

Нанозструктурирование Вi и Sb электрорхимическим осаждением в поры анодного оксида алюминия на ниобиевый оксидный интерфейс

Я.А. Захаров^{1,*}, А.Н. Плиговка¹, А.А. Позняк¹

¹ Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, ул. П. Бровки, 6, Минск, Республика Беларусь, 220013.

*zakharov.ian1@gmail.com

В данной работе методом электрорхимического анодирования был сформирован ниобиевый оксидный интерфейс в основании пор анодного оксида алюминия и электрорхимически осажжены Вi и Sb на данный интерфейс, исследованы морфология и электрорфизические свойства полученных нанозструктур.

Введение

В настоящее время всё больше внимания привлекает к себе область нанотехнологий, связанная с формированием и исследованием нанопроводов Вi и Sb (НВС). Это обусловлено тем, что полуметаллические НВС, а также их комбинации обладают улучшенными свойствами, например, термоэлектрической эффективностью, что может быть использовано для изготовления таких новых приборов микро- и нанозлектроники, как рН электроды [1] и сенсоры [2]. Одним из методов нанозструктурирования Вi и Sb является электрорхимическое осаждение в поры анодного оксида алюминия (АОА). Однако осаждение Вi и Sb в поры АОА затруднено из-за наличия барьерного слоя. Решением данной проблемы может быть использование проводящего ниобиевого оксидного интерфейса (НОИ), расположенного в основании пор АОА [3].

В данной работе путём электрорхимического осаждения в поры АОА на НОИ были сформированы нанозструктурированные Вi и Sb, изучена их морфология, а также их электрорфизические свойства (ЭФС).

Методика эксперимента

На кремниевые пластины методом магнетронного напыления были нанесены двухслойные системы Al/Nb (1500/200 нм). Перед электрорхимическим осаждением Вi и Sb предварительно был сформирован НОИ. Общая схема формирования НОИ представлена в работе [4]. Анодирование слоев алюминия и ниобия проводили в 0,2 М водном растворе винной кислоты при стационарном напряже-

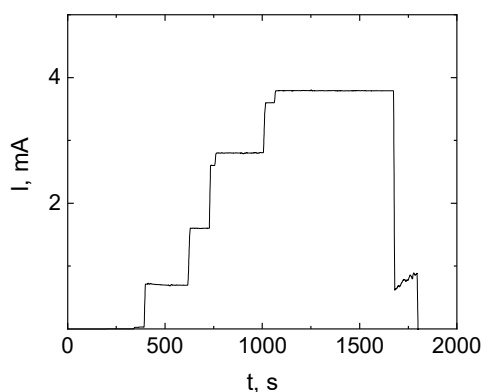
ние 250 В в двухэлектродной ячейке из политетрафторэтилена. Высота столбиков нанозструктурированного НОИ составила 535 нм. Для формирования НВС были выбраны два состава на водной основе: 1) 0,13 М ВiCl₃, 1,2 М NaCl, 1 М HCl для Вi; 2) 0,16 М SbCl₃, 0,6 М C₄H₆O₆ для Sb. Чтобы растворы не обеднялись ионами Вi и Sb во время осаждения, угольные аноды подготавливали заранее, предварительно осаждая на них данные вещества. После электрорхимического осаждения проводили исследование морфологии полученных нанозструктур с помощью оптической и сканирующей электрорной микроскопий.

Для исследования ЭФС проводилось напыление контактных площадок из никеля через маску площадью 0,8×0,8 мм². В качестве ЭФС исследовали вольт-амперные характеристики (ВАХ) и температурные коэффициенты сопротивления (ТКС). Для получения усредненных данных ЭФС снимались с различных контактных площадок. При измерении ВАХ диапазоны напряжений находились в пределах -42 – 42 В для Вi и -39 – 39 В для Sb. При превышении данных границ, происходило разрушение НВС. ТКС измерялись при температурах 20, 40, 60 и 80 °С. Контроль температурой проводили с помощью термопары типа К.

