

Исследование фотоанизотропии жидких кристаллов с полимерными пленками.
Россия, Московская область, город Солнечногорск, МКОУ СОШ с УИОП № 5, 11 «А»
класс. Климочкина А.А.

Руководитель: Грудина В.В. учитель физики и информатики, МКОУ СОШ с УИОП №5.

Консультант: Беляев В.В., зав кафедры теоретической физики МГОУ, д.т.н., профессор.

АННОТАЦИЯ.

Цель работы: экспериментальное исследование фотоанизотропных свойств жидкокристаллических ячеек и поляризационных пленок с применением полупроводникового лазера.

Задачи:

1. Изучить физическую природу и свойства жидких кристаллов.
2. Провести анализ недостатков ЖК - дисплеев.
3. Провести эксперименты на образцах и пленках, полученных в лаборатории МГОУ.
4. Показать возможность использования полученных образцов и пленок с повышенным контрастом для увеличения диапазона углов обзора дисплея.

Методы: исследования вольт - контрастной характеристики для трех образцов ЖК ячеек в лаборатории на кафедре физики при МГОУ.

Основные выводы:

1. Изучила физическую природу и свойства жидких кристаллов;
2. Провела анализ недостатков ЖК – дисплеев;
3. Провела эксперименты на образцах и пленках, полученных в лаборатории МГОУ;
4. Доказала фотоанизотропию в жидких кристаллах;
5. Показала возможность использования полученных образцов и пленок с повышенным контрастом для увеличения диапазона углов обзора дисплея.

Введение.

Жидкий кристалл (ЖК) - это специфическое агрегатное состояние вещества, в котором оно проявляет одновременно свойства кристалла и жидкости (**Рисунок №1, Приложение 1**). Сразу надо оговориться, что далеко не все вещества могут находиться в жидкокристаллическом состоянии. Большинство веществ может находиться только в трех, всем хорошо известных агрегатных состояниях: твердом или кристаллическом, жидком и газообразном. Оказывается, некоторые органические вещества, обладающие сложными молекулами, кроме трех названных состояний, могут образовывать четвертое агрегатное состояние — жидкокристаллическое. Это состояние осуществляется при плавлении кристаллов некоторых веществ. При их плавлении образуется жидкокристаллическая фаза, отличающаяся от обычных жидкостей. Эта фаза существует в интервале от температуры плавления кристалла до некоторой более высокой температуры, при нагреве до которой жидкий кристалл переходит в обычную жидкость. Чем же жидкий кристалл отличается от жидкости и обычного кристалла и чем похож на них? Подобно обычной жидкости, жидкий кристалл обладает текучестью и принимает форму сосуда, в который он помещен. Этим он отличается от известных всем кристаллов. Однако, несмотря на это свойство, объединяющее его с жидкостью, он обладает свойством, характерным для кристаллов. Это - упорядочение в пространстве молекул, образующих кристалл. Правда, это упорядочение не такое полное, как в обычных кристаллах, но тем не менее, оно существенно влияет на свойства жидких кристаллов, чем и отличает их от обычных жидкостей.

Обязательным свойством жидких кристаллов, сближающим их с обычными кристаллами, является наличие «порядка» пространственной ориентации молекул. Такой порядок в ориентации может проявляться, например, в том, что все длинные оси молекул в жидкокристаллическом образце ориентированы одинаково. Эти молекулы должны обладать вытянутой формой. Кроме простейшего названного упорядочения осей молекул, в жидком кристалле может осуществляться более сложный ориентационный порядок молекул.

Жидкие кристаллы образуются из молекул, имеющих разную геометрическую форму (чаще всего — удлинённых или дискообразных). Электрическими межмолекулярными силами определяется характер «упаковки» молекул, т.е. то, как они геометрически соотносятся друг с другом.

По структуре ЖК представляют собой жидкости, похожие на желе, состоящие из молекул вытянутой формы, определённым образом упорядоченных во всем объёме этой жидкости. Наиболее характерным свойством ЖК является их способность изменять

ориентацию молекул под воздействием электрических полей, что открывает широкие возможности для применения их в промышленности.

Целью моей работы является экспериментальное исследование фотоанизотропных свойств жидкокристаллических ячеек и поляризационных пленок с применением полупроводникового лазера. Перед собой я ставила следующие задачи:

5. Изучить физическую природу и свойства жидких кристаллов.
6. Провести анализ недостатков ЖК - дисплеев.
7. Провести эксперименты на образцах и пленках, полученных в лаборатории МГОУ.
8. Показать возможность использования полученных образцов и пленок с повышенным контрастом для увеличения диапазона углов обзора дисплея.

История открытия жидких кристаллов.

Впервые образование новой, необычной фазы было замечено австрийским ботаником Рейнитцером в 1888 году (**Рисунок №2, Приложение 1**), наблюдая две точки плавления сложного эфира холестерина — холестерилбензоата (**Рисунок №3, Приложение 1**). Сначала образуется мутный расплав, а дальнейшее повышение температуры превращает этот расплав в прозрачную жидкость. При исследовании оптических свойств этого вещества было обнаружено, что при нагревании оно переходит из кристаллической фазы в жидкую через промежуточную форму с анизотропными оптическими свойствами. Интервал этого перехода достаточно велик и составляет 34°C. Однако это вещество не уникально. Было найдено еще много таких же веществ и было предложено дать им название жидкие кристаллы (ЖК), а саму анизотропную фазу назвать мезофазой (от греческого слова мезос – промежуточный).

