

06;07;12

Температурная зависимость интенсивности и фазы отраженного света в жидкокристаллической структуре с поверхностными плазмонами

© В.Ф. Названов, Д.И. Коваленко

Саратовский государственный университет

Поступило в Редакцию 20 февраля 1997 г.

В работе впервые сообщается о результатах теоретического расчета температурной зависимости амплитудного коэффициента и фазы отраженного излучения $\lambda = 6328 \text{ \AA}$ в жидкокристаллической структуре с поверхностными плазмонами. Результаты расчета могут быть полезными при разработке температурных сенсоров, а также тепловизоров с оптической связью на основе ЖК-структур в поверхностными плазмонами.

Рассматриваемая проблема представляется нам весьма актуальной. Большой интерес исследователей к поверхностным плазмонам в последние годы связан с их использованием в спектроскопии поверхности, оптической микроскопии, разработкой оптических сенсоров различных физических величин, электрически и оптически управляемых модуляторов света, в том числе, жидкокристаллических, а также других устройств [1–3]. В работе [4] описан принцип действия и конструкция оптического датчика температуры, в котором используются поверхностные плазмоны в структуре (геометрии Кречмана) на основе материала с большой температурной зависимостью коэффициента преломления. В качестве такого материала авторами [4] использовались осажденные в тлеющем разряде на пленку серебра слои аморфного гидрогенизированного кремния.

В настоящей работе впервые сообщается о результатах расчета температурной зависимости амплитудного коэффициента и фазы отраженного излучения $\lambda = 6328 \text{ \AA}$ в жидкокристаллической структуре с поверхностными плазмонами.

Хорошо известно [5,6], что физические свойства жидких кристаллов, в частности, величина двулучепреломления, зависят от температуры.

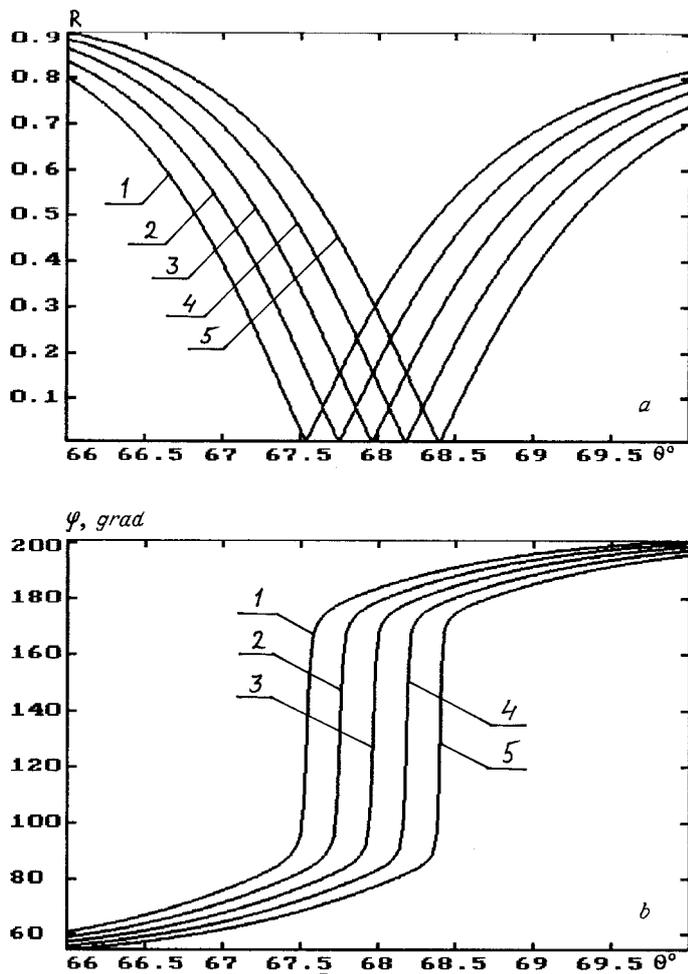


Рис. 1. *a* — зависимость энергетического коэффициента отражения от угла падения излучения $\lambda = 6328 \text{ \AA}$; кривые построены при различных температурах: 1 — 45°C , 2 — 47.5°C , 3 — 50°C , 4 — 52.5°C , 5 — 55°C . *b* — зависимость фазового сдвига между *p*- и *s*-компонентами отраженного излучения от угла падения излучения $\lambda = 6328 \text{ \AA}$; кривые построены при различных температурах: 1 — 45°C , 2 — 47.5°C , 3 — 50°C , 4 — 52.5°C , 5 — 55.5°C .

