

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра физики полупроводников

**Получение ленгмюровского монослоя квантовых точек CdSe в смеси
«жирная кислота:жидкий кристалл» и исследование его
электрофизических свойств**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 4 курса 412 группы

направления 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»

факультета нано- и биомедицинских технологий

Гаврикова Максима Владимировича

Научный руководитель

доцент, к.ф.-м.н.

должность, уч. степень, уч. звание

подпись, дата

Глуховской Е. Г.

фамилия, инициалы

Зав. кафедрой

д.ф.-м.н., профессор

должность, уч. степень, уч. звание

подпись, дата

Михайлов А.И.

фамилия, инициалы

Саратов 2017

Введение. Свойства легированных объемных полупроводников со встроенным электрическим полем являются хорошо изученными. Для получения таких полей проводят легирование отдельных областей полупроводниковых пластин. Но так как в последнее время развитие физики твердого тела характеризуется тем, что основными объектами исследования в большей степени становятся не массивные кристаллы, а тонкие пленки, многослойные тонкопленочные системы, проводящие нити и кристаллиты малого размера, то вопрос управления электронными свойствами квантовых точек (КТ) может представлять большой научный интерес. Для создания локального электрического поля в нанобъектах можно использовать полярные молекулы, такие, как молекулы жидких кристаллов (ЖК) материалов. Такое влияние может быть очень интересным для создания новых приборов на КТ с новыми свойствами.

Поэтому целью данной работы было создание и характеристика методами сканирующей туннельной микроскопии (СТМ), атомно-силовой микроскопии (АСМ) и растровой электронной микроскопии (РЭМ) монослоев квантовых точек в амфифильной матрице сложного состава (смесей на основе поверхностно-активных веществ (ПАВ) и добавлением ЖК молекул).

Раздел 1. Был проведен анализ литературы по сопутствующим данной работе темам. Внимание уделялось рассмотрению особенностей квантово-размерных структур, таких как квантовые точки, рассмотрению особенностей жидкокристаллического состояния вещества, теоретическому изучению методик изготовления тонкопленочных структур методом Ленгмюра-Блоджетт, а также методам характеристики подобных структур, таким как атомно-силовая микроскопия, сканирующая-туннельная микроскопия и растровая электронная микроскопия. Анализ литературных источников по данным тематикам позволил в дальнейшем успешно реализовать поставленные экспериментальные задачи.

Раздел 2. В данном разделе было проведено описание объектов исследования, методов исследования и характеристики полученных образцов. Также был проведен анализ полученных экспериментальных данных, на основании которого были сделаны выводы по выполненной работе.

Раздел 2.1. Описание объектов исследования и методов исследования образцов. Квантовые точки представляли собой наночастицы селенида кадмия (CdSe) размером порядка 3–5 нм со структурой ядра без оболочек. В качестве стабилизатора использовался ТОРО. К исходному раствору КТ был добавлен хлороформ, чтобы получить концентрацию КТ порядка $(5-6) \times 10^{-5}$ М. В качестве жидкокристаллической матрицы был выбран 4'-октил-[1,1'-бифенил]-4-карбонитрил (8CB), раствор которого в хлороформе с концентрацией 1×10^{-3} М был приготовлен отдельно. Также была изготовлена смесь растворов квантовых точек и жидких кристаллов в объемном соотношении 2:1. Далее методом Ленгмюра-Болджетт было сформировано и перенесено на твердые подложки 3 монослойные структуры на основе трех изготовленных растворов, после чего полученные образцы были модифицированы для дальнейших измерений и представляли собой структуры, показанные на рисунке 1.

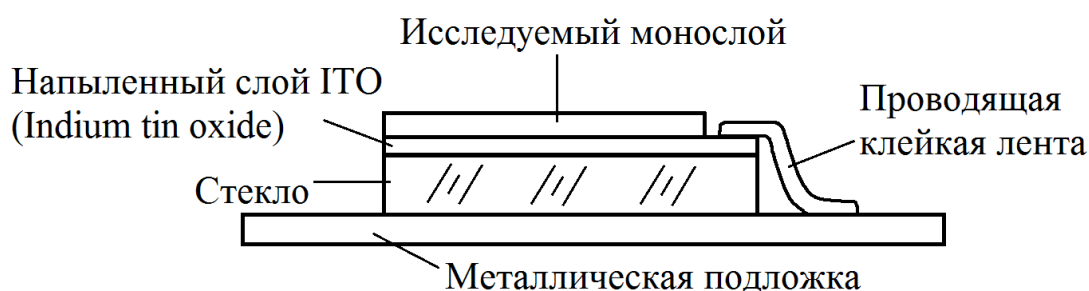


Рисунок 1 – Структура полученных образцов

Далее методами АСМ, СТМ и РЭМ было проведено исследование изготовленных образцов.

