

Министерство образования и науки Российской Федерации

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра физики твердого тела

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ
СТЕКЛОЛ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ОФТАЛЬМОЛОГИИ

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

студентки 2 курса 201 группы
направления 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника»
факультета нано- и биомедицинских технологий
Садчиковой Марины Арменаковны

Научный руководитель
профессор, д.ф.-м.н.

подпись, дата

А.В. Скрипаль

Зав. кафедрой
профессор, д.ф.-м.н.

подпись, дата

Д.А. Усанов

Саратов 2017

СОДЕРЖАНИЕ

	ВВЕДЕНИЕ	3
1	Особенности строения зрительного аппарата человека	5
2	Жидкокристаллические устройства. Перспективы создания устройств для улучшения зрения	7
3	Исследование электрооптических свойств в жидких кристаллах	9
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	17
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	18

ВВЕДЕНИЕ

Открытие промежуточного жидкокристаллического состояния вещества приписывается австрийскому ботанику Фридриху Рейнитцеру, который получил эфир холестерина– холестерилбензоат и обнаружил, что у этого соединения имеются две точки плавления, при которых происходят фазовые переходы разного характера. При 145.5°C структура твердого холестерилбензоата разрушалась, он превращался в мутную жидкость (теперь мы говорим - жидкий кристалл), которая при дальнейшем нагревании до 178.5 становилась прозрачной. Эти наблюдения показали, что у холестерилбензоата имеются три различные фазы: твердая, жидкокристаллическая и жидкая. Рейнитцер описал свой эксперимент в статье, опубликованной в одном из химических журналов в 1888 г.

В настоящее время определяются перспективы использования жидкокристаллических сред в качестве усилителей яркости изображения, перестраиваемых фильтров, дисплейных элементов нового поколения, быстродействующих переключателей, оптически управляемых и акустических модуляторов света, термодатчиков в различных областях науки, техники, биологии и медицины. Каждая из областей по-своему интересна и познавательна и требует определенных усилий для своего планомерного развития.

Биомедицинское применение ЖК находит в настоящее время все большее признание. Одним из интересных и полезных применений ЖК является создание стереоскопических систем на жидких кристаллах, полезных для людей, страдающих нарушением зрения. Действительно, идея стереотелевидения на ЖК может быть реализована за счет модификации передающей телекамеры и дополнением телевизионных приемников специальными очками, стекла которых представляют собой систему с ЖК–фильтрами.

Важным применением жидкокристаллических стекол может быть создание специализированных очков для лечения различных видов функциональных нарушений зрения, таких как нистагм, косоглазие, миопия.

В частности, для развития мышечного баланса используется методика лечения, включающая переменное световое воздействие на каждый глаз с интервалом переключения от 5000 до 150 мс; для развития бинокулярной фиксации используется интервал переключения от 250 до 20 мс; для повышения остроты зрения используется интервал переключения от 700 до 120 мс.

Целью настоящей работы является исследование характеристик жидкокристаллических стекол, применяемых в офтальмологии, таких как время реакции/релаксации и минимальное время выдержки режимов пропускания света.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

1. Обзор научной литературы, изучение работы жидких кристаллов.
2. Рассмотреть типы ЖК и их электрооптические свойства.
3. Исследовать свойства жидкокристаллических стекол, применяемых в офтальмологии.
4. Проанализировать данные, полученные в эксперименте.

1 Особенности строения зрительного аппарата человека

Глазом называется сложно устроенное, упругое, почти шарообразное тело - глазное яблоко (рис.1). Оно находится в глазнице, окружено костями черепа. Между стенками глазницы и глазным яблоком есть жировая прокладка.

