

05.2;06.3;07

ОПТИЧЕСКИ НАВЕДЕННАЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ В НЕМАТИЧЕСКОМ ЖИДКОМ КРИСТАЛЛЕ, ДОПИРОВАННОМ ЛАЗЕРНЫМ КРАСИТЕЛЕМ

© *О.В. Дедов, В.А. Кривощев*

Данная работа посвящена исследованию фотоиндуцированной электропроводности в нематическом жидком кристалле 5СВ. Исследовано влияние примесей различных лазерных красителей на величину наведенной электропроводности. Также изучена динамика процессов установления-релаксации оптически наведенной проводимости в нематике.

До недавнего времени публикации, посвященные фотопроводимости и фотонапряжениям в нематиках, были весьма немногочисленны [1-4] и сводились к сообщениям экспериментальных результатов. Позже в статьях [5,6] была предложена теоретическая модель процесса фотоионизации в смеси жидкого кристалла с лазерным красителем. Настоящая работа посвящена более детальному изучению этого явления.

Широко известен тот факт, что ионизация молекул жидкости оптическими квантами невозможна, так как соответствующие потенциалы ионизации существенно превышают энергию кванта света. В связи с этим в работе [5] было предложено использовать в качестве поглощающей примеси в нематике лазерные красители, длина волны накачки которых близка к длине волны внешнего излучения. Указанные красители, как известно, под действием излучения переходят в долгоживущие состояния и, по-видимому, за время жизни образуют с молекулами жидкого кристалла комплексы, способные диссоциировать на ионы.

Согласно такой модели процесса фотоионизации, предложенной в работе [5], величина концентрации n ионов при пространственно-однородном освещении образца излучением интенсивности I описывается уравнением вида

$$\partial n / \partial t + \gamma \cdot n^2 = \alpha \cdot I. \quad (1)$$

Здесь γ — константа рекомбинации носителей заряда, исходящей в жидкости в диффузионном режиме, обычно оцениваемая как $\gamma = D \cdot R_s$, где $R_s \approx e^2 / \epsilon \cdot k_B \cdot T$ — радиус сферы Смолуховского, D — коэффициент диффузии, e — заряд

электрона, ϵ — диэлектрическая проницаемость, k_B — константа Больцмана, T — температура. Коэффициент α пропорционален [5] длине волны излучения λ . Таким образом, стационарная концентрация носителей заряда описывается соотношением $n_{st} = (\alpha \cdot I / \gamma)^{1/2}$ и зависит от длины волны λ как

$$n_{st} \sim \sqrt{\lambda}. \quad (2)$$

Стационарная величина наведенной электропроводности определяется выражением $\sigma_{st} = e \cdot \mu \cdot n_{st}$. Здесь e — заряд электрона, μ — подвижность ионов. Таким образом, стационарное значение электропроводности зависит от длины волны λ как

$$\sigma_{st} \sim \sqrt{\lambda}. \quad (3)$$

Согласно уравнению (2), процесс установления концентрации зарядов наведенных излучением описывается выражением

$$n(t) = n_{st} \frac{e^{t/\tau} - 1}{e^{t/\tau} + 1}, \quad (4)$$

где $\tau = (2 \cdot \gamma \cdot n_{st})^{-1}$ — характерное время процесса установления фотопроводимости.

Таким образом, время установления фотопроводимости зависит от интенсивности I как

$$\tau \sim 1/\sqrt{I}. \quad (5)$$

Процесс релаксации концентрации носителей, согласно (1), описывается соотношением

$$n(t) = n_{st} \frac{1}{1 - (t - t_0)/2 \cdot \tau}, \quad (6)$$

где через t_0 обозначен момент выключения излучения. Для оценок времени установления τ использовались параметры, характерные для жидкого кристалла и родаминов: $\epsilon \approx 10$, $D \approx 3 \cdot 10^{-6}$ см²/с. Согласно оценкам, представленным в работе [5], стационарное значение величины наведенной примесной электропроводности в нематике 5СВ при интенсивности внешнего излучения $I = 200$ мВт/см² по порядку величины равно 10^{-9} (Ом · см)⁻¹. Время τ , оцененное таким образом, имеет порядок 10^{-3} с. В наших экспериментах исследовались различные растворы трех модификаций родаминов: R 6G, R G, R C и двух типов оксазинов. Использовались жидкокристаллические ячейки толщиной 100 мкм при

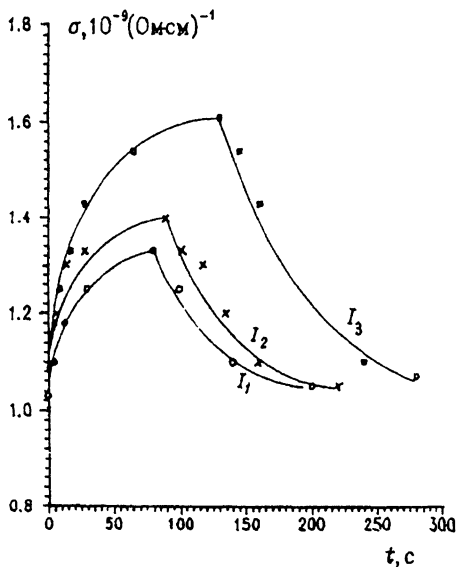


Рис. 1. Временные зависимости процессов установления-релаксации наведенной проводимости в нематике.

