



УДК 620.1.72:532.783

## ЭЛЕКТРИЧЕСКИ ИНДУЦИРОВАННЫЙ МОЛЕКУЛЯРНЫЙ КРИСТАЛЛ В НЕМАТИКЕ

С.И. Кучеев

Белгородский государственный университет,  
ул. Победы, 85, 308015, Белгород, Россия, e-mail: [skucheev@yahoo.com](mailto:skucheev@yahoo.com)

**Аннотация.** В работе сообщается о наблюдении формирования молекулярного кристалла в нематическом жидком кристалле 5СВ в окрестности кремниевого р-п перехода, необходимым условием формирования которого является протекание электрического тока. Экспериментально продемонстрировано, что молекулярный кристалл обладает электрически управляемым двулучепреломлением.

**Ключевые слова:** нематик, молекулярный кристалл, электрически управляемое двулучепреломление, р-п переход.

Структура ячейки, в которой образовывались молекулярные кристаллы (далее МК) схематично показана на рис. 1. Ячейка представляет собой сэндвич, в основе которой лежит кремниевая пластина п-типа проводимости (4,5 Ом·см) с изолированными карманами р<sup>+</sup> типа проводимости (0.1 Ом·см). Толщина слоя жидкого кристалла (LC) между поверхностями кремниевой подложки и стекляннм покрытием (G) без проводящей пленки, фиксировался фторопластовыми пленками толщиной 5 мкм.

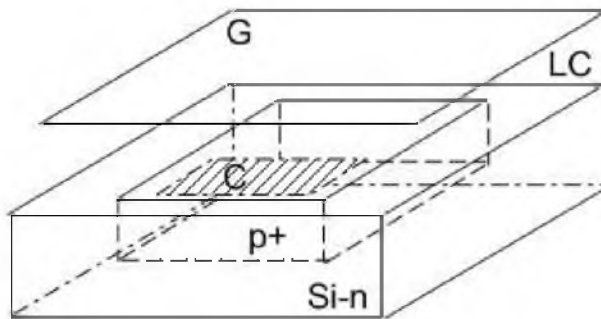


Рис. 1. Схематическое представление нематической ячейки. Si-n – кремниевая подложка п-типа проводимости. P+ – карман р-типа проводимости. C – электрический контакт к р<sup>+</sup> – карману. G – покрывное стекло. LC – нематический жидкий кристалл 5СВ.

В работе использовался нематический жидкий кристалл (НЖК) 5СВ, который заправлялся в ячейку капиллярным образом в изотропной фазе. Для формирования гомеотропной ориентации молекул НЖК, поверхности кремния и стеклянной подложки G обрабатывались раствором лецитина в толуоле.

Процесс образования изолированных друг от друга, и разных по размеру МК, на первом этапе, начинается с воздействия (длительность час и более) электрического тока на слой НЖК, что имеет место при прикладывании переменного напряжения (~ 10 В) к р-п переходу.

Электрический ток, через контактирующий с р-п переходом слой НЖК, протекает в периоды, соответствующие закрытому состоянию р-п перехода, при этом зона формирования МК в нематике локализована вблизи контакта последнего с атмосферой (в окрестности края стеклянной подложки G). Обнаружение МК становится возможным через некоторый промежуток времени после действия электрического тока (второй этап формирования МК), который насчитывает от нескольких суток до пары недель. Второй этап обусловлен ростом МК до размеров, которые обеспечивают их оптическую регистрацию.