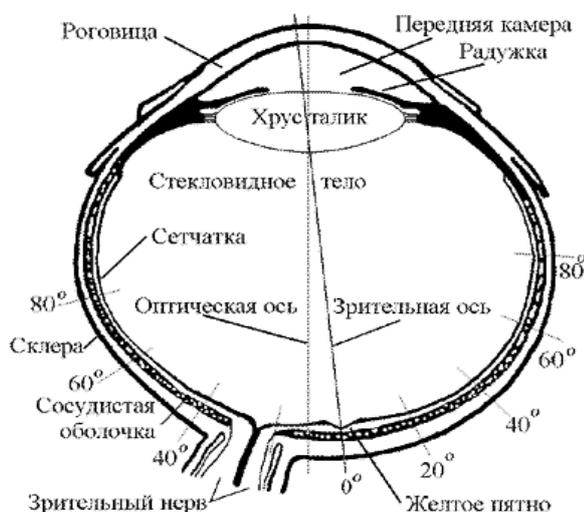


Рис.1. Строение глаза

Глаз состоит из двух частей: собственно глазного яблока и вспомогательных мышц, век, слезного аппарата. Как физический прибор глаз представляет подобие фотоаппарату - темную камеру, в передней части которой находится отверстие (зрачок), пропускающее в нее световые лучи. Вся внутренняя поверхность камеры глазного яблока выстлана сетчатой оболочкой, состоящей из элементов воспринимающих световые лучи и перерабатывающих их энергию в первое раздражение, которое передается далее в мозг по зрительному каналу[1].

По форме глазное яблоко имеет не совсем правильную шаровидную форму: переднезадний размер у взрослого человека в среднем - 24,3 мм, вертикальный - 23,4 мм и горизонтальный - 23,6. Размеры глазного яблока

могут быть больше или меньше. Глазное яблоко имеет три оболочки: наружную, среднюю и внутреннюю и ядро, то есть хрусталик, и стекловидное тело - студенистую массу, заключенную в прозрачную оболочку[2]. Наружная оболочка глаза построена из плотной соединительной ткани. Это самая плотная из всех трех оболочек, благодаря ей глазное яблоко сохраняет свою форму. Наружная оболочка в основном белая, поэтому ее называют белком или склерой. Это непрозрачная оболочка, занимающая 5/6 поверхности глазного яблока. Передняя ее часть отчасти видна в области глазной щели, центральная ее часть более выпукла. В своем переднем отделе она соединяется с прозрачной роговицей. Вместе они образуют роговидную - склеральную капсулу глаза, которая является наиболее плотной и упругой наружной частью глаза, выполняет защитную функцию, составляя как бы скелет глаза. Склера сформирована из плотных соединений волокон, толщина ее в среднем около одного миллиметра. Склера сильно истончена в области заднего полюса глаза, где она превращается в решетчатую пластинку, через которую проходят волокна, образующие зрительный нерв глаза. Спереди склера покрыта тонкой слизистой оболочкой - конъюнктивой. Эта оболочка переходит и на заднюю, обращенную к глазной поверхности век[3].

2 Жидкокристаллические устройства. Перспективы создания устройств для улучшения зрения

Виды жидких кристаллов

Жидкие кристаллы (ЖК) – особое термодинамическое состояние вещества, промежуточное между кристаллическим твердым телом и аморфной жидкостью и характеризующееся определенным порядком в расположении молекул. В этом состоянии имеет место анизотропия механических, электрических, магнитных и оптических свойств. Способность целого ансамбля ЖК-молекул переориентироваться в магнитном поле была впервые изучена В. Фредериксом и В. И. Цветковым [4], [5]. Воздействие электрического поля при облучении ЖК когерентным излучением исследовалось С. А. Пикиным, Л. М. Блиновым, А. С. Сониным и рассмотрено в работах [6]-[8]. Классификация ЖК была предложена О. Леманном, затем расширена М. Г. Фриделем [9]. По этой классификации выделяют три типа жидких кристаллов – нематические, холестерические и смектические (рис.2). ЖК, входящие в каждую из групп, различаются физическими, прежде всего оптическими свойствами. Это различие следует из их структуры.

