
Графический электрохромный индикатор

Студент: Токарев С.В., гр. ИУ4-125

Научный руководитель: к.т.н., доцент Власов А.И.



МГТУ
им. Н.Э. Баумана

Цели работы и решаемые задачи

Цель работы: Исследование и синтез масштабируемого метода формирования тонкопленочных структур с управляемой светопроводимостью для применения в области индикации и отображения информации

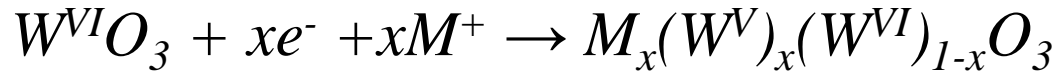
Решаемые задачи:

- Исследование физико-химических процессов, лежащих в основе электрохромного эффекта для определения факторов влияющих на процесс формирования окраски электрохромной ячейки индикатора
- Анализ влияния состава электрохромной структуры на параметры устройства электрохромного индикатора
- Анализ методов формирования тонкопленочных покрытий для разработки масштабируемой технологии создания электрохромных индикаторов
- Разработка технологического процесса формирования электрохромной ячейки для использования в системах индикации встраиваемых систем
- Создание опытных образцов электрохромных ячеек по методу химического осаждения из коллоидного раствора
- Исследование оптических, электрических и структурных свойств сформированных образцов электрохромных ячеек индикаторов

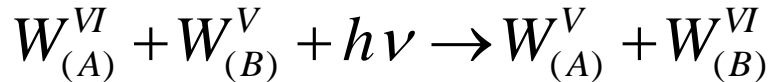
Явление электрохромизма

Электрохромизм – явление изменения коэффициента пропускания светового излучения многослойной структуры при приложении к ней внешней разности потенциалов

В основе явления – окислительно-восстановительная реакция:



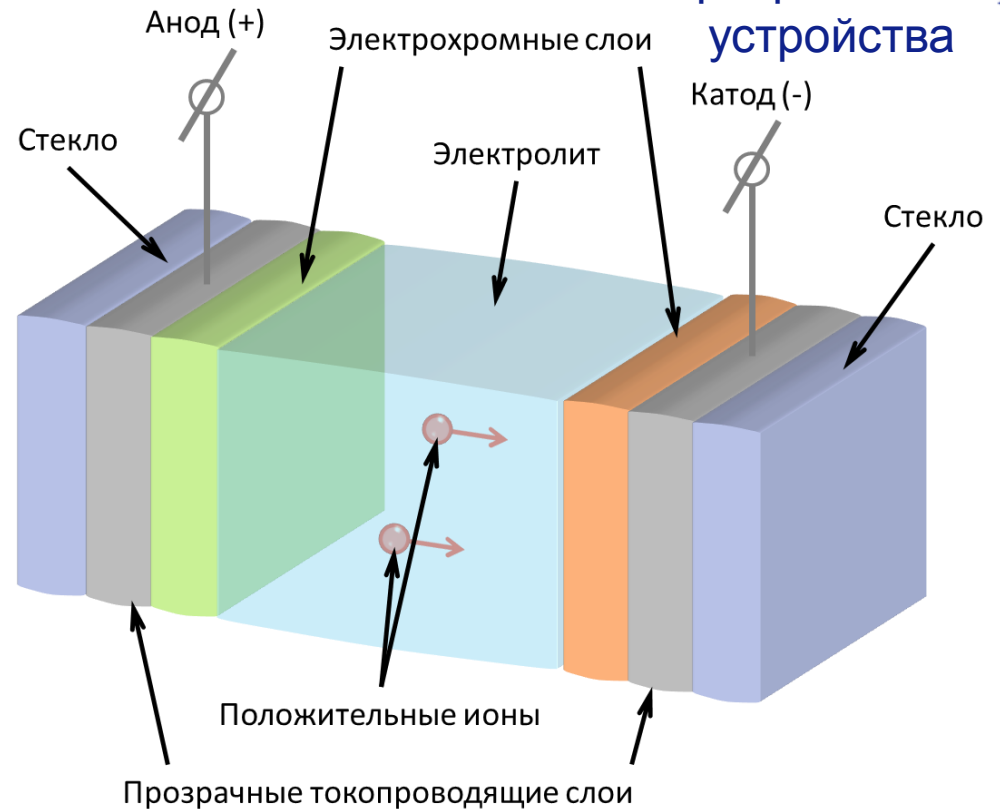
Процесс оптического переноса заряда:



Примеры электрохромных устройств

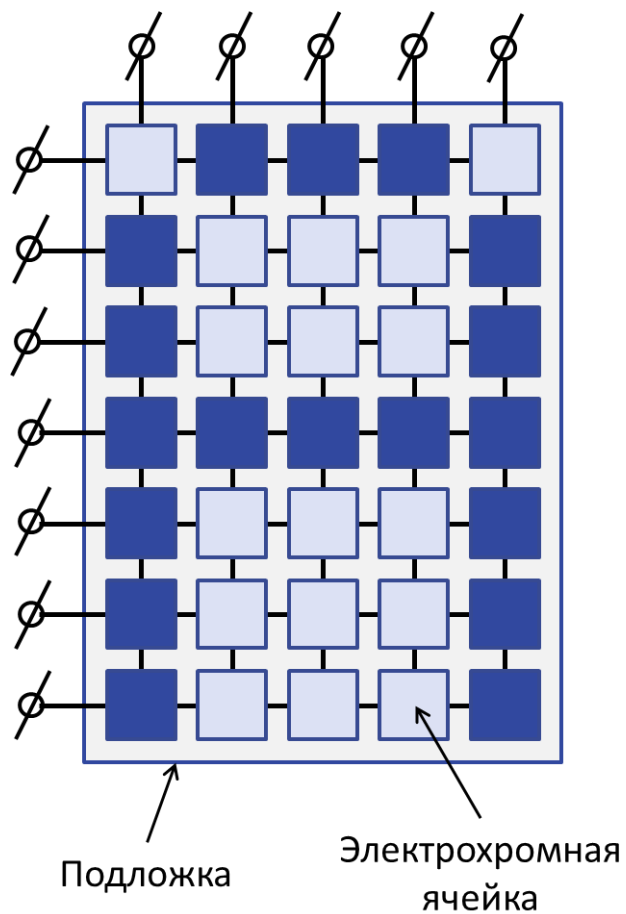


Структура электрохромного устройства

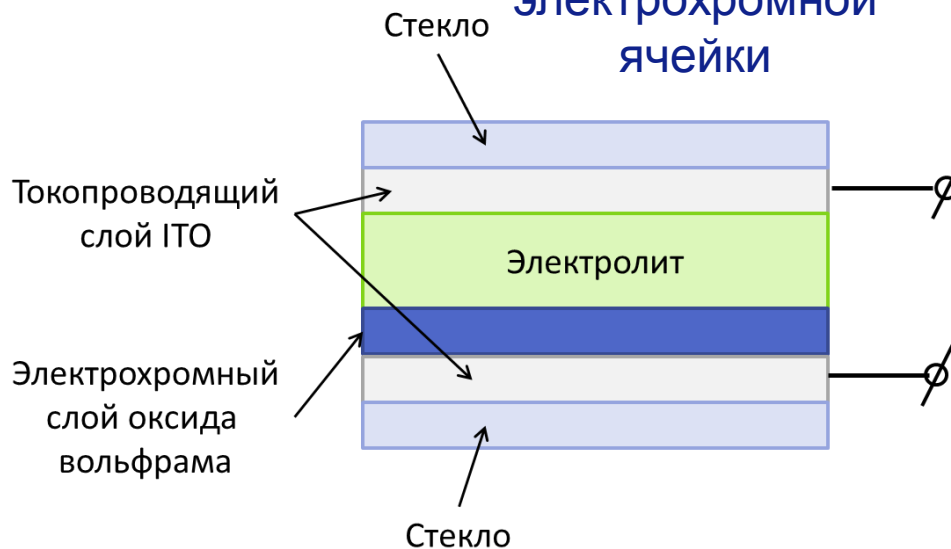


Структура электрохромного индикатора

Пример конструкции электрохромного индикатора



Пример конструкции электрохромной ячейки

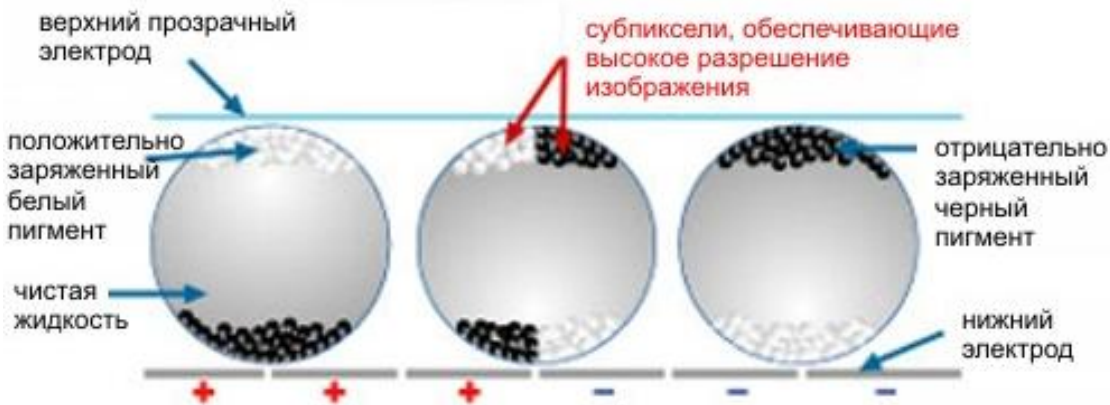


Плоский электрохромный дисплей фирмы Siemens

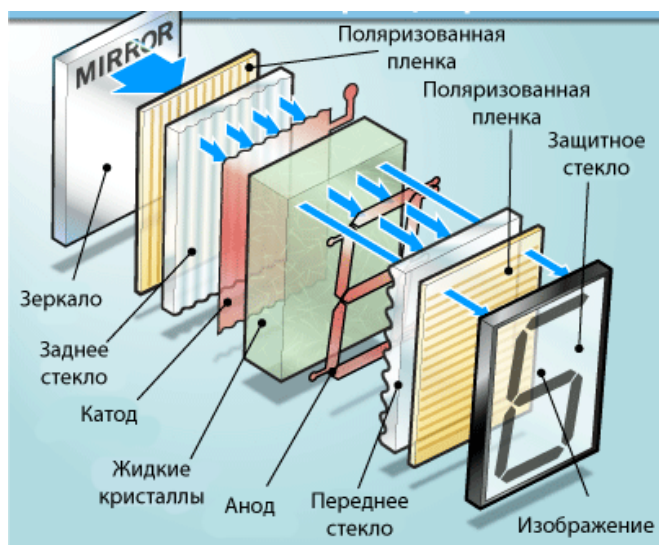


Ближайшие аналоги

ССИВНЫЕ



Структура E-Ink дисплея



Структура ЖКИ



Электрохромный дисплей фирмы N-Tera

Обычный ЖКИ дисплей

Параметры электрохромных структур

е **Твердофазные**

$$\eta = Abs / Q$$

$$CR = \frac{R_0}{R_x}$$

Основные характеристики электрохромных структур:

