

Вакулин Д.А.

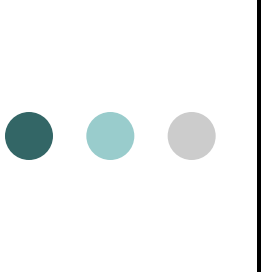
«Исследование характеристик
электроуправляемых
жидкокристаллических устройств»

Магистерская
диссертация

Научный руководитель:
доктор ф.-м.н, в.н.с., с.н.с.
Коншина Е.А.

Кафедры оптической физики и современного
естествознания

Санкт-Петербург
2011г.



Целью работы было исследование оптических и динамических характеристик гибридно-ориентированных ячеек и влияния на них параметров электрического поля.

Основными задачами этой работы были:

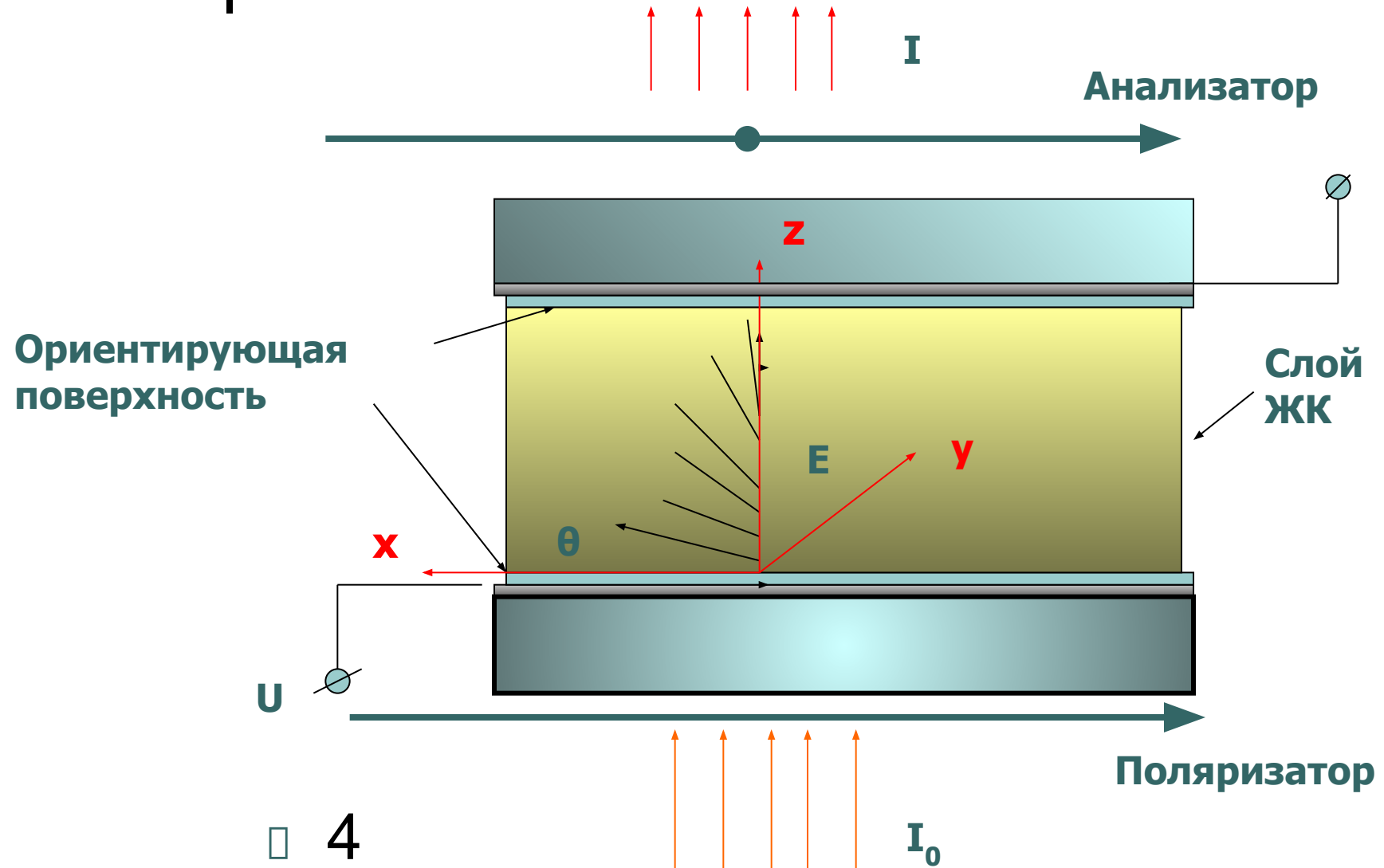
- разработка компьютерной программы для определения основных характеристик ЖК ячеек;
- разработка компьютерной программы позволяющей управлять параметрами электрического поля, приложенного к ЖК ячейкам;
- исследование оптических и динамических характеристик ячеек при вариации условий на границе раздела фаз ЖК с ориентирующей поверхностью.