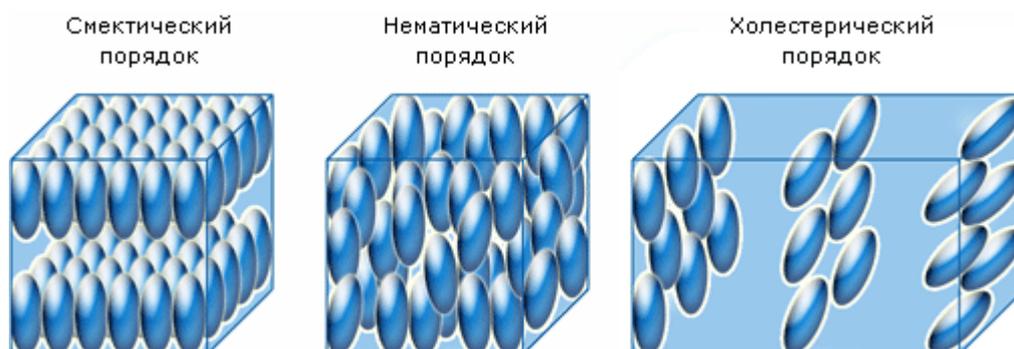


Рис.2 Типы жидких кристаллов – нематические, холестерические и смектические

Нематические жидкие кристаллы. В этих кристаллах 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). Примером вещества, образующего нематический ЖК, может служить N-(пара-метоксибензилиден)-парабутиланилин.

Смектические жидкие кристаллы имеют слоистую структуру, слои могут перемещаться относительно друг 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. Типичным является терефтал-бис (пара-бутиланилин).

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). В качестве типичного холестерика можно назвать амил-пара-(4-цианобензилиденамино)-циннамат [10].

3 Исследование электрооптических свойств в жидких кристаллах

Экспериментальные исследования проводились на 3-х образцах с целью возможности их использования для лечения глазных болезней. Устройство предназначено для анализа зрительной системы и для воздействия на зрительную систему, для развития зрительно-моторных реакций с целью лечения различных форм косоглазия и повышения остроты зрения при амблиопии, гиперметропии и миопии. Первый образец - Samsung active glasses ssg-3050gb, второй образец - Smart Switchable Glass SW-02, третий образец - Smart Glass ТК.

Технические требования к устройству:

1. Для развития мышечного баланса используется диапазон интервалов включения ЖКС от 5000 до 150 мс. Для развития бинокулярной фиксации используется диапазон интервалов включения ЖКС от 250 до 20 мс. Для повышения остроты зрения и увеличения объема аккомодации используется диапазон интервалов включения ЖКС от 700 до 120 мс.

2. Время реакции/релаксации ЖКС должно быть минимальным (1-5 мс).

3. ЖКС должен обеспечивать минимальное время выдержки режимов пропускания света «прозрачный» и «рассеивающий» 10 мс

3.1 Исследование электрооптических свойств образца Samsung active glasses ssg-3050gb

Экспериментальная установка по исследованию электрооптических свойств в жидких кристаллах состоит из осциллографа, NI Elvis, как источника внешнего переменного напряжения, исследуемого образца 1, красного светодиода в качестве источника излучения, фотодиода ФД-24К в качестве фотоприемника прошедшего через образец излучения (рис.3).

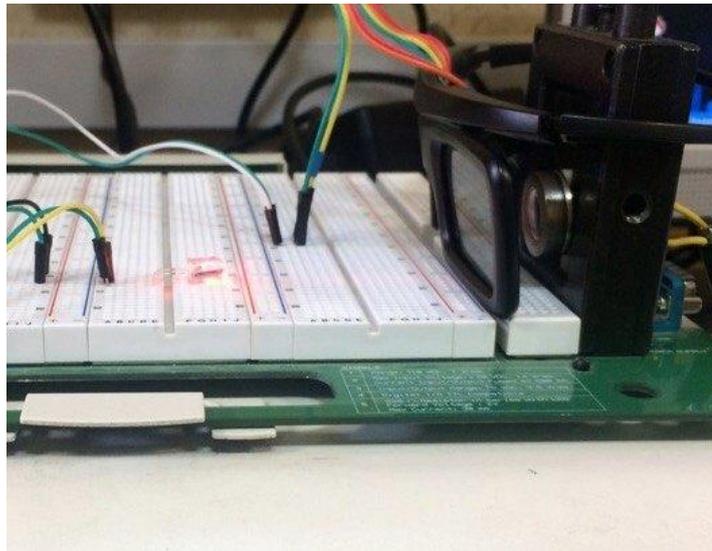


Рис.3. Экспериментальная установка по исследованию электрооптических свойств в жидких кристаллах для первого образца

3.1.1 Сняли зависимость оптического пропускания жидкокристаллического стекла от напряжения в 8 В (рабочее напряжение по техническим характеристикам устройства) при разных частотах питающего напряжения от 1-1000 Гц с шагом в 50 Гц (рис.4).

