

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
(Н И У « Б е л Г У »)

ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК
КАФЕДРА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

**«Жидкокристаллическая дифракционная решетка,
управляемая полем р-п перехода»**

Выпускная квалификационная работа

**студента очной формы обучения
направления подготовки 03.03.02 Физика профиль «Физика конденсированного
состояния»**

**4 курса группы 07001210
Богданова Сергея Ивановича**

Научный руководитель

Канд. физ.-мат. наук, доцент

Кучеев С.И.

БЕЛГОРОД 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	
3	
ГЛАВА I. Литературный	
обзор.....	5
1.1. Жидкие	
кристаллы.....	5
1.1.1. Нематические жидкие	
кристаллы.....	6
1.1.2. Анизотропия нематиков. S и B –	
эффекты.....	7
1.2. Дифракционная	
решетка.....	10
1.2.1. Изготовление дифракционных	
решеток.....	11
1.3. Дифракционные жидкокристаллические структуры на основе	
полимерного	
фотоориентанта.....	1
2	
1.4. P-n	
переход.....	13
ГЛАВА II. Экспериментальная	
часть.....	16
2.1. Жидкокристаллическая ячейка.	
.....	16
2.2. Экспериментальная	
установка.....	18

2.3. Эксперимент с лазером.....	19
2.4. Ориентация жидкого кристалла под действием напряжения.....	23
2.5 Результаты эксперимента.....	28
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	3
4	
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	35

ВВЕДЕНИЕ

В истории физики, дифракционные решетки, выступают как один из самых незаменимых инструментов. До изобретения Майкельсоном интерферометра, названного его именем, дифракционные решетки были единственным инструментом, с помощью которого измерялись характеристические длины волн атомных спектров. В связи с трудностями связанными с механическим изготовлением дифракционных решеток, начали рассматриваться многие другие методы их изготовления. Майкельсон предложил использовать в производстве дифракционных решеток фотографический метод. Затем, Денисюк, рассмотрел возможность получения дифракционных решеток с помощью записи интерференционных полос. Первые голографические решетки для спектроскопических исследований были изготовлены в 1967г. Шмалем и Рудольфом в оптической лаборатории Геттингенской обсерватории. Однако интерес к изготовлению дифракционных решеток велик и по сей день.

Используя новые технологии, ученые начали развивать возможность создания дифракционных решеток, используя уникальные свойства жидкокристаллических элементов – тонкие оптические слои, низкие рабочие напряжения. Именно эти свойства вызывают возрастающий интерес промышленных фирм и научно-исследовательских организаций.

Известно, что разработан способ создания дифракционных структур на основе нематического жидкого кристалла и полимерного фотоориентанта, с предварительной механической натиркой ориентирующей поверхности поливинилового спирта. Недостатком такого метода, является то, что для ориентации слоев жидкого кристалла используется механическая натирка. Однако имеются возможности создания управляемой дифракционной решетки с использованием жидкого кристалла, без предварительной механической натирки поверхности.

Актуальностью темы является то, что управляемые дифракционные решетки, на основе переориентаций молекул жидкого кристалла, способны обеспечивать обработку информации, фокусировку, коррекцию волнового фронта и найдут применение в спектральных приборах.

Целью работы является создание электрически-управляемой дифракционной решетки, на основе переориентации молекул жидкого кристалла, под действием электрического поля р-п перехода.

Исходя из поставленных целей, были сформулированы следующие задачи:

- определение оптимальных параметров управляющего напряжения при возбуждении жидкокристаллической ячейки.

- исследовать особенности переориентации молекул жидкого кристалла в окрестности р-п перехода.

- показать возможность использования электрических полей р-п переходов, для формирования дифракционной решетки, в слое жидкого кристалла.

- определение важности планаризации поверхности р-п переходов.

ГЛАВА I. Литературный обзор

1.1. Жидкие кристаллы

Жидкий кристалл – это вещество, проявляющее одновременно свойства жидкости и кристалла. Некоторые органические вещества, могут образовывать жидкокристаллическое агрегатное состояние. Это состояние обеспечивается путем плавления кристаллов некоторых веществ.

Жидкие кристаллы обладают вязкостью, это их главное отличие от обычных кристаллов, но несмотря на это, они обладают упорядоченным расположением молекул, что характерно для кристалла. Упорядочение молекул в жидких кристаллах не такое, как в обычном кристалле, но все же оно существенным образом влияет на свойства жидких кристаллов и придает им оптические свойства, присущие твердым кристаллам. В жидких кристаллах нет жесткой кристаллической решетки. Поэтому они, подобно жидкостям, обладают свойством текучести.

Сближающим жидкие кристаллы с обычными кристаллами, является свойство наличия порядка в пространственной ориентации молекул. Такой порядок в ориентации может проявляться, в том, что все длинные оси молекул в жидкокристаллическом образце расположены в одном направлении. На рисунке 1.1 представлено расположение молекул нематического жидкого кристалла. Кроме простейшего расположения осей молекул, в жидких кристаллах может осуществляться более сложный ориентационный порядок [1].

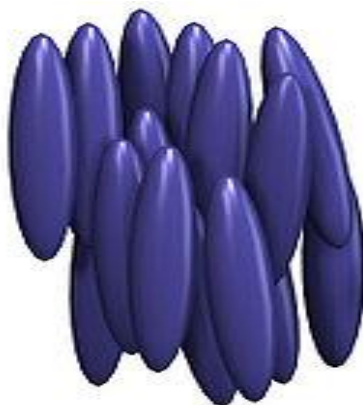


Рис. 1.1. Модель расположения молекул нематического жидкого кристалла.

1.1.1. Нематические жидкие кристаллы

В нематических жидких кристаллах, под микроскопом можно обнаружить наличие мельчайшей структуры в виде нитей, концы которых либо свободны, либо связаны стенками емкости, в которой находится вещество. Основные черты нематической мезофазы перечислены ниже и графически представлены на рисунке 1.2.



Рис.1.2. Графическое изображение расположения молекул нематического жидкого кристалла.

Отсутствует дальний порядок в расположении центров тяжести молекул, что проявляется в полной свободе перемещений центров тяжести отдельных

молекул в пространстве. Существует дальний порядок в ориентации молекул, что отражается на всех макроскопических свойствах. Молекулы нематического жидкого кристалла имеют свойство устанавливаться параллельно некоторой общей оси. Направление их преимущественной ориентации принято характеризовать вектором n , называемым директором. Имеется полная симметрия вращения молекул относительно оси n . Направление вектора n в пространстве произвольно, в основном оно определяется влиянием стенок сосуда. Эта ситуация характерна для систем с нарушенной симметрией вращения. Состояния директоров n и $(-n)$ неразличимы. Нематическая фаза встречается только среди веществ, у которых левая и правая формы неразличимы[6].

1.1.2. Анизотропия нематиков. S и B – эффекты

Жидкие кристаллы по своей природе являются диэлектриками. Но подобно твердым кристаллам они обладают различиями свойств среды. Диэлектрическая анизотропия дает, возможность ориентировать нематик электрическим полем. В итоге, в жидком кристалле с положительной диэлектрической анизотропией, направление ориентации нематика стремится расположиться вдоль электрического поля, а при отрицательной, направление ориентации жидкого кристалла стремится установиться перпендикулярно электрическому полю. Сила упругости стремятся вернуть жидкий кристалл в изначальное состояние, определяемое граничными условиями на поверхности слоя. Когда исходное направление максимальной поляризуемости жидкого кристалла перпендикулярно электрическому полю, существует пороговое напряжение, при достижении которого, начинается деформация. Отметим, что деформация максимальна в центре слоя жидкого кристалла и практически не

заметна на краях, причем угол поворота молекул φ может, достигать значения 90° .

Современные технологии позволяют получать практически любую ориентацию молекул жидкого кристалла на подложках. Однако, при условии, что начальная ориентация поверхности будет задана с помощью ориентирующих поверхностей.

В основе изучения всех ориентационных эффектов стоит утверждение: ориентация директора n должна соответствовать минимуму свободной энергии при заданных граничных условиях. Чаще всего для исследования электрооптических эффектов используются ячейки «сэндвичего» типа, рисунок 1.3. В данной конструкции свет проходит вдоль направления электрического поля.

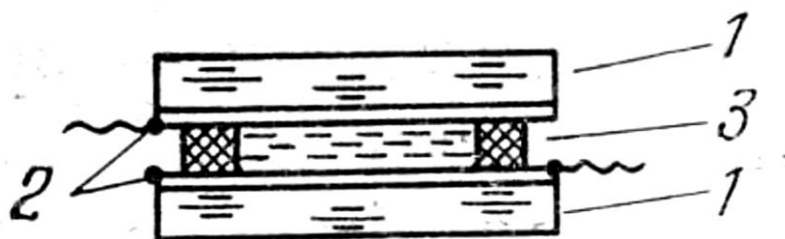


Рис.1.3. Конфигурация электрооптической ячейки сэндвичего типа: 1 – стеклянные подложки, 2 – прозрачные электроды, 3 – диэлектрические прокладки.

Если в исходном состоянии направления электрического поля и директора нематического жидкого кристалла не соответствуют условию ориентационных эффектов, то в электрическом поле, способном преодолеть силы упругости, произойдет переориентация и установится его новое ориентационное состояние. Этот эффект был исследован Фредериксом. Первоначальная ориентация директора является планарной ($E \perp n$) для S-эффекта и гомеотропной ($E \parallel n$) для В-эффекта рисунок 1.4 (а, б). Диэлектрическая анизотропия нематического жидкого кристалла в случае S-

эффекта положительная, для В-эффекта – отрицательная. При жестком сцеплении нематического жидкого кристалла с подложкой, переориентация директора в электрическом поле возможна только при достижении порогового значения напряженности.