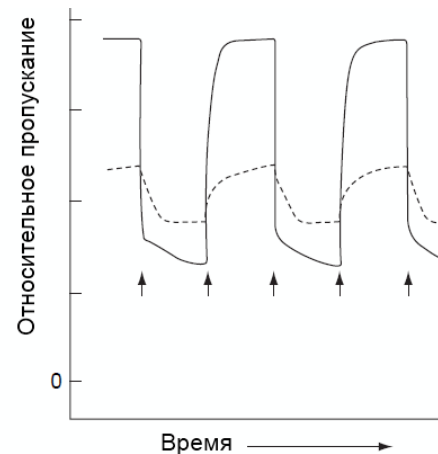
- Эффективность окрашивания
- **Контрастность**
- **Время отклика**
- Циклическая долговечность
- Потребляемая мощность

Время отклика зависит от процессов переноса массы и заряда в структуре при ОВР

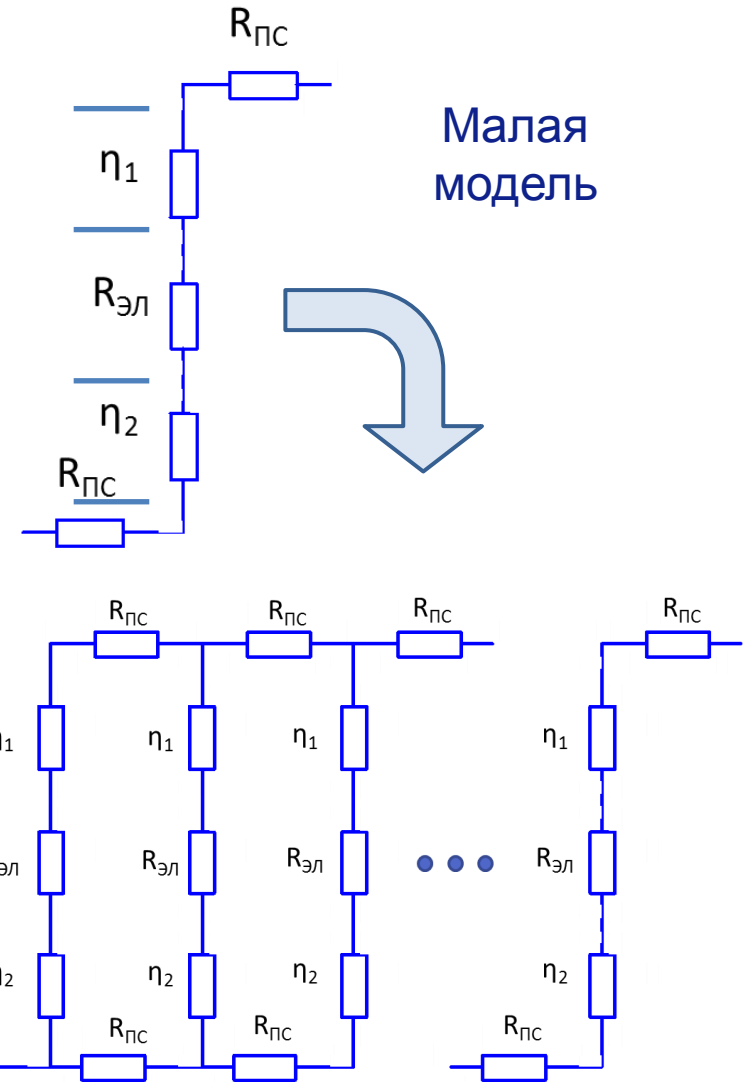
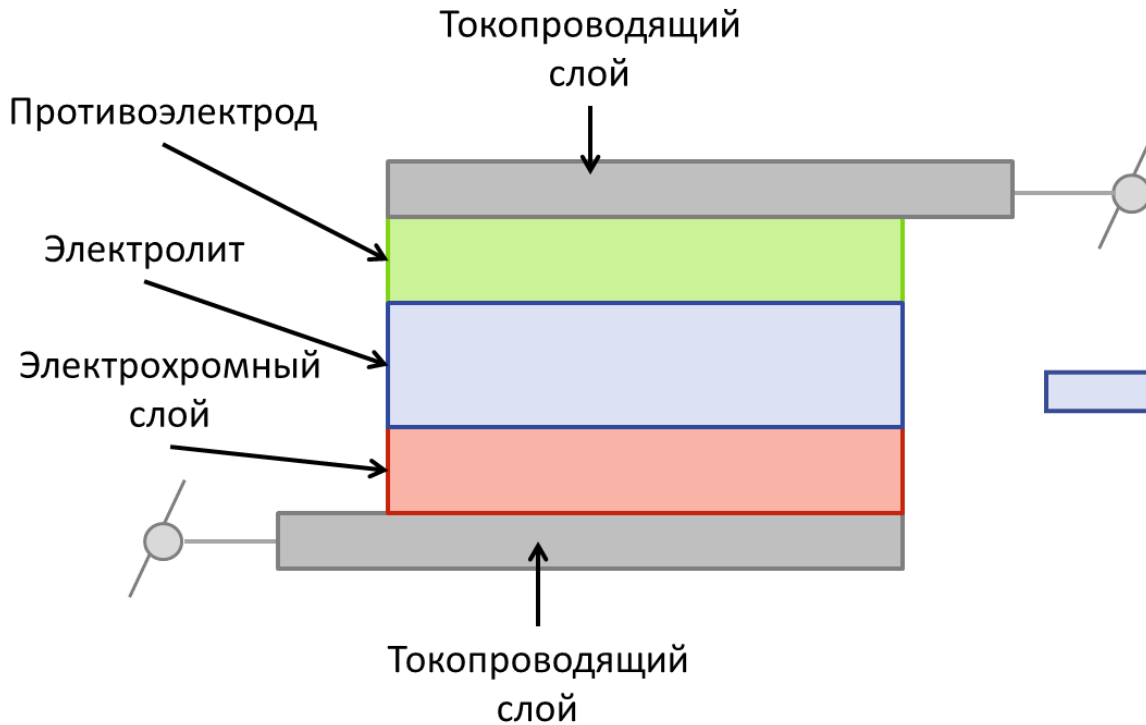
Типичные значения циклической долговечности: от 10^5 циклов и выше