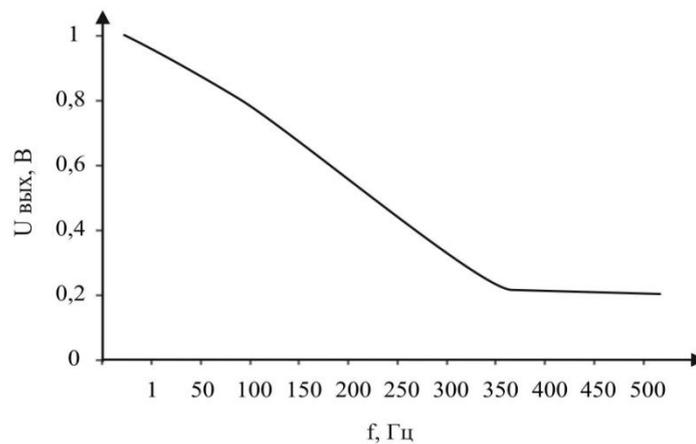


Рис.4 Зависимость выходного напряжения ($U_{\text{вых}}$, В) от частоты (f , Гц) для первого образца

По результатам первого эксперимента видно, что граничная частота составляет 150 Гц, что соответствует 6,7 мс, следовательно, первый образец подходит для развития мышечного баланса, для развития бинокулярной

фиксации, для повышения остроты зрения и увеличения объема аккомодации.

3.1.2 Время реакции/релаксации ЖКС должно быть минимальным и составлять 1-5мс (рис.5).

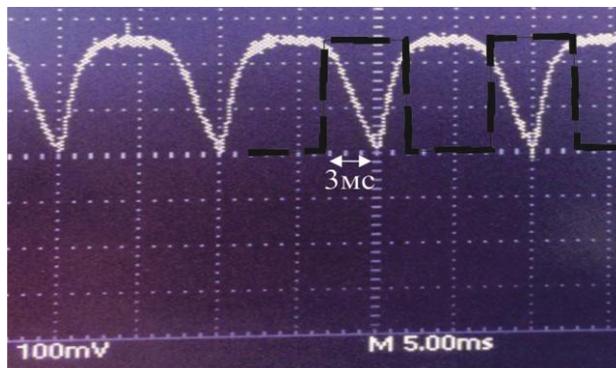


Рис.5 Время реакции/релаксации ЖКС для первого образца

По результатам второго эксперимента видно, что у первого образца время реакции 3 мс, что соответствует техническим требованиям.

3.1.3 Минимальное время выдержки режимов пропускания света «прозрачный» и «рассеивающий» (эффект матового стекла) должно быть 10 мс(рис.6).

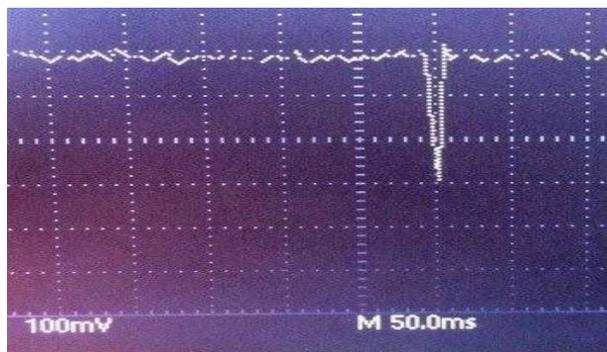


Рис.6 Минимальное время выдержки режима пропускания света «рассеивающий» для первого образца - 10 мс

По результатам третьего эксперимента для первого образца видно, что минимальное время выдержки режимов пропускания света «прозрачный» и «рассеивающий» (эффект матового стекла) 10 мс, что соответствует техническим требованиям.