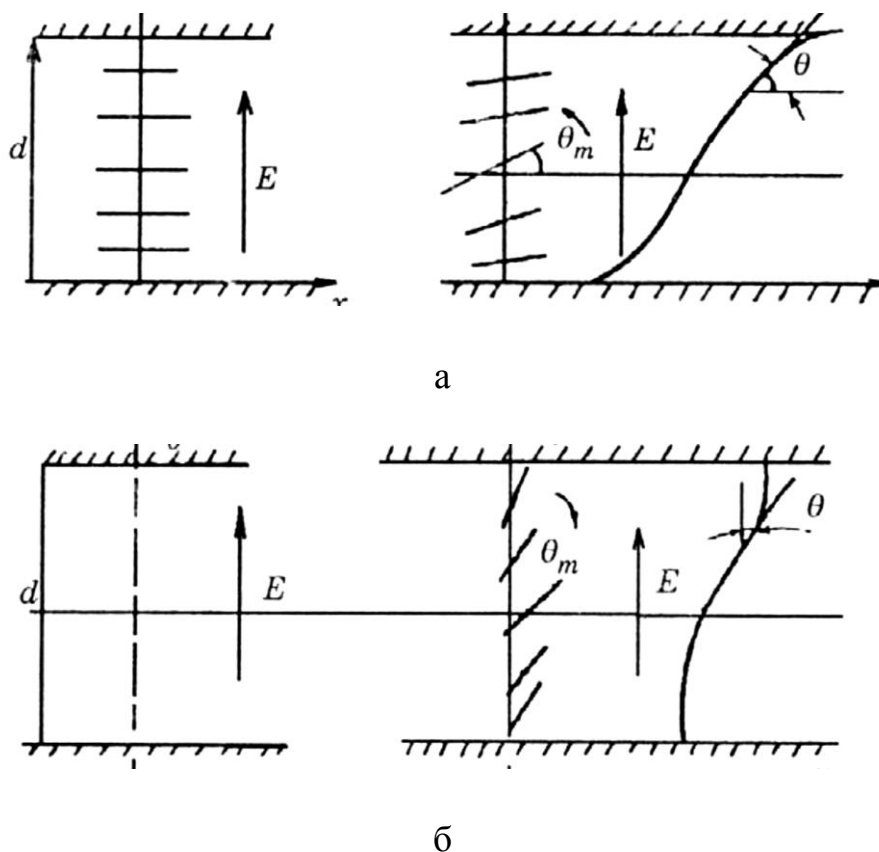


Рис.1.4. а – S-эффект, исходная ориентация планарная; В-эффект, исходная ориентация гомеотропная.

Зависимости интенсивности света, прошедшего через ячейку, для S и В-эффекта отличаются тем, что в начальном состоянии, то есть начальное пропускание ячейки с гомеотропной ориентацией в скрещенных поляроидах минимально[2,11].

1.2. Дифракционная решетка

Дифракционная решётка – оптический прибор, служащий для анализа спектрального состава оптического излучения. Дифракционная решётка представляет собой большое количество близко расположенных параллельных щелей. При освещении решётки монохроматическим светом на её выходе наблюдаются узкие пучки света с большой интенсивностью, потому, что интерференционные максимумы зависят от длины волны. Белый свет, прошедший через дифракционную решётку, будет разлагаться на множество лучей разных цветов. Исходя из этого, мы можем исследовать спектральный состав света. Выражение для интерференционных максимумов одинаково для пары щелей и дифракционной решётки, но для дифракционной решетки, максимум оказывается намного более интенсивным, обеспечивая высокое разрешение в спектральных исследованиях. Расстояние, через которое повторяются штрихи на решётке, называют постоянной (периодом дифракционной) решётки и обозначают буквой d . Условия интерференционных максимумов дифракционной решётки, при условии, если луч света падает на отражательную дифракционную решетку под углом θ , представлены формулой.

$$d(\sin\alpha + \sin\theta) = \pm k\lambda$$

где, d – период дифракционной решетки, α – угол максимума, θ – угол падения на дифракционную решетку, k – порядковый номер максимума, λ – длина волны.

1.2.1.Изготовление дифракционных решеток

Дифракционная решетка должна обладать малым периодом и большим числом штрихов. Они должны быть строго параллельными между собой и ширина штрихов строго одинакова. Важно, чтобы период решетки был постоянен [7].

Изначально производством решеток занимались часовщики, потому что они были единственные, кто имел опыт работы с деталями высокой точности. В ранних конструкциях, дифракционная решетка, представляла собой ряд очень тонких нитей намотанных на два параллельных болта. Эта конструкция представляла собой, как бы повторяющуюся в пространстве щель, представляющую собой чередование прозрачных и не прозрачных участков.

Более распространенными являются решетки, выполненные путем нанесения алмазным резцом тончайших отверстий на поверхность стекла для пропускающих решеток или на зеркальные металлические поверхности для отражательных решеток.

Прогресс, в производстве дифракционных решеток, произошел после изобретения Роуландом специальной гравировальной машины. Однако производство гравировальных решеток требует значительных затрат времени. Из-за трудностей, связанных с механическим изготовлением решеток, рассматривалось много других методов их изготовления.

Майкельсон впервые предложил использовать в производстве дифракционных решеток фотографический метод. Затем, Денисюк, рассмотрел возможность получения дифракционных решеток с помощью записи интерференционных полос. Современная технология позволяет получать периодическое гофрирование с помощью, так называемого голографического метода. [4].

1.3. Дифракционные жидкокристаллические структуры на основе полимерного фотоориентанта

Создание оптоэлектронных жидкокристаллических элементов с управляемой дифракцией на основе периодических ориентирующих структур, записанных поляризованным ультрафиолетовым излучением в слоях бензальдегидсодержащих полимеров.

Приведенные ниже результаты показывают, что под действием поляризованного ультрафиолета в объеме полимерного материала и на его поверхности наводится оптическая анизотропия, в результате чего поверхность приобретает свойства жидкокристаллического ориентанта. Принципиальная схема жидкокристаллической ячейки представлена на рисунке 1.5.

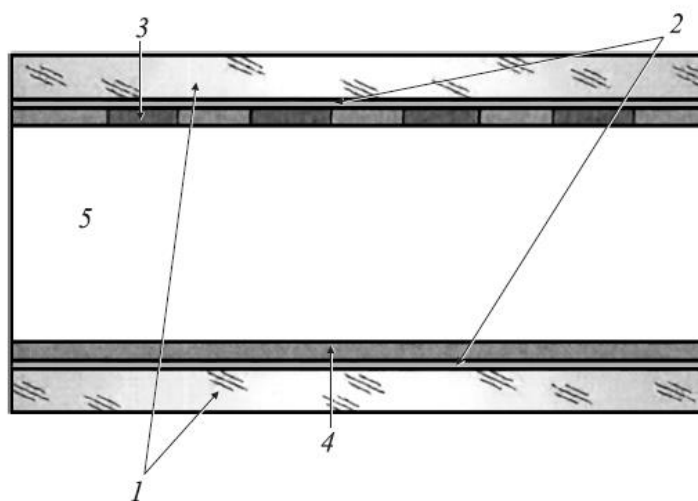


Рис.1.5. Схема ЖК-ячейки: 1 — стеклянные подложки, 2 — прозрачные электроды, 3 — фотополимер с периодической засветкой, 4 — ориентант (ПВС), 5 — нематический жидкий кристалл.

В качестве ориентанта второй пластины использовался тонкий слой поливинилового спирта (ПВС). Заполнение оптической ячейки жидким

кристаллом осуществлялось в вакуумной камере. Толщина ЖК слоя составляла 20 мкм. Использовался нематический ЖК 1289.

В результате была показана возможность создания схем электрического управления дифракционной эффективностью жидкокристаллической структуры, созданной на основе нового фотоориентирующего материала. Определены оптимальные условия формирования дифракционных решеток в жидкокристаллическом слое и рабочий диапазон электрического напряжения[5].

1.4. p-n переход

P-n переходом называют контакт двух объектов полупроводника противоположного типа проводимости. Схематическое изображение структуры p-n перехода представлено на рисунке 1.6.

Поскольку концентрация электронов в полупроводнике n-типа значительно больше, чем в полупроводнике p-типа, то на границе раздела полупроводников создается перепад концентрации дырок и электронов. Это вызывает проникновение электронов из n-области в p-область и дырок из p-области в n-область.

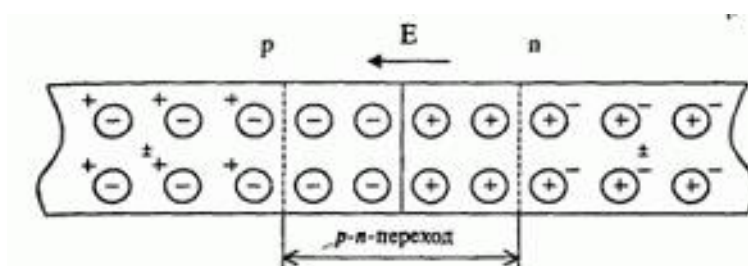


Рис. 1.6. Структура p-n перехода.

В результате ухода электронов из приконтактной области n-типа и дырок из приконтактной области p-типа на этих участках образуется обедненный от подвижных носителей заряда слой и появляется нескомпенсированный положительный заряд за счет ионов донорной примеси и отрицательный заряд за счет ионов акцепторной примеси. Запирающий слой, представляет, таким образом, область полупроводника с плотностью объемного заряда, наличие, которого приводит к образованию электрического поля. На рисунке 1.6, изображено направление напряженности поля вектором E , препятствующего дальнейшему диффузионному перемещению электронов из полупроводника n-типа в полупроводник p-типа и дырок p-типа в полупроводник n-типа.