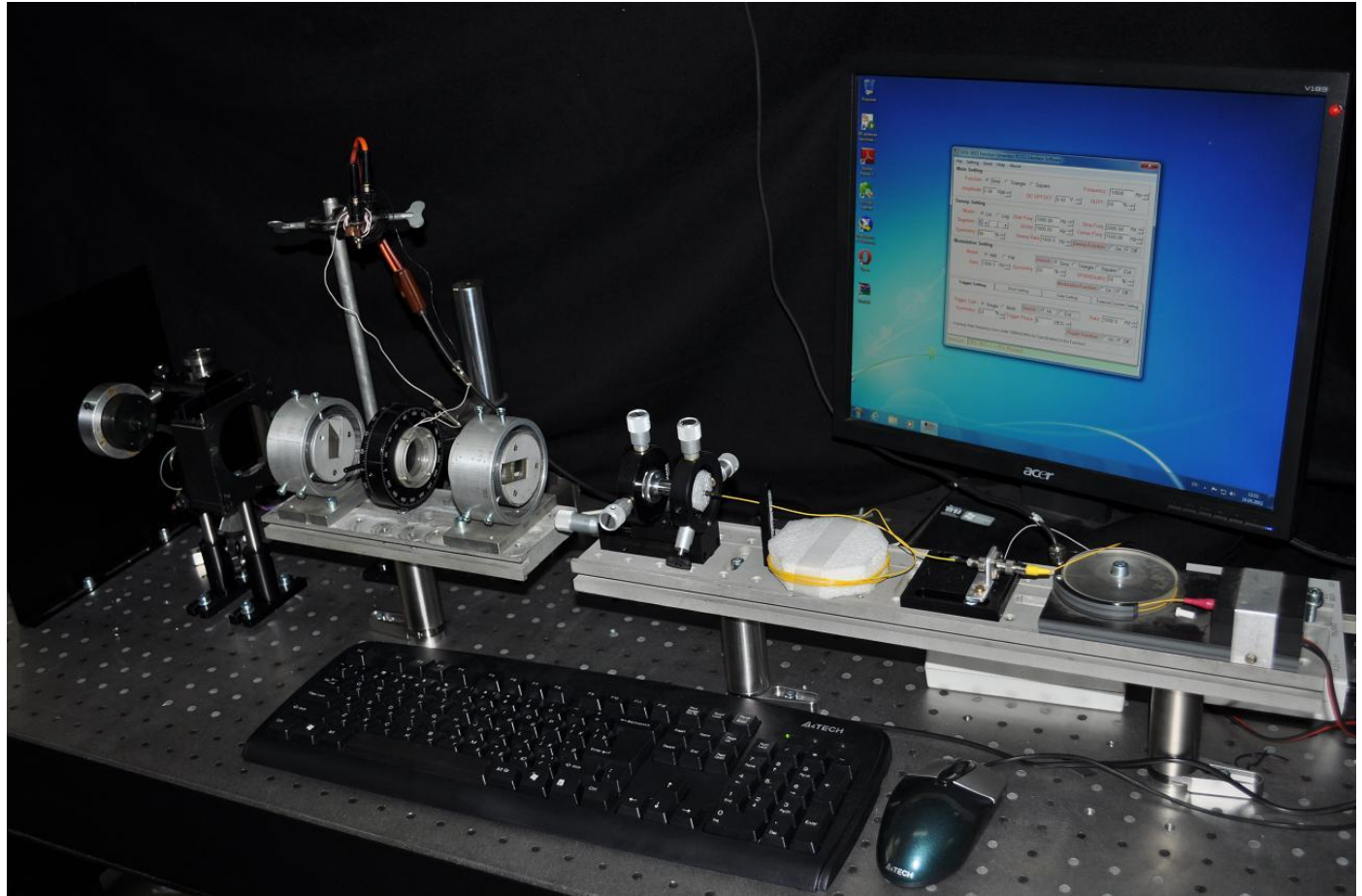
Объект исследования

- Исследования проводились на плоскопараллельных гибридно-ориентированных ячейках с фиксированным зазором, состоящих из двух стеклянных подложек, на поверхность которых были нанесены слои прозрачного проводящего электрода и ориентирующего слоя.
- На одну из подложек наносили слои двуокиси церия (CeO_2), путем наклонного напыления в вакууме с помощью лазера.
- На другую подложку осаждали слой аморфного углерода (a-C:H), методом химического осаждения паров в плазме тлеющего разряда.
- В работе использовали ЖК-1001 (НИОПИК) с оптической анизотропией $\Delta n = 0,26$ на длине волны $632,8$ нм и $\Delta \varepsilon = 4.43$ на частоте 1 кГц.

