

СПЕКТРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ «РЕЛЬЕФНАЯ РЕШЕТКА — ЖИДКИЙ КРИСТАЛЛ»

Данная работа посвящена изучению спектральных характеристик систем «рельефная решетка — ЖК» [1], перспективных для использования в электрически управляемых оптических элементах (модуляторах, дефлекторах, переключателях и т. д.). Такую систему можно представить как тонкую фазовую решетку с изменяющейся глубиной рельефа (что соответствует в эксперименте изменению показателя преломления ЖК под действием приложенного напряжения).

Рассмотрим случай, когда на систему падает ортогонально к поверхности линейно поляризованное излучение. Плоскость поляризации параллельна направлению ориентации ЖК, заданному на опорных поверхностях. При дифракции плоской световой волны на системе «рельефная решетка — ЖК» спектральное пропускание (отражение) $T(\lambda)$ порядков дифракции с учетом выражений для дифракции на тонких фазовых решетках [2] будет для n -го порядка.

$$T(\lambda) = \left| \frac{1}{2l} \int_{-l}^l \exp \left(i\pi \left(\frac{xz(\xi)}{\lambda} - \frac{n\xi}{l} \right) \right) d\xi \right|^2. \quad (1)$$

Здесь $2l$ — период решетки; $z = z(\xi)$ — функция, описывающая профиль штриха; λ — длина волны падающего излучения; $x = n_p - n_{жк}$ в случае пропускающей решетки и $x = 2n_{жк}$ в случае отражательной решетки, $n_{жк}$ и n_p — показатели преломления жидкого кристалла и материала решетки соответственно.

Если решетка является синусоидальной, то из (1) спектральное пропускание порядков дифракции

$$T_n(\lambda) = J_n^2 \left(\frac{\pi x \alpha}{\lambda} \right), \quad (2)$$

где J_n — функция Бесселя первого рода n -того порядка, α — глубина профиля.

Для асимметричной пилообразной решетки $\left(z = \frac{\alpha}{l} \xi \right)$

$$T_n(\lambda) = \frac{1}{\pi^2 \left(\frac{x\alpha}{\lambda} - n \right)^2} \sin^2 \left(\pi \left(\frac{x\alpha}{\lambda} - n \right) \right). \quad (3)$$

В случае прямоугольного профиля штриха

$$T_0(\lambda) = \cos^2 \left(\frac{\pi x \alpha}{\lambda} \right), \quad T_n(\lambda) = \frac{4}{(2n-1)^2 \pi^2} \sin^2 \left(\frac{\pi x \alpha}{\lambda} \right). \quad (4)$$

Если используется пропускающая решетка, то спектральное пропускание нулевого порядка при $n_p = n_{жк}$ будет равно 1 для всех длин волн. При изменении $n_{жк}$ под действием приложенного напряжения $T_0(\lambda)$ будет уменьшаться, принимая нулевое значение для какой-то определенной длины волны. Положение этого минимума будет определяться разностью показателей преломления ЖК и материала решетки.

Экспериментально были измерены зависимости пропускания нулевого порядка от напряжения на длинах волн 0,63 мкм (He—Ne лазер) и 0,44 мкм (He—Cd лазер) при использовании решеток с синусоидальным и пилообразным профилем и связь показателя преломления ЖК с приложенным напряжением. Рассчитанные по этим данным зависимости пропускания от $n_{жк}$ хорошо согласуются с (2) и (3). Полученные результаты позволили рассчитать спектральное пропускание для обоих случаев при различных значениях приложенного напряжения (рис. 1). В экспериментах использовался жидкий кристалл ЖК-807 ($n_{жк} =$

$= 1,5 \div 1,7$). Материалом решетки служил поливиниловый спирт ($n_p = 1,5$). Синусоидальный профиль получен голографическим методом [3], для получения пилообразного профиля снималась реплика с нарезанной металлической решетки. Минимумы пропускания составляли $\sim 7\%$, что связано с дефектами в ориентации ЖК.