3.2 Исследование электрооптических свойств образца Smart Switchable Glass SW-02

Экспериментальная установка по исследованию электрооптических свойств в жидких кристаллах состоит из осциллографа, NI Elvis, как источника внешнего переменного напряжения, исследуемого образца 2, красного светодиода в качестве источника излучения, фотодиода ФД-24К в качестве фотоприемника прошедшего через образец излучения(рис.7).

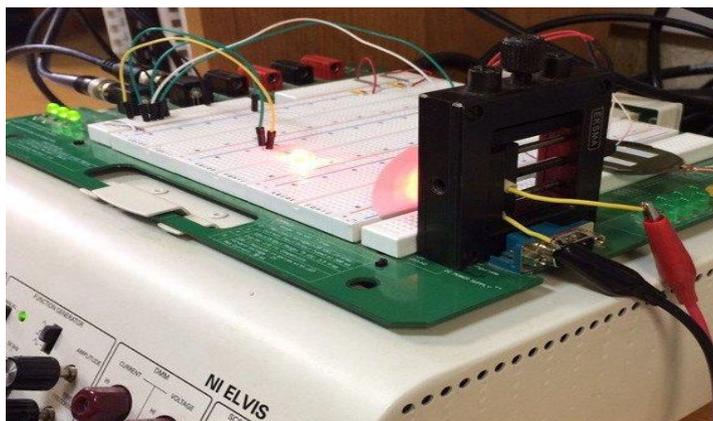


Рис.7 Экспериментальная установка по исследованию электрооптических свойств в жидких кристаллах для второго образца

Сняли зависимость оптического пропускания жидкокристаллического стекла от напряжения в 30 В (рабочее напряжение по техническим характеристикам устройства) при разных частотах питающего напряжения от 1-1000 Гц с шагом в 50 Гц(рис.8).

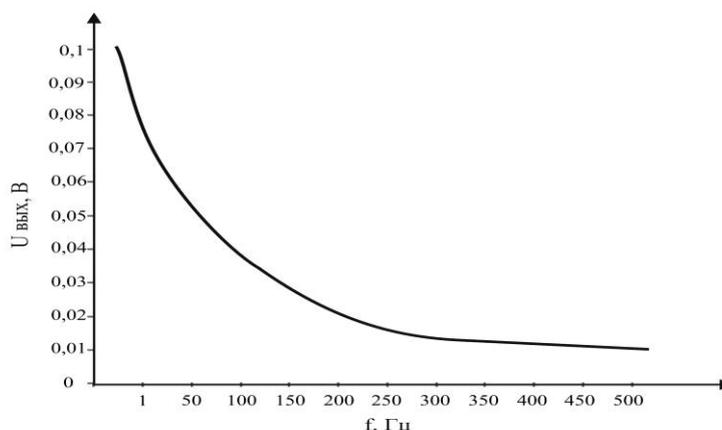


Рис.8 Зависимость выходного напряжения($U_{\text{вых.}}$, В) от частоты(f , Гц) для второго образца

По результатам первого эксперимента видно, что граничная частота составляет 30 Гц, что соответствует 33 мс, следовательно, второй образец подходит для развития мышечного баланса, для повышения остроты зрения и увеличения объема аккомодации, но не подходит для развития бинокулярной фиксации.

Для образца Smart Switchable Glass SW-02 проведение второго и третьего эксперимента не представляется возможным.

3.3 Исследование электрооптических свойств образца Smart Glass ТК

Экспериментальная установка по исследованию электрооптических свойств в жидких кристаллах состоит из осциллографа, NI Elvis, как источника внешнего переменного напряжения, исследуемого образца 3, красного светодиода в качестве источника излучения, фотодиода ФД-24К в качестве фотоприемника прошедшего через образец излучения(рис.9).