Серьезное недоверие к самому факту существования таких необычных соединений в 20 — 30-х годах сменилось их активным исследованием. Работы Д. Форлендера в Германии во многом способствовали синтезу новых ЖК-соединений. Достаточно сказать, что под его руководством было выполнено 85 диссертаций по жидким кристаллам. Французский ученый Ж. Фридель предложил первую классификацию жидких кристаллов, голландец С. Озеен и чех Х. Цохер создали теорию упругости, русские ученые В.К. Фредерикс и В.Н. Цветков в СССР в 30-х годах впервые исследовали поведение жидких кристаллов в электрических и магнитных полях.

В 1963 г. американец Дж. Фергюсон использовал важнейшее свойство жидких кристаллов - изменять цвет под воздействием температуры - для обнаружения невидимых простым глазом тепловых полей. После того как ему выдали патент на изобретение, интерес к жидким кристаллам резко возрос.

В 1965 г. в США собралась Первая международная конференция, посвящённая жидким кристаллам. В 1968 г. американские учёные создали принципиально новые индикаторы для систем отображения информации. Принцип их действия основан на том, что молекулы жидких кристаллов, поворачиваясь в электрическом поле, по-разному отражают и пропускают свет. Под воздействием напряжения, которое подавали на проводники, впаянные в экран, на нём возникало изображение, состоящее из микроскопических точек. И всё же только после 1973 г., когда группа английских химиков под руководством Джорджа Грея синтезировала жидкие кристаллы из относительно дешёвого и доступного сырья, эти вещества получили широкое распространение в разнообразных устройствах.

Группы жидких кристаллов.

По своим общим свойствам ЖК можно разделить на две большие группы: лиотропные и термотропные ЖК. Лиотропные ЖК представляют собой двух или более компонентные системы, образующиеся в смесях стержневидных молекул данного вещества и воды (или других полярных растворителей). Эти стержневидные молекулы имеют на одном конце полярную группу, а большая часть стержня представляет собой гибкую гидрофобную углеводородную цепь. Такие вещества называются амфифилами (амфи — по-гречески означает с двух концов, филос — любящий, расположенный). Примером амфифилов могут служить фосфолипиды (**Рисунок №4, Приложение 2**).

Амфифильные молекулы, как правило, плохо растворяются в воде, склонны образовывать агрегаты таким образом, что их полярные группы на границе раздела фаз направлены к жидкой фазе. При низких температурах смешивание жидкого амфифила с водой приводит к расслоению системы на две фазы. Одним из вариантов амфифилов со сложной структурой может служить система мыло-вода. Здесь имеется алифатический анион $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{n-2}-\text{CO}_2^-$ (где $n \sim 12-20$) и положительный ион Na^+ , K^+ , NH_4^+ и др. Полярная группа CO_2^- стремится к тесному контакту с молекулами воды, тогда как неполярная группа (амфифильная цепь) избегает контакта с водой. Это явление типично для амфифилов.

Термотропные ЖК образуются в результате нагревания твердого вещества и существующие в определенном интервале температур и давлений, и подразделяются на три больших класса (**Рисунок №5, Приложение 2**): нематики смектики; холестерики

У нематических жидких кристаллов отсутствует дальний порядок в расположении центров тяжести молекул, у них нет слоистой структуры, их молекулы скользят непрерывно в направлении своих длинных осей, вращаясь вокруг них, но при этом сохраняют ориентационный порядок: длинные оси направлены вдоль одного

преимущественного направления. Они ведут себя подобно обычным жидкостям. Нематические фазы встречаются только в таких веществах, у молекул которых нет различия между правой и левой формами, их молекулы тождественны своему зеркальному изображению (ахиральны).

Смектические жидкие кристаллы имеют слоистую структуру, слои могут перемещаться друг относительно друга. Толщина смектического слоя определяется длиной молекул (преимущественно, длиной парафинового «хвоста»), однако вязкость смектиков значительно выше чем у нематиков и плотность по нормали к поверхности слоя может сильно меняться.

Холестерические жидкие кристаллы — образуются, в основном, соединениями холестерина и других стероидов. Это нематические ЖК, но их длинные оси повернуты друг относительно друга так, что они образуют спирали, очень чувствительные к изменению температуры вследствие чрезвычайно малой энергии образования этой структуры (порядка 0,01 Дж/моль).

Холестерики ярко окрашены и малейшее изменение температуры (до тысячных долей градуса) приводит к изменению шага спирали и, соответственно, изменению окраски ЖК.

Во всех приведенных типах ЖК характерным является ориентация дипольных молекул в определенном направлении, которое определяется единичным вектором — называемым «директором».

В недавнее время открыты так называемые колончатые фазы, которые образуются только дискообразными молекулами, расположенными слоями друг на друге в виде многослойных колонн, с параллельными оптическими осями. Часто их называют «жидкими нитями», вдоль которых молекулы обладают трансляционными степенями свободы. Этот класс соединений был предсказан академиком Л. Д. Ландау, а открыт лишь в 1977 Чандрасекаром.

У ЖК необычные оптические свойства. Нематики и смектики — оптически одноосные кристаллы. Холестерики вследствие периодического строения сильно отражают свет в видимой области спектра. Поскольку в нематиках и холестериках носителями свойств является жидкая фаза, то она легко деформируется под влиянием внешнего воздействия, а так как шаг спирали в холестериках очень чувствителен к температуре, то, следовательно, и отражение света резко меняется с температурой, приводя к изменению цвета вещества.

