

ПЕРЕХОД ЖИДКИХ КРИСТАЛЛОВ, СОДЕРЖАЩИХ АЗОХРОМОФОРНЫЕ ДОБАВКИ И КВАНТОВЫЕ ТОЧКИ, В ИЗОТРОПНУЮ ФАЗУ ПОД ДЕЙСТВИЕМ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ*

✉ В. Ю. Нестеров^{1,2}, А. С. Плотникова¹, Я. И. Дериков^{1,3}, О. Н. Карпов^{1,3},
А. С. Мерекалов³, Г. А. Шандрюк^{1,3}, Р. В. Тальрозе^{1,3}, Л. А. Головань¹

¹ *Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия*

² *Московский физико-технический институт, Долгопрудный, Россия*

³ *Институт нефтехимического синтеза им. А. В. Топчиева РАН, Москва, Россия*

✉ nesterovvy@my.msu.ru

В настоящее время полупроводниковые квантовые точки (КТ) находят широкое применение в различных областях науки и технологии. В частности, они могут демонстрировать высокий квантовый выход люминесценции и рост эффективности линейных и нелинейных оптических процессов. Это делает массивы полупроводниковых КТ перспективной средой для создания различных лазерных систем.

С практической точки зрения перспективным представляется создание композитных сред с КТ на основе матриц жидких кристаллов (ЖК), поскольку они позволяют формировать упорядоченные массивы КТ и способны управлять перераспределением КТ посредством светоиндуцированного фазового перехода «порядок — беспорядок». В состав матрицы могут быть введены фотохромные молекулы, изменяющие свою конформацию под воздействием света (переход из транс-изомера в цис-изомер), что обеспечит управление осуществлением перехода «порядок — беспорядок» в различных точках пленки ЖК и тем самым позволит сформировать условия для заданного перераспределения агрегатов КТ внутри композитной среды.

В настоящей работе исследуется переход нематической ЖК-матрицы, содержащей добавки фотохромных молекул и КТ, из организованной фазы в изотропную под действием ультрафиолетового (УФ) излучения с длиной волны 365 нм. В качестве фотохромных добавок использовались азохромофоры (АХ) — производные азобензолов различного строения в концентрациях до 10 мас.% [1]. КТ CdSe/ZnS, имеющие структуру ядро-оболочка и средний размер около 4,1 нм, были встроены в ЖК-матрицы в концентрациях до 5 мас.%.

Анализ микрофотографий просвечивающей оптической микроскопии и результатов экспериментов по измерению кинетики пропускания излучения в скрещенных поляризаторах и кинетики изменения диэлектрической проницаемости исследуемой композитной среды показал, что облучение ЖК-матриц, содержащих АХ, УФ-светом приводит к оптической изотропизации структуры. Данное состояние обратимо: при последующем облучении излучением видимого диапазона (450 нм) композит приходит в исходное состояние. Обратный переход возможен и при естественной релаксации цис-транс изомеров. Возможность осуществления светоиндуцированного фазового перехода критическим образом зависит от температуры — ниже установленных температур для исследуемых композитных сред переключения не происходят. Установлено, что температуры изотропизации различаются в случаях, когда композит освещается УФ-излучением и когда УФ-излучение отсутствует. Введение в данную среду КТ

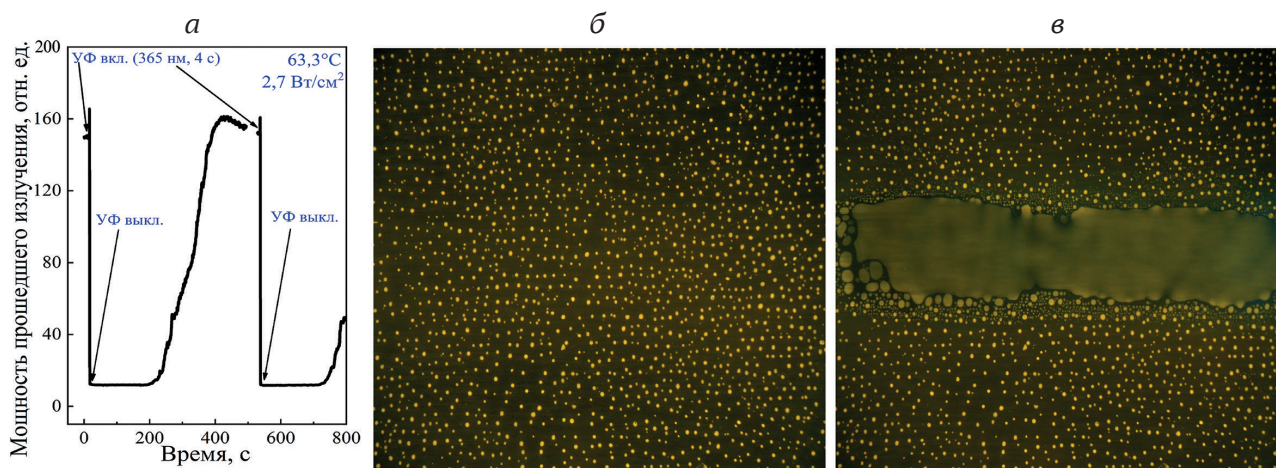
* Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда (проект № 23-19-00246).

© В. Ю. Нестеров, А. С. Плотникова, Я. И. Дериков, О. Н. Карпов, А. С. Мерекалов, Г. А. Шандрюк, Р. В. Тальрозе, Л. А. Головань, 2024

приводит к изменению температуры фазового перехода «порядок — беспорядок» по сравнению со структурой без КТ.

С помощью экспериментов по регистрации кинетики пропускания поляризованного излучения He-Ne-лазера с длиной волны 633 нм было найдено время, необходимое для светоиндуцированного перехода матрицы, содержащей АХ, из ЖК в изотропную фазу, а также время ее релаксации в ЖК-фазу по окончании освещения. На рисунке (а) представлена типичная кинетика пропускания для композита при температуре 63 °С. Время, требующееся для фазового перехода, составило 4 с, а время релаксации — около 400 с. Исследования влияния мощности УФ-излучения при облучении ЖК-матрицы с АХ при фиксированной температуре на светоиндуцированные фазовые переходы в ней показали, что изотропизация структуры происходит при интенсивности УФ-излучения не менее 0,3 Вт/см² и температуре не менее 54 °С.

Анализ изображений, полученных с помощью люминесцентной микроскопии, показал, что введенные КТ образуют агломераты в анизотропной структуре композитной среды (см. рисунок, б). Облучение УФ-светом ЖК-матриц с добавками АХ и КТ приводит к изотропизации структуры, сопровождающейся распадом агломератов (см. рисунок, в).



Кинетика изменения мощности прошедшего зондирующего излучения при включении и выключении УФ-излучения интенсивностью 2,7 Вт/см² (а) и изображения люминесцентной микроскопии ЖК-матрицы с добавками АХ и КТ до облучения УФ (б), после облучения УФ в полосе шириной 0,1 мм в течение 60 с (в). Размер изображений составляет 1,5 × 1,1 мм

Таким образом, показана возможность переключения фазы композита на основе ЖК, содержащего АХ и полупроводниковые КТ, под действием УФ-излучения, которая может быть в дальнейшем использована для создания лазерных систем.

Литература

1. Шандрюк Г. А., Егоров Ю. А., Дериков Я. И. и др. Новые азохромофоры как добавки в смесевые композиции для управления фотоиндуцированным фазовым переходом // Жид. крист. и их прак. исп. 2024. Т. 24, № 1. С. 5–21.