Под действием электрического поля через p-n переход могут перемещаться лишь неосновные носители, дырки из полупроводника n-типа и электроны из полупроводника p-типа, которые обуславливают дрейфовый ток.

Если приложить к n-области напряжение со знаком плюс, а к p-области напряжение со знаком минус (такое включение называют обратным), то внешнее электрическое поле будет замедлять электроны и дырки, двигающиеся к границе областей. Свободные электроны будут стремиться к границе в глубину n-области, к плюсу, а дырки будут стремиться к границе в глубину p-области, к минусу. Количество и глубина проникновения электронов в p-область, а дырок в n-область – уменьшится, таким образом, уменьшится зона обмена носителей заряда. Одновременно уменьшится и тормозящее поле, возникающее в p-n переходе. Как только электрическое поле вырастет настолько, что ни один электрон и ни одна дырка не сможет подойти к границе, обмен носителей заряда прекратится и ток перестанет протекать.

Если приложить к n-области напряжение со знаком минус, а к p-области напряжение со знаком плюс (такое включение называют прямым), то внешнее электрическое поле будет ускорять электроны и дырки, идущие к границе областей, в результате увеличится ширина зоны обмена и число стремящихся в

эту зону зарядов. Сила электрического тока будет увеличиваться. Одновременно будет увеличиваться и тормозящее поле, возникающее в р-п переходе. Можно отметить, что хорошему протеканию тока способствует прямое включение р-пперехода, а обратное наоборот предотвращает протекание электрического тока.

ГЛАВА II. Экспериментальная часть

2.1 Жидкокристаллическая ячейка

В эксперименте использовалась кремниевая пластина *n* типа проводимости. С помощью фотолитографии и ионного легирования в ней созданы области *p* типа проводимости. Поверх кремниевой пластины выращен тонкий слой окиси кремния (SiO_2), толщиной примерно 0,35 мкм. Сечение кремниевого образца изображено на рисунке 2.1.

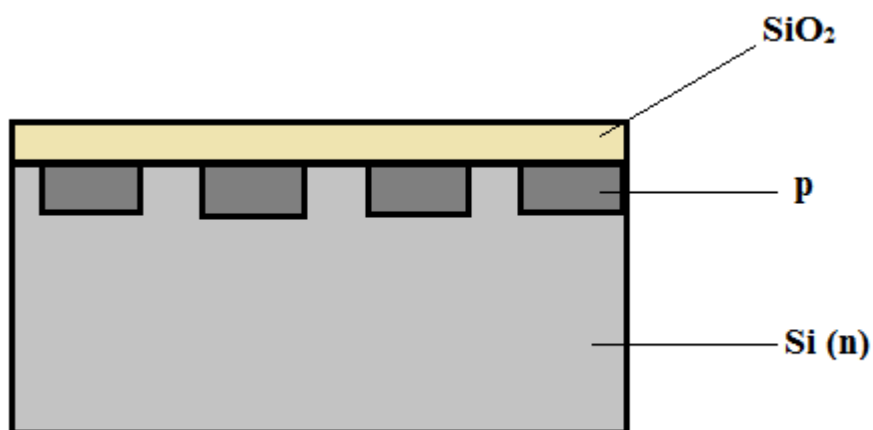


Рис. 2.1. Сечение кремниевого образца.

На рисунке 2.2 представлено изображение фрагмента кремниевой пластины снятой фотокамерой в микроскопе.

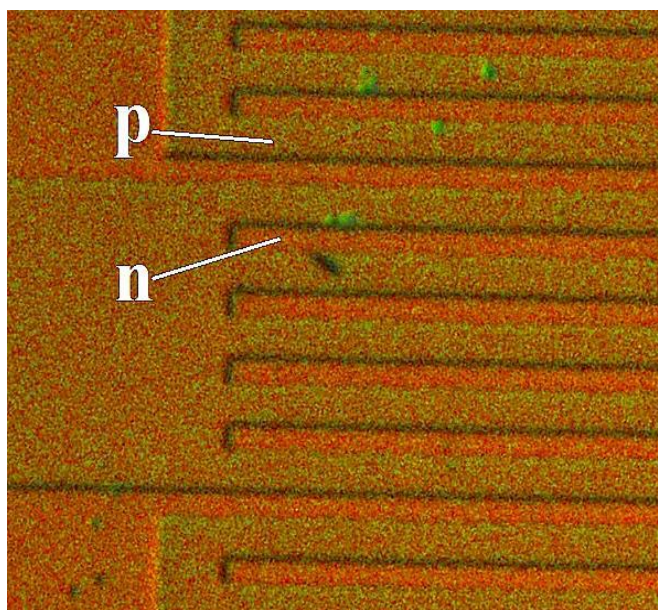


Рис. 2.2. Изображение фрагмента кремниевого образца снятого фотокамерой в микроскопе. Вид сверху.

Используя кремниевую пластину, путем добавления тонкого слоя жидкого кристалла 5СВ (пентилцианобифенил с толщиной около 10 мкм), нематического типа, с исходной гомеотропной ориентацией молекул. И положив сверху стекло, была создана жидкокристаллическая ячейка, сечение которой изображено на рисунке 2.3

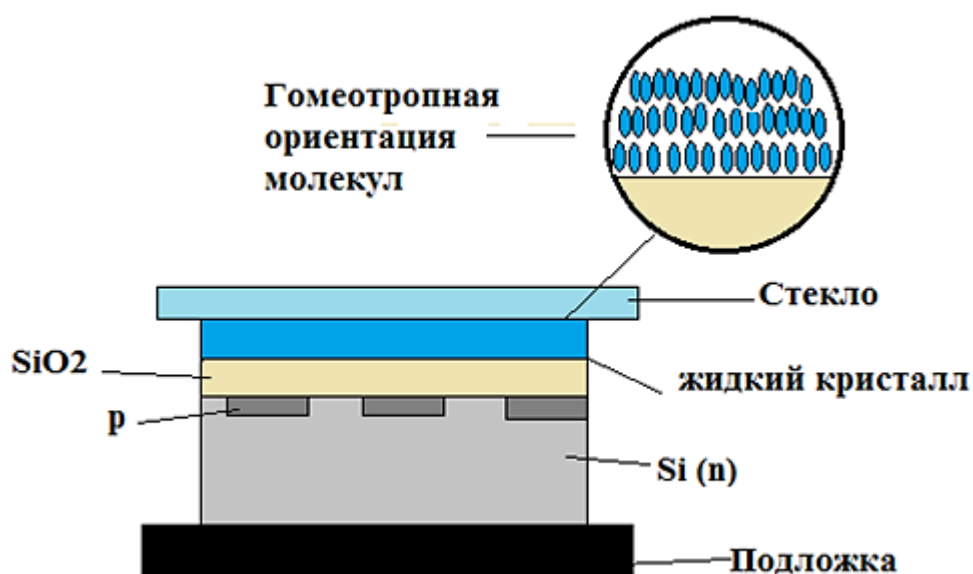


Рис. 2.3. Сечение жидкокристаллической ячейки.

2.2. Экспериментальная установка

Экспериментальная установка, собранная для определения свойств жидкокристаллической ячейки изображена на рисунке 2.4 и состоит:

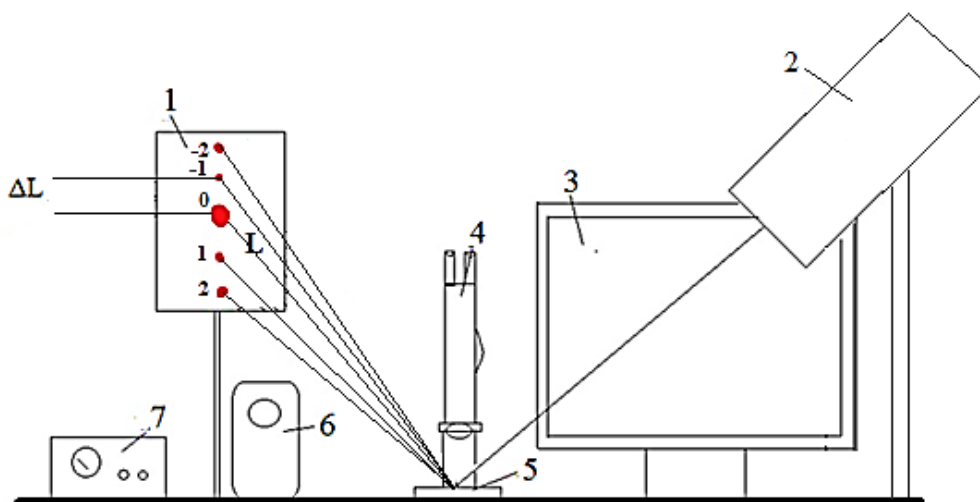


Рис. 2.4. Схематическое строение экспериментальной установки

1-экран, 2- лазер, 3- компьютер, 4- микроскоп, 5- жидкокристаллическая ячейка, 6- генератор, 7- вольтметр. Цифры на экране -2,-1,0,1,2 обозначают порядковый номер дифракционных максимумов. ΔL расстояние между дифракционными максимумами, L расстояния от ячейки до экрана.