Контраст e-Ink дисплеев на сегодняшний день - 10:1

Контраст электрохромных структур зависит от используемых материалов. Для аморфной структуры оксида вольфрама составляет 10:1



Сопротивление токопроводящего слоя



η_1 – перенапряжение первого электрода;
 $\eta_{Э2}$ – перенапряжение второго электрода;
 $R_{Эл}$ – импеданс электролита;
 $R_{ПС}$ – сопротивление токопроводящего слоя.

$$\eta_{Э1} + j\rho_{эл}d + \eta_{Э2} \gg jR_{ПС}L^2$$

Маршрут формирования электрохромной ячейки

Промывка
подложек



Нанесение
ITO покрытия



Отжиг



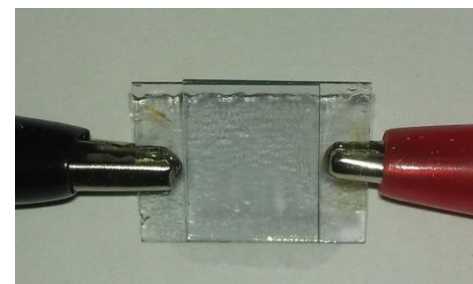
Осаждение
оксида
вольфрама



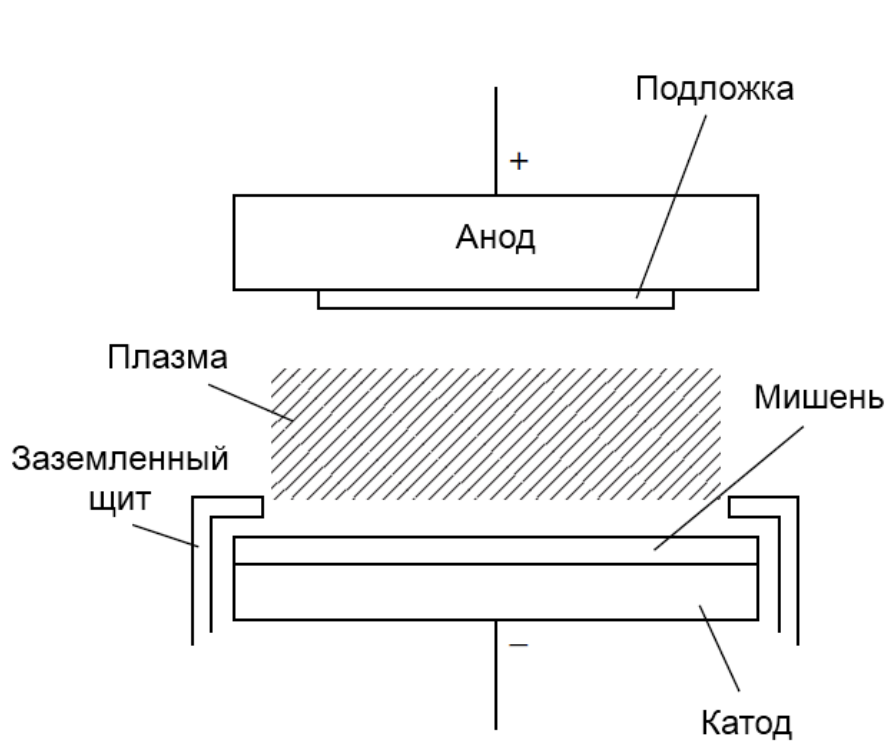
Отжиг



Добавление
раствора
электролита

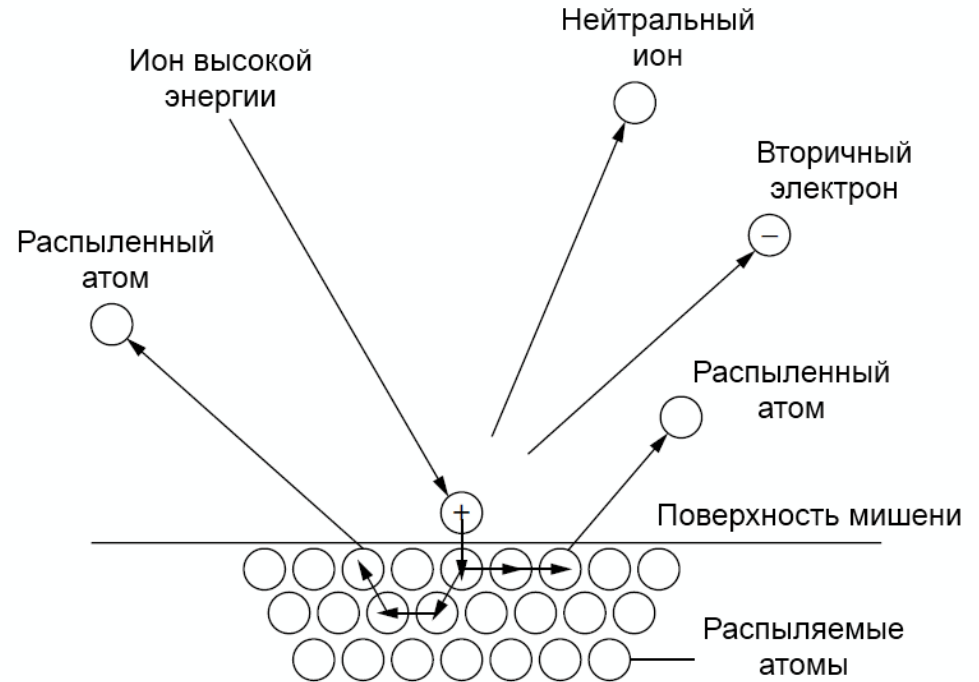


Метод магнетронного распыления



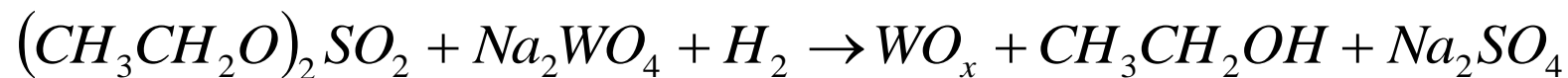
Основные элементы установки распыления

Скорость осаждения:
$$R \propto \frac{1}{L \cdot P}$$



Давление рабочего газа, Па	от 0,02 до 0,2
Напряжение, В	450
Сила тока, мА	400
Мощность, Вт/см ²	1,1
Скорость осаждения, Å/мин.	500
Время осаждения, мин.	5
Толщина осажденного слоя, нм	250

Химическая реакция в процессе осаждения оксида вольфрама:



$$pH = -\lg(H^+)$$

Необходимые компоненты для раствора:

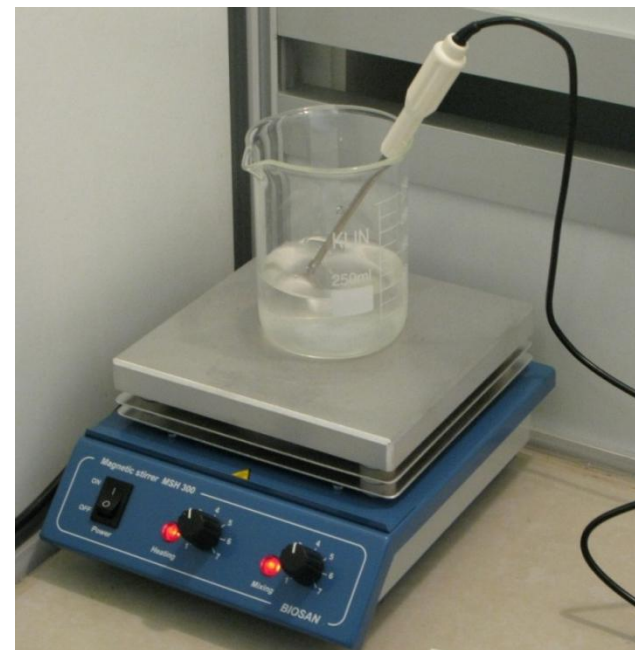
Деионизированная вода

Вольфрамат натрия $Na_2WO_4 \cdot 2H_2O$

Диэтил сульфат $(C_2H_5)_2SO_4$

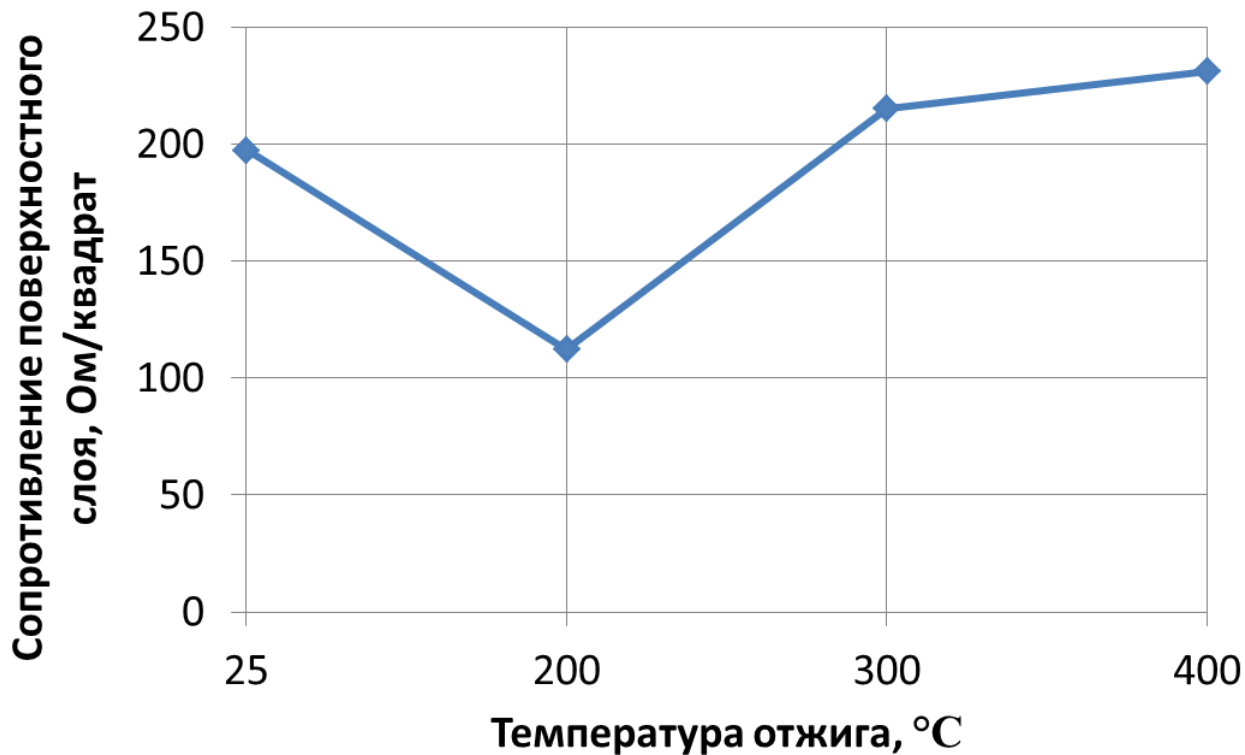
Параметры процесса осаждения электрохромного покрытия

Скорость перемешивания, об/мин.	300
Температура, °С	90
Время осаждения, мин.	30



Необходимое оборудование для процесса химического осаждения

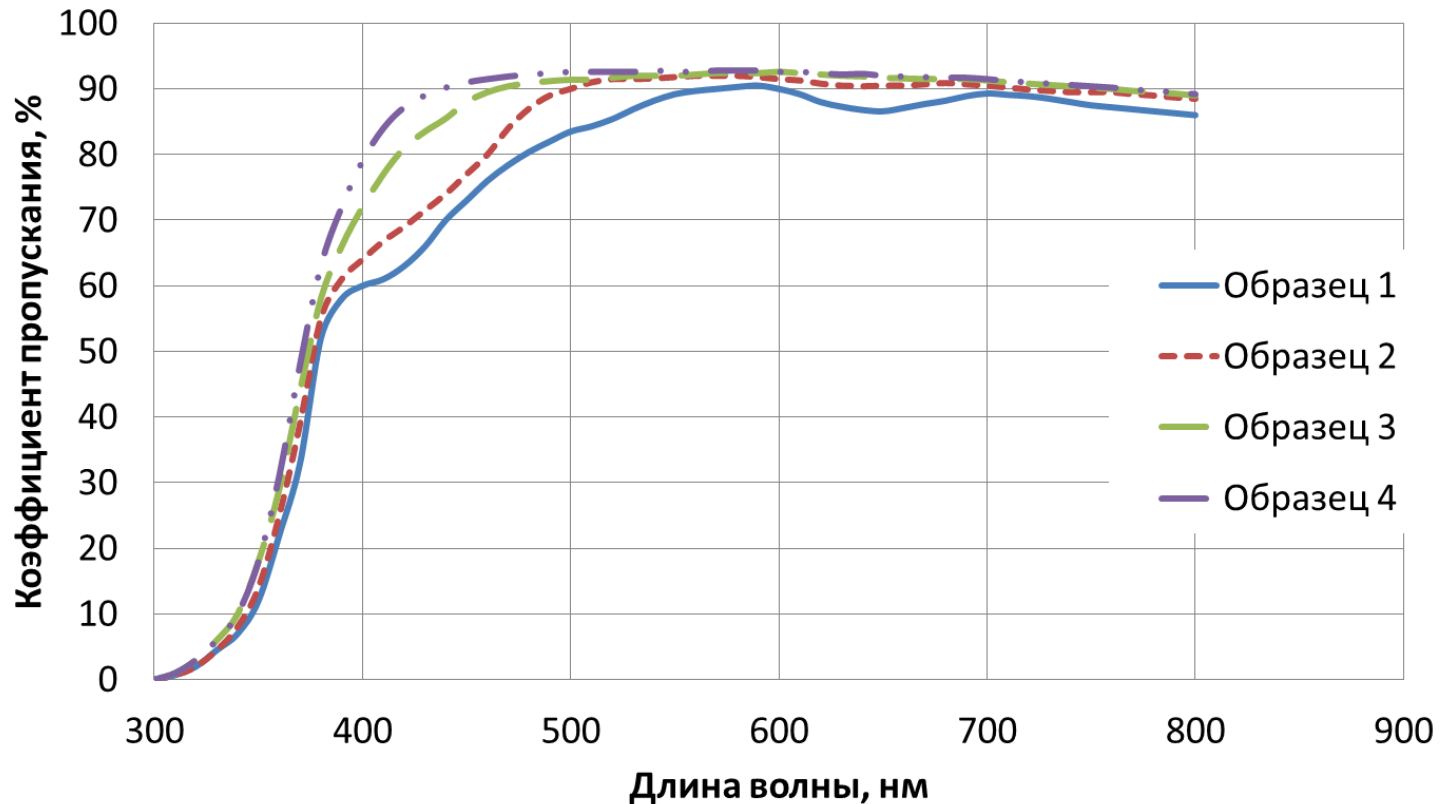
Зависимость сопротивления тонких пленок ITO покрытия от температуры отжига