Эти явления широко используются, например, для нахождения горячих точек в микроцепях, локализации переломов и опухолей у человека, визуализации изображения в инфракрасных лучах и др.

Применение.

В основе любого ЖК-дисплея лежит конструктивный принцип (**Рисунок №6, Приложение 3**). Основой для последующих слоев ЖК являются две параллельные стеклянные пластины с нанесенными на них поляризационными пленками. Различают верхний и нижний поляризаторы, сориентированные перпендикулярно друг другу. На стеклянные пластины в тех местах, где в дальнейшем будет формироваться изображение, наносится прозрачная металлическая окисная пленка, которая в дальнейшем служит электродами. На внутреннюю поверхность стекол и электроды наносятся полимерные выравнивающие слои, которые затем полируются, что способствует появлению на их поверхности, соприкасающейся с ЖК, микроскопических продольных канавок. Пространство между выравнивающими слоями заполняют ЖК веществом (**Рисунок №7, Приложение 3**). В результате молекулы ЖК выстраиваются в направлении полировки выравнивающего слоя. Направления полировки верхнего и нижнего выравнивающих слоев перпендикулярны (подобно ориентации поляризаторов). Это нужно для предварительного "скручивания" слоев молекул ЖК на 90° между стеклами. При подаче напряжения на электроды между ними создается электрическое поле, что вызывает переориентацию молекул ЖК. Молекулы стремятся выстроиться вдоль силовых линий поля в направлении от одного электрода к другому. Создается изображение, формируемое светлой фоновой областью и темной областью под включенным электродом.

Недостатки жидких кристаллов в экранах:

- Жидкие кристаллы – субстанция достаточно «неповоротливая». Поэтому, после подачи или изменения напряжения на электродах, проходит какое-то время, прежде чем жидкие кристаллы займут новое положение.
- Свет проходит через два поляризатора – из-за этого угол комфортного обзора у ЖК-экранов мал. Взглянув на экран под маленьким углом (сильно отклонившись от нормали к экрану), заметно падение яркости и контрастности изображения.
- Не даёт достаточную контрастность цвета, ведь, включённый пиксель всё равно пропускает какое-то небольшое количество света от лампы подсветки. Из-за этого не удаётся достичь по-настоящему глубокого черного.
- Яркость ЖК-экранов велика. Более того, при яркой внешней засветке (например, в солнечный день в комнате, окна которой выходят на юг) ЖК-экраны обеспечивают как большую яркость, так и большую контрастность изображения.

Экспериментальная часть.

Я исследовала свойства фотоанизотропии в жидких кристаллах. Для экспериментов были взяты три образца ЖК - ячеек с поляризационными пленками. С помощью источника электрического поля происходила переориентация ЖК – ячеек с подложками, на которые нанесен слой фотоанизотропного материала (**Фотография №1, Приложение 3**). С каждым образцом проведено по 5 экспериментов, для достижения более точных результатов. ЖК - ячейки настолько малы, что их получение и применение в технике можно отнести к нанотехнологиям. Для проведения опытов мной была собрана установка (**Рисунок №8, Приложение 4**) из лазера, поляризатора, ЖК ячейки, анализатора и экрана (**Рисунок №9, Приложение 4**). В опытах применялось излучение лазера, так как лазерный луч обладает свойством когерентности, монохроматичности, достаточно большой мощности и малой расходимости пучка. К ячейке подавалось постоянное напряжение, значение которого можно было изменять. Результатом эксперимента было заметное снижение пропускной способности ЖК- ячейки.

Первый опыт с образцом №1. Сначала было подано напряжение $U=0.76$ В (**Фотография №2, Приложение 5**), при этом на экране был замечен яркий след лазерного луча. Затем я повышала напряжение, до $U = 4.8$ В, $U = 8.61$ В (**Фотография №3, Приложение 5**), $U = 11.17$ В, $U = 13.69$ В (**Фотография №4, Приложение 6**). Результат: снижение интенсивности лазерного излучения.

Образец №2. Подавалось напряжение $U = 0.6$ В (**Фотография №5, Приложение 6**), $U = 4.78$ В, $U = 7.76$ В (**Фотография №6, Приложение 7**), $U = 9.67$ В, $U = 14.7$ В (**Фотография №7, Приложение 7**). Результат аналогичен.

Образец №3. Подавалось напряжение $U=0.22$ В (**Фотография №8, Приложение 8**), $U = 4.46$ В, $U = 6.68$ В (**Фотография №9, Приложение 8**), $U = 10.77$ В, $U = 13.99$ В (**Фотография №10, Приложение 9**).

Итак, так если сравнить первые и последние фотографии то можно наблюдать, как изображение от луча на экране теряет свою интенсивность, и становится еле заметным - это свидетельствует о снижении пропускной способности жидкокристаллической ячейки.

В настоящее время я продолжаю свои исследования и провожу эксперименты по измерению интенсивности лазерного луча при прохождении его через ЖК- ячейку.

Так же я провела опыты по исследованию вольт- контрастной характеристики для трех образцов ЖК ячеек в лаборатории на кафедре физики при МГОУ. Экспериментальным путем было измерено выходное напряжение на ЖК - ячейках и по полученным значениям построены графики с использованием электронных таблиц.

