

05; 12

© 1993

ПОСТРАДИАЦИОННЫЕ ЭФФЕКТЫ ПРИ ФАЗОВОМ ПЕРЕХОДЕ  
В ЖИДКОМ КРИСТАЛЛЕ: ЭМИССИЯ ЭЛЕКТРОНОВ  
И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИМПУЛЬСОВЕ.Г. Аксельрод, В.А. Добрин,  
С.Д. Заверткин, И.О. Заплатина,  
В.А. Зарубин, В.И. Крюк

Радиационное облучение жидких кристаллов (ЖК) приводит к существенному изменению их физико-химических свойств [1], вплоть до полного подавления мезоморфизма [2]. Разнообразие радиационных эффектов в ЖК открывает определенные перспективы использования ЖК-сред в качестве рабочих веществ дозиметрических и радиометрических устройств.

К числу наименее изученных пострадиационных явлений в ЖК относится их эмиссионная активность. Сведения об экзоэлектронной эмиссии (ЭЭ) холестериков в условиях мезоморфной реакции содержатся в ряде единичных публикаций [3-5], эмиссия радиочастотных импульсов (ЭРИ) в ЖК и условия ее проявления практически не исследованы [6].

В настоящей работе приводятся результаты эмиссионных исследований рентгенизированных ЖК, претерпевающих фазовый переход жидкий кристалл твердый кристалл (ЖК → ТК). В качестве эмиттера был выбран холестерилкаприлат (ХК) — мезоген с устойчиво воспроизводимым при кристаллизации эмиссионным эффектом [3]. Стеклопластиковая подложка с твердокристаллическим препаратом помещалась на нагреваемый столик вакуумной камеры (давление  $5 \cdot 10^{-5}$  мм рт. ст.), температура определялась термпарой с точностью 0,2 К. Фазовые переходы фиксировались по изменению коэффициента пропускания образцом поляризованного света. ЖК облучались в твердокристаллическом состоянии рентгеновским излучением трубки с *Cu*-антикатодом (ток пучка 20 мА, напряжение 30 кВ). ЭЭ и ЭРИ измерялись в функции температуры со свободной поверхности кристаллизующихся ЖК. Детектором экзоэлектронных служил вторичноэлектронный умножитель, электромагнитное излучение регистрировалось с помощью плоской пассивной антенны. Сигналы детекторов обрабатывались отдельно стандартным спектрометрическим трактом. Подробно методика измерений изложена в [7].

На рис. 1 представлены результаты исследования эмиссионной активности необлученного ХК и пропускания света при охлаждении (исходное состояние — изотропная жидкость, скорость охлаждения 1 К/мин). Коэффициент пропускания претерпевает последовательные изменения в соответствии со сменой фазового состояния об-

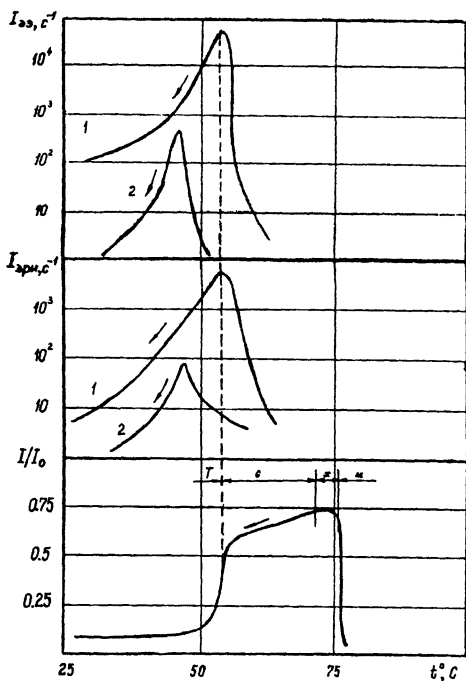


Рис. 1. Температурные зависимости интенсивности ЭЭ ( $I_{\text{эз}}$ ) ЭРИ ( $I_{\text{эри}}$ ) и коэффициента пропускания ( $I/I_0$ ) ХК при охлаждении из изотропножидкого состояния. 1 - необлученный ХК, 2 - облученный ХК (время облучения 12 час).

