\text{макс}}=1$  будет при  $n_M = \sqrt{nn_0}$ . Во второй половине фильтра 2 табл. 2 можно поменять местами слои  $H$  и  $L$ , при этом значение показателя преломления  $n_M$  останется тем же.

Поскольку у предложенной конструкции фильтров при  $n_0 \neq n$   $T_{\text{макс}}=1$ , такие фильтры не обязательно нужно заклеивать пластинкой, идентичной подложке. Это их свойство может быть использовано при изготовлении ИК-фильтров, которые из-за отсутствия соответствующих клеев не могут быть заклеены. Правда, в случае классических фильтров для получения  $T_{\text{макс}}=1$  между подложкой и слоями можно нанести просветляющий четвертьволновый слой с показателем преломления  $n_1 = \sqrt{n}$ , но, так как центральный слой у предложенных нами фильтров в 2 раза тоньше, чем у классического, соответственно уменьшаются потери света из-за возможного рассеяния и погашения.

#### Литература

- [1] Шкляревский И. Н., Зартов Г., Костюк В. П. — Опт. и спектр., 1976, т. 41, в. 3, с. 488—490.
- [2] Zafirova B. S., Peeva R. A., Zartov G. D. — Compt. Rend., 1978, v. 31, p. 1273—1276.

Поступило в Редакцию 2 ноября 1983 г.

УДК 535.2.01

Опт. и спектр., т. 58, в. 1, 1985

## ВЕКТОР-ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ НЕОДНОРОДНОЙ ЭЛЛИПТИЧЕСКИ ФАЗОСДВИГАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Прозоров Л. Б.

Для описания влияния эллиптически фазосдвигающей среды, в общем случае неоднородной, в направлении распространения света на поляризацию света введем функцию, именуемую ниже вектор-параметром распространения.