Раздел 2.2. В данном разделе был проведен анализ экспериментальных данных, полученных при исследовании монослоев исследуемых объектов

методом изотерм сжатия Ленгмюра-Блоджетт, что позволило определить как качество и чистоту используемых растворов, так и их оптимальный объем, который необходимо использовать для создания монослоев. Также это позволило выявить некоторые особенности процесса формирования монослойной структуры из смеси КТ и ЖК.

Раздел 2.3. В данном разделе проводился анализ данных о исследовании морфологии поверхности образцов методом РЭМ. Было выявлено, что структура всех трех образцов имеет пористый характер, пористость монослоя ЖК выше, чем у монослоя КТ, что может объясняться тем, что сканирующий электронный луч воздействует на исследуемую поверхность, расплавляя ее, но, ввиду разных температур плавления ЖК и КТ, пористость различается. Высокая пористость слоя смеси КТ и ЖК может объясняться и тем, что в растворе ЖК тоже присутствует стабилизатор и, при добавлении данного раствора к раствору КТ, общее количество стабилизатора в смеси увеличивается. При дальнейшем сканировании электронным лучом стабилизатор испаряется, что и приводит к образованию дополнительных пор. Также было выявлено, что у образца смеси КТ и ЖК отдельные скопления имеют больший размер и высоту, чем у слоев КТ и ЖК, что может быть следствием дополнительного скопления жидких кристаллов вокруг квантовых точек.

Раздел 2.4. В данном разделе проводился анализ данных о исследовании морфологии поверхности образцов методом АСМ. Полученные данные также позволили выявить явление агрегации жидких кристаллов на квантовых точках. На изображении поверхности образца смеси КТ и ЖК (рисунок 2) для большей области сканирования явно видно изменение рельефа в меньшей области прошлого сканирования, что может быть объяснено следующим образом. Сканирование производится в полуконтактном режиме, зонд механически воздействует на поверхность образца. Подобное воздействие на монослой ЖК приводит к его локальной деформации в области соприкосновения зонда, но, ввиду более мягкой и

жидкой структуры ЖК, слой возвращается в прежнее состояние. Монослой КТ менее подвержен подобному воздействию вследствие плотной упаковки квантовых точек в слое и отсутствия такой мягкости и текучести слоя, как у ЖК. Поэтому на изображениях этих слоев подобного эффекта не наблюдается. В случае слоя смеси точек и кристаллов, механическое воздействие приводит к локальной деформации ЖК, при которой ЖК агрегируют вокруг находящихся рядом неподвижных квантовых точек, оставаясь в таком положении и далее, что и приводит к проявлению подобного эффекта при повторном сканировании большей области.