разца: изотропная жидкость (и), холестерик (х), смектик (с), твердый кристалл (т). Эмиссионный эффект проявляется только в температурной области кристаллизации препарата, включая предпереходный и послепереходный участки. Зависимости интенсивностей ЭЭ и ЭРИ от температуры носят экстремальный характер с максимумом в точке фазового перехода. Особенности термокинетики ЭЭ обсуждались в [3, 4].

ЭРИ представляет собой последовательность электромагнитных импульсов с крутым передним и затянутым задним фронтами (рис. 2). Первые одиночные радиоимпульсы регистрируются в момент появления зародышей твердокристаллической фазы. Импульсы, генерируемые на разных стадиях кристаллизации, отличаются амплитудно-частотными и временными параметрами. Частотный анализ выявил сплошной характер спектра ЭРИ, типичный для разрядных процессов [8] (верхняя граничная частота 500 кГц). Мы предполагаем, что экспериментально наблюдаемая при структурной перестройке ЭРИ обусловлена формированием электростатических полей

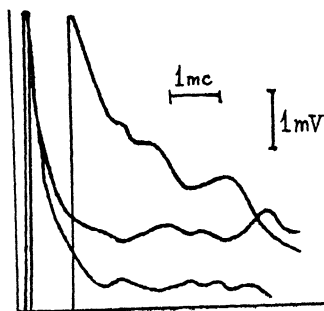


Рис. 2. Оциллограмма трех последовательных радиоимпульсов.

за счет захвата нескомпенсированного на границе раздела фаз заряда структурными и примесными ловушками. Образование в кристаллизующейся среде нескомпенсированных полей значительной напряженности [9] создает предпосылки для протекания разрядных процессов за счет пробоя между разноименно заряженными микрообъемами в образце [10].

Известно, что основными последствиями радиационной обработки ЖК являются снижение температур фазовых переходов и сужение температурной области жидкокристаллическости [11]. В данной работе эти эффекты для рентгенизированных образцов наблюдались в интервале экспозиционных доз, соответствующих временам облучения 4–12 часов. Температура фазового перехода ЖК→ТК претерпевает существенный сдвиг и для образцов с наибольшей экспозиционной дозой составляет 7 К. Радиационно-стимулированный эффект снижения температуры кристаллизации устойчив по отношению к многократному термоциклированию в температурной области ТК→изотропная жидкость, что позволяет говорить о явлении радиационной „памяти“ ЖК и его использования в целях дозиметрии.

Интенсивное электронное и электромагнитное излучение было обнаружено и при кристаллизации предварительно облученного ЖК. Установлено, что, как и в случае необлученных образцов, термокинетика эмиссионных процессов лимитируется скоростью образования и роста зародышей ТК-фазы. Вместе с тем, рентгенизация приводит к изменению параметров ЭЭ и ЭРИ (рис. 3). С ростом экспозиционной дозы наблюдается уменьшение температуры эмиссионных максимумов, что определяется соответствующим сдвигом в низкотемпературную область температуры кристаллизации облученных ЖК. Кроме того, прослеживается тенденция к сужению температурной области эмиссионной активности и уменьшению величины эмиссионных максимумов. Это является следствием снижения общего количества элементарных эмиссионных актов у облученных образцов за время фазового перехода.

Полученные экспериментальные данные дают основания полагать, что механизм эмиссионных эффектов в кристаллизующейся

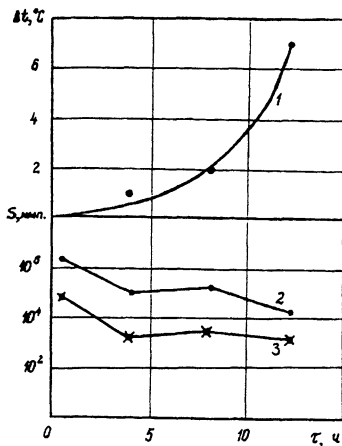


Рис. 3. Изменения параметров ЭЭ и ЭРИ холестерилкаприната после облучения. 1 – зависимость температурного сдвига ( $\Delta t$ ) максимумов от времени облучения ( $\tau$ ); 2, 3 – зависимости суммарного числа импульсов ( $S$ ) ЭЭ и ЭРИ соответственно для образцов с разными временами облучения.