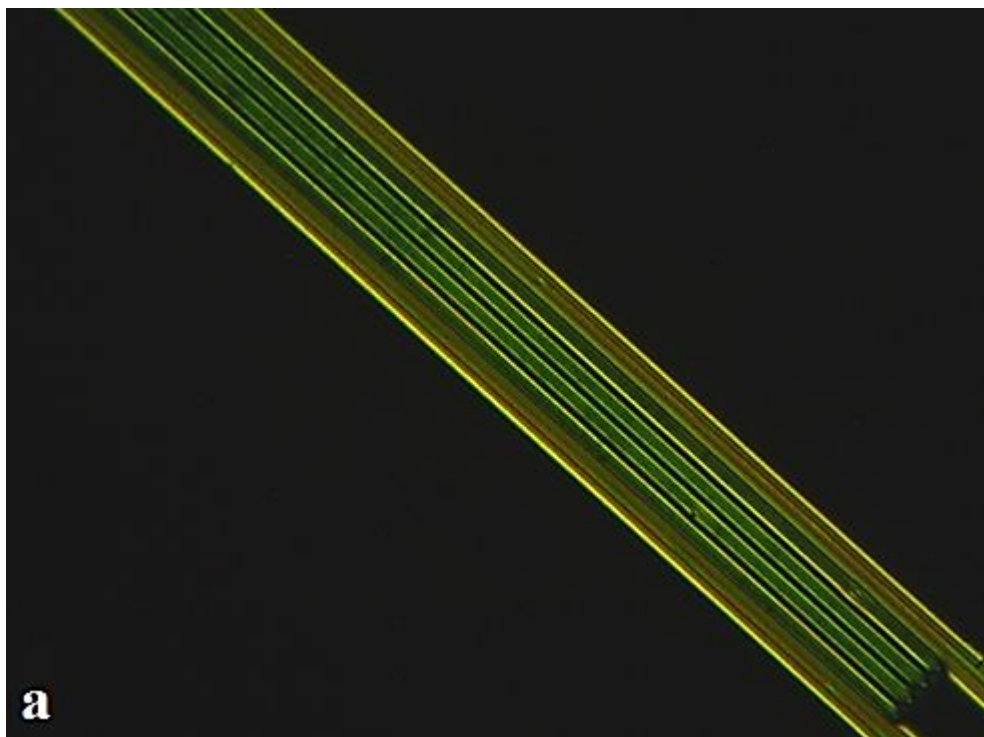
Генератор, предназначен для подачи напряжения. Вольтметр, для изменения напряжения. Компьютер используется для оцифровки данных полученных в микроскопе. Микроскоп с камерой для подробного рассмотрения ячейки с возможностью фотографирования данных. Гелий-неоновый лазер (He-Ne) 635нм, когерентный источник света, предназначенный для наблюдения дифракционной картины. Жидкокристаллическая ячейка, подключенная к

генератору.Экран для получения дифракционной картины после взаимодействия пучка света и поверхности ячейки.

2.3. Эксперимент с лазером

Измерения проходили в большом диапазоне частот переменного напряжения приложенного к ячейке. Однако с увеличением частоты, влияние когерентного излучения лазера, на р-п переход, становилось меньше. Исходя из этого, была выбрана частота порядка 10кГц.

Для наглядного подтверждения ниже на рисунке 2.5 изображена жидкокристаллическая ячейка с р-п переходом при частоте порядка 1 кГц.



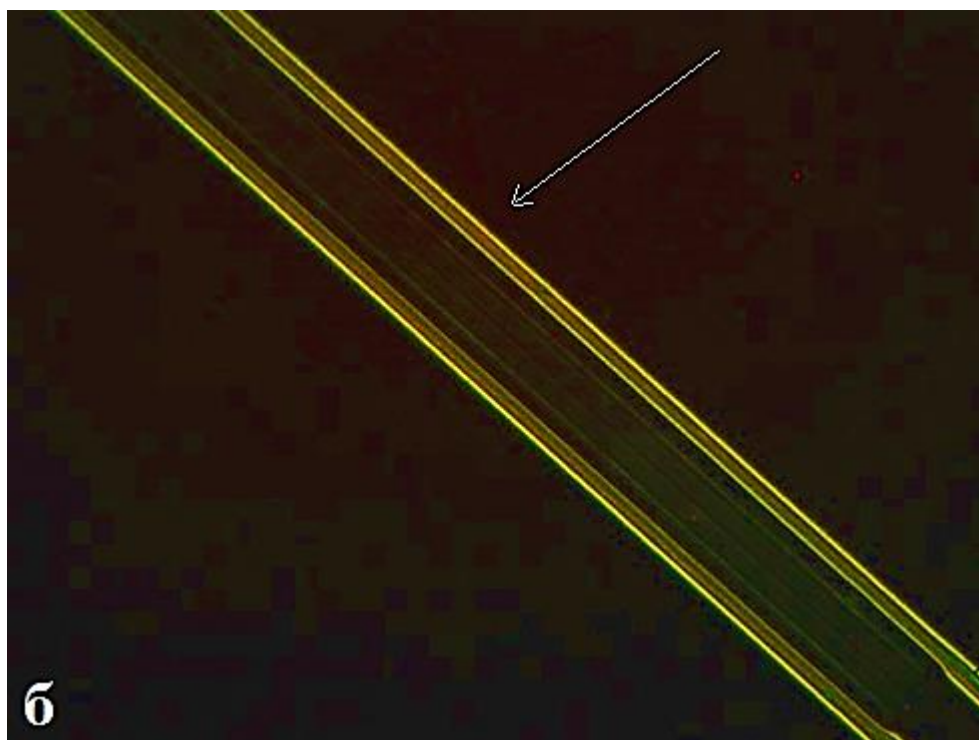
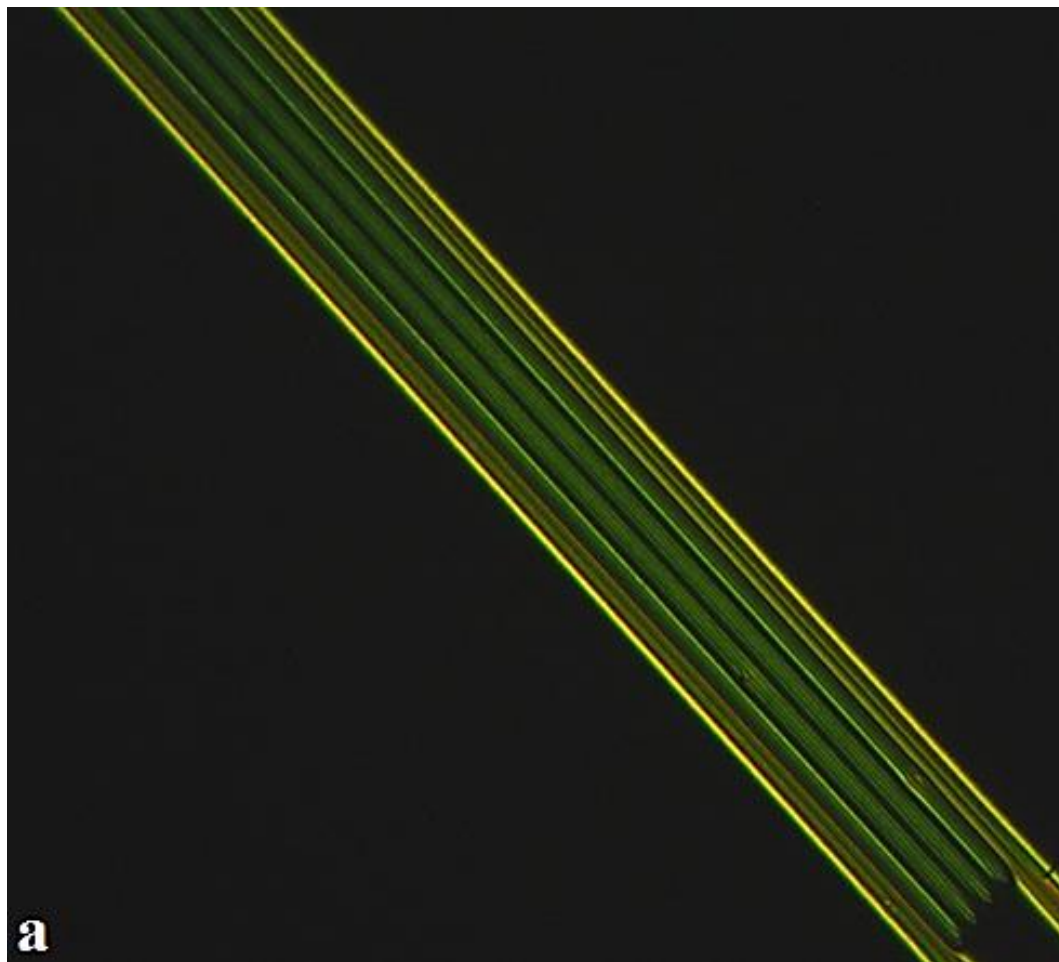


Рис. 2.5. Жидкокристаллическая ячейка с р-ппереходом при частоте порядка 1 кГц и напряжением 4.11В, а-без облучения лазером, б-под действием облучения лазером. Стрелкой указано красное пятно от лазера.

Действие когерентного излучения лазера влияет на кремниевую пластину, с областями р и n. Это происходит потому, что фотоны, воздействуя на р-переход и прилегающие к нему области, вызывают генерацию пар носителей заряда. Возникшие в р и областях электроны и дырки движутся к переходу, и если они не успели рекомбинировать, то попадают под действие внутреннего электрического поля, имеющегося в переходе. Это электрическое поле также действует и на носители заряда, возникающие в самом переходе. Электрическое поле разделяет электроны и дырки. В результате такого процесса избыточные основные носители заряда накапливаются в областях р и n, то есть создаются соответственные заряды электронов и дырок и возникает разность потенциалов.

Учитывая, что фотон вызывает генерацию носителей заряда в р-переходе при частоте порядка 1 кГц, следовало увеличить частоту.

