

приложений и повышение прав, запрашивая пароль от администратора, активировав соответствующий параметр. Среди дополнительных настроек можно выделить следующие:

– отключение необязательных подсистем, т.к. используемая по умолчанию подсистема допускает запуск процесса одним пользователем, а последующее – работу с процессом другого пользователя, что способствует сокрытию фактов несанкционированного доступа;

– включение аудита использования привилегии на архивацию и восстановление, т.к. при резервном копировании создается копия файловой системы, чем может воспользоваться злоумышленником.

## **АЛЮМООКСИДНЫЕ ОСНОВАНИЯ С ПОКРЫТИЯМИ, МОДИФИЦИРОВАННЫМИ НЕОРГАНИЧЕСКИМИ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ ПЛЕНКАМИ**

Д.Л. Шиманович, Е.Д. Беспрозванный, Е.Е. Алясова

В результате проведенных исследований отработаны технологические методы формирования дополнительных диэлектрических пленок на пористых алюмооксидных основаниях с целью получения модифицированных многослойных структур, обладающих закрытой пористостью и приводящих к улучшению теплофизических и электрофизических свойств конечных диэлектрических покрытий на алюминиевых основаниях [1].

Отработаны режимы вакуумного осаждения на пористые алюмооксидные поверхности неорганических диэлектрических пленок трех видов: 1)  $Al_2O_3$  из мишени поликора (ВК100-1); 2)  $SiO_2$  из мишени кварца (С5-1); 3) композита на основе  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$  и  $MnO$  из мишени корундовой керамики (22ХС). Осуществлено теоретическое моделирование послойного осаждения и установлено, что для модификации пористой структуры осажденными диэлектриками (с перекрытием и захлопыванием пор) необходимо проводить напыление пленок толщиной ~300-2000 нм в зависимости от толщины анодного  $Al_2O_3$  и диаметра пор. Установлена зависимость коэффициента теплопроводности многослойной структурной системы «несущий Al + анодный  $Al_2O_3$  + осажденный диэлектрик» от толщины Al-оснований из сплава АМг-2 (в диапазоне ~ 1–3 мм), толщины анодного  $Al_2O_3$  (в диапазоне ~ 50–100 мкм) и толщины осажденных диэлектрических пленок (~1000 нм и ~2000 нм). Выяснено, что значения параметра теплопередачи многослойных модифицированных покрытий возрастают при уменьшении толщины такой составляющей, как анодный  $Al_2O_3$ , а уплотнение осажденными диэлектриками позволяет увеличить значения коэффициента теплопроводности. Так для толщины пористого  $Al_2O_3$  ~50 мкм значения коэффициента теплопроводности возрастают с ~82 Вт/м·К до ~91 Вт/м·К соответственно при увеличении значений толщины осажденного (из мишени поликора (ВК100-1))  $Al_2O_3$  от ~1000 нм до ~ 2000 нм, в то время как параметр теплопередачи для немодифицированного пористого  $Al_2O_3$  такой же толщины (~ 50 мкм) в общей системе с Al (~ 2 мм) составляет ~ 52 Вт/м·К. Объяснение этого факта заключается в том, что исходная пористая  $Al_2O_3$ -структура содержит газовую фазу с воздушным наполнением и составляющей адсорбированных на стенках пор водяных паров, коэффициенты теплопроводности которых низкие, составляют ~ 0,022 Вт/м·К (для воздуха) и ~ 0,6 Вт/м·К (для воды) и отрицательно влияют на теплопроводность твердофазной алюмооксидной структуры.

### **Литература**

1. Шиманович Д.Л. Технологические режимы формирования дополнительных диэлектрических пленок на пористой поверхности алюмооксидных оснований и исследование электрофизических и теплофизических характеристик модифицированных покрытий // *Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения*. 2017. Т. 17, № 2. С. 573–576.