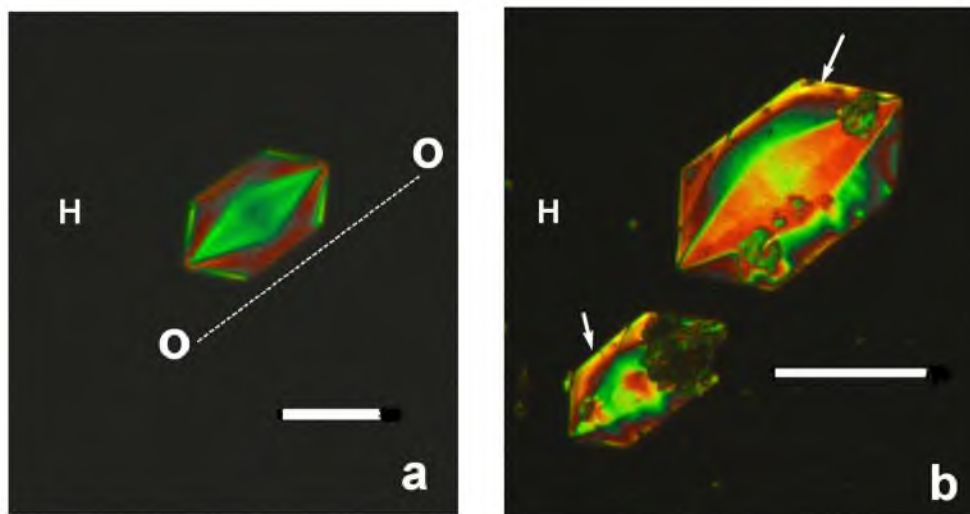


Рис. 2. Поляризационное изображение (поляроиды скрещены) молекулярных кристаллов. ОО – оптическая ось молекулярного кристалла. Реперные отрезки: (а) – 65 мкм, (б) – 105 мкм. Н – гомеотропная ориентация нематика.

В поляризованном свете МК можно отличить от других вкраплений в ЖК (на фоне темного поля (Н), соответствующего гомеотропной ориентации НЖК) по их правильной, слегка вытянутой шестигранной форме, рис. 2. Для МК небольших размеров цветное поле МК однородно, тогда как для МК больших размеров во внутренней области МК появляется правильный ромб, который имеет другой интерференционный цвет, рис. 2. Важно отметить самопроизвольный рост МК (без действия электрического тока), при котором происходит пропорциональное масштабирование рисунка МК. В качестве примера на рис. 2, отмечен один и тот-же МК (на рис. 2b верхний) с разницей по времени в 2 месяца. Из приведенных иллюстраций видно, что размер упомянутого МК за указанный период времени увеличился почти в два раза.

Потоками ЖК материала, которые возникают, например, при механической деформации ячейки, МК могут быть перемещены в слое нематика в требуемом направлении, причем разрушение МК не наблюдается. Из этого экспериментального факта вытекает, что МК не связаны с поверхностями ячейки и являются объемными по происхождению структурами.

Соответствующей деформацией ячейки можно добиться изменения двулучепреломления НЖК материала, и, соответственно, изменения его интерференционной окраски, однако, при этом, интерференционные цвета присущие области МК не изменяются. Этот экспериментальный факт может служить косвенным доказательством наличия двулучепреломления у МК, и исключает вариант, при котором МК был бы изотропным, но его поверхность обладала бы свойством ориентировать молекулы нематика. Поворотом ячейки в поляризованном свете, при

котором наблюдается периодическое (через каждые 90 град.) затемнение МК, было установлено направление оптической оси  $OO$  у МК, которая располагается параллельно удлиненной оси шестигранника, как показано на рис. 2а.