Эксперимент показал, что при частоте порядка 10 кГц, влияние пучка света на области р-п перехода практически нет. На рисунке 2.6 изображена ячейка, с р-п переходом.



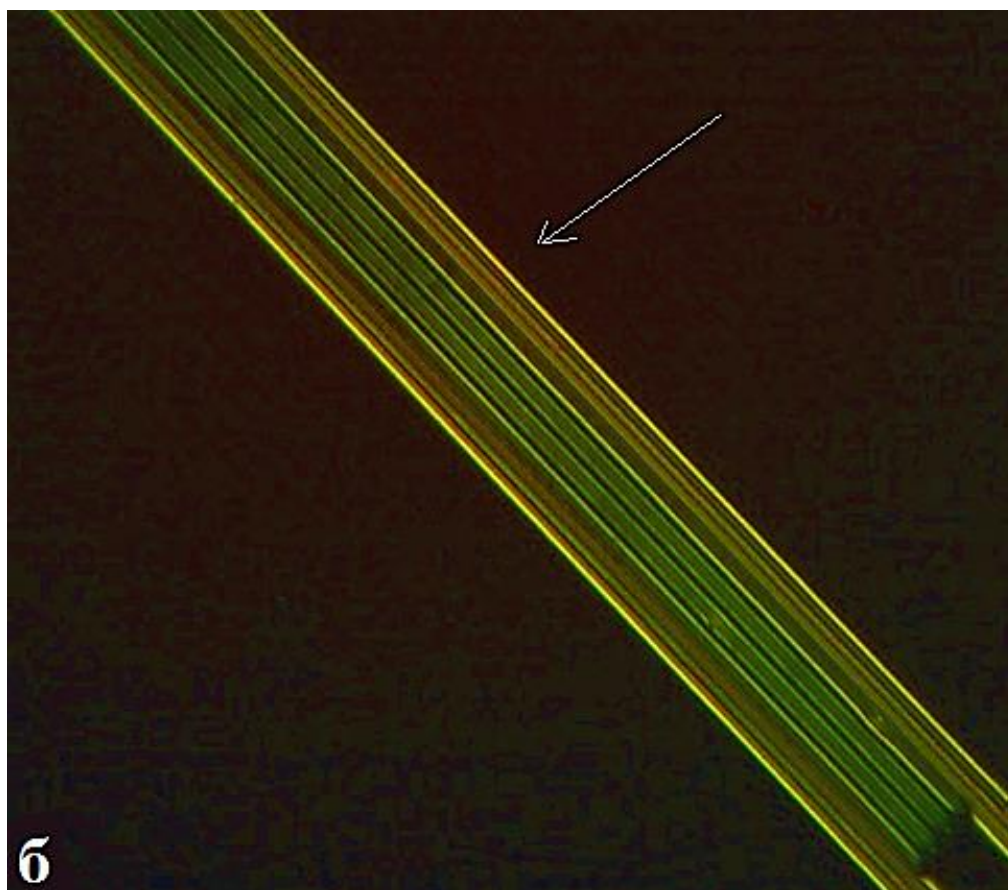


Рис. 2.6. Жидкокристаллическая ячейка ср-n переходом при частоте 10 кГц и напряжением 6.13В, а-без действия пучка света, б-под действием пучка света. Стрелкой указано красное пятно от лазера.

При увеличении частоты, сопротивление барьерной емкости уменьшается, что способствует увеличению обратного тока и возрастанию электрического поля.

Полосы, представленные выше на рисунках 2.5 и 2.6 результат переориентации молекул жидкого кристалла под действием напряжения.

2.4. Ориентация жидкого кристалла под действием напряжения

К жидкокристаллической ячейки с помощью контактов подведено переменное напряжение, схематическое подключение представлено на рисунке 2.7. и 2.8.

В зависимости от момента времени фазы переменного напряжения, подключение будет прямым или обратным. В момент времени включения фазы соответствующей прямому подключению напряжения, электрического поля проходящего в слой диэлектрика не будет. А в момент времени соответствующий обратному подключению напряжения, появится электрическое поле, проникающее в слой диэлектрика.

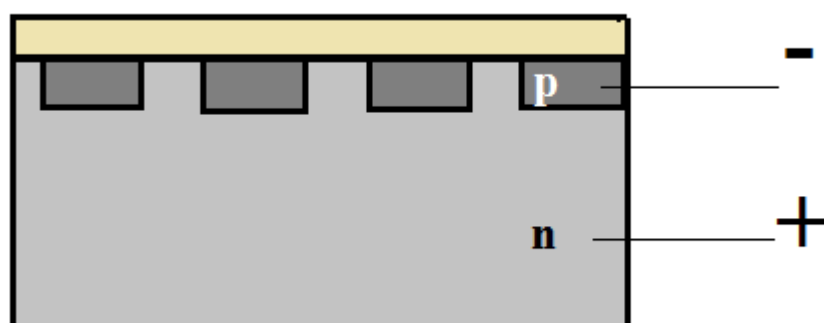


Рис. 2.7. Фаза переменного напряжения соответствующая обратному смещению p-n перехода.

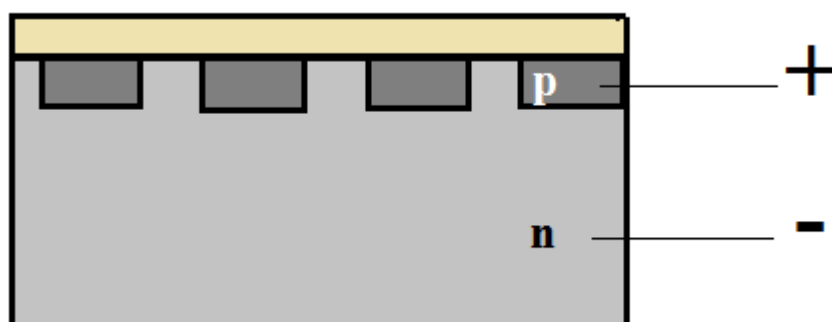
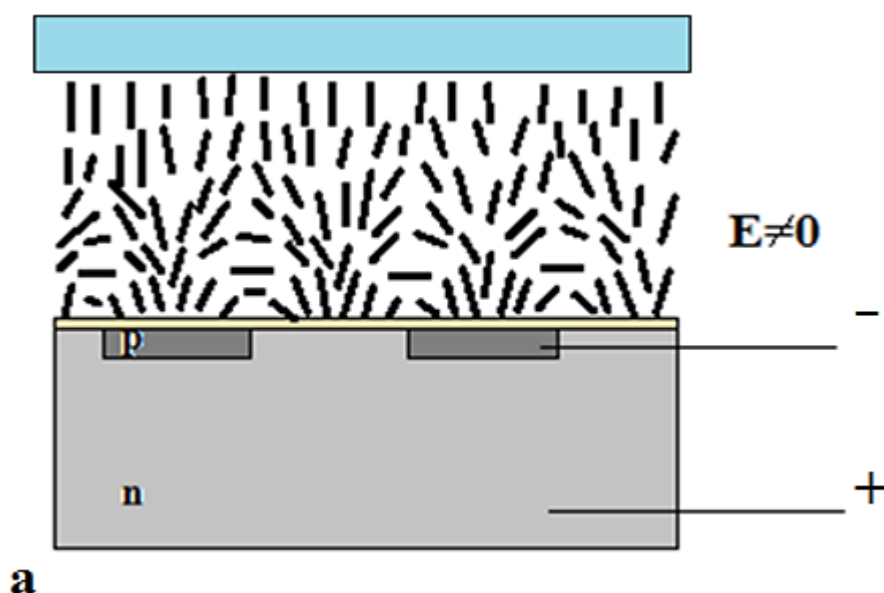


Рис. 2.8. Фаза переменного напряжения соответствующая прямому смещению р-n перехода.

В момент времени обратного включения напряжения, на границе областей р и n появляется электрическое поле, которое переориентирует молекулы жидкого кристалла.

При обратном подключении появляется электрическое поле, которое проникает в слой диэлектрика, а затем в слой жидкого кристалла. Под действием этого электрического поля молекулы жидкого кристалла переориентируются. На рисунке 2.9 представлены расположения молекул под действием приложенного напряжения.