Схема ЖК ячейки



Экспериментальная схема измерения электрооптических характеристик ЖК ячеек

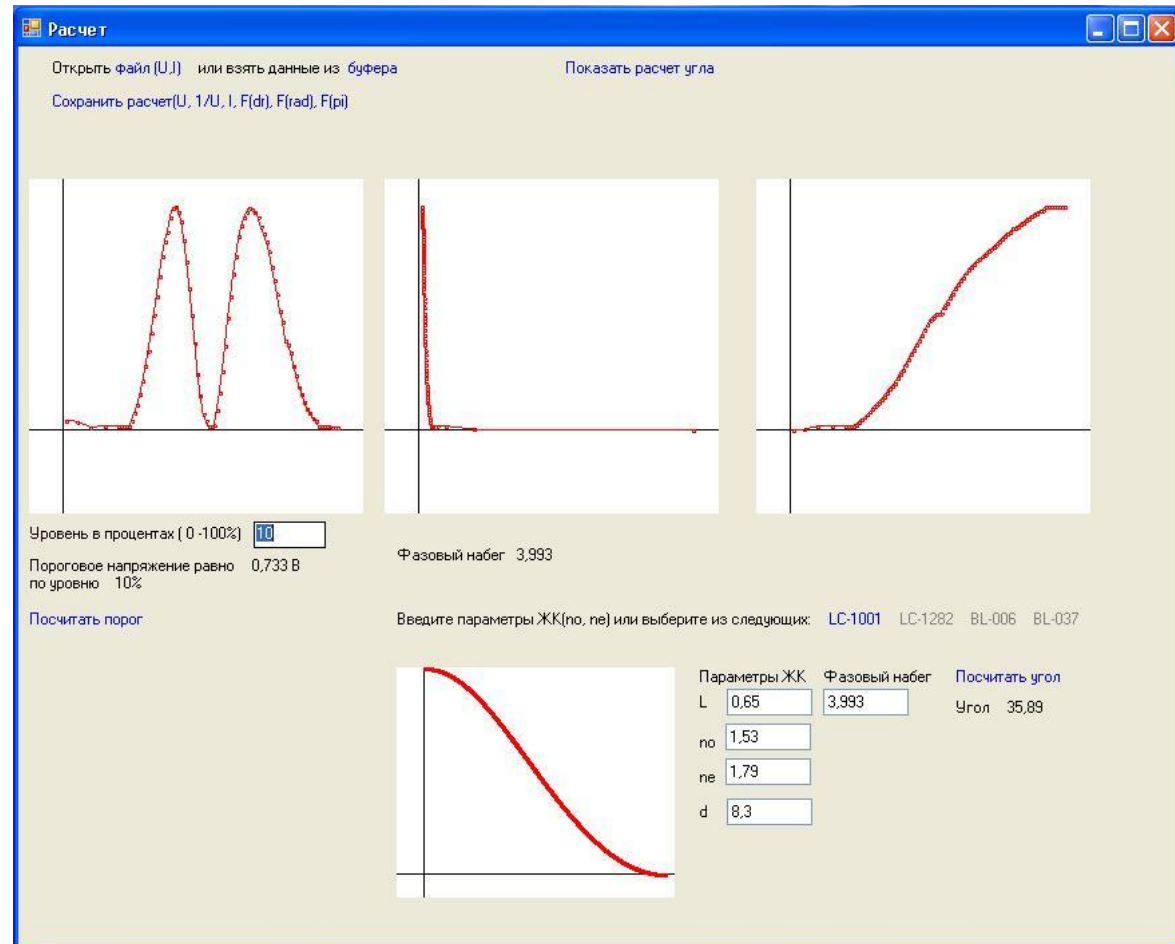


Методы исследования

Оптические характеристики ЖК ячеек рассчитывались с помощью разработанной компьютерной программы с использованием экспериментальных данных, полученных путем измерения оптического пропускания ячейки в зависимости от напряжения.

$$I = I_0 \sin^2 2\beta \sin^2(\Delta\Phi / 2)$$

$$\Delta\Phi(\theta_p) = \frac{2\pi d n_o}{\lambda} \left[\frac{n_e}{\sqrt{n_e^2 \sin^2 \theta_p + n_o^2 \cos^2 \theta_p}} - 1 \right]$$