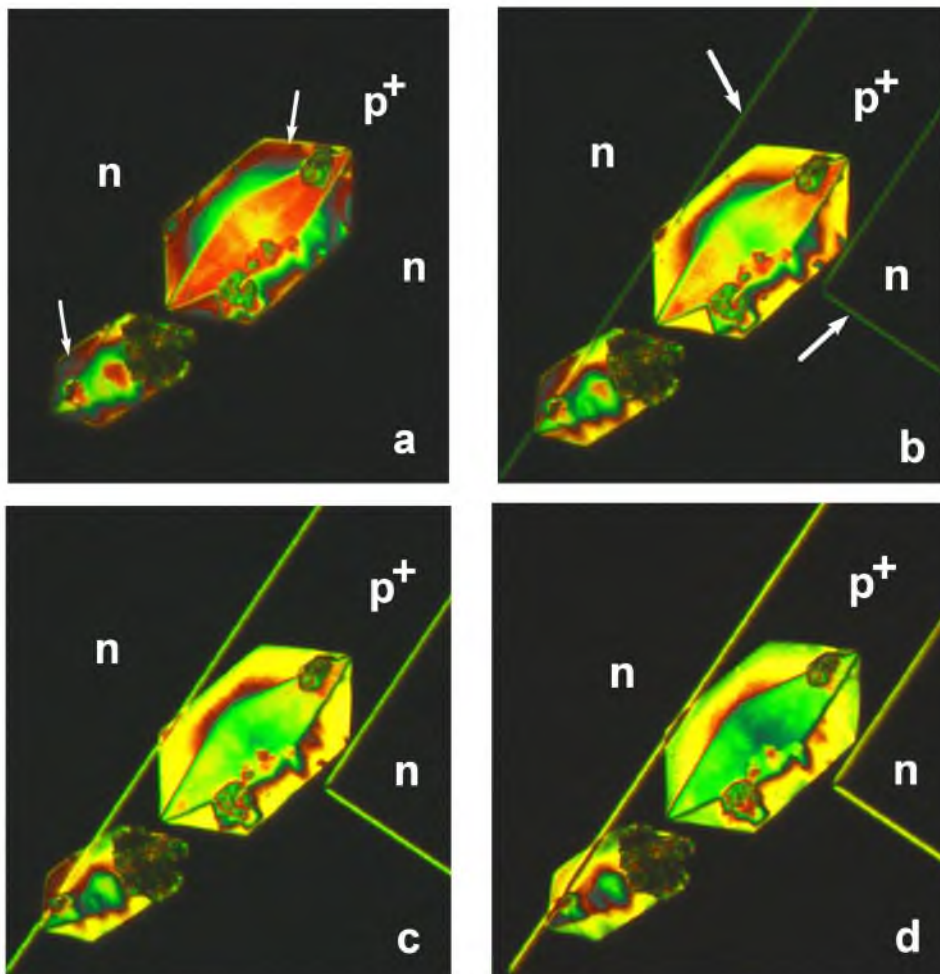


Рис. 3. МК в области электрического поля (над  $p^+$  областью).

Напряжение, В: а-1, б- 2, с-3, д-4. Частота – 40 кГц.

С целью установления характера поведения МК в электрическом поле, МК с помощью потока был перемещен в слос жидкого кристалла в область над  $p^+$  карманом, где электрическое поле, при подключении переменного напряжения к  $p$ - $n$  переходу, перпендикулярно поверхности кремния. В такой геометрии ячейки и исходной ориентации нематика, электрическое поле не только не изменяет ориентацию нематика, но благодаря диэлектрическому взаимодействию гомеотропная ориентация становится более устойчивой. На рис. 3 приведены микрофотографии фрагмента ячейки с двумя МК над  $p^+$  карманом, соответствующие действию переменного напряжения на ячейку. Из приведенных фотографий можно сделать вывод, что МК демонстрирует реакцию на действие электрического поля, при этом, обнаруживается более высокая чувствительность МК к электрическому полю, чем у исходного нематика. На это указывает следующий факт. Рис. 3а соответствует случаю, когда к  $p$ - $n$  переходу приложено напряжение 1В. В окрестности границы  $p$ - $n$  перехода молекулы нематика могут беспрепятственно



переориентироваться вдоль горизонтальной составляющей электрического поля (в согласии с диэлектрическим механизмом), однако переориентации нематика не наблюдается, рис. 3а. Однако, некоторые участки МК (отмечены стрелками на рис. 2b (без поля) и рис. 3а) при этом напряжении реагируют на электрическое поле, что проявляется в изменении поляризационного цвета этих участков. Отметим, что переориентация нематика вдоль линии p-n перехода (например отмечена стрелками на рис. 3b) появляется при более высоком напряжении, рис. 3 b-d. Анализ поведения МК в электрическом поле позволяет заключить, что с увеличением электрического поля двулучепреломление МК уменьшается, рис. 3 b-d. Из этого следует, что в МК, в определенной степени, проявляются свойства исходного нематика, молекулы которого обладают положительной анизотропией диэлектрической проницаемости и обязаны ориентироваться длинными осями вдоль вектора электрического поля, в данном случае, нормально к плоскости рис. 3. Поэтому, принимая во внимание, что в стандартных условиях, например, классического типа ЖК ячейках [1], образование подобных МК не происходит, можно полагать, что «строительными блоками» описываемых МК являются не индивидуальные молекулы нематика, а ассоциаты молекул, группирующиеся вокруг ионов, которые возникают в НЖК при протекании ионного тока в условиях контакта НЖК с атмосферой.

Таким образом, в условиях протекания электрического тока в нематическом жидком кристалле 5CB и контакта жидкокристаллического материала с атмосферой имеет место формирование молекулярных кристаллов, которые обладают электрически управляемым двулучепреломлением. Предполагается, что рост молекулярного кристалла в нематике обусловлен самосборкой ассоциатов молекул нематика, центрами локализации которых являются ионы.

### Литература

1. Блинов Л.М. Электро- и магнитооптика жидких кристаллов / М.: Наука, 1978. – 384 с.

### ELECTRICALLY INDUCED MOLECULAR CRYSTAL IN NEMATIC

S.I. Kucheev

Belgorod State University,  
Pobedy St., 85, Belgorod, 308015, Russia, e-mail: [skucheev@yahoo.com](mailto:skucheev@yahoo.com)

**Abstract.** It is presented the report on the observation of molecular crystals formation of in nematic liquid crystal 5CB in the vicinity of the silicon p-n junction. Necessary condition of the formation is the flow of electric current. It is experimentally demonstrated that the molecular crystal has electrically controlled birefringence.

**Key words:** nematic, molecular crystal, electrically controlled birefringence, p-n junction.