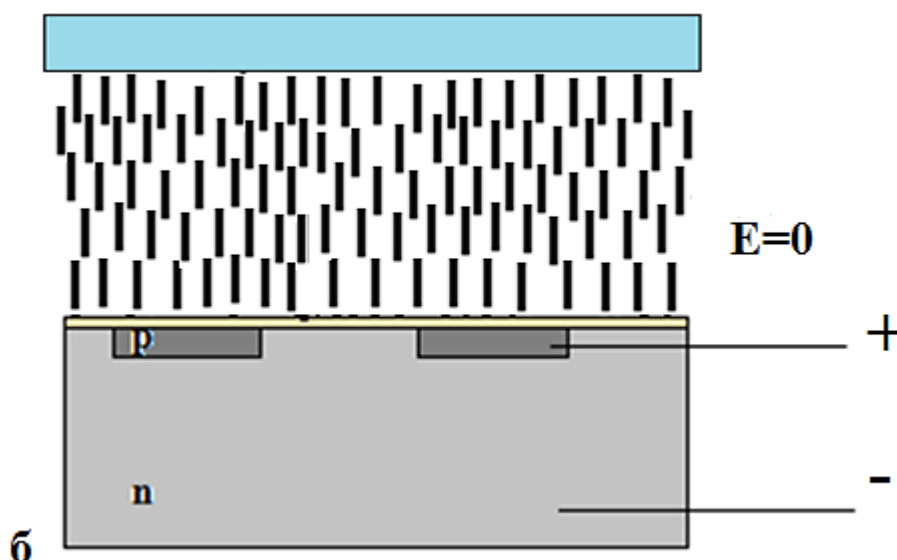
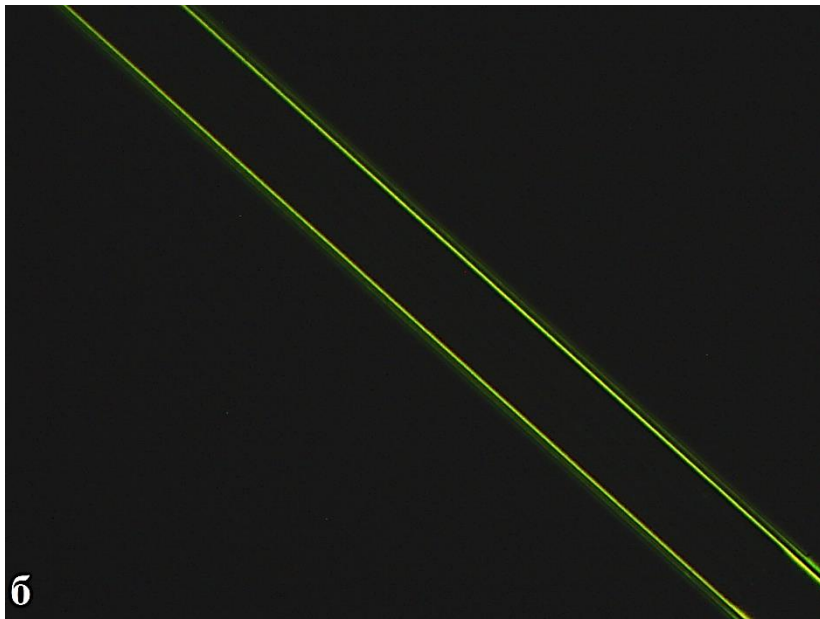
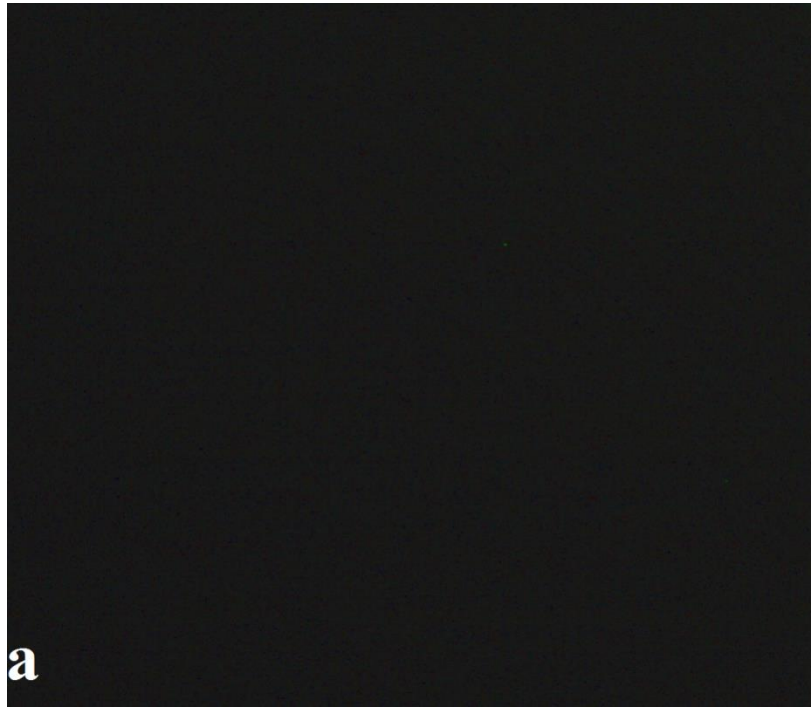


Рис. 2.9.а – расположение молекул жидкого кристалла под действием электрического поля,

б – расположение молекул жидкого кристалла в отсутствии электрического поля.

Ориентация молекул жидкого кристалла под действием электрического поля, созданного р-переходами, в эксперименте играет роль дифракционной решетки. Созданная дифракционная решетка управляется электрическим полем р-перехода.

На рисунке 2.10 качественно представлено изменение переориентации молекул в зависимости от поданного напряжения на области р ип.



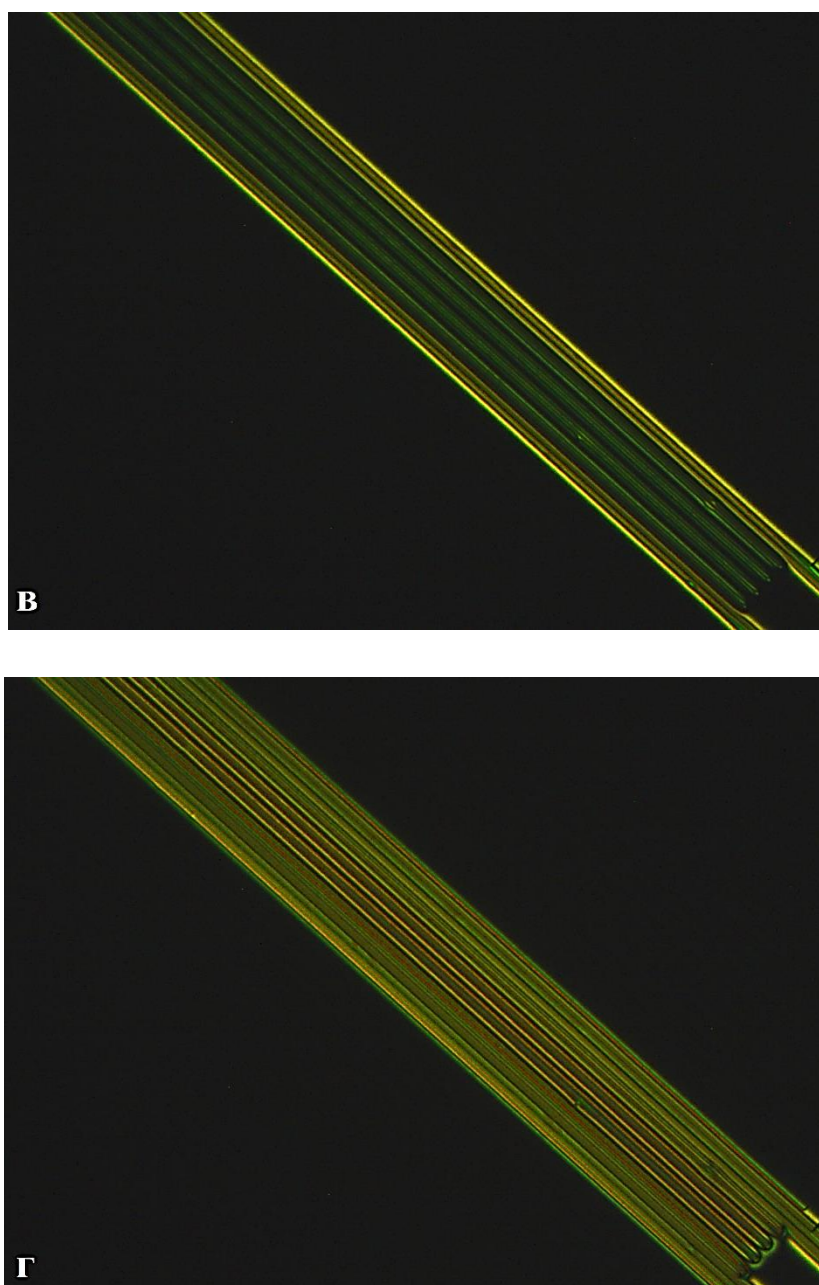


Рис. 2.10. Изменение картины переориентации молекул жидкого кристалла при увеличении напряжения. U , В: а-0; б-1; в-4; г-7.5.

Таким образом, с увеличением переменного напряжения, увеличивается электрическое поле, проникающее в слой диэлектрика, затем в слой жидкого кристалла. Поскольку переориентация молекул связана с электрическим полем, то чем сильнее электрическое поле, тем переориентация молекул на границе областей р и n интенсивнее.

2.5. Результаты эксперимента

Пользуясь собранной установкой, был проведен опыт по получению дифракционной картины на экране от жидкокристаллической ячейки. При напряжении $U=0В$, что соответствует рисунку 2.10.а., наблюдалась дифракция. Однако, при таком напряжении, у молекул жидкого кристалла не наблюдалась переориентация.

Учитывая, что переориентации нет, а дифракционная картина есть, был сделан вывод, что большое количество n переходов, играют роль дифракционной решетки. Ниже на рисунке 2.11 изображена дифракционная картина при напряжении $U=0В$.

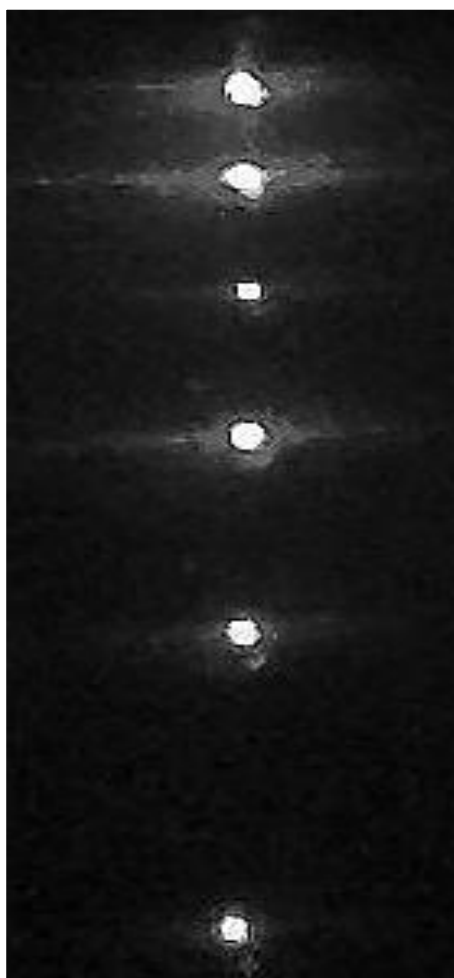


Рис.2.11. Дифракционная картина, полученная на экране от жидкокристаллической ячейки, при $U=0В$.

