

05;06;07;12

Управляемый электрохромный эффект в жидкокристаллической ячейке с *J*-агрегатами

© Ю.П. Пирятинский, В.Г. Назаренко, О.В. Яцун

Институт физики НАН Украины, Киев

Поступило в Редакцию 5 февраля 1999 г.

Показано, что в жидкокристаллической матрице можно успешно создавать и ориентировать органические нанокристаллы — *J*-агрегаты. Внешнее электрическое поле может переориентировать и разрушать их.

Органические и неорганические полупроводниковые частицы, имеющие субмикронные линейные размеры, вызывают в настоящее время пристальное внимание. Так, *J*-агрегаты некоторых молекулярных красителей обладают высочайшими значениями нелинейной кубической восприимчивости [1]. Вытянутая (стержнеобразная) форма и наличие мощного электронного диполя вдоль оси агрегата являются ключевыми свойствами для создания "макроанизотропных" сред на основе упорядоченных *J*-агрегатов. Упорядочение *J*-агрегатов в текучих растворах [2] и полимерах [3] как метод создания "макроанизотропии" является, в принципе, статичным и неуправляемым. В настоящей работе исследуется поведение *J*-агрегатов в нематическом жидком кристалле, который, с одной стороны, характеризуется дальним ориентационным порядком, а с другой — обладает способностью переориентироваться в электрическом поле.

В качестве среды, ориентирующей *J*-агрегаты, были выбраны молекулы модельного жидкого кристалла (ЖК) 5СВ. На внутренние поверхности 20-микронной ЖК ячейки были напылены электроды и нанесены слои ориетанта. Ориетант задавал нужную ориентацию молекул 5СВ на поверхности и в объеме ячейки — планарную или гомеотропную. В качестве молекул, легко образующих *J*-агрегаты, был взят краситель из семьи псевдоизоцианинов — астрофлонит. Концентрация красителя в ЖК равна 0.5 wt.%. Образование планарной или гомеотропной ориентации нематической фазы смеси контролировалось с помощью

оптического поляризационного микроскопа. Фотолюминесценция (ФЛ) образцов возбуждалась излучением ртутной лампы с максимумом при $\lambda = 365 \text{ nm}$ и азотного лазера с максимумом при $\lambda = 337 \text{ nm}$ под прямым углом к поверхности ячейки. ФЛ регистрировалась под небольшим углом к направлению возбуждения. Если предположить, что излучательный дипольный момент молекулы 5СВ направлен вдоль ее оси, то анизотропию ФЛ одноосного ЖК можно связать со степенью упорядоченности нематической фазы [4]:

$$s = (I_{pl} - I_{pp}) / (I_{pl} + 2I_{pp}), \quad (1)$$

где I_{pl} — интенсивность компоненты ФЛ, линейно поляризованной параллельно, а I_{pp} — перпендикулярно плоскости поляризации возбуждающего света.

На рис. 1 показаны спектры поляризованной ФЛ планарной нематической фазы ЖК с J -агрегатами при различных условиях эксперимента: 1 — поляризация возбуждающей волны параллельна направлению преимущественной ориентации молекул 5СВ и идентична поляризации регистрирования ФЛ, ориентирующее электрическое поле отсутствует; 2 — поляризационные условия те же, что и для 1, но к электродам ячейки приложено переменное электрическое поле с частотой $f = 1 \text{ kHz}$ и амплитудой $U_0 = 12 \text{ V}$; 3 — поляризация возбуждающей волны параллельна направлению натирания ориентирующего слоя ячейки и ортогональна поляризации регистрирования ФЛ ЖК, ориентирующего поля нет; 4 — поляризационные условия аналогичны 3, но к ячейке приложено электрическое поле с частотой $f = 1 \text{ kHz}$ и амплитудой $U_0 = 12 \text{ V}$.