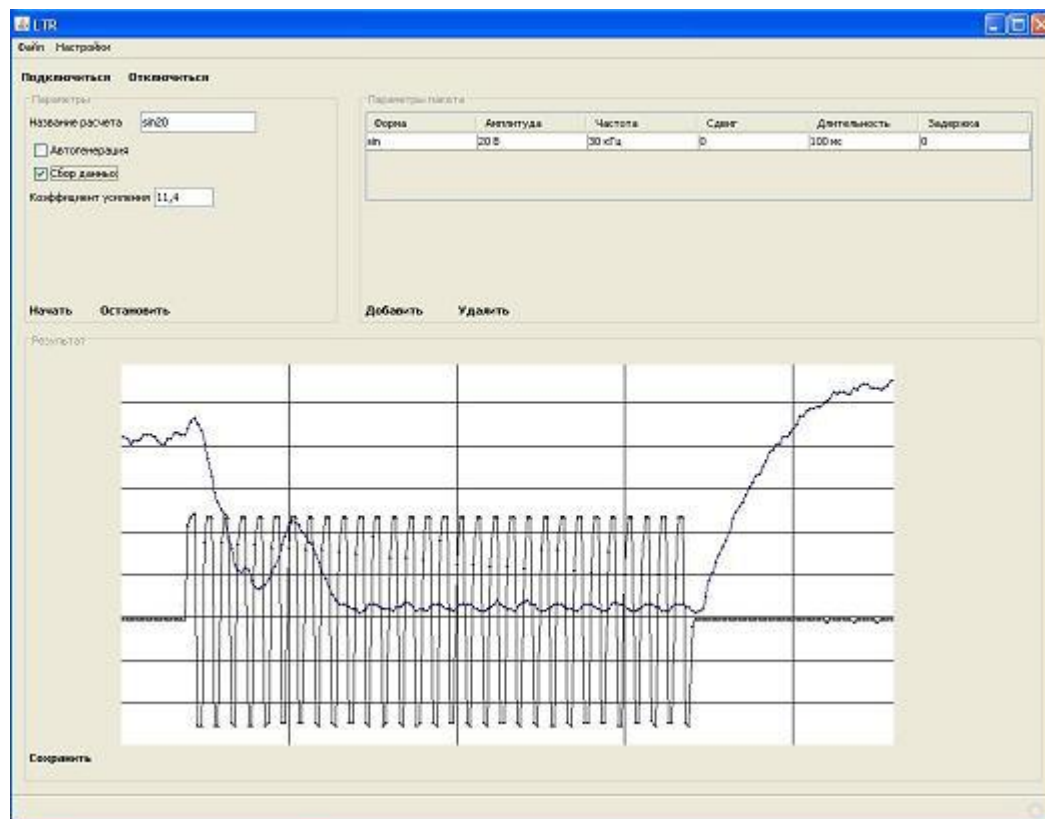
Результаты

В таблице приведены результаты расчета численных значений максимальной фазовой задержки, начального угла наклона директора и порогового напряжения гибридных ячеек с разными граничными условиями, в которых была реализована деформация ДЧЖК вдоль направления электрического поля. Характеристики гибридных ячеек можно варьировать, изменяя условия на границе раздела ЖК- ориентирующая поверхность.

| № ячейки | Ориентирующие слои | Толщина слоя ЖК, мкм | Максимальная фазовая задержка, π | Угол наклона, град. | Пороговое напряжение, В |