При увеличении переменного напряжения, как было сказано выше, наблюдается переориентация молекул, которая играет роль дифракционной решетки. На рисунке 2.12 изображена дифракционная картина при напряжении 5.2В.

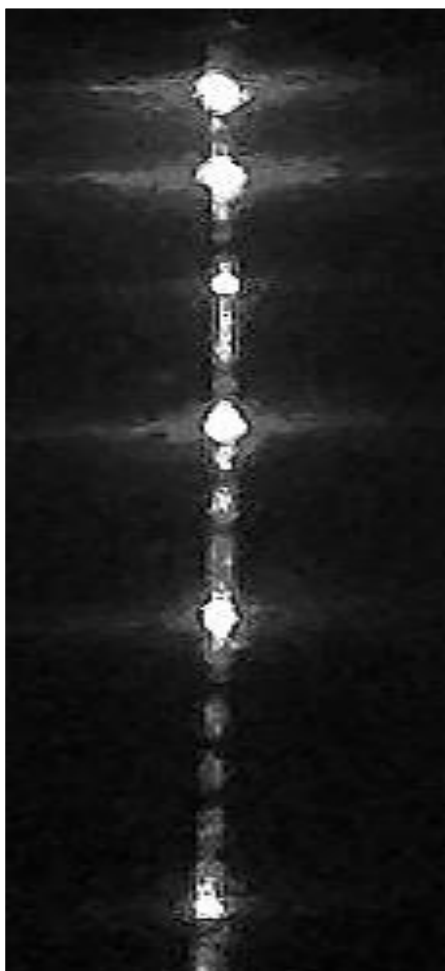


Рис. 2.12. Дифракционная картина, полученная в ходе эксперимента, с приложенным на жидкокристаллическую ячейку напряжением 5,2В.

Как видно из рисунка 2.12, при увеличении напряжения между дифракционными максимумами, которые соответствуют дифракции от множества p - n переходов, появляются дифракционные порядки меньших интенсивностей.

Проанализировав фотографии дифракционных картин, при напряжениях 0В и 5,2В. Были получены графики, представленные на рисунке 2.13 и 2.14.

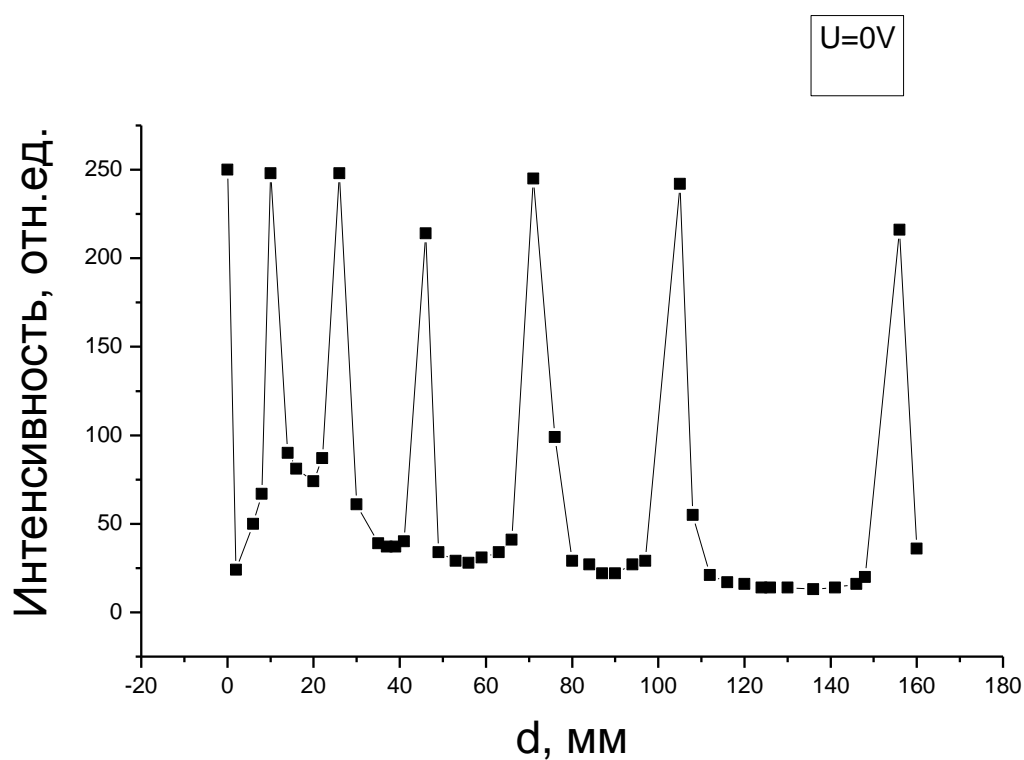


Рис.2.13. Распределение интенсивности в дифракционной картине, при напряжении $U=0V$. d , мм – расстояние от центрального максимума.

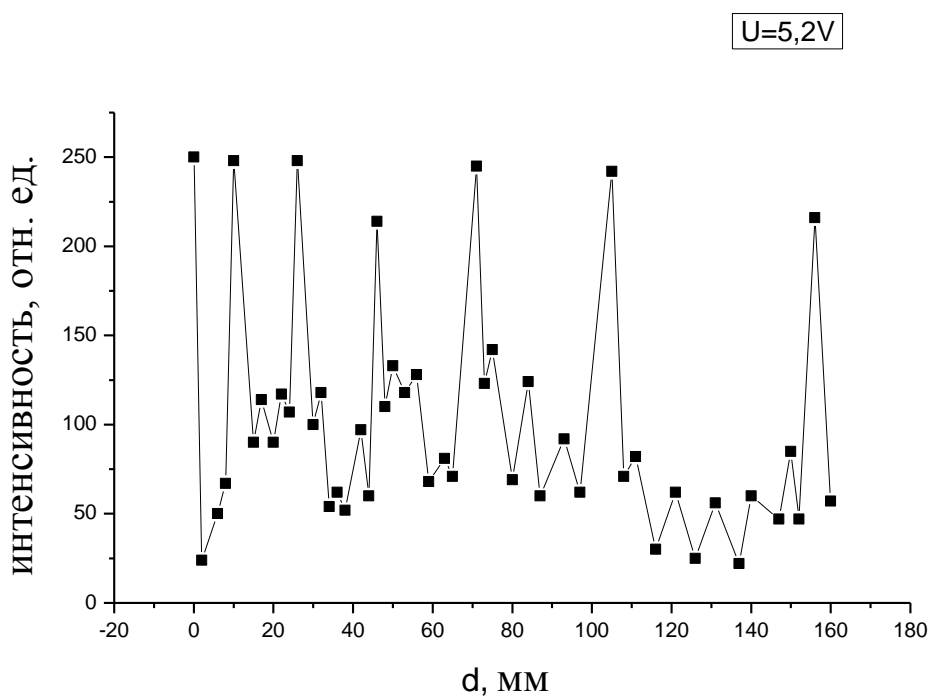


Рис. 2.14. Распределение интенсивности в дифракционной картине, при напряжении $U=5.2V$. d , мм – расстояние от центрального максимума.

Увеличивая переменное напряжение, между дифракционными максимумами, появляются дополнительные дифракционные порядки меньших интенсивностей. Учитывая, что количество, дифракционных порядков меньших интенсивностей, и их расположение не постоянно, стоит заметить, что дифракционная картина зависит от напряжения.

Ниже, на рисунке 2.15. изображены кривые распределения интенсивностей дифракционных порядков, полученных в результате переориентации молекул жидкого кристалла. Не меняющиеся дифракционные порядки, с большими интенсивностями, соответствующие дифракционной картине от множества р-п переходов «вырезаны».