отсутствии принудительной ориентации молекул на стенках ячейки. Все примеси увеличивали темновую проводимость образцов до величины $\sigma \sim 10^{-9} (\text{Ohm}\cdot\text{cm})^{-1}$. Использовалось излучение непрерывного Ar^+ -ионного лазера двух длин волн $\lambda_1 = 488 \text{ nm}$, $\lambda_2 = 514 \text{ nm}$ мощностью до 600 мВт.

Для данных длин волн оптимально проявили себя растворы родаминов, давая увеличение фотопроводимости примерно в два раза. Измерение же фотопроводимости в растворах оксазинов хоть и имело место, но в пределах экспериментальной точности было незначительным по отношению к темновой проводимости смеси для всех концентраций в области прозрачности ячейки. Это связано, скорее всего, с тем, что длина волны накачки оксазинов существенно смещена от значения, соответствующего параметрам использованного излучения, в красную область спектра.

Ниже на примере растворов РС представлены следующие экспериментальные зависимости. На рис. 1 изображены графики процессов установления-релаксации наведенной электропроводности при трех различных интенсивностях света: $I_1 = 150 \text{ мВт/см}^2$, $I_2 = 300$, $I_3 = 500 \text{ мВт/см}^2$. Длина волны $\lambda_1 = 488 \text{ nm}$. Концентрация красителя $C_1 = 0.7 \text{ мг/см}^3$. Из рис. 1 видно, что зависимость времени установления наведенной проводимости τ от интенсивности качественно совпадает с теоретической зависимостью (2).

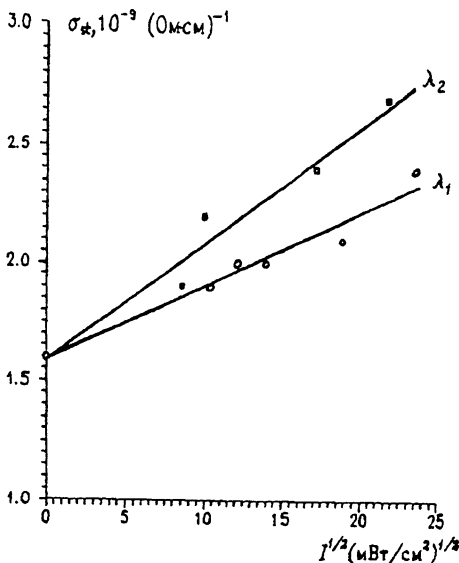


Рис. 2. Зависимость стационарного значения фотоиндуцированной проводимости в нематике от интенсивности внешнего излучения.

Однако в абсолютном значении величины τ наблюдалось существенное расхождение теории с экспериментом, скорее всего связанное с влиянием емкости, образуемой поверхностями ячейки, на результаты измерений.

На рис. 2 изображена зависимость стационарного значения фотопроводимости σ_{st} от интенсивности падающего излучения I для двух различных длин волн $\lambda_1 = 488$ нм, $\lambda_2 = 514$ нм. Концентрация красителя в растворе $C_2 = 1.2$ мг/см³. Из рис. 2 видно, что величина эффекта увеличивается при приближении используемой длины волны излучения к длине волны накачки красителя, так как линия поглощения родаминов также несколько смещена в красную область спектра. Таким образом, полученные экспериментальные зависимости качественно совпадают с теоретическими оценками работы [5].

В заключение отметим, что при интенсивностях внешнего излучения $I > 600$ мВт/см² происходило изменение цвета растворов родаминов, что, по-видимому, связано с необратимыми химическими процессами, происходящими в смеси.

Список литературы

- [1] Sato S. // Jpn. J. Appl. Phys. 1981. V. 20. P. 1989.
- [2] Kamei H., Katayama Y., Ozawa T. // Japan. J. Appl. Phys. 1972. V. 11.
- [3] Вистинь Л.К., Казлаускас П.-А.В., Паеда С. // ДАН. 1983. № 20.

- [4] Вистинь Л.К., Казлаускас П.-А.В., Паеда С. // Кристаллография. 1985. N 30.
- [5] Руденко Е.В., Сузов А.В. // Письма в ЖЭТФ. 1994. В. 59. С. 133.
- [6] Руденко Е.В., Сузов А.В. // ЖЭТФ. 1994. В. 105. С. 1621.

Лаборатория нелинейной оптики,
Технический университет
Челябинск

Поступило в Редакцию
18 марта 1996 г.