

ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО АНОДНОГО ОКИСЛЕНИЯ КОМПОЗИЦИЙ Al-V-Cu НА КРЕМНИЕВЫХ ПОДЛОЖКАХ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь

Щадинская Д.А.

Позняк А.А. – канд. физ.-мат. наук, доцент

Разработана методика формирования проницаемых структур с металлическим подслоем, основанная на двухстадийном анодировании тонкоплёночной системы Al-V-Cu.

В мире становится актуальными исследования нитевидных проводящих наноструктур [1, 2]. Разрабатываются методики и технологии формирования шаблонов. Одним из вариантов создания нанопроводов является синтез массивов нанопроводов в шаблонах матриц пористого анодного оксида алюминия (АОА).

Ранее проведённые исследования показали, что массивы нанопроводов наиболее воспроизводимо формируются на металлическом подслое [3]. Однако при непосредственном анодировании плёнок на медном подслое происходит плохо контролируемый процесс растворения барьерного оксидного слоя. Так как у плёнки АОА плохая адгезия к меди, было предложено использовать буферный подслой ванадия, поскольку он обладает хорошими адгезионными свойствами и широко используется в микроэлектронике [4].

В работе исследованы процессы анодирования в тонкоплёночной системе Al-V-Cu и представлена методика формирования проницаемых слоёв АОА с металлическим подслоем.

Исследование процесса анодирования Al-V-Cu проводили по кинетике, снятой при анодировании напыленной на Si подложку трёхслойной системы Al-V-Cu толщиной 1,5 мкм, 0,05 мкм и 1 мкм соответственно. Анодирование осуществлялось в гальваностатическом режиме при плотности анодного тока 4 мА/см² в водном 0,4 М растворе щавелевой кислоты во фторопластовой ячейке.

На рисунке 1 представлена кинетика анодирования, на которой можно выделить 6 стадий:

1) быстрый рост напряжения, обусловленный нарастанием на поверхности металла плотного барьерного слоя, завершается достижением максимально возможной при данных условиях толщины барьерного слоя при одновременном зарождении пор, соответствующей максимуму напряжения на временной диаграмме;

2) спад напряжения, происходящий вследствие завершения формирования ячеисто-пористой структуры АОА;

3) практически постоянное во времени значение напряжения, рост пористой части плёнки, тогда как толщина барьерного слоя остаётся практически постоянной;

4) резкий спад напряжения (растворение барьерного слоя, начало анодного растворения ванадия);

5) установление стационарного уровня напряжения (растворение ванадия);

6) рост напряжения (анодное окисление меди).

Анодирование экспериментальных образцов проводилось в два этапа. На первом этапе анодировался слой алюминия; на втором этапе растворялся барьерный слой, анодировался ванадий. Во время анодирования визуально было обнаружено, что в местах некачественного напыления и/или дефектов пленки алюминия возможно локальное анодирование быстрее, чем в других участках образца. В этих дефектных местах происходит шунтирование тока. Чтобы избежать данного эффекта и равномерно окислять пленку алюминия, было решено уменьшить ток анодирования в 10 раз в момент резкого спада напряжения (начало стадии 4).

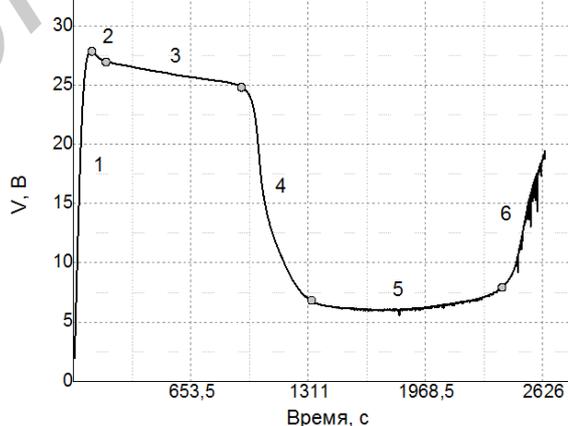


Рис. 1 – Кинетика анодирования тонкоплёночной системы Al-V-Cu

На втором этапе анодирования начинает утоняться барьерный слой АОА, далее идёт локальное растворение слоя ванадия под каждой порой и формирование проникаемого канала к медному подслою (рисунок 2, а). Процесс растворения ванадия контролировали визуально, наблюдая за изменением цвета образца с серебристого (пористый оксид алюминия толщиной 1,5 мкм полностью прозрачный, плёнка ванадия серебристого цвета) на чёрный (нанопорошок меди с размером частиц менее 50 нм может быть чёрного цвета). При дальнейшем выдерживании образца при минимальном токе, происходит постепенное расширение канала в подслое ванадия, образец изменяет цвет с чёрного на тёмно-бурый, рыжий. На этом этапе подслоя ванадия полностью растворяется, и плёнка оксида алюминия отслаивается (рисунок 2, б).

