

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ РАССЕИВАЮЩИХ ЦЕНТРОВ И ИХ КОНЦЕНТРАЦИИ ПРИ ДИНАМИЧЕСКОМ РАССЕЯНИИ СВЕТА В ЖИДКИХ КРИСТАЛЛАХ МЕТОДОМ СПЕКТРА МУТНОСТИ

Н. К. Сидоров и Ю. И. Недранец

Динамическое рассеяние (ДР) света в нематических жидких кристаллах получило широкое практическое использование в ЖК-индикаторах благодаря низким используемым напряжениям, ничтожным затрачиваемым мощностям и малым размерам ЖК-ячейки.

При ДР света в жидком кристалле образуются области вихревых турбулентностей, которые можно рассматривать как рассеивающие центры, изменяющие свои размеры и концентрацию при изменении напряженности электрического поля в ЖК-ячейке. Значения размеров и концентрации рассеивающих центров могут быть определены из изучения углового распределения (индикатрисы) интенсивности рассеяния света [1, 2]. Однако такой способ весьма трудоемок и сопряжен со значительными ошибками, так как он связан с необходимостью измерения пространственного распределения энергии излучения.

Нам представляется возможным для изучения динамики ДР применить метод спектра мутности [3], обладающий значительной простотой и высокой точностью, поскольку измерять коэффициент пропускания всегда проще (так как он представляет отношение световых потоков I/I_0 на выходе и на входе из ЖК-ячейки), чем измерять распределение яркости излучения.

При наличии в среде хаотически распределенных частиц (каковыми можно считать области турбулентности) и при отсутствии интерференции волн, рассеянных от различных частиц, не поглощающих видимого света, коэффициент ослабления τ в уравнении

$$I = I_0 e^{-\tau l} \quad (1)$$

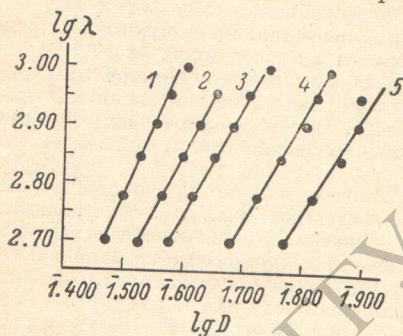
целиком обусловлен рассеянием и носит название мутности.

Использование метода спектра мутности основано на соотношении

$$\tau = \frac{2.3}{l} D = A \lambda^{-n}, \quad (2)$$

Зависимость $\lg D$ от $\lg \lambda$ при различных напряжениях.

1 — 18, 2 — 20, 3 — 22, 4 — 26, 5 — 30 В.



в котором величина n функционально связана с размерами частиц, а A не зависит от длины волны λ ; $D = \lg(I_0/I)$ — оптическая плотность.

Метод спектра мутности, так же как метод индикатрисы, использует теорию рассеяния Ми [4, 5] и строго применим для шаровидных частиц. Однако в последние годы он успешно используется для определения размеров и концентраций полимерных и коллоидных частиц и даже различных бактерий, т. е. применяется к системам, состоящим из частиц, заведомо не являющимися шаровыми. При этом размер частиц и бактерий определяется как диаметр эквивалентного шара, объем которого равен объему частицы. Следует иметь в виду, что пренебрежение несферичностью частиц в теории Ми может приводить к погрешности при определении размеров и концентрации частиц, достигающей 30% [6].

«Волновой экспонент» n может быть найден из графической зависимости $\lg D$ от $\lg \lambda$, а он в свою очередь связан (по теории Ми) с относительными размерами частиц $2r/\lambda$, в данном случае — с размерами турбулентности. Эта зависимость протабулирована или представлена графически в целом ряде работ [3].

Экспериментальные исследования по определению зависимости оптической плотности D от длины волны λ возбуждающего света проводились на спектрофотометре СФ-16 в области от 500 до 1000 нм. Использовалась ЖК-ячейка с электродами из окиси олова при работе на просвет при разных напряжениях. В качестве рабочего вещества в ЖК-ячейке использовалась смесь нематических ЖК на основе азоксибензола и фенолового эфира бензойной кислоты (ЖК-440) с добавкой акцептора — хлоранила.