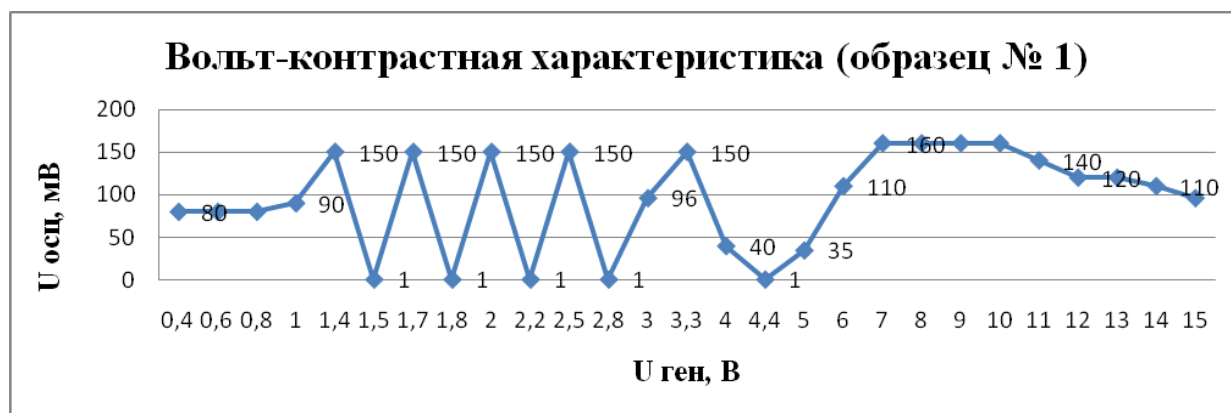
Для трех образцов были получены следующие результаты:

U осц, мВ	U ген, В
80	0,4
80	0,6
80	0,8
90	1
150	1,4
1	1,5
150	1,7
1	1,8
150	2
1	2,2
150	2,5
1	2,8
96	3
150	3,3
40	4
1	4,4
35	5
110	6
160	7
160	8
160	9
160	10
140	11
120	12
120	13
110	14
96	15

U осц, мВ	U ген, В
11	0,5
3	1
170	1,3
2	1,4
160	1,6
2	1,7
180	1,8
2	2
180	2,07
1	2,2
180	2,5
2	3
180	3,6
130	4
0,5	5
64	6
130	7
170	8
180	9
180	10
180	11
160	12
160	13
140	14
130	15

U осц, мВ	U ген, В
42	0,8
42	1
40	1,2
15	1,4
180	1,6
14	1,8
180	2
15	2,2
180	2,5
2	2,95
170	3,6
130	4
55	4,8
64	5
150	6
180	7
180	8
180	9
180	10
180	11
180	12
150	13
140	14
140	15

Построенные графики:





Так как одними из самых главных недостатков ЖК-экранов является маленький угол комфортного обзора и контрастность, поэтому в своей работе я уделила внимание именно исследованию пропускной способности света. Для каждой ячейки подбиралось напряжение в диапазоне от 0 В до 15 В. В зависимости от ориентации ЖК - ячейки наблюдалось изменение светопропускания. Данные эксперименты позволят подобрать необходимое напряжение и поляризационную пленку для улучшения таких характеристик ЖК-дисплеев, как контрастность и угол обзора.

Показатель контрастности характеризует «соотношение между средней яркостью белых и черных прямоугольников, где яркость черного прямоугольника принимается за «1». Нормой сегодня считается коэффициент 1:700, но некоторые новые модели обладают еще большей степенью контрастности (до 1:1000). Но это не значит, что чем больше контрастность тем лучше: излишне резкое, контрастное изображение тоже не доставит глазу удовольствия.

На ЭЛТ (электронно-лучевая трубка) мониторах при взгляде почти параллельном плоскости экрана изображение практически не страдало. На ЖК- мониторах отклонение от перпендикуляра приводит к падению контрастности и искажению цветопередачи. Нетрудно вычислить, что идеальный угол обзора должен равняться 180 градусам — в этом случае пользователь сможет видеть изображение на экране, даже если его взгляд падает параллельно ему. Идеал, конечно, пока не достигнут, но градусов 170 современные

ЖК-экраны предложить уже могут. В любом случае, переборщить здесь нельзя — чем больше, тем лучше.

ЭЛТ-мониторы ещё в течение нескольких лет будут оставаться хорошим выбором для точной работы с цветом и желающих сэкономить покупателей, но век этой технологии подходит к концу. Всё дело в больших габаритах и архаичной концепции формирования изображения методом строчной развёртки. В наш век экспоненциального роста качественных характеристик компьютерной техники невозможно опираться на древнюю конструкцию, основой которой является аналоговая электронная лампа огромных размеров (кинескоп). Характеристики ЭЛТ-трубок, по большому счёту, не улучшаются вот уже два-три года – производители не хотят вкладывать инвестиции в морально устаревшую технологию. Рынок дисплеев уже сделал свой выбор в пользу компактных цифровых матриц с персональным управлением каждого пикселя. Поэтому надо доводить «до ума» ЖК-дисплеи.

Выводы по проделанной работе:

6. Изучила физическую природу и свойства жидких кристаллов;
7. Провела анализ недостатков ЖК – дисплеев;
8. Провела эксперименты на образцах и пленках, полученных в лаборатории МГОУ;
9. Доказала фотоанизотропию в жидких кристаллах;
10. Показала возможность использования полученных образцов и пленок с повышенным контрастом для увеличения диапазона углов обзора дисплея.

Список использованной литературы:

1. Разумовская И.В. Нанотехнология 11 класс, 2009;
2. Титов В.В., Севостьянов В.П., Кузьмин Н.Г., Семенов А.М. Жидкокристаллические дисплеи: строение, синтез, свойства жидких кристаллов, 1998;
3. Шибает В.П. Необычные кристаллы или загадочные жидкости, 1996.