Это свойство широко используется исследователями для определения оптимальной рабочей температуры и показателя эффективности жидкокристаллических модуляторов света видимой и инфракрасной области спектра [7,8], разработки жидкокристаллических сенсоров температурных флуктуаций [9], тепловизоров с оптической связью [10]. Наконец, тепловые эффекты в жидких кристаллах весьма важны в явлениях термически индуцированной оптической бистабильности в ЖК-структурах как с поверхностными плазмонами [11], так и без них [12]. Таким образом, целесообразность проведения настоящей работы не вызывает сомнений.

В данной работе исследована следующая жидкокристаллическая структура: стеклянная призма–слой серебра– SiO_x –ориентированный планарно слой нематического жидкого кристалла. Как и в работе [3], для расчетов нами использовался матричный метод. При расчетах диэлектрическая проницаемость стекла, серебра, SiO_x и жидкий кристалл (типа E7) принимались равными 3.24, $-17 + i \cdot 0.7$, $2.61 + i \cdot 0.02$ и $2.305 + 0.0033 \cdot (T - 45^\circ\text{C})$ [13] соответственно, а толщины слоев серебра и SiO_x равными 470 и 250 Å соответственно.

Результаты расчета представлены на рис. 1 и 2. На рис. 1, *a* изображена зависимость амплитудного коэффициента отражения R p -поляризованного излучения $\lambda = 6328 \text{ \AA}$ от угла падения θ при различных температурах, меньших температуры перехода жидкого кристалла в изотропную жидкость, а на рис. 1, *b* соответствующие результаты для фазы φ отраженного излучения. Как и следовало ожидать, нагрев жидкого кристалла приводил к сдвигу резонансной кривой и соответственно скачка фазы к большим углам падения (углам минимума резонансных кривых поверхностных плазмонов).

Результаты, представленные на рис. 1, послужили основой для нахождения зависимостей $R(T)$ и $\varphi(T)$, изображенных на рис. 2, *a* и *b* соответственно. Как видно из рис. 2, *a*, при изменении температуры жидкого кристалла в пределах 45–55°C интенсивность отраженного света возрастает (\sim в 5 раз) с ростом температуры. То же самое можно сказать и об изменении фазы отраженного излучения (рис. 2, *b*).

При использовании такого устройства в качестве температурного сенсора и измерении коэффициента отражения излучения при фиксированном угле θ_c , меньшем угла минимума резонансной кривой θ_p , для чувствительности такого сенсора $S = \left[\frac{dR}{d\theta} \cdot \frac{d\theta}{dT} \right]_{\theta=\theta_c} \approx \left[\frac{dR}{dT} \cdot \frac{d\theta_p}{dT} \right]$