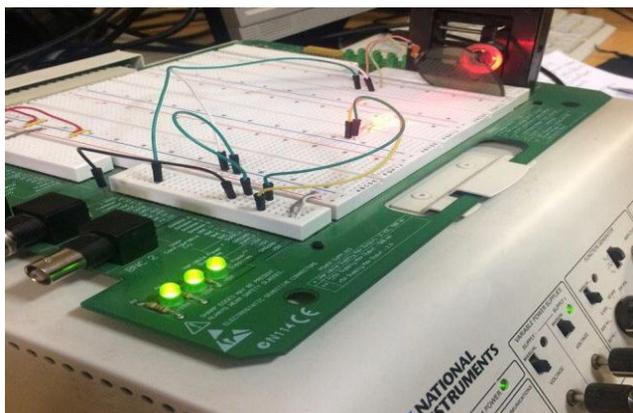


Рис.9 Экспериментальная установка по исследованию электрооптических свойств в жидких кристаллах для третьего образца

3.3.1 Для нахождения глубины модуляции подаем переменное напряжение от 3-8 В с частотой переключения в 10 Гц с шагом 0,5 В. Получили зависимость амплитуды от напряжения. Максимальную глубину модуляции(амплитуду) наблюдаем при напряжении 8 В, получили рабочее напряжение.

Сняли зависимость оптического пропускания жидкокристаллического стекла от напряжения в 8 В при разных частотах питающего напряжения от 1-1000 Гц с шагом в 50 Гц(рис.10).

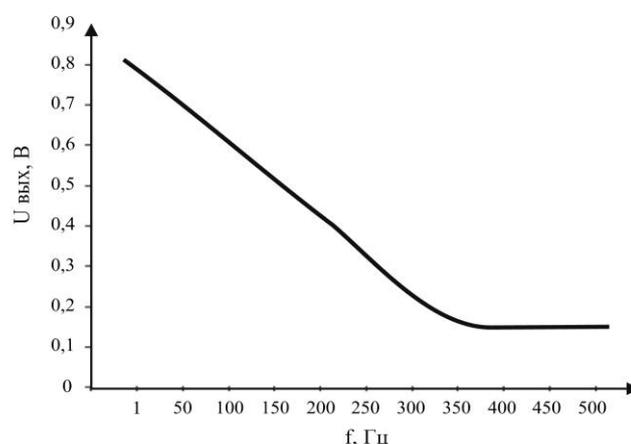


Рис.10 Зависимость выходного напряжения($U_{\text{вых}}$, V) от частоты(f , Гц) для третьего образца

По результатам первого эксперимента видно, что граничная частота составляет 130 Гц, что соответствует 7,7 мс, следовательно, третий образец подходит для развития мышечного баланса, для развития бинокулярной фиксации, для повышения остроты зрения и увеличения объема аккомодации.

3.3.2 Время реакции/релаксации ЖКС должно быть минимальным и составлять 1-5мс(рис.11).

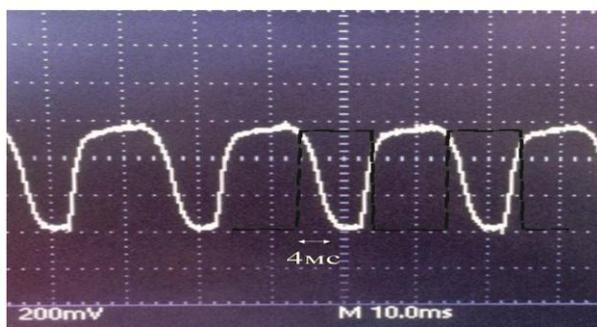


Рис.11 Время реакции/релаксации ЖКС для третьего образца

По результатам второго эксперимента видно, что у третьего образца время реакции 4 мс, что соответствует техническим требованиям.

3.3.3 Минимальное время выдержки режимов пропускания света «прозрачный» и «рассеивающий» (эффект матового стекла) должно быть 10 мс(рис.12).

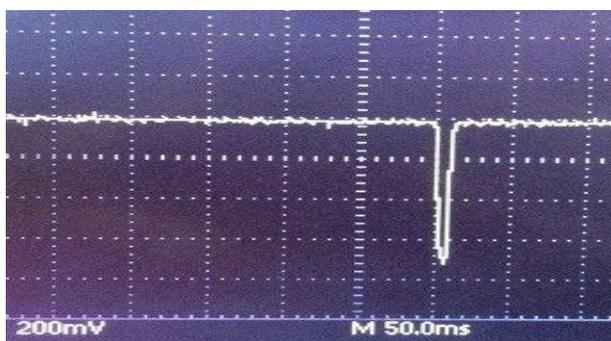


Рис.12 Минимальное время выдержки режима пропускания света «рассеивающий» для третьего образца - 10 мс

По результатам третьего эксперимента для третьего образца видно, что минимальное время выдержки режимов пропускания света «прозрачный» и «рассеивающий» (эффект матового стекла) 10 мс, что соответствует техническим требованиям.