Приложение 1.

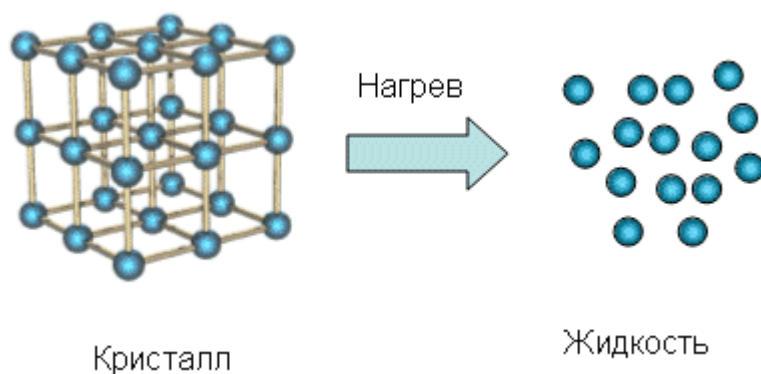


Рисунок №1. Схема перехода вещества из твердого агрегатного состояния в жидкое.



Рисунок №2. Фридрих Рейнитцер.

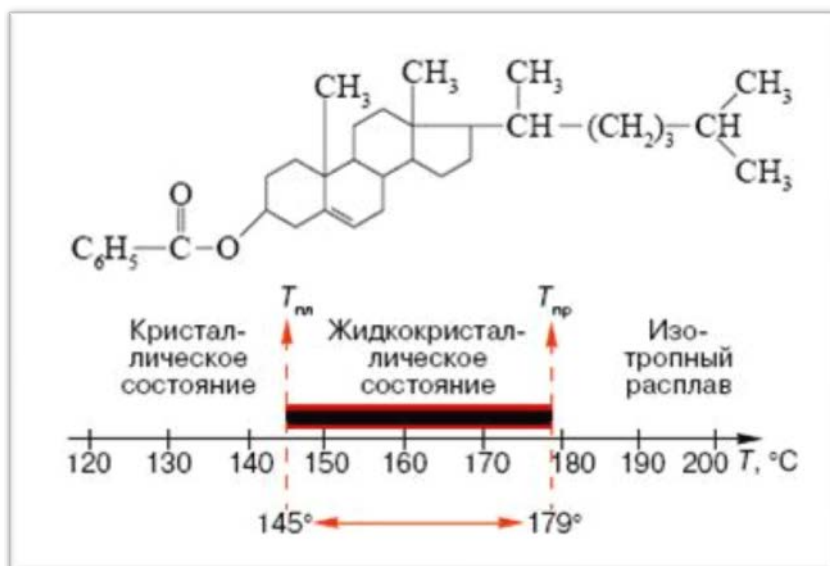


Рисунок №3. Первое жидкокристаллическое соединение – холестерилбензоат и диаграмма, иллюстрирующая температурную область существования ЖК-фазы.

Приложение 2.

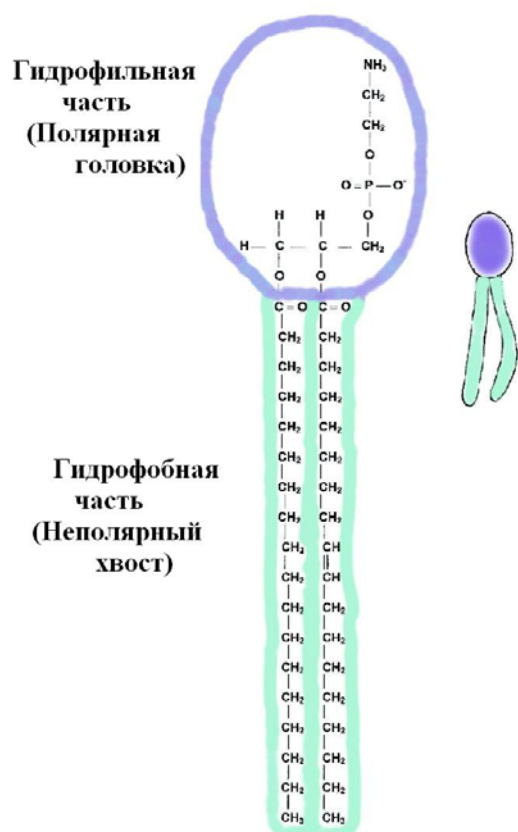


Рисунок №4. Строение амфифила - фосфолипид.

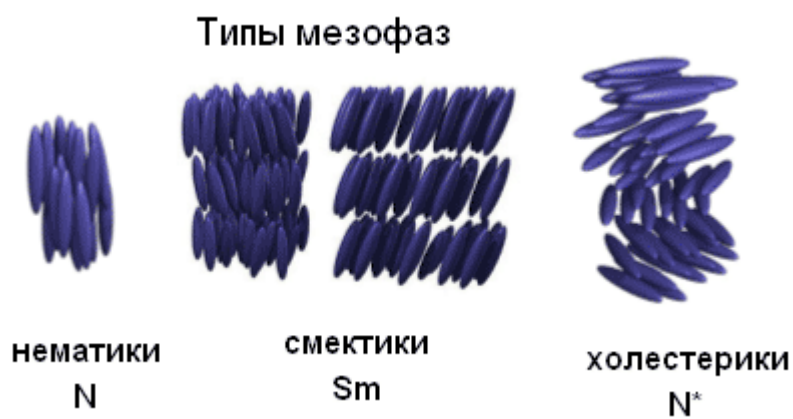


Рисунок №5. Типы мезофаз.