## **МЕТОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ ТОПОЛОГИЧЕСКИХ ЗОН ОТКРЫТОГО ВЫХОДА НА АЛЮМИНИЕВЫХ ОСНОВАНИЯХ В ТОЛСТОСЛОЙНЫХ $Al_2O_3$ -ПОКРЫТИЯХ**

Д.Л. Шиманович, Е.Д. Беспрозванный, Е.Е. Алясова

Исследованы технологические методы толстослойного анодирования алюминия в локальных топологических областях при различных методах маскирования для

формирования открытых зон выхода на несущие алюминиевые основания с целью потенциальной возможности дальнейшего контактного монтажа мощных кристаллов непосредственно на металлизированные площадки (контакт «Al-основание – термоплощадка кристалла»), что позволяет исключить диэлектрическую составляющую на основе анодного оксида алюминия с низким параметром коэффициента теплопроводности в местах контакта и тем самым увеличить эффективность теплоотвода в матричных многокристалльных системах.

Проведены экспериментальные исследования по определению коэффициента объемного роста толстослойных покрытий на основе пористого оксида алюминия и показано, что эти значения варьируются технологическими (электрохимическими, температурными) режимами оксидирования. Установлен линейный характер зависимостей коэффициента объемного роста от напряжения анодирования при формировании пленок  $Al_2O_3$  в 10%  $H_2SO_4$  и в 4%  $H_2C_2O_4$  при различных температурах электролитов. Экспериментально выявлено, что при анодировании алюминиевого сплава АМг-2 в потенциостатическом режиме при  $U \sim 65$  В в 4%  $H_2C_2O_4$  при температуре  $T \sim 20$  °С, коэффициент объемного роста составляет  $\sim 1,5$ . Осуществлен сравнительный анализ методов маскирования (в присутствии фоторезистивной маски и маски из плотного анодного оксида) и с помощью методики поперечного микрошлифа изучены профили бокового ухода под маску на границе раздела «Al– $Al_2O_3$ » при локальном глубоком анодировании Al [1]. Отработаны и оптимизированы 4 варианта технологических методов формирования открытых зон выхода на Al-основания в  $Al_2O_3$ -покрытиях: метод локального химического травления в предварительно сформированном сплошном  $Al_2O_3$ -слое; метод локального толстослойного анодирования в присутствии фоторезистивной маски; метод локального глубокого анодирования с защитным маскированием на основе плотного  $Al_2O_3$ ; метод локального двухстадийного анодирования с промежуточным травлением  $Al_2O_3$ , сформированного на 1-ой стадии. Установлено что для исключения рельефности поверхности («колодцев») и для создания планарных топологических зон выхода на Al-основания (на линии поверхностной системы «Al– $Al_2O_3$ ») при условии коэффициента объемного роста  $\sim 1,5$  при формировании конечных  $Al_2O_3$ -покрытий определенной толщины двухстадийным анодированием, необходимо на 1-ом этапе формировать  $Al_2O_3$  толщиной в 2 раза меньше, чем на 2-ом этапе.

### Литература

1. Шиманович Д.Л., Сокол В.А. Локальное толстослойное анодирование алюминия и анализ бокового ухода при различных методах маскирования // Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения. 2014. Т. 14, № 3. С. 163–165.

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ В СИСТЕМЕ ОСТРИЙНЫХ КАТОДОВ

И.А. Шинкевич

Приведены результаты математического моделирования распределения напряженности электрического поля в системе острижных катодов в зависимости от геометрии исследуемой структуры. Для моделирования использовался модуль «Electrostatics» программного пакета «Comsol Multiphysics». Для расчета напряженности поля в выбранной структуре использовалось решение уравнения Гаусса в диэлектрической среде. Исследуемая структура представляет собой массив углеродных нанотрубок, выполняющих роль катода, и плоского анода. Высота каждой нанотрубки – 174 нм, радиус – 24 нм. Производился расчет величины напряженности электрического поля на острие центральной нанотрубки при изменении расположения соседних нанотрубок относительно центральной. Расстояние изменялось от 100 нм до 250 нм с шагом в 10 нм. Величина напряжения между анодом и подложкой оставалась неизменной и составляла 1000 В. Полученная зависимость напряженности электрического поля на острие центрального катода от взаимного расположения нанотрубок носит сложный колебательный характер. Средний коэффициент усиления, определяемый отношением напряженности поля на вершине нанотрубки к среднему полю между нанотрубками составляет от 2 до 2.25. Полученные результаты отличаются от известных в литературе тем, что обычно наблюдается нелинейная зависимость от расстояния только с одним