Разработана методика формирования проникаемых структур с металлическим подслоем. Определены оптимальные условия равномерного анодирования плёнки алюминия и растворения барьерного оксидного слоя. Выявлены два основных этапа анодирования тонкоплёночной системы Al-V-Cu. Проведены электронно-микроскопические исследования созданных шаблонов. Полученные шаблоны могут быть использованы для последующего синтеза массивов нанопроводов из различных материалов.

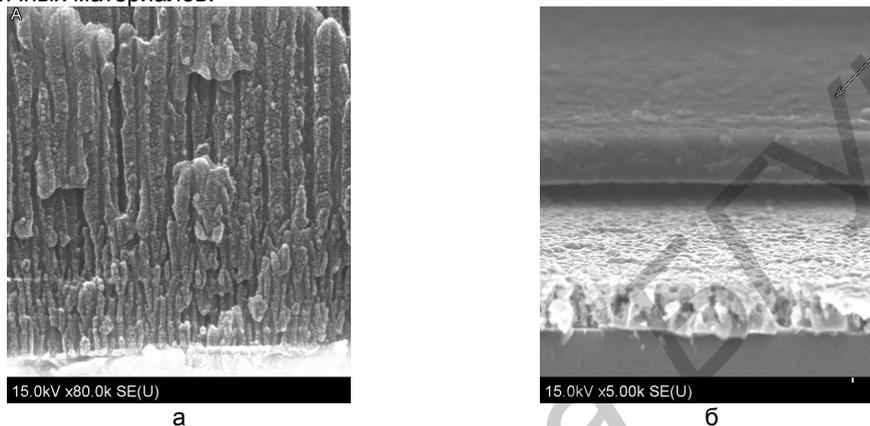


Рис. 2 – Поперечные сколы тонкоплёночной системы Al-V-Cu в различных точках кинетики анодирования

Список использованных источников:

1. Обухов, И. А. Нанопровод как активный элемент генератора СВЧ излучения / И. А. Обухов, Е. А. Смирнова // *Нано- и микросистемная техника*. – 2016. – Т. 18. – № 8. – С. 509 – 514.
2. Room temperature-synthesized vertically aligned InSb nanowires: electrical transport and field emission characteristics / Kuo [et al.] // *Nanoscale Research Letters* [Electronic resource] – 2013. – Mode of access: <http://www.nanoscalereslett.com/content/8/1/69>. – Date of access: 07.04.2017.
3. Синтез нанопроводов InSb в модифицированных матрицах анодного оксида алюминия / Горюх Г. Г. [и др.] // *СВЧ-техника и коммуникационные технологии: материалы 22-й Междунар. Крымск. конф., Севастополь, Украина, 10–14 сент. 2012 г.: в 2 т.* – М. [и др.], 2012. – Т. 2. – С. 655 – 658.
4. Плазмохимическое проявление резиста на основе аморфного оксида ванадия / Величко А. А. [и др.] // *Современные наукоемкие технологии*. – 2004. – № 2. – С. 50 – 52. – Режим доступа: <https://www.top-technologies.ru/ru/article/view?id=21624>.

ЭВОЛЮЦИЯ МОБИЛЬНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь*

Назаренко М. С., Сарамбаев К. С.

Бычек И. В. – канд. техн. наук, доцент

Представлены этапы развития мобильных аккумуляторов. Показаны достоинства и недостатки каждого типа аккумуляторов. Рассмотрены перспективные разработки аккумуляторов для мобильных устройств.

Первый мобильный телефон, который можно было носить с собой, был представлен компанией *Motorola* в 1983 году. Аппарат весил 793 грамма и умел только совершать звонки [1]. Нынешние смартфоны – полноценные карманные компьютеры. Прогресс в этой области очевиден, но мало кто задумывается, что не меньший эволюционный путь проделали и батареи мобильных устройств. Разработчикам аккумуляторов приходится учитывать много различных параметров: емкость, скорость зарядки, надежность и безопасность, долговечность, размеры, легкость, дешевизна материалов. Наибольшее распространение получили четыре основных типа аккумуляторов.

Первое время в мобильных устройствах использовались никель-кадмиевые аккумуляторы. Катод в никель-кадмиевых аккумуляторах выполняется из никельсодержащих соединений с добавлением графитового порошка, анод – из кадмийсодержащих соединений, электролит – из смеси гидроксидов калия