

О. Н. Врублевская, Т. Н. Воробьева // Известия НАН Беларуси, серия хим. –2012. –№ 4. –С. 17–21.

4. Насонова, Д. И. Электрохимическое осаждение покрытий  $\text{Cu-SnO}_2$  на алюминий / Д. И. Насонова, Т. Н. Воробьева, С. К. Позняк. Сб. статей Свиридовские чтения. Минск: БГУ, 2013. – Вып. 9. – С. 121–131.

УДК 621.357:681.5

Н.В. Богомазова<sup>1</sup>, доц., канд. хим. наук;  
В.В. Жилинский<sup>1</sup>, ст. препод., канд. хим. наук;  
А.А. Черник<sup>1</sup>, доцент, канд. хим. наук; О.С. Волянец<sup>1</sup>, магистрант;  
В.С. Безбородов<sup>1</sup>, проф., д-р.хим. наук; А.С. Степкова, студ.;  
А.Г. Смирнов<sup>2</sup>, проф., д-р тех. наук;  
И.М. Жарский<sup>1</sup>, проф., канд. хим. наук (<sup>1</sup>БГТУ, <sup>2</sup>БГУИР, Минск)

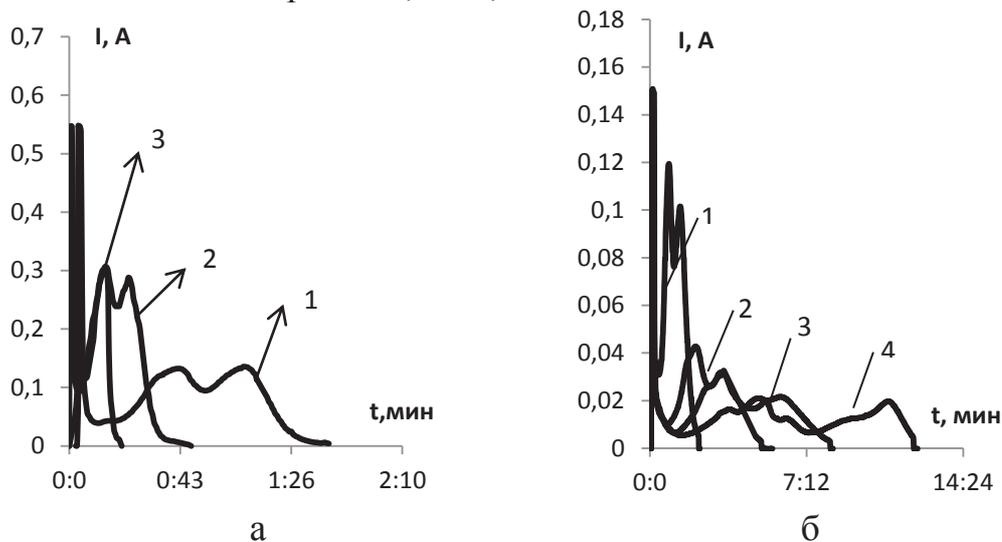
### **ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ АНОДИРОВАНИЯ И ТРАВЛЕНИЯ НА ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА СЕГМЕНТНЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ СТРУКТУР ДЛЯ ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ**

В настоящее время одним из альтернативных электропроводящих материалов для ЖК-устройств рассматривается упорядоченная сетчатая наноразмерная структура на основе алюминия. Такая структура может быть сформирована с использованием технологии самоорганизованного роста пористого анодного  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . В этом случае в качестве универсального электропроводящего, прозрачного, ориентирующего слоя можно использовать упорядоченную наноразмерную структуру на основе недоокисленного алюминия на стеклянной подложке. При этом достаточная поверхностная электропроводность металлической структуры достигается благодаря хорошим проводящим свойствам алюминия, а необходимый уровень оптического пропускания связан с характером упорядочения алюминиевых элементов [1].