По результатам трех экспериментов по исследованию электрооптических свойств в жидких кристаллах, можно сделать вывод, что 1 и 3 образцы соответствуют всем техническим требованиям для лечения глазных болезней, а именно:

-для развития мышечного баланса используется диапазон интервалов включения ЖКС от 5000 до 150 мс;

-для развития бинокулярной фиксации используется диапазон интервалов включения ЖКС от 250 до 20 мс;

-для повышения остроты зрения используется диапазон интервалов включения ЖКС от 700 до 120 мс;

-время реакции/релаксации ЖКС минимально (1-5 мс);

-минимальное время выдержки режимов пропускания света «прозрачный» и «рассеивающий» 10 мс.

Таким образом показано, что жидкие кристаллы могут быть использованы для лечения глазных болезней, для активизации саккад, что оказывает положительное влияние на улучшение зрения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования последних лет показали, что структура жидкого кристалла чрезвычайно подвижна, лабильна: достаточно небольших внешних воздействий, чтобы она изменилась, а это сразу же приводит к изменению макроскопических свойств вещества. Следовательно, жидкие кристаллы являются уникальным материалом, свойства которого можно изменять, используя управляющие воздействия.

Целью настоящей работы являлось исследование характеристик жидкокристаллических стекол, применяемых в офтальмологии, таких как время реакции/релаксации и минимальное время выдержки режимов пропускания света.

Для достижения цели решены следующие задачи:

1. Обзор научной литературы, изучение работы жидких кристаллов.
2. Рассмотрены типы ЖК и их электрооптические свойства.
3. Исследованы характеристики жидкокристаллических стекол, применяемых в офтальмологии.
4. Проанализированы данные, полученные в эксперименте.

По результатам трех экспериментов по исследованию электрооптических свойств в жидких кристаллах, можно сделать вывод, что 1 и 3 образцы соответствуют всем техническим требованиям для лечения глазных болезней. Таким образом показано, что жидкие кристаллы могут быть использованы для лечения глазных заболеваний, для активизации саккад, что приводит к обновлению зрения, оказывает положительное влияние на улучшение зрения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Большая советская энциклопедия. т.6, М. " Советская энциклопедия, 1971. с. 1729 - 1791.
2. Популярная медицинская энциклопедия. М. " Советская энциклопедия", 1964 с. 257 - 262.
3. Копаева В.Г. Глазные болезни / В.Г. Копаева. - М: Медицина, 2002.- 153-196 С.
4. Фредерикс, В. О применении магнитного поля к измерению сил, ориентирующих анизотропные жидкости в тонких однородных слоях/ В. Фредерикс, Золина В. О.//ЖРФХО ч. Физ.-1930.- №5.- С. 458–464.
5. Цветков, В. И. Движение анизотропных жидкостей во вращающемся магнитном поле/ В.И. Цветков.- ЖЭТФ.- 1939.- Т. 9, №5.- С. 602–615.
6. Ориентационное воздействие электрического поля на нематические жидкие кристаллы/ П. Д. Березин, И. Н. Компанец, В. В. Никитин, С. А. Пикин// ЖЭТФ. 1973. Т. 64, №2. С. 559–607.
7. Блинов, Л. М. Электро- и магнитооптика жидких кристаллов. / Л.М.Блинов.- М.: Наука, 1978.- 384 С.
8. Сонин, А. С. Введение в физику жидких кристаллов. /А.С. Сонин. -М.: Наука, 1983.-320 С.
9. Адамчик, А., Стругальский, З.В. Жидкие кристаллы. / А. Адамчик, З.В. Стругальский.- М.: Сов. радио, 1979.-160 С.
10. Л. М. Блинов. Жидкие кристаллы: Структура и свойства. / Л.М.Блинов.- М.:Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2013. — 480 с.