

**ФОРМИРОВАНИЕ МЕТАЛЛОКСИДНЫХ НАНОСЕТОК
АНОДИРОВАНИЕМ ДВУХСЛОЙНОЙ СИСТЕМЫ Al/Nb**

**А.Н. Плиговка¹, Г.Г. Горох¹*

¹Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Республика Беларусь, 220013, г. Минск, П. Бровка 6, e-mail: pligovka@bsuir.by

**FORMATION OF METALOXIDE NANOGGRIDS
BY ANODIZING BILAYER SYSTEM Al/Nb**

**A.N. Pligovka¹, G.G. Gorokh¹*

¹Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Republic of Belarus, 220013 Minsk, Brovka Str. 6, e-mail: pligovka@bsuir.by

Nb nanogrids formation by anodizing through anodic alumina pores at 0,4 M H_3PO_4 150 V and 0,4 M $C_4H_6O_6$ 200 V requires of Nb sputter-deposited no more ~ 75 nm and at 0,2 M $C_4H_6O_6$ 250 V and 0,2 M $C_6H_8O_7$ 300 V no more ~ 100 nm. The obtained results open up possibilities of manufacturing and using Nb nanogrids in optoelectronic systems, bio- and electrochemical sensors, solar energy, etc.

Металлооксидные наносетки, сформированные методом электрохимического анодирования, известны уже несколько десятилетий. В частности, известен метод, где анодируется подслой Ta через поры анодного оксида алюминия (АОА) [1]. Данный метод имеет недостатки, в частности формирование наносеток происходит на этапе реанодирования, что ведет к усложнению и удорожанию процесса. Также не показаны возможности формирования наносеток из других вентильных металлов.

В данной работе двухслойные системы Al/Nb были проанодированы в различных электролитах, исследованы их морфологические характеристики и определены условия формирования Nb наносеток (НН) с полупроводниковыми островками на этапе анодирования. Исходные образцы – это системы Nb (снизу) 300 нм и Al (сверху) 1500 нм, сформированные магнетронным напылением в вакууме на Si пластины. Сначала анодировали Al при температуре 23 °С при 150, 200, 250 и 300 В в 0,4 М H_3PO_4 , 0,4 М $C_4H_6O_6$, 0,2 М $C_4H_6O_6$, 0,2 М $C_6H_8O_7$. Затем проводили травление АОА в 50% H_3PO_4 в течение 1800 с. при 50 °С. Морфология изучалась сканирующей электронной микроскопией (СЭМ).

С помощью СЭМ показано, что полученные пленки состоят из регулярно расположенных зародышевых наностолбиков, основания которых – это полупроводниковые островки NbO_2 [2], отделенные друг от друга неокисленными областями Nb, который представляет собой сетку с низкоразмерными самоупорядоченными ячейками из сверхкоротких (133-

360 нм) Nb нанопроводников, закороченных через недоокисленную пленку Nb (см. рис. 1).

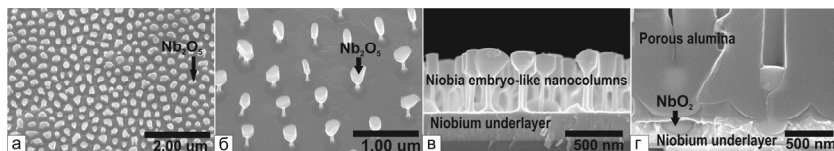


Рис. 1. Сканирующие электронные изображения анодированных систем Al/Nb.
 а – 0,4 М H_3PO_4 , 150 В, поверхность после удаления АОА; б – 0,4 М $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6$, 200 В, поверхность после удаления АОА; в – 0,2 М $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6$, 250 В, скол после удаления АОА; г – 0,2 М $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$, 300 В, скол с АОА

Для формирования НН, – без шунтирования через неокисленную пленку Nb, требуется выбрать такую толщину исходного Nb, при которой после анодирования полупроводниковые островки коснутся кремниевой пластины, то есть произойдет полное локальное окисление Nb пленки под порами АОА до подложки. Для этого требуется, чтобы толщина Nb пленки была равна или меньше высоты полупроводникового островка. Из таблицы 1 видно, что для формирования НН на этапе анодирования в 0,4 М H_3PO_4 и 0,4 М $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6$ требуется напылить не более ~75 нм исходного Nb, а для 0,2 М $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6$ и 0,2 М $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ не более ~100 нм. При значительном уменьшении толщины исходного Nb объем полупроводникового островка останется прежним, но изменится его форма и межостровковое расстояние, что окажет существенное влияние на электрофизические параметры НН.

Таблица 1

Морфологические параметры анодированных систем Al/Nb

Электролит	Напряжение, В	Высота, нм	Диаметр, нм	Nb проводники, нм
0,4 М H_3PO_4	150	76	184	133
0,4 М $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6$	200	75	256	260
0,2 М $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6$	250	103	269	358
0,2 М $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$	300	107	273	360

Таким образом, в работе представлены исследования, позволяющие определить граничные условия, при которых на этапе анодирования в 0,4 М H_3PO_4 , 0,4 М $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6$, 0,2 М $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6$, 0,2 М $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ при постоянных анодных напряжения 150, 200, 250 и 300 В формируются НН с заданными морфологическими и электрофизическими параметрами. Данные результаты открывают возможности высоко воспроизводимого изготовления и применения НН в оптоэлектронных системах, био- и электрохимических сенсорах, солнечной энергетике и др.

Литература

1. A. Mozalev et al., *Electrochim Acta.*, **44**, 3891-3898 (1999).
2. A. Mozalev et al., *J. Mater. Chem. C*, **2**, 4847-4860 (2014).