

А.В. ГОГА^{1*}, У.Е. ТУРОВЕЦ¹, С.М. ЗАВАДСКИЙ¹,
Д.С. ЛЕВДАНСКИЙ¹, А.А. ПОЗНЯК¹, А.Н. ПЛИГОВКА¹

¹ *Белорусский Государственный Университет
Информатики и Радиоэлектроники (БГУИР)*

e-mail: sash4ka06@yandex.ru

НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ ОКСИДЫ, СФОРМИРОВАННЫЕ АНОДИРОВАНИЕМ ТРЕХСЛОЙНЫХ СИСТЕМ Al/Ti/Nb

Анодирование многослойных тонкоплёночных систем является экономичным методом создания функциональных материалов для перспективных приборов электроники. Наноструктурированные оксиды Nb и Ti, полученные анодированием двухслойных систем Al/Nb и Al/Ti находят применения в сенсорике [1, 2]. Анодирование трёхслойной системы Al/Ti/Nb позволит создать новый функциональный материал. Для оценки функциональности материала необходимо исследовать морфологию и состав наноструктурированных оксидов титана и ниобия (НОТН), сформированных анодированием трёхслойных систем Al/Ti/Nb.

В данной работе были сформированы НОТН анодированием трёхслойных систем Al/Ti/Nb в электролите, представляющем собой водный раствор фосфорной кислоты (ФК), методом сканирующей микроскопии (СЭМ) исследована морфология, а состав методом энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии (EDX).

Трёхслойная система Al/Ti/Nb толщиной 1000/20/200 нм была сформирована магнетронным распылением на Si подложке и проанодирована в 0,2 М ФК при плотности тока 6 мА/см² (рисунок 1). Реанодировали в электролите, содержащем 0,51 М борной кислоты и 0,06 М тетрабората натрия, с развёрткой напряжения до 400 В. Al₂O₃ анодный удаляли в 50% ФК при температуре 50°C в течении 1 ч. Морфология НОТН была исследована с помощью электронного микроскопа *Hitachi S4800*. EDX-спектр НОТН получен на приборе *Quantex 200* с разрешением 125 эВ.

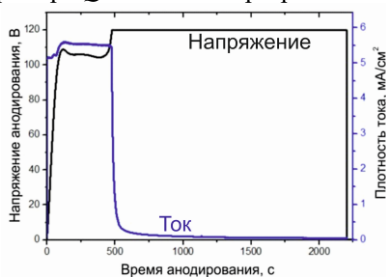


Рисунок 1 – Кинетика анодирования трёхслойной системы Al/Ti/Nb на Si

На рисунке 2 представлены СЭМ изображения НОТН на Si. Плёнка НОТН толщиной 650 нм состоит из следующих слоёв (сверху вниз): мезопористый оксид Ti толщиной 150 нм, столбики оксида Nb высотой 500 нм, плотный оксид Nb толщиной 200 нм.

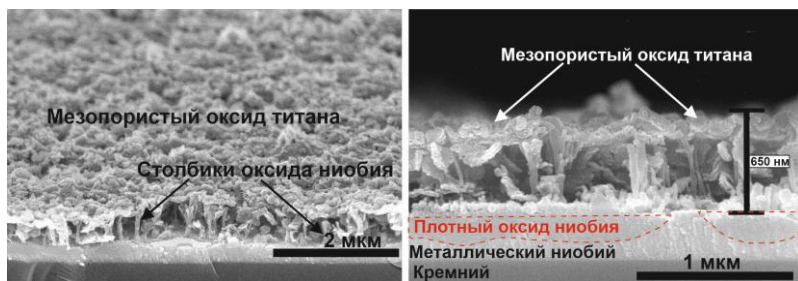


Рисунок 2 – СЭМ изображение проанодированной системы Al/Ti/Nb на Si

Результаты *EDX* анализа представлены в таблице 1. Установлено присутствие Nb, Ti, Al, O, что подтверждает окисление металлов; при этом мольное отношение Nb и Ti в исходном образце, равное 9,72, удовлетворительно согласуется с соотношением Nb и Ti в проанодированных слоях 10,08, что подтверждает достоверность результатов анализа. Наличие углерода обусловлено загрязнением кремниевой подложки.

Таблица 1 – Содержание элементов в наноструктурированных оксидах титана и ниобия

Элемент	Линия	Содержание элементов в системе, ат. %	Погрешность, %
O	K	46,28	3,2
Si	K	21,81	1,0
Nb	L	13,72	1,7
C	K	11,30	0,8
Al	K	5,53	0,3
Ti	K	1,36	0,1

Анодированием трёхслойной системы Al/Ti/Nb были получены наноструктурированные оксиды титана и ниобия, состоящие из столбиков оксида Nb высотой 500 нм и мезопористого слоя оксида Ti толщиной 150 нм. Результаты *EDX* и СЭМ позволяют сделать вывод о взаимодействии оксидов Ti и Nb в процессе электрохимического анодирования. Возможно применение полученного материала в приборах фотовольтаики, аккумуляторных батареях и мемристорах.

1. Z. Pytlíček, M. Bendová, J. Prásek, A. Mozalev // *Sensors and Actuators B: Chemical*. (2019), DOI: 10.1016/j.snb.2019.01.009.

2. W. Kim, W. Choi // *Sensors and Actuators A: Physical* (2017), DOI: 10.1016/j.sna.2017.04.039.