Минимальным сопротивлением 112 Ом/квадрат обладает тонкая пленка после отжига при 200°C в течение 20 минут

Коэффициент пропускания заготовки с ITO покрытием при разной температуре отжига

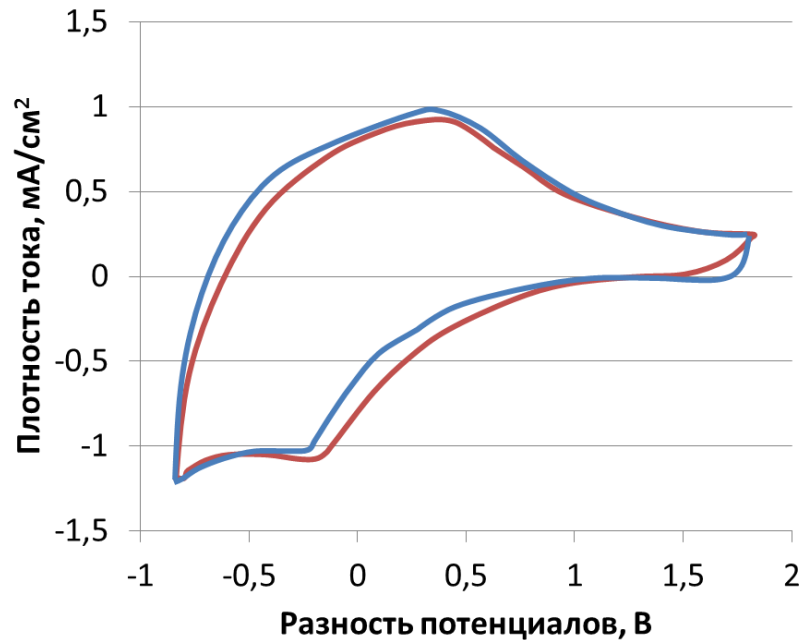
- Образец 1:
Без отжига
- Образец 2:
Отжиг при 200°C
- Образец 3:
Отжиг при 300°C
- Образец 4:
Отжиг при 400°C