Характерные временные и концентрационные зависимости ФЛ красителя позволяют связать длинноволновые полосы на рис. 1 с максимумом ФЛ при $\lambda = 577 \text{ nm}$ с излучением J -агрегатов. Благодаря высокой степени агрегации, ФЛ мономеров красителя практически отсутствует. Коротковолновые полосы на рис. 1 представляют ФЛ матрицы — молекул 5СВ. Приложение электрического поля к ЖК ячейке приводит к существенному уменьшению интенсивности ФЛ как ЖК, так и J -агрегатов. ФЛ уменьшается примерно на $\Delta I = 35\%$. Электрохромный эффект для J -агрегатов можно наблюдать визуально. Без электрического поля ячейка имеет розовую окраску, а при приложении поля она почти полностью просветляется.

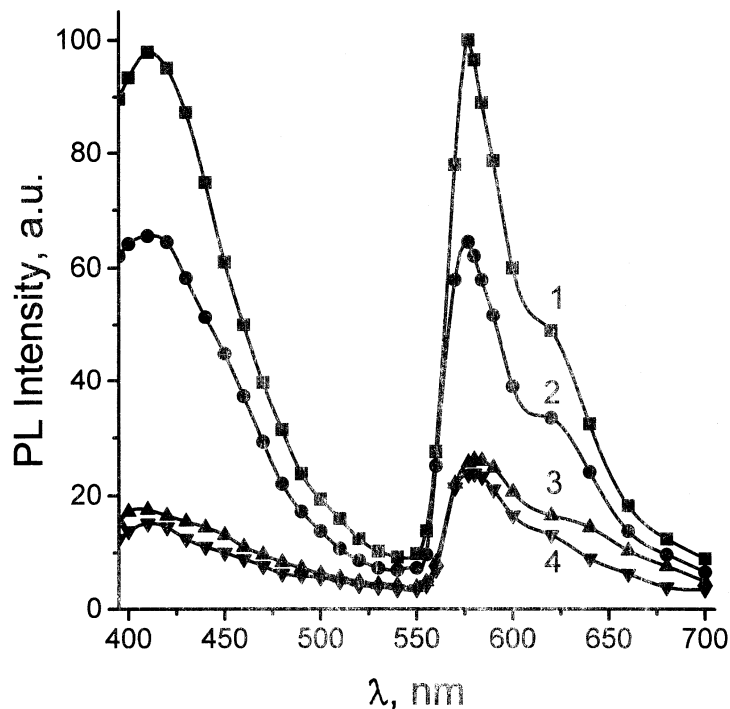


Рис. 1. Спектры поляризованной ФЛ планарного нематического 5СВ с J -агрегатами. Условия эксперимента описаны в тексте.

По формуле (1) из рис. 1 (1 и 3) можно оценить анизотропию ФЛ (степень упорядочения) планарного ЖК и J -агрегатов. Так, анизотропия в максимуме ФЛ для ЖК $s_{lc} = 0.61$, а для J -агрегатов $s_J = 0.49$. Как видим, ЖК-матрица навязывает J -агрегатам ориентацию, изоморфную молекулам ЖК, хотя степень ориентационного упорядочения агрегатов меньше, чем у молекул 5СВ. Однако исходя из кривых 2 и 4 на рис. 1, можно предположить, что полученные величины s не являются предельными. Тем не менее под воздействием высокочастотного электрического поля ЖК эффективно переориентирует J -агрегаты красителя по полю. Об этом свидетельствуют не только спектры ФЛ, но и микроскопические