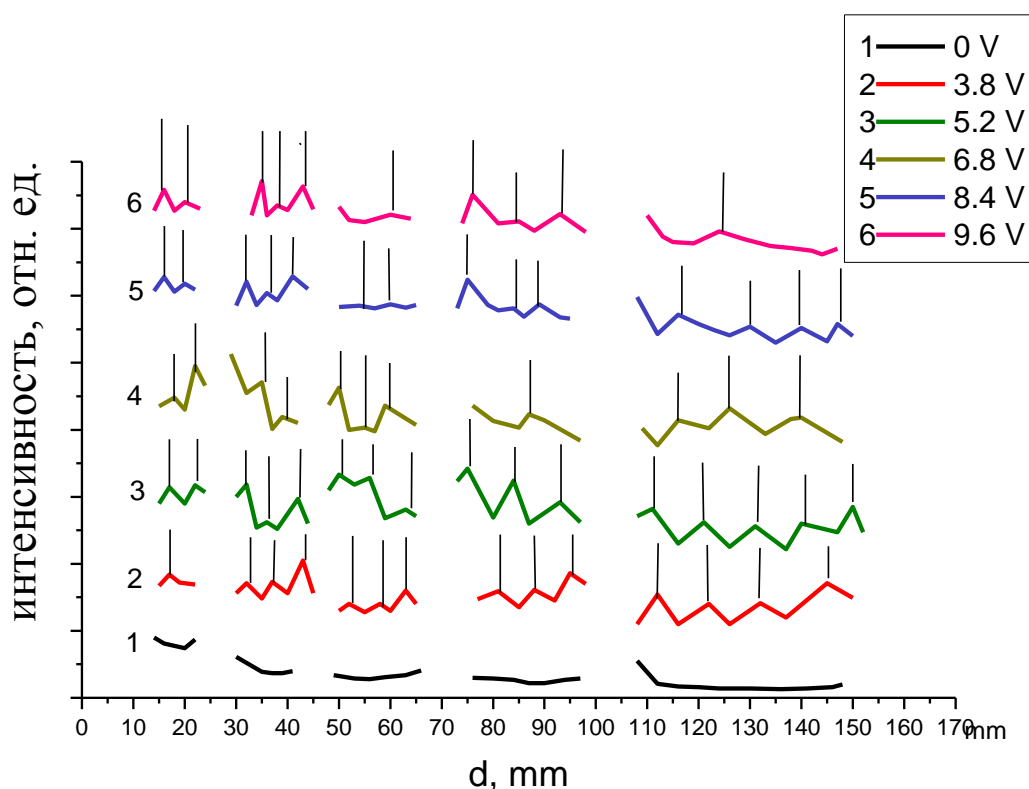
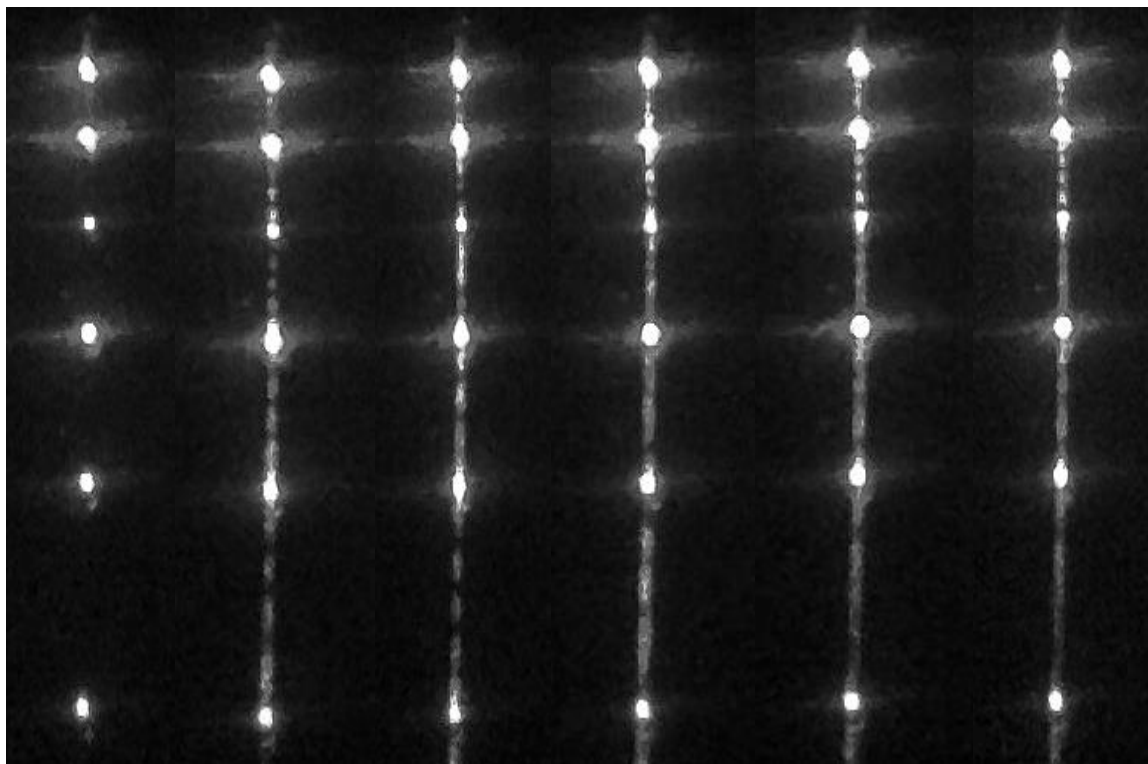


Рис.2.15.Кривые распределения интенсивностей дифракционных порядков, полученных в результате переориентации молекул жидкого кристалла.

Фотографии, результаты которых представлены на рисунке 2.15, приведены ниже на рисунке 2.16.



U, В	0	3,8	5,2	6,8	8,4	9,6
------	---	-----	-----	-----	-----	-----

Рис.2.16. Фотографии дифракционных порядков с приведенными значениями напряжения. Нулевой максимум на рисунках не представлен.

Исходя из данных рисунка 2.15, можно заметить, что количество дифракционных порядков меньшей интенсивности, между дифракционными максимумами, которые получены от большого количества р-п переходов, с изменением напряжения меняется. Если меняется количество дифракционных порядков меньшей интенсивности, то и меняется период дифракционной решетки. Меняющийся период дифракционной решетки, прямое доказательство того, что жидкокристаллическая решетка, используемая в эксперименте, является управляемой электрическим полем р-п перехода.

По результатам рисунка 2.15 был вычислен период дифракционной решетки при каждом фиксированном напряжении. Результаты представлены на рисунке 2.17.

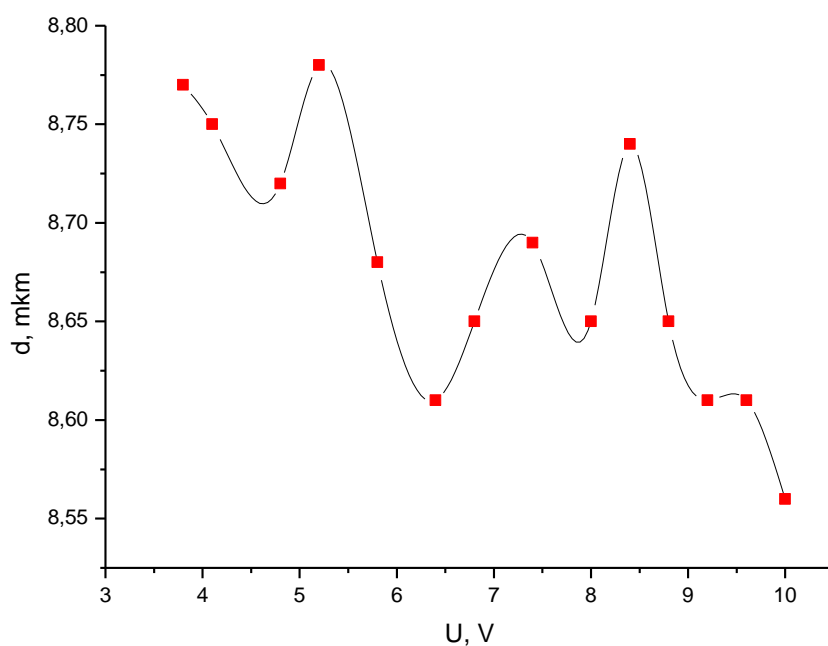


Рис.2.17. Зависимость периода жидкокристаллической дифракционной решетки от приложенного напряжения.

По рисунку 2.15 видно, что при напряжении 5.2В, наблюдается самое большое количество малых дифракционных порядков. С увеличением напряжения, малые дифракционные порядки располагаются ближе друг к другу и практически сливаются, превращаясь в полосу. Таким образом, можно сделать вывод, что увеличивая напряжение до 10В и выше, период дифракционной картины будет уменьшаться.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения квалификационной работы получены следующие результаты:

- исследована переориентация, гомеотропно ориентированного нематического жидкого кристалла, электрическим полем р-п перехода. Показано, что переориентация молекул жидкого кристалла происходит в плоскости перпендикулярной линии р-п перехода.

- показана возможность формирования управляемой жидкокристаллической дифракционной решетки на основе переориентаций жидкого кристалла в электрическом полер-п переходов.

- установлены оптимальные значения управляющего напряжения (частота, амплитуда) для генерации электрического поля р-пперехода и формирования решетки в жидкокристаллическом слое, при которых осуществляется управление периодом дифракционной решетки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беляков В.А., Жидкие кристаллы. Издательство «Знание», Москва 1986.
2. Блинов Л.М., Жидкие кристаллы: Структура и свойства. Книжный дом «ЛИБРОКОМ», Москва 2013.
3. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. Главная редакция физико-математической литературы, издательство «Наука». Москва 1973.
4. Волков А.В., Прикладная оптика. Методы формирования микрорельефа для синтеза дифракционных оптических элементов. Вестник. Самара. Государственно технического университета. Физико-математические науки. 1999. №7.
5. Казак А.А., Мельникова Е.А., Толстик А.Л., Могильный В.В., Станкевич А.И.. Управляемые дифракционные жидкокристаллические структуры на основе полимерного фотоориентанта. Письма в ЖТФ, 2008, том 34, выпуск 20.
6. Каманина Н.В., Электрооптические системы на основе жидких кристаллов и фуллеренов – перспективные материалы наноэлектроники свойства и области применения. Учебное пособие, СПб: СПбГУИТМО, 2008.
7. Ландсберг Г. С., Оптика. Учебное пособие для вузов, 6-Е издание, 2003.
8. Лысенко А.П., Физические процессы в р-п-переходе. учебное пособие для студентов высших учебных заведений. Москва 2009.
9. Нагибина И.М., Интерференция и дифракция света. Ленинград 1985.
10. П. де Жен, Физика жидких кристаллов. Издательство «Мир», Москва 1977.
11. Томилин М.Г., Невская Г.Е.. Дисплеи на жидких кристаллах. Учебное пособие. Санкт-Петербург, 2010.