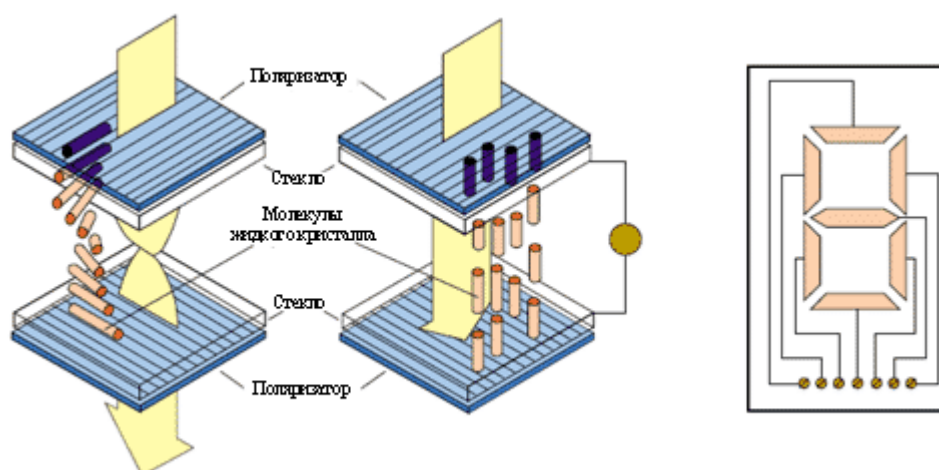


Рисунок №6. Устройство ЖК-индикатора (ЖК-дисплея).

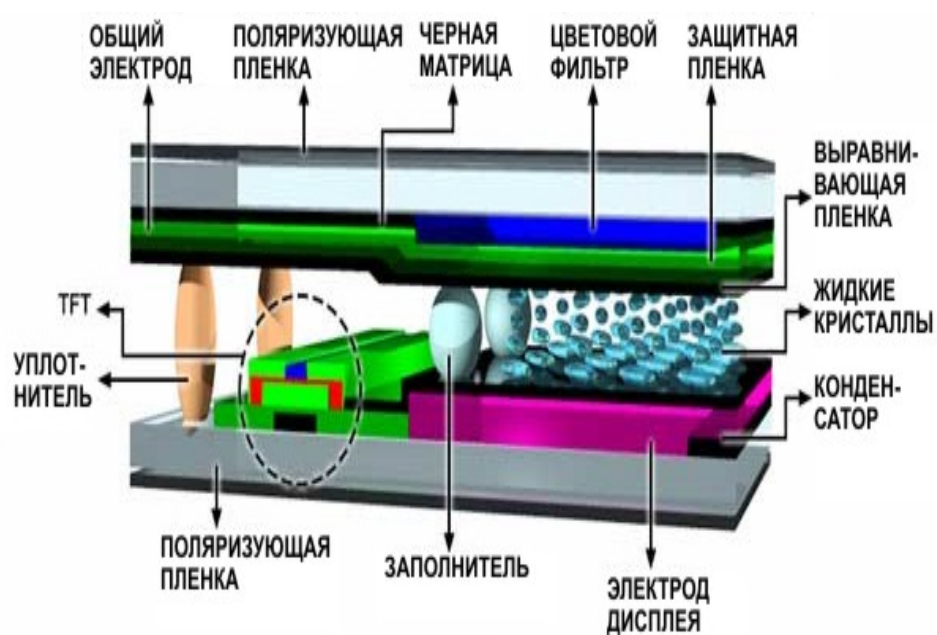
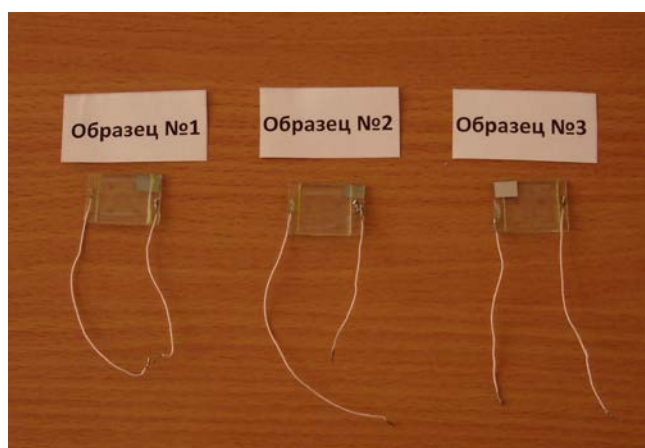


Рисунок №7. Схема заполнения пространства между выравнивающими слоями ЖК веществом.



Фотография №1. Три образца ЖК ячеек, использовавшихся в опытах.

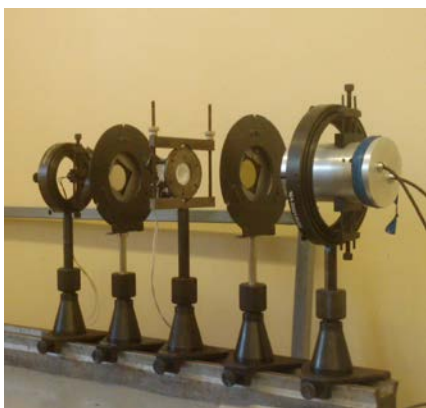


Рисунок № 8. Экспериментальная установка.