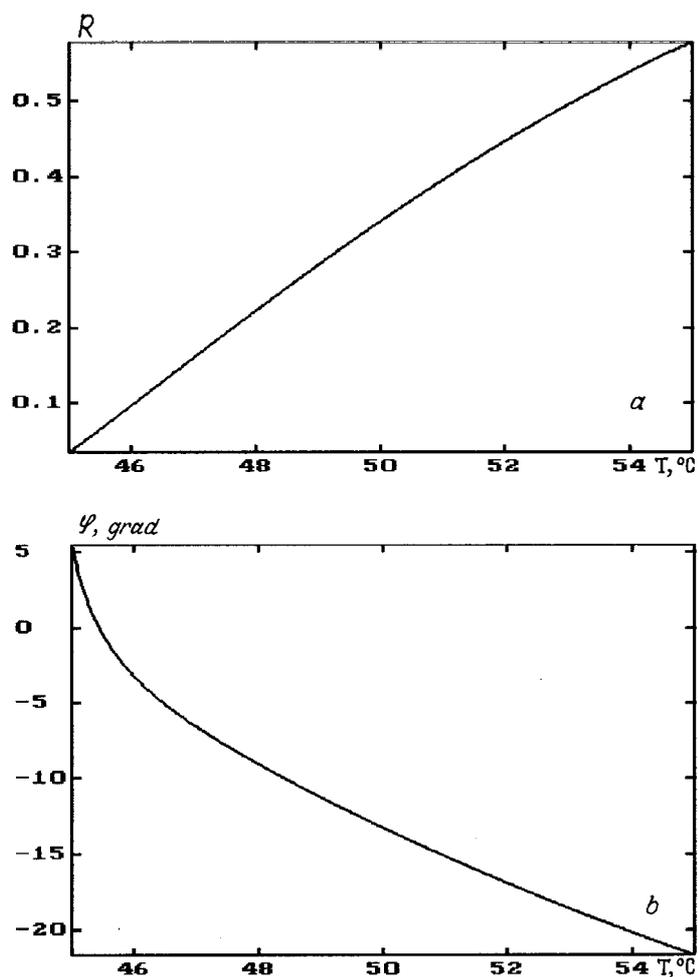


Рис. 2. a — зависимость энергетического коэффициента отражения излучения от температуры; кривая построена при угле падения 67.5° излучения $\lambda = 6328 \text{ \AA}$. b — зависимость фазового сдвига между p - и s -компонентами отраженного излучения от температуры; кривая построена при угле падения 67.5° излучения $\lambda = 6328 \text{ \AA}$.

по данным рис. 2, *a* можно получить значение порядка 0.1605 град^{-1} . При дистанционном измерении температуры возможна стыковка такого устройства с волоконным световодом [4].

Таким образом, в данной работе впервые сообщается о результатах теоретического расчета температурной зависимости амплитудного коэффициента и фазы отраженного p — поляризованного излучения ($\lambda = 6328 \text{ \AA}$) в жидкокристаллической структуре с поверхностными плазмонами. Результаты расчета могут оказаться полезными при разработке температурных сенсоров на основе жидких кристаллов, а также других устройств (например, тепловизоров с оптической связью).

Список литературы

- [1] *Welford K.R.* // Opt. and Quant. Electron. 1991. V. 23. № 1. P. 1–27.
- [2] *Названов В.Ф., Афонин О.А.* // Письма в ЖТФ. Т. 20. В. 7. С. 26–31.
- [3] *Названов В.Ф., Коваленко Д.И.* // Письма в ЖТФ. Т. 21. В. 14. С. 60–63.
- [4] *Chadwick B., Gal M.* // Jap. J. Appl. Phys. Pt. I. 1993. V. 32. № 6A. P. 2716–2717.
- [5] *Блинов Л.М.* Электро- и магнитооптика жидких кристаллов. М.: Наука, 1978. 384 с.
- [6] *Де Жен П.* Физика жидких кристаллов. М.: Мир, 1977. 400 с.
- [7] *Wu S.-T., Lackner Anna M., Efron U.* // Appl. Optics. 1987. V. 28. № 6. P. 3442–3445.
- [8] *Беляев В.В., Чигринов В.Г., Ковтонюк Н.Ф., Кузнецов А.Б.* // ЖТФ. 1991. Т. 61. № 11. С. 105–111.
- [9] *Bocharov Yu.V., Gurova I.N., Kapustina O.A.* et al. // Sensors and Actuators. A. 1991. V. 28. P. 179–183.
- [10] *Humphreys R.G., Tarry H.A.* // Infrared Phys. 1988. V. 28. № 2. P. 113–127.
- [11] *Innes R.A., Sambles J.R.* // Optics Commun. 1987. V. 64. № 3. P. 288–292.
- [12] *Vicari L., Bloisi F., Simoni F.* // Appl. Phys. B. 1991. V. 53. P. 314–318.
- [13] *Innes R.A., Sambles J.R.* // J. Phys: Condens. Matter. 1989. V. 1. P. 6231–6260.