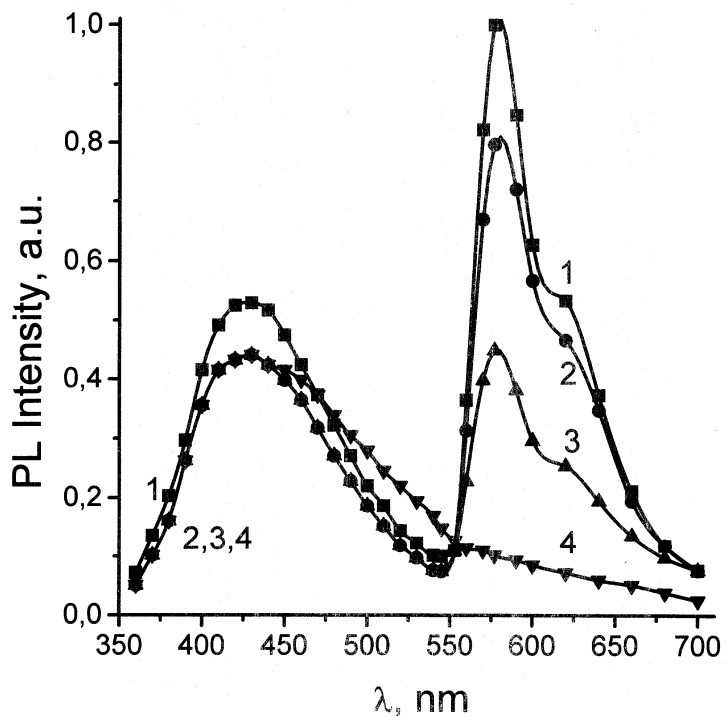


Рис. 2. Спектры ФЛ нематического ЖК и *J*-агрегатов при наклонной гомеотропной ориентации молекул 5СВ: 1 — поле отсутствует, 2–4 — к электродам ячейки приложено электрическое поле с амплитудой $U_0 = 12$ V и частотой $f = 100-1000$ (2), 10 (3), 1 Hz (4).

исследования. Так, если повысить концентрацию красителя в ЖК до порядка 1 wt.%, то в объеме матрицы "вырастут" микрокристаллы красителя, видимые в оптический микроскоп. Прикладывая поле к электродам ячейки, можно наблюдать переориентацию этих микрокристаллов. В данном случае величина электрохромизма $\Delta I = 35\%$, но она, очевидно, не предельна.

Рассмотрим нематический ЖК с гомеотропной ориентацией молекул 5СВ в ячейке. Результат для случая идеальной гомеотропной

ориентации, когда молекулы 5СВ находятся строго под прямым углом к поверхности ячейки, очевиден. Независимо от частоты и напряженности электрического поля, длины волны возбуждения ФЛ ни сам 5СВ, ни J -агрегаты в ЖК-матрице электрохромного эффекта не проявляют. Случай наклонной гомеотропной ориентации, когда угол между осью молекул ЖК и подложкой несколько отличается от прямого, напоминает случай с планаром. Однако величина ΔI здесь существенно меньше (рис. 2). В зависимости от конкретной гомеотропной ячейки (угла наклона молекул 5СВ к плоскости подложки) ΔI может меняться, но не превышает 10–15%.

Рис. 2 демонстрирует также частотное влияние электрического поля на J -агрегаты. Поле с $f > 100$ Hz лишь переориентирует J -агрегаты вдоль поля. Низкочастотное электрическое поле с $f < 10$ Hz эффективно разрушает J -агрегаты на отдельные молекулы. Причем скорость конверсии агрегатов в мономеры тем выше, чем меньше частота поля f . Из рис. 2 (3 и 4) видно, как низкочастотное электрическое поле подавляет J -полосу и повышает интенсивность мономолекулярной ФЛ. При этом интенсивность свечения 5СВ существенно не изменяется. J -агрегаты можно также быстро разрушить низкочастотным электрическим полем, если заполнить ячейку планарным ЖК или любым полярным органическим растворителем. Деагрегацию вызывают электрогидродинамические потоки между электродами, которые возникают в постоянном или низкочастотном переменном электрическом поле в ячейке.

Список литературы

- [1] Богданов В.Л., Викторова Е.Н., Куля С.В. // Письма в ЖЭТФ. 1991. Т. 53. В. 2. С. 100–103.
- [2] Scheibe G. Optische Anregungen organischer Systeme. Weinheim: Verlag Chemie, 1966. P. 109.
- [3] Misawa K., Ono H., Minoshima K. // Appl. Phys. Lett. 1993. V. 63. N 5. P. 577–581.
- [4] Блинов Л.М. Электро- и магнитооптика жидких кристаллов. М.: Наука, 1978. 384 с.