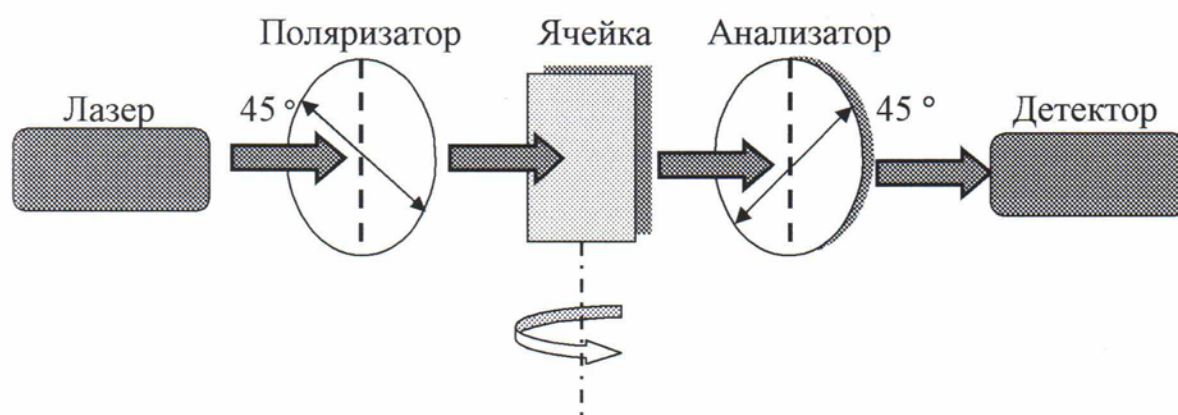
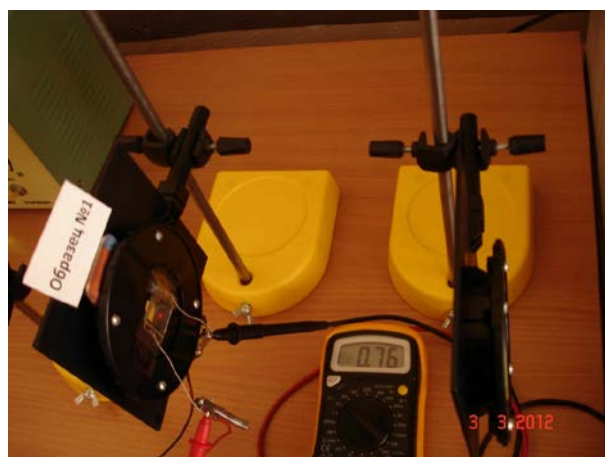
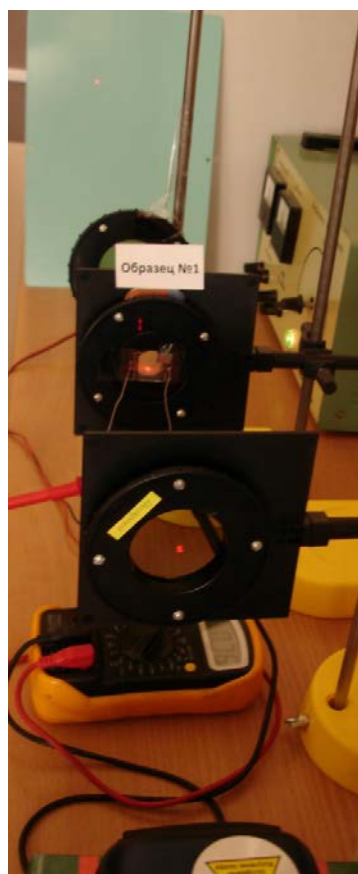
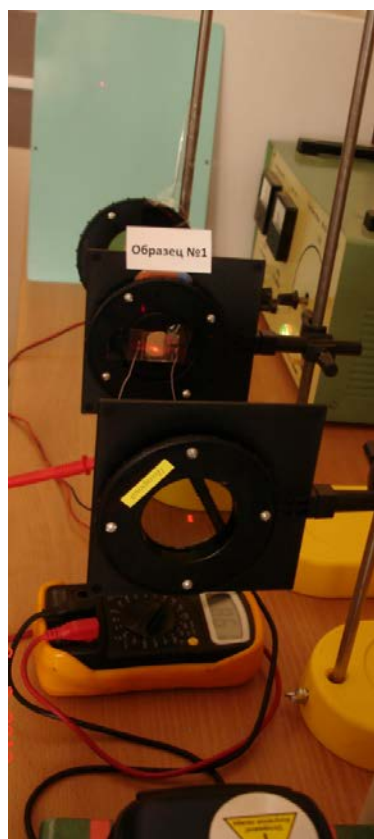


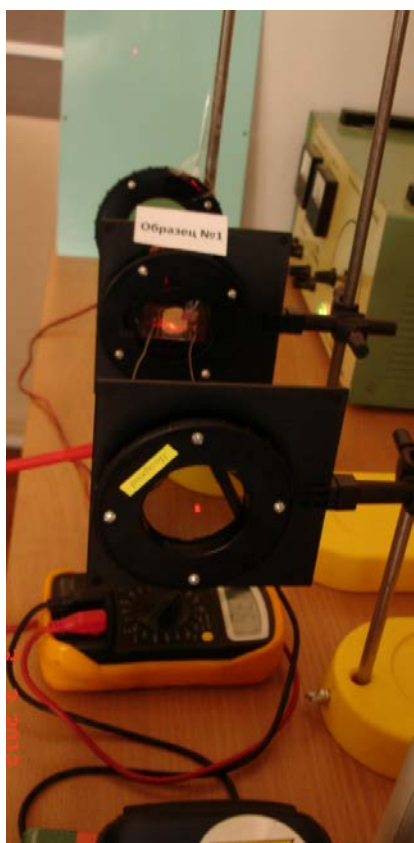
Рисунок №9. Схема для измерения светопередачи в зависимости от угла поворота ЖК ячейки.



