

ГЕНЕРАЦИЯ ИНДУЦИРОВАННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИМИ КРАСИТЕЛЯМИ В НЕМАТИЧЕСКОМ ЖИДКОМ КРИСТАЛЛЕ

И. П. Ильчишин, Е. А. Тихонов, М. Т. Шпак, А. А. Дорошкин

В работе впервые получена генерация органических красителей, растворенных в нематическом жидком кристалле. Экспериментально показано вращение плоскости поляризации в такой системе при механическом вращении ячейки с ЖК раствором.

Известно, что органические красители, растворенные в жидком кристалле, образуют молекулярный раствор с ориентированным положением осей молекул [1]. Если при этом растворенные молекулы изоморфны молекулам жидкого кристалла, степень их упорядоченности приближается к упорядоченности жидкого кристалла [2]. Молекулы полиметиновых красителей, обладающие сильной анизотропией пространственной структуры сходны по своему строению с линейными молекулами нематических жидких кристаллов, однако в основном нерастворимы в них.

Нами были найдены комбинации ионных полиметиновых красителей с жидкими кристаллами, обладающие хорошей растворимостью и достаточной для практических применений фото- и химической стойкостью. Такими оказались растворы индолиениновых красителей в *n*-метоксибензилиден-*n*'-н-бутиланилине (МББА), находящимся в нематической фазе при комнатной температуре.

Для получения ориентированных образцов растворы заливались в кювету толщиной 0,2 – 0,5 мм, внутренние стенки которой натирались по методу [3]. При этом молекулы красителя преимущественно ориентировались длинными осями вдоль оптической оси жидкого монокристалла. Вследствие ориентации молекул красителя, жидкокристаллический раствор обладает положительным дихроизмом оптического поглощения ($D_{\parallel} > D_{\perp}$), так как направление дипольного момента перехода совпадает с длинной осью молекулы красителя, что типично для красителей полиметинового класса [4].

Экспериментально наблюдаемый дихроизм поглощения одного из красителей – индодикарбоцианинового – при концентрации 10^{-4} моль/л, представлен на рис. 1 (кривые 1 и 2).

При возбуждении флуоресценции красителей излучением He – Ne лазера $\lambda = 6328 \text{ \AA}$ (регистрация проводилась в направлении возбуждения) выход флуоресценции индодикарбоцианинового красителя в МББА возрастал с 2,5 до 4 раз в зависимости от ориентации вектора E возбуждения по сравнению с изотропным раствором в спирте, при прочих равных условиях. Дихроизм флуоресценции того же красителя изображен на рис. 1 (кривые 3 и 4). Уменьшение дихроизма по сравнению с дихроизмом поглощения связано в первую очередь с реабсорбцией флуоресценции. Для индотрикарбоцианинового красителя при концентрации 10^{-4} моль/л сильное тушащее воздействие оказывала димеризация мо-

лекул красителя, поэтому выход флуоресценции был ниже, чем в изотропном растворе при тех же условиях.

Излучение флуоресценции красителей в жидком кристалле, как системы ориентированных излучателей, поляризовано, причем соотношение компонент с параллельной и ортогональной поляризациями относительно поляризации возбуждающего света зависит от степени упорядоченности молекул красителей. Для молекул индодикарбоцианинового красителя в МББА соотношение $I_{\parallel} / I_{\perp}$ равнялось двум и было неизменно по всей полосе флуоресценции. При вращении ячейки с красителем на 90° относительно вектора \mathbf{E} возбуждения, поляризация флуоресценции изменялась на тот же угол при неизменном соотношении интенсивностей I_{max} / I_{min} .

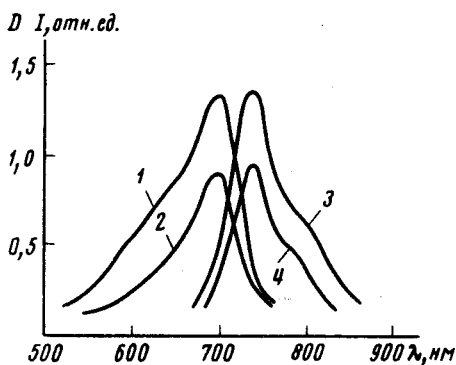


Рис. 1. Дихроизм полос поглощения 1, 2 и флуоресценции 3, 4 индодикарбоцианинового красителя в МББА. Кривые 1, 3 и 2, 4 соответствуют параллельной и перпендикулярной ориентации вектора \mathbf{E} возбуждения преимущественному направлению молекул