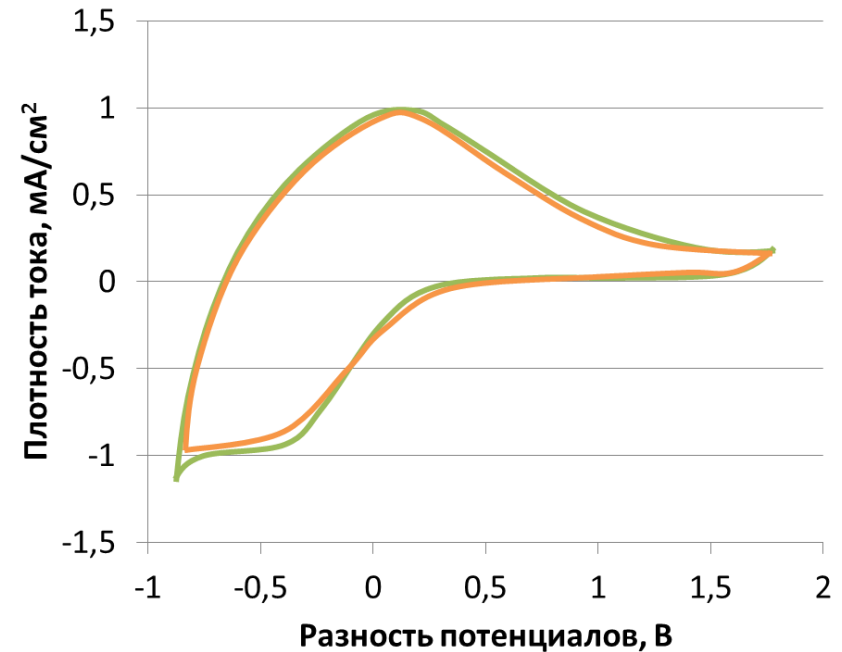
- Время отжига 20 минут

Экспериментальные исследования

Циклическая вольтамперограмма образца электрохромной ячейки



Неотожженный образец
электрохромного покрытия

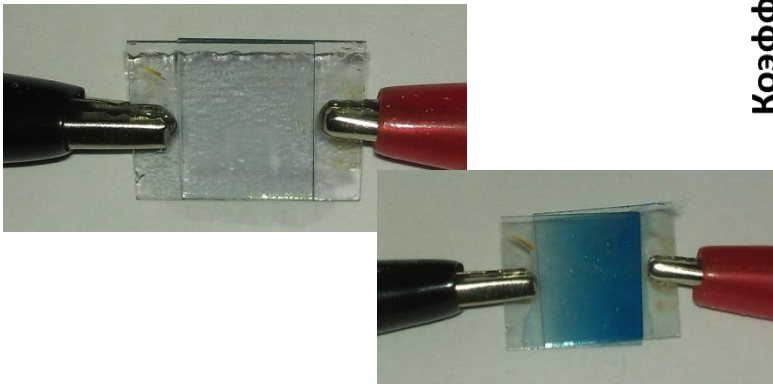
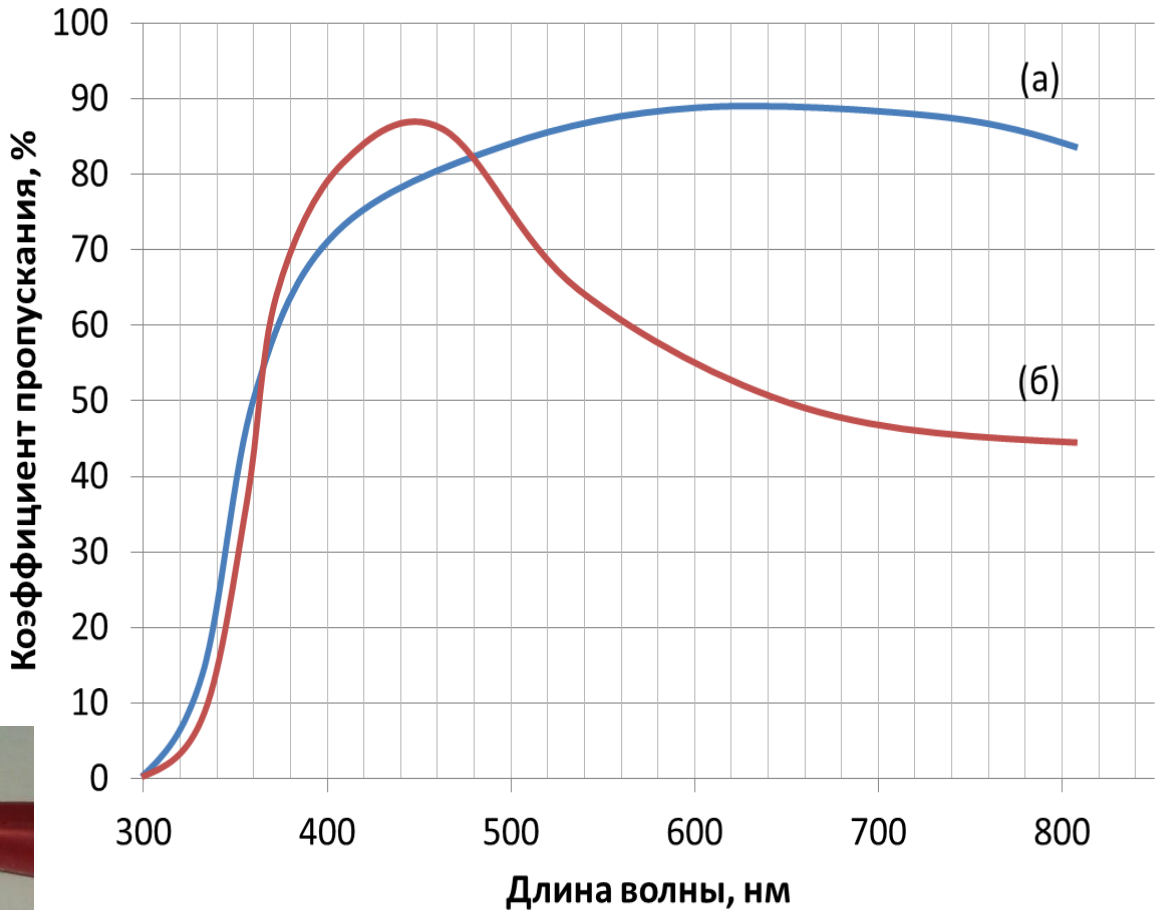


Образец электрохромного
покрытия после отжига при
200°C в течение 20 минут

Коэффициент пропускания образца электрохромной ячейки индикатора

- (а): обесцвеченное состояние, средний коэффициент пропускания 82%

- (б): окрашенное состояние, средний коэффициент пропускания 48%, пик на длине волны 450 нм



- Проведены исследование и анализ физико-химических процессов, лежащих в основе электрохромного эффекта
- Проанализировано влияние состава электрохромной структуры на параметры устройства индикатора
- На основе проведенного анализа методов формирования тонкопленочных покрытий были выбраны процесс магнетронного распыления для формирования токопроводящего слоя и процесс химического осаждения из коллоидного раствора для формирования электрохромного слоя оксида вольфрама
- По предложенной методике созданы образцы электрохромных ячеек индикатора, проведено их экспериментальное исследование и выработаны рекомендации для разработанного процесса создания электрохромной структуры