ЖК-среде непосредственно связан с трансформацией надмолекулярной структуры мезогена и сопровождающими ее электрокинетическими явлениями на фазовой границе и в областях некогерентности. На это указывает уменьшение числа эмиссионных событий с ростом дозы у облученных образцов, когда часть молекул претерпевает необратимые радиационные изменения структуры и теряет мезогенные свойства. Данный процесс приводит к постепенной аморфизации изотропного расплава [2] и соответствующему уменьшению доли ТК-фазы, обеспечивающей проявление эмиссионной активности. Необходимо отметить также, что выход электронов из кристалла является результатом совокупного действия различных факторов, к числу которых можно отнести выделение скрытой теплоты фазового перехода, фото- и автоионизацию среды [3]. Последний фактор, зависящий от зарядовых эффектов [10], сопряжен и с генерацией электромагнитных импульсов. Предварительное облучение ЖК, приводящее к изменению концентрации неосновных носителей заряда [12], по-видимому, способствует снижению напряженности нескомпенсированных полей, что уменьшает вероятность как выхода экзоелектронов, так и ЭРИ.

Таким образом, в спектр радиационной „памяти“ ЖК могут быть включены, наряду с оптическими и тепловыми, также электрические и электромагнитные эффекты. На основе последних возможна разработка детекторов ионизирующих излучений, формирующих непосредственно дозово-зависимый электрический сигнал.

## С п и с о к л и т е р а т у р а

- [1] Аксельрод Е.Г., Добрин В.А., Дорохова В.В. и др. // Расплавы. 1990. № 5. С. 63-72.
- [2] Аксельрод Е.Г., Добрин В.А., Заплатина И.О. и др. // Письма в ЖТФ. 1988. Т. 14. № 5. С. 405-409.
- [3] Минц Р.И., Добрин В.А., Кузнецов О.Ю. // ЖТФ. 1978. Т. 48. С. 1759-1760.
- [4] Кузнецов О.Ю., Добрин В.А. // ФТТ. 1982. Т. 24. В. 5. С. 1549-1551.
- [5] Добрин В.А., Заплатина И.О., Крюк В.И. Тезисы докладов 5 Всесоюзной конференции „Жидкие кристаллы и их практическое использование“, Иваново, 1985, 1, 67.
- [6] Axelrod E., Dobrin V., Zavertkin S. // Sum. Europ. LC-Conference. Vilnius, ISS1, Vol. 2, F 45.
- [7] Добрин В.А., Кузнецов О.Ю. Сб.: Физические методы исследования твердого тела, Свердловск, 1979. С. 108-110.
- [8] Воробьев А.А., Заверткин С.Д., Кочербаяев Т.К. и др. // Изв. вузов. Физика, 1977. № 2. С. 105-111.
- [9] Заплатина И.О. Радиационные эффекты при фазовых переходах в жидких кристаллах. Автореферат канд. диссертации, УПИ, Свердловск, 1990. 16 с.
- [10] Качурин Л.Г., Колесов С., Псаломщиков В.Р. // ДАН СССР. 1982. Т. 267. № 2. С. 347-350.
- [11] Аксельрод Е.Г., Добрин В.А., Дорохова В.В. и др. // ЖТФ. 1989. Т. 59. В. 12. С. 132-134.
- [12] Куксенок О.В., Сугаков В.И., Шияновский С.В. // УФЖ. 1992. Т. 37. № 4. С. 589-594.

Поступило в Редакцию  
25 августа 1992 г.