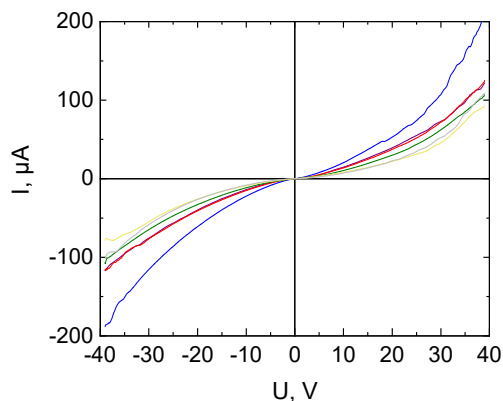
Результаты и обсуждение

По методике, указанной выше, были сформированы нанопровода висмута и сурьмы методом электрорхимического осаждения в поры АОА на НОИ. Как видно из кинетики тока осаждения (рис. 1, а), Sb осаждалась равномерно, что подтверждает СЭМ-

изображение полученной наноструктуры (рис. 1, б). Результат исследования ЭФС показал (рис. 1, в), что для полученной наноструктуры с осажденной Sb ВАХ на различных контактных площадках, имеют нелинейный характер, а также имеют близкие по значению величины в пределах одного порядка, что говорит о высокой равномерности оса-

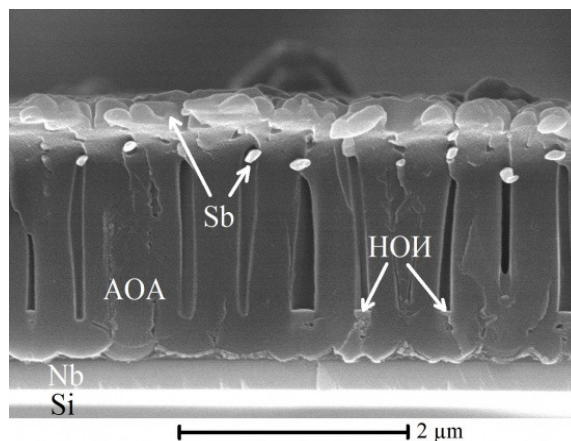


а

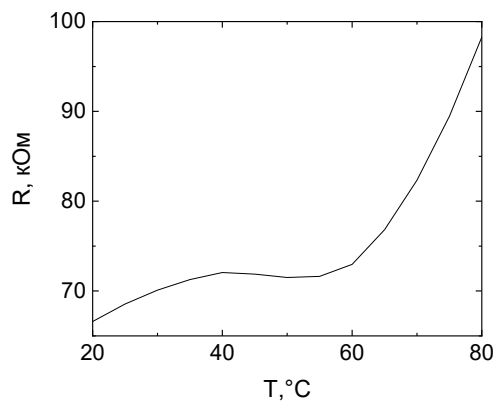


в

ждения. При исследовании ТКС (рис. 1, г) было замечено что зависимости НВС повторяют вид своих исходных объемных материалов, предполагается, что благодаря наноструктурированию есть возможность управлять его величиной. Данные закономерности также наблюдается и в случае с наноструктурированным Bi .



б



г

Рис. 1. Кинетика осаждения, СЭМ-изображения и электрофизические свойства наноструктурированного Sb: а – кинетика тока при осаждении Sb, б – СЭМ-изображение наноструктурированного Sb, в – ВАХ наноструктурированного Sb, г – ТКС наноструктурированного Sb

Заключение

Таким образом, проведенные исследования позволили без дополнительной обработки АОА травлением барьерного слоя провести осаждение Bi и Sb , тем самым наноструктурировав их в НВС. Исследования электрофизических свойств показали нелинейность ВАХ и нелинейный ТКС НВС, что характеризует их полупроводниковую природу.

Литература

1. Chang P.C., Chen H.Y., Ye J.S. *et al.* // *ChemPhysChem.*, V. 8 (1), 57 – 61 (2007).
2. Avdić A., Lugstein A., Schöndorfer C.// *Applied Physics Letters*, V. 95 (22), 223106 (2009).
3. Pligovka A., Lazavenka A., Gorokh G. // *IEEE Transactions on Nanotechnology*, V. 18 (125), 790-797 (2019).
4. Gorokh G.G., Pligovka A.N., Lozovenko A.A. // *Techn. Phys.* V. 64 (11), 1657-1665 (2019).