В наших экспериментах образцами являлись стеклянные подложки с напыленным слоем алюминия толщиной 1 мкм. Исследования включали получение алюминиевых структур при анодировании алюминиевых пленок в растворе щавелевой кислоты концентрации от 0,3 до 1,7 моль/л при температуре от 20 °С до 60 °С и напряжении от 20 до 50 В. Анодирование образцов осуществлялось при постоянном напряжении. Для всех полученных образцов двухзондовым методом измеряли поверхностное сопротивление. Для

ряда образцов измеряли спектр оптического пропускания в диапазоне длин волн 350-600 нм на спектрофотометре СФ-26.

При протекании процесса формирования анодного оксида алюминия на пластинах производилась цифровая регистрация хроноамперограмм с помощью мультиметра АРРА 107. На хроноамперограммах (рисунок 1) во всех случаях при подаче анодного потенциала на образец наблюдалось резкое увеличение силы тока до значений порядка  $0,1 \dots 0,5$  А.



а) температура: 1 - 35<sup>0</sup>С, 2 – 45<sup>0</sup>С, 3 – 50<sup>0</sup>С; б) концентрация щавелевой кислоты: 1 – 1,7 М; 2- 0,6 М; 3- 0,3 М; 4-0,15 М

**Рисунок 1 – Хроноамперограммы анодирования алюминиевых пленок**

Далее фиксировался спад тока, обусловленный ограничениями электропереноса в результате образования диэлектрического оксида алюминия на поверхности электрода. Стационарное значение токов устанавливалось на уровне 0,01 А, что соответствует процессу наращивания оксидного слоя. Из хроноамперограмм видно, что увеличение температуры ведет к ускорению процесса формирования пористого оксида алюминия. Аналогично влияние на процесс анодирования увеличения концентрации щавелевой кислоты. По нашему мнению наличие второго максимума на хроноамперограммах анодирования пленочных алюминиевых образцов может быть связано с интенсификацией процессов разрастания пор в анодном оксиде в условиях достаточно интенсивного локального разогрева истонченного алюминиевого проводника на поверхности стеклянной подложки. Исследования электрофизических свойств полученных алюминиевых структур осуществлялось с помощью измерения поверхностного электросопротивления после химического растворения анодного оксида алюминия. Среди всех изученных травителей наименее агрессивным можно считать разбавленный раствор ортофосфорной и хромовых кислот, который позволяет

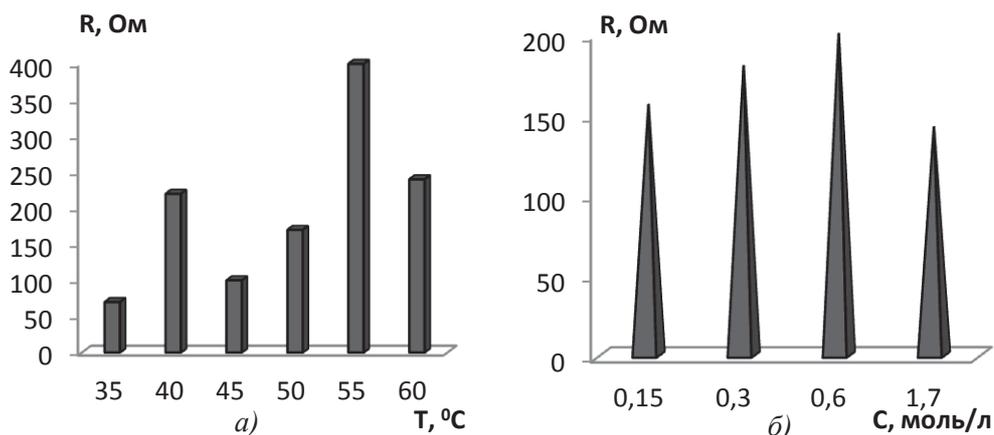
сохранять электропроводящие свойства алюминиевых структур у 20 % образцов (таблица 1).

