

# ЭЛЕКТРОХРОМНЫЕ УСТРОЙСТВА НА ОСНОВЕ ТВЕРДЫХ НЕОРГАНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

*М.И. Воротников, Н.И. Зудова*

## Введение

Электрохромные материалы меняют свои оптические свойства от приложения к ним напряжения. Оптические свойства таких материалов должны быть обратимыми, т.е. начальное состояние возвращается при изменении полярности напряжения. Благодаря этим свойствам электрохромные материалы привлекают все больше внимания для использования их в оптических устройствах различного типа: элементах отображения информации, световых жалюзи, умных окнах, зеркалах переменного отражения и тепловых радиаторах переменного излучения.

Электрохромизм встречается во многих органических и неорганических веществах. Наиболее интересными и изученными электрохромными материалами являются оксиды, по причине их легкого получения. Оптическая модуляция в оксидах связана с различными в них плотностями электронов, и, следовательно, электрические контакты, необходимые для приложения напряжения, должны также предусматривать подачу тока и экстракцию электронов. Очевидно, что один из таких контактов должен быть прозрачным, или, по крайней мере, располагаться таким образом, чтобы не затенять оптически функциональный электрохромный материал. Многочисленные исследования показали, что аморфный оксид вольфрама ( $a\text{-WO}_3$ ), является лучшим неорганическим электрохромным (ЭХ) материалом [1].

## Структура ЭХУ

На рисунке 1 представлена ячейка электрохромного устройства.

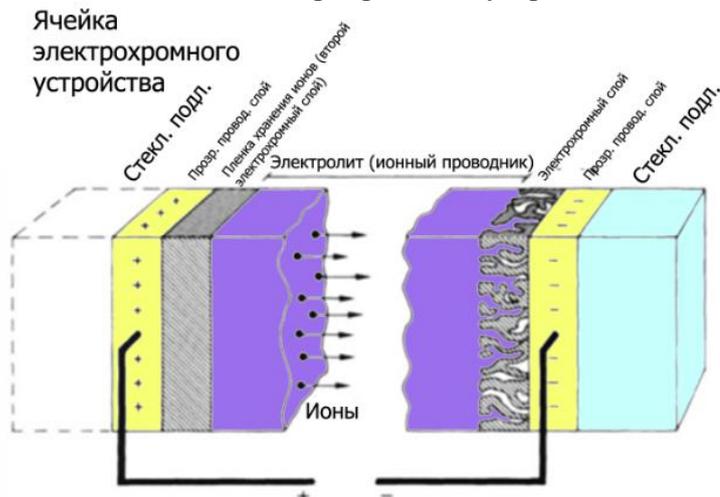


Рисунок 1 – Ячейка электрохромного устройства

Как видно из рисунка выше, проводящие слои и электрохромный оксидный слой расположены на подложке, в качестве которой чаще всего используют стекло. Оксидный слой имеет смешанную ионную и электронную проводимость, и если ионы вводятся через электролит или ионный проводник, то всегда имеется соответствующий компенсирующий заряд электронов противотока из прозрачного проводящего слоя. Эти электроны будут оставаться в электрохромной пленке до тех пор, пока там находятся ионы, и эти электроны будут вызывать постепенное изменение оптических свойств электрохромной пленки. В зависимости от того, какой оксид используется, электронная инжекция может увеличивать или уменьшать прозрачность. Ионный проводник, который следует за электрохромным слоем, может быть тонкой пленкой или массивным материалом; для практических устройств более предпочтительны твердые неорганические или органические (полимерные) материалы,

в то время как жидкие электролиты удобны для исследований и просты в изготовлении. Завершающими компонентами устройства являются пленка для хранения ионов (которая может быть электрохромной) и второй проводящий слой, который должен быть прозрачным, если устройство полностью предназначено для модуляции пропускной способности света. Многие устройства имеют вторую стеклянную подложку, таким образом вся система воплощает две подложки, каждая с двухслойным покрытием, и промежуточный ионный проводник. Каждая из пленок в устройстве может иметь толщину менее одного микрометра; такие пленки могут быть получены различными способами.