|----------|------------------------------------|----------------------|----------------------------------|---------------------|-------------------------|
| 1 | CeO ₂ /CeO ₂ | 8,3 | 1,8 | 55 | 0,4 |
| 2 | CeO ₂ /a-C:H | 7,6 | 2,4 | 48 | 0,8 |
| 3 | CeO ₂ /a-C:H | 8,2 | 3,5 | 41 | 0,8 |

Методы исследования

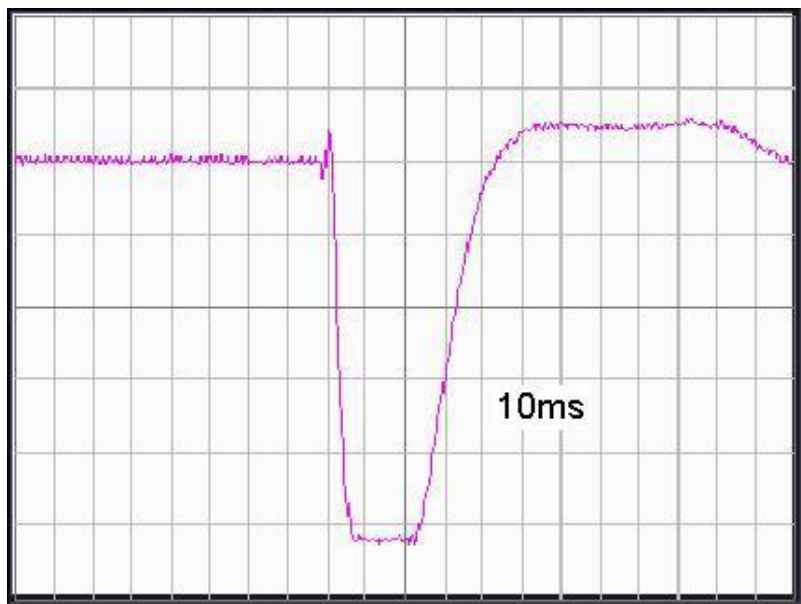
Для измерения временных характеристик использовали многокомпонентную систему управления параметрами электрического поля (LTR34). Для вариации режимов управления и сбора данных об изменении оптического пропускания была разработана компьютерная программа, которая позволяет также собирать данные об изменении оптического сигнала.