**Таблица 1 – Влияние условий травления на поверхностное электросопротивление алюминиевых структур**

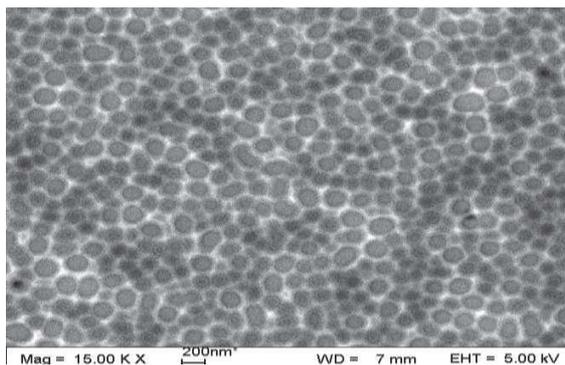
Состав травителя	Температура травления, °С	Продолжительность травления, мин.	Доля образцов с $R \leq 200$ МОм, %	Доля образцов с $R \leq 100$ кОм, %	Доля образцов с $R \leq 500$ Ом, %
20 мл/л $H_3PO_4$ 45 г/л $CrO_3$	70	20	30	50	20
20 мл/л $H_3PO_4$	80	2	30	70	-
0,6 М $(COOH)_2$	40	3	20	80	-
60% $HNO_3$	20	15	80	20	-

Полученные данные указывают на тенденцию увеличения поверхностного сопротивления структур при увеличении температуры и концентрации электролита (рисунок 2). При этом наиболее низкие значения поверхностного сопротивления порядка 70 Ом получены при температуре 35 °С. Такая особенность, возможно, связана с активацией процесса растворения оксида при увеличении диаметра образующихся пор и с уменьшением толщины проводящих перемычек между остовными сегментами упорядоченной алюминиевой структуры. В целом зависимости поверхностного сопротивления от параметров анодирования носили немонотонный характер. На данном этапе можно констатировать, что для получения низкоомных образцов более благоприятны низкотемпературные режимы при повышенной концентрации щавелевой кислоты.

Влияние температуры и концентрации электролита анодирования на величину поверхностного электросопротивления сетчатых алюминиевых структур имело немонотонный характер (рисунок 2).



**Рисунок 2 – Поверхностное электросопротивление алюминиевых структур, полученных при варьировании температуры (а) или концентрации (б) электролита анодирования**



**Рисунок 3 – СЭМ-изображение проводящей алюминиевой структуры, полученной из щавелевокислого электролита**

Анализ полученных спектров оптического пропускания исследования образцов показывает, что характер спектров анодированных алюминиевых пленок не отличается от зависимости, полученной для пленки оксида индия толщиной 150 нм. Абсолютное значение оптического пропускания анодированных алюминиевых пленок и алюминиевых структур после травления практически не отличалось. Оно имело значение в среднем на 20-30% ниже, чем для пленок смешанного оксида индия-олова составляло 60-70%.

Таким образом, на данном этапе исследований предпочтительным режимом формирования проводящей и прозрачной алюминиевой матрицы для ориентации ЖК-материала является сквозное анодирование тонких пленок алюминия в щавелевокислом электролите при температуре 50 °С и последующее травление оксида алюминия в растворе ортофосфорной и хромовой кислот. Получаемые таким способом алюминиевые структуры (рисунок 3) демонстрируют оптическое пропускание свыше 60% и поверхностное электросопротивление – 100-500 Ом/□.

#### ЛИТЕРАТУРА

1 Сокол, В. / Электрохимическая алюмооксидная технология производства многокристалльных модулей / В.Сокол // Научно-технический журнал «Технологии» – 2010. – №4. – С.18-20.

2 Лукащук, Т.С. / Формирование наноструктурированных анодных оксидов алюминия в щавелевой кислоте/ Т.С. Лукащук, В.И. Ларин, С.В. Пшеничная // Вестник Харьковского национального университета –2010.–№932 – С.112-118.

3 Self-organized nanostructured anodic oxides for display applications / A. Smirnov [et al] // Semiconductor Physics, Quantum Electronica and Optoelectronics – 2010. – V.13, №3 – P.305-308

4 A.Mutalib / Nanoporous anodic aluminium oxide: Advances in surface engineering and emerging applications / Mutalib A., N.H. Voelcker// Progress in Materials Science – 2013, № 58 - P.636-704