Апробация работы

- С.В. Токарев Исследование и разработка методов синтеза наноструктур с фотонной запрещенной зоной // Всероссийский конкурс научно-исследовательских работ студентов ВУЗов в области нанотехнологий и наноматериалов. Сборник студенческих научных работ. – М.: НИЯУ МИФИ, 2010. – С.:137-148
- С.В. Токарев, К.Н. Беседина Перспективная элементная база современной фотоники на основе 3D-наноструктур с фотонной запрещенной зоной // Сборник трудов второй Всероссийской Школы-семинара студентов, аспирантов и молодых ученых по направлению «Наноинженерия». – М.: МГТУ им. Баумана, 2009. – С.:51-62.
- С.В. Токарев Методы моделирования наноструктур с фотонной запрещенной зоной // Сборник докладов 12 международной научно-технической конференции "Наукоемкие технологии и интеллектуальные системы 2010". - М: МГТУ им. Баумана, 2010. – С. 34-42.
- К.Н. Беседина, А.И. Власов, С.В. Токарев, К.М. Моисеев, Ю.В. Панфилов, В.А. Шахнов Перспективы создания средств восприятия и преобразования на основе фотонных кристаллов // Датчики и системы. – 2011, N7. С.:69-77.





БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ!



МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра «Проектирование и
технология производства ЭА», 2012

МГТУ
им. Н.Э. Баумана