При приложении разности потенциалов к электродам электрохромного устройства, в устройстве начинает протекать окислительно-восстановительная реакция. В случае катодной электрохромной пленки, такой как оксид вольфрама  $WO_3$ , на электрохромном слое будет протекать реакция восстановления, которая сопровождается поглощением электронов. На противозлектроде будет протекать реакция окисления, в ходе которой будут образовываться свободные ионы. Для компенсации протекающего через внешнюю цепь заряда, ионы диффундируют через слой электролита от противозлектрода к электрохромному слою.

### **Новизна данного проекта**

На сегодняшний день на мировом рынке представлены следующие разработки: Polyvision Switchable Privacy Glass (используется триплекс с термопластичным полиуретаном) [3]; PDLC (используется наклеиваемая пленка с жидкими кристаллами) [4].

Недостатками данных электрохромных устройств являются: сложность реализации плавного изменения прозрачности без утери функционала; ограниченное число циклов переключения, поскольку любой полимер склонен к разложению на мономеры в зависимости от воздействия внешних факторов; диапазон рабочих температур ограничивает использование устройств зимой, вследствие того, что полимеры и жидкие кристаллы теряют свою функциональность при температуре - 25-30<sup>0</sup>С.

Новизной данного проекта является, во-первых, в роли электролита (ионного проводника), будет выступать прозрачная пленка. Данная пленка позволит полностью отказаться от использования жидкого электролита, что упростит и обезопасит структуру, а также увеличит надежность и долговечность ячейки в целом. Во-вторых, необходимо подобрать материал и параметры получения для пленки хранения ионов, которая также будет являться электрохромной пленкой.

Существенным отличительным признаком получаемой ячейки, что она позволит исключить из конструкции получаемых устройств жидкие и гелеобразные составляющие, что, в свою очередь, позволит упростить конструкцию. Твердотельный электролит позволит сократить время переключения ячейки (окрашивания/обесцвечивания), будет обладать хорошей прозрачностью (порядка 80%), а также функционировать при более низких температурах.

### **Заключение**

В результате проведенного аналитического литературного обзора по электрохромным устройствам с жидким электролитом, исследованию их структуры, оптических и электрофизических, а также применению их в оптических устройствах различного типа, было установлено, что для улучшения свойств электрохромной ячейки необходимо получить в роли электролита (ионного проводника), прозрачную пленку. Данная пленка увеличит надежность, функциональность и долговечность ячейки в целом.

Электрохромные материалы могут быть использованы в архитектуре, например затемняющиеся окна - концепция "умного дома", стеклянные ширмы. Помимо этого, электрохромизм может быть использован для созданий систем отображения информации с малым энергопотреблением, меньшим, чем у систем на жидких кристаллах, а также найти применение в других областях, где требуется модуляция электромагнитного излучения, например, очки, зеркала. Это означает, что сфера применения данных устройств охватывает

достаточно большую аудиторию, и в повседневной жизни такие устройства найдут широкое применение

#### **Литература:**

1. Е.Е. Воронюк, Б. В. Ширяев, Ю. С. Жидик. ЭЛЕКТРОХРОМНЫЕ МАТЕРИАЛЫ [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://storage.tusur.ru/files/53268/Статья\\_ГПО.pdf](https://storage.tusur.ru/files/53268/Статья_ГПО.pdf), свободный.

2. Жидик Ю.С., Троян П.Е., Воронюк Е.Е. Исследование неорганических электрохромных материалов для их использования в иллюминаторах с динамическим затемнением // Вестник Московского авиационного института Т.23. №2, МАИ 2016г стр. 160 - 166.

3. Polyvision Switchable Privacy Glass: [Электронный ресурс] / 2016. Режим доступа: <http://polytronixglass.com/switchable-privacy-glass/>, свободный.

4. PDLC SMART FILM: [Электронный ресурс] / 2016. Режим доступа: <http://polytronixglass.com/pdlc-smart-film>, свободный.