

ВЫСОКАЯ ПРОЗРАЧНОСТЬ НЕМАТИКА ДЛЯ o -ВОЛНЫ – ЭКСПЕРИМЕНТ

Н.Б. Баранова, И.В. Гусев, Б.Я. Зельдович, В.А. Кривошеков

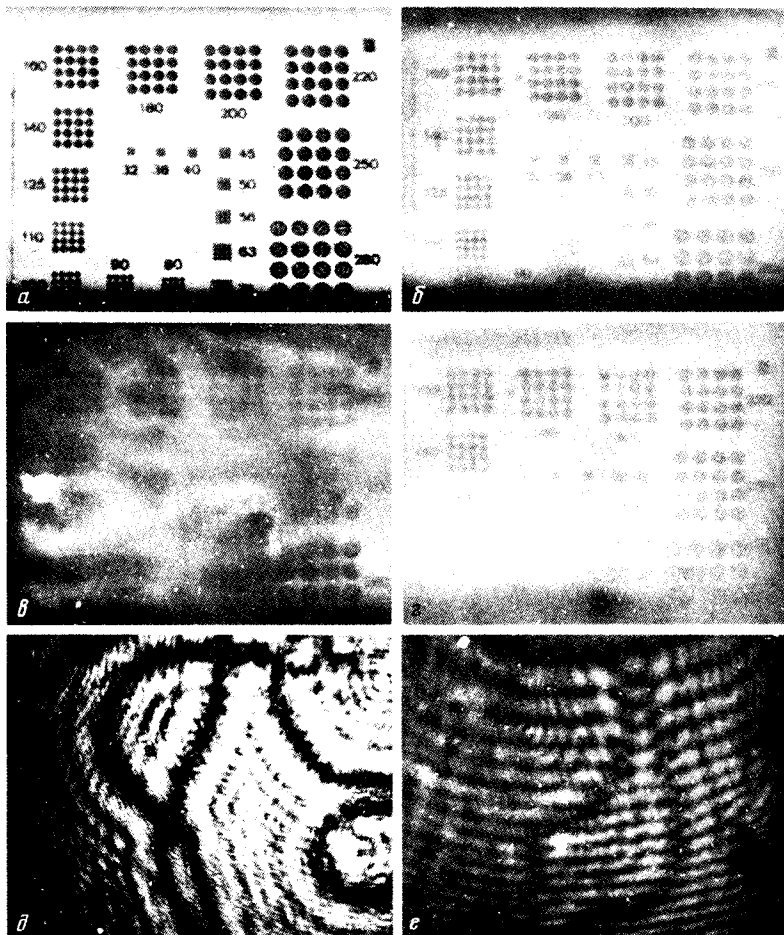
Толстые (1–5 мм) ячейки с нематическим жидким кристаллом на вид непрозрачны из-за неоднородностей ориентации в объеме. Обнаружено, что o -волна хорошо переносит изображение через такой кристалл, если на границах ориентации однородна и жестко задана.

При распространении света в нематическом жидком кристалле (НЖК) с плавными неоднородностями директора световые волны как o , так и e -типа поляризации адиабатически следуют за ориентацией оптической оси. В самом деле, для нематика 5СВ $n_e - n_o \approx 0,3$, $\Delta K = K_e -$

$-K_0 = 3 \cdot 10^4 \text{ см}^{-1}$, так что условие адиабатического слежения $|\Delta K| \gg |d\alpha/dz|$ выполняется с хорошим запасом даже при масштабах неоднородностей $L \sim |d\alpha/dz|^{-1} \sim 10^{-3} \text{ см}$. Фаза e -волны при этом меняется по закону

$$\varphi_e(x, y, z) \approx \frac{\omega}{C} \int_0^z dz' [n_0 + (n_e - n_0) \sin^2 \theta(x, y, z')],$$

где θ — угол между оптической осью и направлением распространения \mathbf{e}_z . В результате волновой фронт e -волны сильно искривляется под действием неоднородностей $\theta(\mathbf{r})$, и e -волна рассеивается на все большие углы по мере распространения в глубь ячейки. В отличие от это-



a — Изображение тест-объекта до ячейки с жидким кристаллом; *б* — то же изображение, сфотографированное в o -поляризации, прошедшей через ячейку толщиной 1 мм; *в* — то же изображение, сфотографированное в e -поляризации, прошедшей через ячейку толщиной 1 мм; *г* — то же изображение, сфотографированное в o -поляризации, прошедшей через ячейку толщиной 5 мм; *д* — проекция характерной дисклинации на экран, возникшей в ячейке с жидким кристаллом толщиной 1 мм; *е* — интерференция, полученная при смещении волны, прошедшей через ячейку толщиной 1 мм и опорной волной

го, фаза o -волны не подвержена влиянию неоднородностей; у нее лишь адиабатически меняется поляризация. Пусть, к тому же, ориентация жестко задана на стенках ячейки; например планарная — одна и та же по обеим поверхностям. Тогда плоская волна o -типа при прохождении через ячейку останется плоской же. Ее фаза может смениться разве что на π , если в результате адиабатического вращения угол поворота составил полуцелое число от 360° .

Такая смена знака может происходить при проходе o -луча с разных сторон от дисклинации.

Описанная выше качественная картина и количественные теоретические оценки были даны нами в работе ¹. Здесь мы приводим результаты специально поставленного эксперимента с ячейками, имеющими планарную ориентацию на границах. Толщины ячеек составляли 0,4; 1,2 и 5 мм. Визуально 5-мм ячейка казалась абсолютно белесой и непрозрачной, а 1-мм ячейка — весьма рассеивающей и слабо пропускающей изображение. Однако установка поляроида до и (или) после ячейки позволила сделать вывод, что рассеяние относится практически только к e -волне.

При падении на ячейку только o -волны или только e -волны выходящее излучение было практически 100% — поляризованным с той же ориентацией вектора \mathbf{E} .

На рис. *a* приведена фотография изображения тес-объекта (слайда), на рис. *б* — то же изображение, сфотографированное в o -поляризации, прошедшей через 1-мм ячейку, рис. *в* — в e -поляризации через 1-мм ячейку, рис. *г* — в o -поляризации через 5-мм ячейку. Свет, прошедшей через 5-мм ячейку в e -поляризации, рассеивался на углы $\sim \pi/2$, так что экран оставался вообще неосвещенным, и поэтому на рисунке не показан. На рис. *д* видна проекция дисклинации на экран, полученная при освещении 1-мм ячейки сферической волной от He — Ne-лазера.

Характерные полосы — основная черная и параллельные ей по обе стороны — есть результат дифракции плоской волны вида $E(x) = \text{const} \frac{x}{|x|}$ (волны со скачком фазы на π). Для более надежной регистрации скачка фазы к прошедшей через ячейку o -волне была подмешена интерферирующая с ней опорная волна, рис. *е*. Видно, что интерференционные полосы сдвигаются на полволны при пересечении проекции дисклинации.

Мы надеемся, что обнаруженный эффект позволит создать ряд новых устройств, основанных на поляризационной дискриминации изображений.

Авторы благодарны В.Н.Садовскому за предоставленный жидкий кристалл.

Литература

1. Баранова Н.Б., Зельдович Б.Я. Письма в ЖЭТФ, 1980, 32, 636.

Челябинский политехнический институт
им. Ленинского комсомола

Поступила в редакцию
13 июня 1990 г.