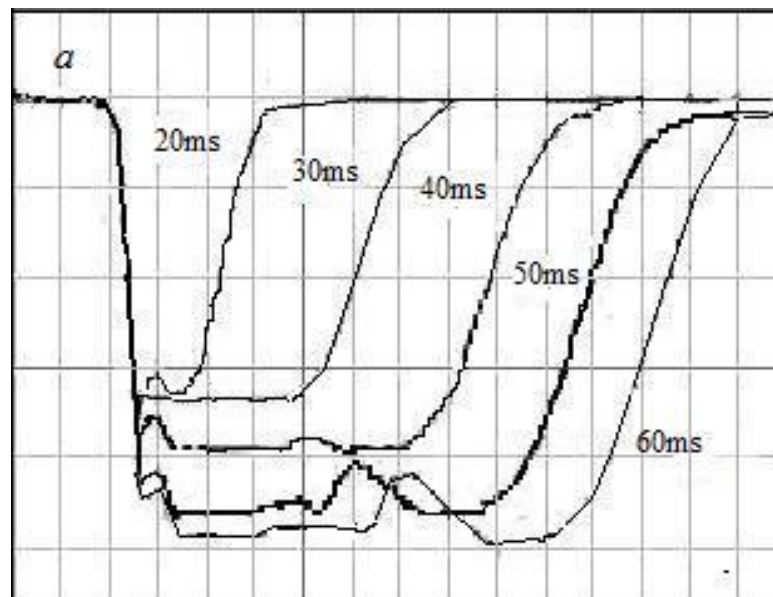
Результаты

- Анализ осциллограмм электрооптического отклика гибридных твист ячеек показал, что они отличаются от осциллограмм, характерных для твист-ячеек с симметричными граничными условиями, т.к. дополнительные осцилляции на осциллограмме у них наблюдались во время между снятием НЧ напряжения и приложением ВЧ напряжения.

Симметричная твист ячейка

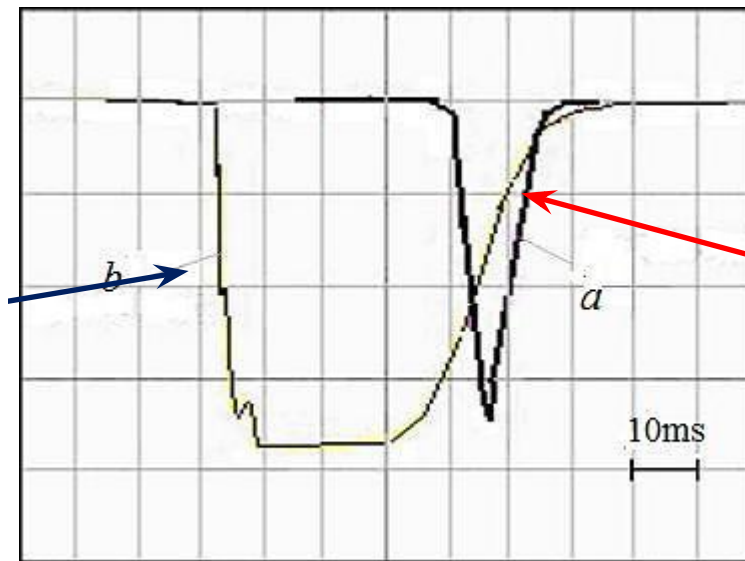
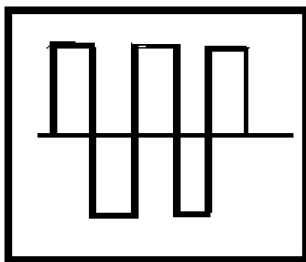


Гибридная твист ячейка

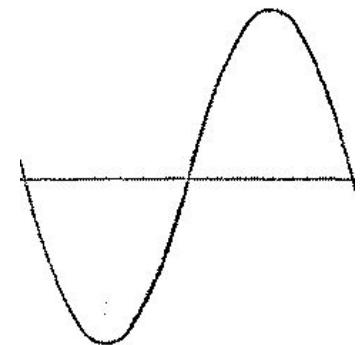


Результаты

- Было установлено, что на отклик гибридных ячеек влияет форма колебаний электрического поля.
- При последовательном приложении синусоидального напряжения с частотой 1 кГц для включения оптического сигнала и напряжения с частотой 30 кГц для выключения сигнала в гибридной твист ячейке был получен симметричный V-образный оптический отклик, т.е. реализовано бистабильное переключение.