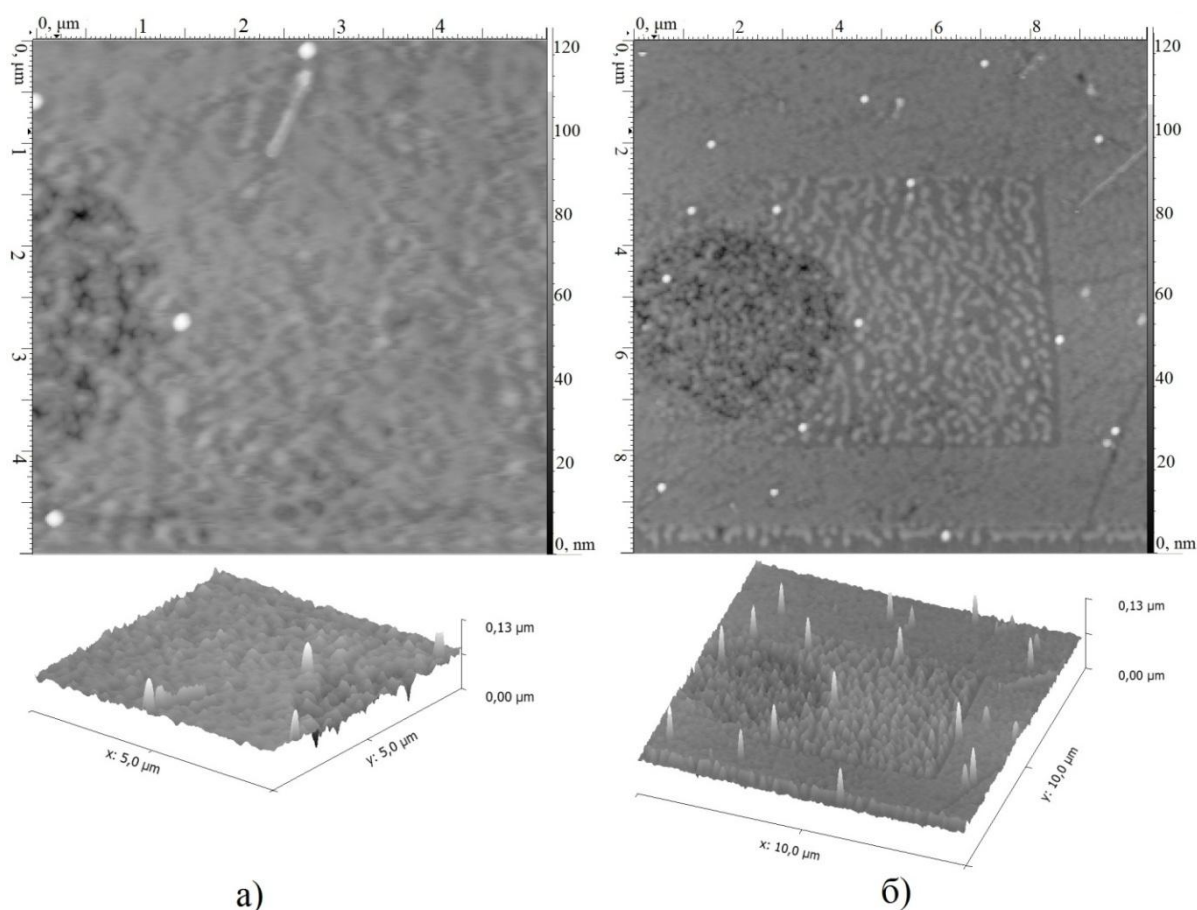


Рисунок 2 – АСМ изображения монослоя смеси растворов КТ и ЖК

Раздел 2.5. В данном разделе проводилось исследование влияния локального поля ЖК на электронные свойства КТ. Для этого анализировались полученные вольт-амперные и ток-высотные характеристики образцов, полученные методом СТМ. Для анализа так же

были построены нормированные на статическую проводимость дифференциальные ВАХ образцов, из которых было выявлено, что модификация квантовых точек жидкими кристаллами приводит как к появлению дополнительных энергетических уровней для носителей заряда в запрещенной зоне, так и расширению самой зоны. Также анализ токовых характеристик выявил отличие явления токопереноса в системе квантовая точка-зонд для образца монослоя КТ и монослоя КТ, модифицированного жидкими кристаллами.

Заключение. Для выполнения поставленных задач создания и характеристики монослойной структуры на основе квантовых точек в амфифильной смеси с добавлением жидких кристаллов, в ходе данной дипломной работы я проанализировал литературные источники по темам:

- полупроводниковые квантовые точки и жидкокристаллическое состояние вещества;
- технология Ленгмюра-Блоджетт в качестве метода создания монослойных структур;
- сканирующая туннельная микроскопия, атомно-силовая микроскопия и растровая электронная микроскопия в качестве методов исследования и характеристики тонкопленочных структур.

Мною была освоена методика создания тонкопленочных структур методом Ленгмюра-Блоджетт. В процессе создания монослоев, они были исследованы методом изотерм сжатия Ленгмюра-Блоджетт, что позволило определить как необходимое объемное соотношение квантовых точек и жидких кристаллов в растворе их смеси, так и некоторые параметры самих растворов: их чистоту и оптимальную концентрацию КТ и ЖК в них.

Была создана и перенесена на твердую подложку монослойная структура на основе квантовых точек CdSe в стабилизаторе ТОРО с добавлением жидких кристаллов 8CB, методика создания которой была подробно описана.

Методами атомно-силовой и растровой электронной микроскопии исследовалась морфология поверхности полученной структуры, что позволило выявить, что жидкие кристаллы, при добавлении к раствору квантовых точек, агрегируют вокруг квантовых точек в монослое, также было выявлено, что подобная дополнительная агрегация происходит при механическом воздействии на слой со стороны измерительного зонда, причем подобное видоизмененное состояние сохраняется во времени.

Исследование образцов методом сканирующей туннельной микроскопии на установке НАНОЭДЮКАТОР II показало, что подобная методика исследования позволяет зарегистрировать влияние ЖК на электрофизические свойства КТ. Было выявлено, что добавление жидких кристаллов изменяет вольт-амперную характеристику квантовых точек, также анализ нормированных дифференциальных ВАХ позволил выявить как изменение ширины запрещенной зоны, так и образование дополнительных энергетических уровней в запрещенной зоне квантовых точек при их модификации жидкими кристаллами, что вносит изменения в токоперенос в системе КТ – зонд.