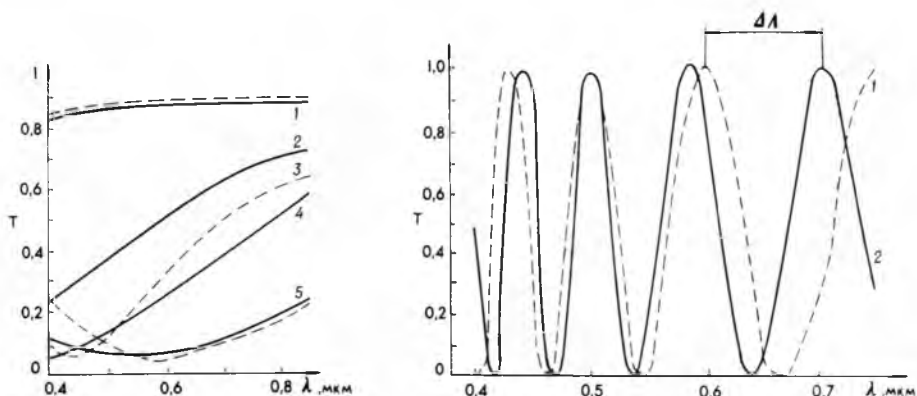


Рис. 1. Зависимость пропускания нулевого порядка от длины волны при различных значениях приложенного напряжения. Сплошная линия соответствует пилообразной решетке с $\alpha = 2,5$ мкм; штриховая — синусоидальной с $\alpha = 2,4$ мкм; 1 — $U = 50$ В; 2 — $U = 20$ В; 3 — $U = 25$ В; 4 — $U = 10$ В; 5 — $U = 0$ В

Рис. 2. Зависимость отражения нулевого порядка дифракции от длины волны для системы с отражающей решеткой прямоугольного профиля штриха, $\alpha = 1$ мкм; 1 — $n_{жк} = 1,5$; 2 — $n_{жк} = 1,7$

При использовании отражательной решетки спектр отражения нулевого порядка будет представлять собой набор пиков. Наиболее интересными свойствами здесь обладает система с прямоугольным профилем штрихов решетки, у которой в максимумах $T_0(\lambda) = 1$. При изменении показателя преломления ЖК спектр пропускания будет изменяться (максимумы сдвигаются). Величина сдвига

$$\Delta\lambda = \lambda \frac{\Delta n}{n_{жк}}, \quad (5)$$

где λ — положение максимума при величине показателя преломления ЖК, равной $n_{жк}$ (т. е. сдвиг является неравномерным по спектру). Полуширина пика будет определяться оптической глубиной рельефа:

$$\Delta\lambda = \frac{\lambda^2}{4n_{жк}\alpha}. \quad (6)$$

На рис. 2 представлена зависимость спектрального пропускания системы от величины $n_{жк}$ в соответствии с (4) для параметров ЖК, указанных выше.

В случае произвольной поляризации падающего излучения или использования неполяризованного пучка необходимо, как показано в [4], применение двух ячеек, направления ориентации ЖК в которых взаимно ортогональны. При этом будут справедливы все выводы, полученные для одной ячейки и линейно поляризованного излучения.

Список литературы

1. Дурасов В. М., Рубанов А. С., Сташкевич И. В. // Жидкие кристаллы и их практическое использование: Тез. докл. V Всесоюз. конференц. Иваново, 1985. Т. 2. С. 144.
2. Кольер Р., Беркхарт К., Лин Л. Оптическая голография. М., 1973.
3. Дурасов В. М., Рубанов А. С., Сташкевич И. В., Чалей А. В. // ЖПС. 1985. Т. 43. № 1. С. 129.
4. Лавриненко А. В., Рубанов А. С., Сташкевич И. В., Чалей А. В. // Голография в промышленности и научных исследованиях: Тез. докл. республик. семинара. Гродно, 1986. С. 43.

Поступила в редакцию 26.01.87.