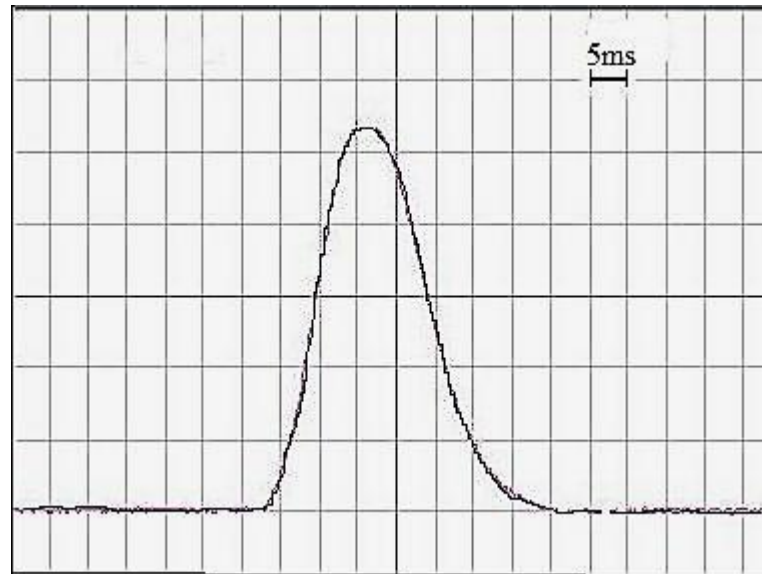
Ячейка №4



Результаты

- V-образный оптический отклик был получен при приложении только НЧ поля с частотой 30 кГц в форме меандра с напряжением 30В (длительность 100 мс). Релаксация ДЧЖК в этом случае проходила естественным образом.

Ячейка №5





Результаты

| № ячейки | Толщина слоя ЖК, мкм | Время включения, мс | Время выключения, мс | Угол наклона, град. |
|----------|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| 4 | 7,4 | 5 | 5 | 58 |
| 5 | 9,3 | 19 | 17 | 70 |

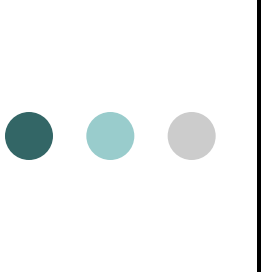
- Наименьшее время реакции гибридной твист ячейки №4, управляемой НЧ и ВЧ полем при бистабильном переключении составило – 10 мс.



Выводы

В работе были получены следующие основные результаты:

- Разработана компьютерная программа для расчета характеристик электроуправляемых жидкокристаллических устройств.
- Разработана компьютерная программа управления параметрами электрического поля, прикладываемого к ЖК устройствам, и сбора данных об изменении оптического сигнала в зависимости от напряжения и времени.
- Впервые получен бистабильный симметричный оптический отклик в гибридно-ориентированной твист-ячейке с двухчастотным нематическим ЖК со временем переключения, равным 5 мс.
- Полученные результаты были использованы при разработке оптических переключателей в рамках ГК 02. 740.11.0390 и будут использованы в дальнейшем учебном процессе.

- 
- По результатам работы подано две заявки на программы для ЭВМ:
 - Сделан доклад на конференции КМУ-2011 на тему «Особенности оптического отклика гибридных ячеек с двухчастотным нематическим жидким кристаллом».
 - Направлена статья в Журнал технической физики Е.А. Коншина, Д.А. Вакулин, Н.Л. Иванова, Е.О. Гавриш, В.Н. Васильев «Особенности оптического отклика гибридных ячеек с двухчастотным нематическим жидким кристаллом».



Спасибо за внимание!