На рисунке приведены графики зависимости $\lg D$ от $\lg \lambda$ при различных напряжениях на пластинах ЖК-ячейки. Из рисунка видно, что угол наклона прямых монотонно уменьшается при увеличении напряжения. Таким образом, как это следует из (2), «волновой экспонент» $n = -\Delta \lg D / \Delta \lg \lambda$ по абсолютной величине монотонно уменьшается, оставаясь отрицательной величиной, что, согласно рис. 1 работы [7], свидетельствует об уменьшении разности фаз $\rho = 2\pi\mu_0(m-1)2r/\lambda$ ($m = \mu/\mu_0$, μ и μ_0 — показатели

**Зависимость относительных размеров и концентрации
рассеивающих центров от напряжения на ЖК-ячейке**

Напряжение, В	n	Разность фаз (рис. 1 работы [7])	$2r/\lambda$ (при $m = 1.05$)	$N \cdot 10^{-8}$, см ⁻³
18	-2.36	6.25	19.9	2.23
20	-1.96	6.06	19.3	2.36
22	-1.80	5.78	18.4	2.65
26	-1.73	5.69	18.1	3.13
30	-1.66	5.62	17.9	3.62

преломления «частицы» и среды), а значит, и об уменьшении размеров рассеивающих центров при увеличении напряжения на ЖК-ячейке (см. таблицу). Такое заключение находится в соответствии с теорией и экспериментальными данными по ДР, согласно которым при повышении напряжения на ячейке происходит все большее дробление жидкости ЖК на более мелкие турбулентные вихри [1, 2], число которых возрастает.

В связи с тем что число рассеивающих центров N связано с их эффективным радиусом r и коэффициентом эффективности рассеяния частицей $K(\rho)$,

$$N = \frac{\tau}{\pi r^2 K(\rho)}, \quad (3)$$

то оно также может быть оценено для различных напряжений на ЖК-ячейке. Как видно из таблицы, N возрастает с увеличением напряжения, подаваемого на ячейку, что также находится в согласии с данными [1, 2].

Литература

- [1] И. Д. Самодурова, А. С. Сонин, А. Б. Успенский. *Опт. и спектр.*, 36, 1165, 1974.
- [2] И. Д. Самодурова, А. С. Сонин. *ФТТ*, 16, 255, 1974.
- [3] В. И. Клеин, С. Ю. Щёголев, В. И. Даврушин. *Характеристические функции светорассеяния дисперсных систем*. Изд. Саратовского ГУ, 1977.
- [4] К. С. Шифрин. *Рассеяние света в мутной среде*. Гостехтеоретиздат, М.—Л., 1951.
- [5] Г. Ван де Хюлст. *Рассеяние света малыми частицами*. ИЛ, М., 1961.
- [6] Н. Г. Хлебцов, С. Ю. Щёголев. *Опт. и спектр.*, 42, 956, 1152; 43, 151, 292, 1977.
- [7] С. Ю. Щёголев, В. И. Клеин. *Высокомолекул. соед.*, 13, 2809, 1971.

Поступило в Редакцию 18 января 1978 г.

УДК 535.372

**КОРОТКОВОЛНОВАЯ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ
РАСТВОРОВ РОДАМИНОВ**

А. В. Аристов и В. С. Шевандин

В нашей предыдущей работе [1] сообщалось о коротковолновой люминесценции (КЛ) раствора родамина 6Ж в этаноле в спектральной области 300÷450 нм, возникающей при поглощении излучения с $\lambda_{\text{в}}=1060$ и 530 нм из первого синглет-возбужденного состояния (S_1) молекулы красителя. Было показано, что спектр и поляризация КЛ зависят от длины волны $\lambda_{\text{в}}$ возбуждающего ее излучения. В работе [2] исследована излучательная дезактивация высоких колебательных уровней состояния S_1 молекул родамина 6Ж. Так называемая горячая люминесценция в случае $\lambda_{\text{в}}=1060$ нм. В работе [3] сообщается о КЛ родаминов при двухступенчатом возбуждении квантами с $\lambda_{\text{в}}=450$ нм. Необходимость систематизации сведений по КЛ родаминов при двухступенчатом возбуждении послужила причиной более подробных исследований с привлечением большего числа красителей.

Нами исследована КЛ этанольных растворов родаминов 5Ж, 6Ж, Б и ЗБ концентрации $1.5 \cdot 10^{16}$ см⁻³ при ее двухступенчатом возбуждении моноимпульсами излучения с $\lambda_{\text{в}}=1060$ и 530 нм по методике, описанной в работе [1]. Относительные квантовые выходы КЛ исследованных родаминов совпадают с точностью до 30%, а в абсолютной мере могут быть оценены в пределах $(1 \div 2) \cdot 10^{-5}$. Спектры квантовой интенсивности