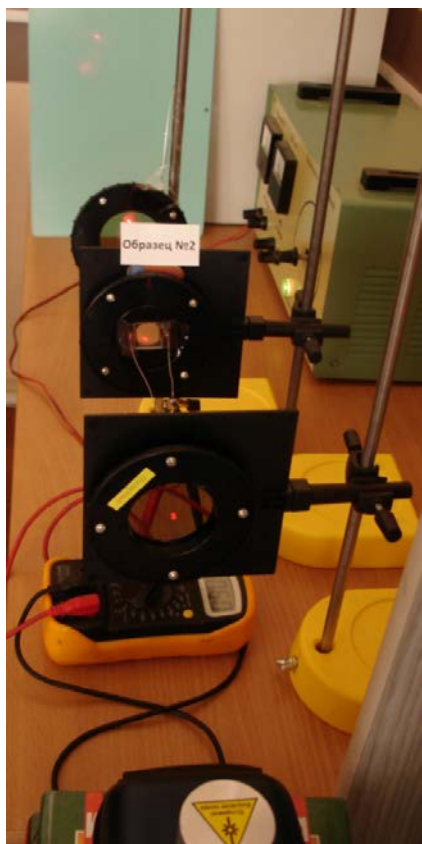
Фотография № 2. Образец №1, опыт 1.



Фотография №3. Образец №1, опыт 3.



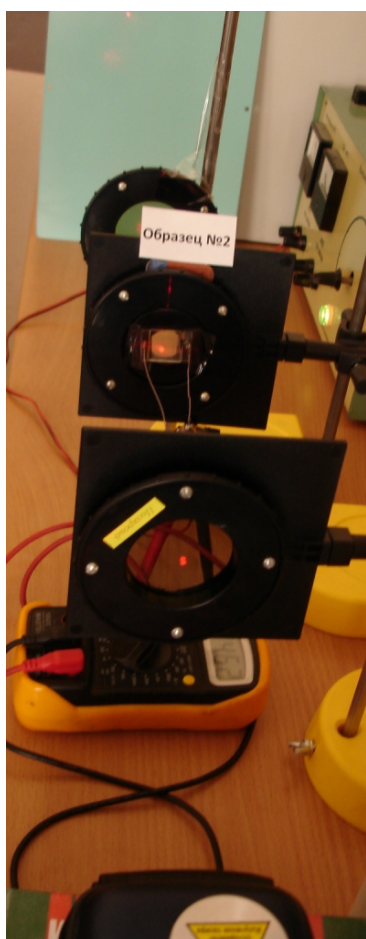
Фотография № 4. Образец №1, опыт 5.



Фотография № 5. Образец №2, опыт 1.

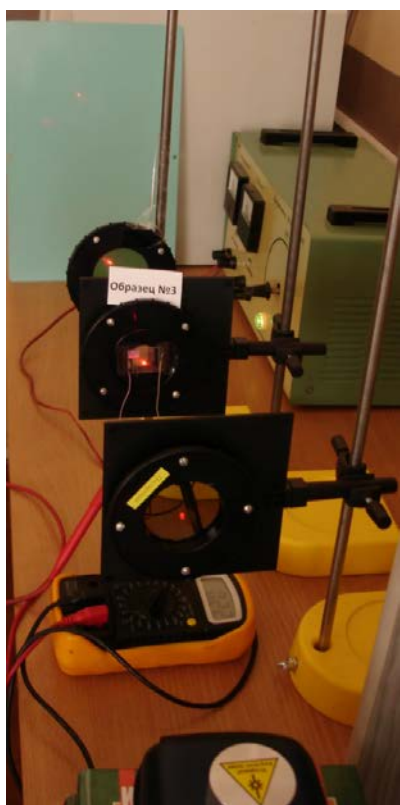


Фотография № 6. Образец №2, опыт 3.

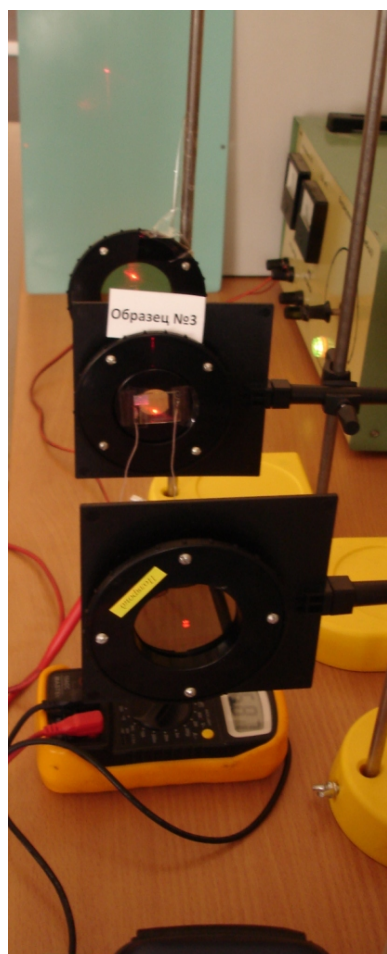


Фотография № 7. Образец №2, опыт 5.





Фотография № 8. Образец №3, опыт 1.



Фотография № 9. Образец №3, опыт 3.



Фотография № 10. Образец №3, опыт 5.