При изучении генерации использовались максимальные толщины кювет, при которых жидкий кристалл сохранял еще ориентацию, задаваемую стенками ($0,5 \text{ мм}$). Уровень фонового рассеяния при такой толщине, измеряемый в области прозрачности красителя и ЖК составлял 12%. Источником возбуждения служил рубиновый лазер с модуляцией добротности пассивным затвором. Использовалась продольная схема возбуждения, зеркалами резонатора служили стенки ячейки с напыленным прозрачным покрытием из SnO_2 . Коэффициент отражения таких зеркал составлял 13% в области $7000 - 8500 \text{ \AA}$. Параллельность ячейки определялась параллельностью прокладок из фторопласта и составляла $2 - 4^{\circ}$.

Генерация была получена на обоих растворах с гомогенной ориентацией в МББА. Порог генерации для индотрикарбоцианинового красителя, при ориентации вектора \mathbf{E} возбуждения параллельной направлению ориентации молекул, составлял $\approx 1 \text{ Вт/см}^2$, что существенно выше по сравнению с изотропным раствором в спирте, из-за тушения флуоресценции за счет образования диаметра и неоптимальной оптической плотности ($D(\lambda_H) = 1,5$). Максимальная ширина спектра генерации составляла 200 \AA , со средней длиной волны 8300 \AA .

На рис. 2 представлен спектр генерации этого раствора красителя. При повороте ячейки с ЖК раствором на угол от 0 до 90° относительно вектора \mathbf{E} возбуждения, спектр генерации монотонно сужается, при этом порог генерации возрастает.

Для индодикарбоцианинового красителя средняя частота генерации составляла 7360 А, при ширине спектра 80 А. Минимальный порог возбуждения составлял $\approx 0,5 \text{ Вт/см}^2$ и повышался при изменении угла между вектором E возбуждения и направлением ориентированных молекул на 90° в 2,5 раза.

Поляризация вынужденного излучения определяется поляризацией компоненты флуоресценции большей интенсивности, поэтому при повороте ячейки одновременно с вращением поляризации флуоресценции происходит вращение поляризации вынужденного излучения. Так при вращении ячейки с индодикарбоцианиновым красителем относительно вектора E возбуждения на угол от 0 до 90° , плоскость поляризации генерации синхронно вращалась на тот же угол. Энергия генерации при этом монотонно падала, и при повороте на 90° уменьшалась в два раза.

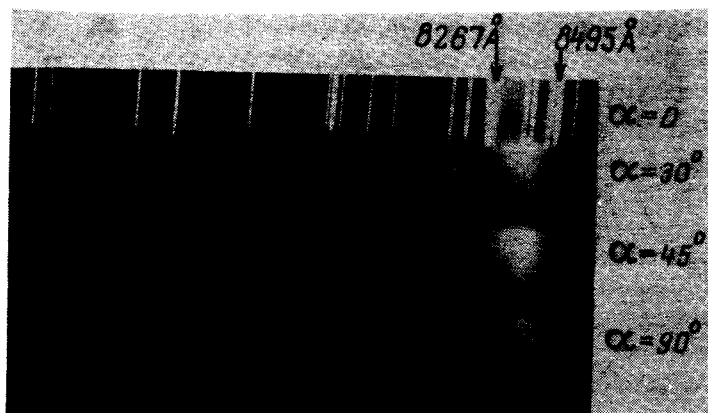


Рис. 2. Спектр генерации индотрикарбоцианинового красителя в МБА, при вращении ячейки с раствором относительно вектора E возбуждения на угол от 0 до 90°

Такое вращение плоскости поляризации излучения генерации, позволяет сделать вывод о возможности управления ее положением электрическим полем, при внедрении нейтральных генерирующих молекул в ЖК с положительной анизотропией диэлектрической проницаемости.

Полученные результаты также подтверждают возможность создания различных типов ОКГ с управляемыми характеристиками генерации, при использовании известных свойств жидкокристаллических матриц изменять макросостояние под воздействием электрических, магнитных и акустических полей.

Институт физики
Академии наук Украинской ССР

Поступила в редакцию
12 августа 1976 г.

Литература

- [1] Л.М.Блинов. УФН, 114, 67, 1974.
- [2] В.Г.Румянцев, Л.М.Блинов, В.А.Кизель. Кристаллография, 18, 1101, 1973.

[3] P. Chatelain. Bull. Soc. Franc. Mineral, 66, 105, 1943.

[4] А.Н.Теренин. Фотоника молекул красителей и родственных органических соединений. Л., изд. Наука, 1967 г.
