

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОММУТАЦИОННЫХ ПЛАТ НА АЛЮМИНИЕВЫХ ОСНОВАНИЯХ ДЛЯ ПРИБОРОВ СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Т. Е. Сарнова

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ, г. Саров Нижегородской обл.

Введение

Силовая гибридная интегральная схема (СГИС) – конструктивно законченное изделие электронной техники, содержащее совокупность связанных между собой активных и пассивных элементов электрической схемы и отличающееся высокими рабочими напряжениями, токами и температурами.

Одна из проблем современной электроники заключается в разработке эффективных методов и технологий отвода тепла от радиоэлементов, расположенных на интегральной схеме, так как несвоевременный отвод тепла приводит к их быстрому перегреву и выходу из строя. Особенно остро эта проблема стоит перед разработчиками силовых полупроводниковых устройств, элементы которых могут работать при больших мощностях и в экстремальных климатических условиях, что ухудшает характеристики полупроводниковых приборов.

В настоящее время широкое применение нашли СГИС, которые могут функционировать при условии эффективного отвода тепла, осуществляемого через многослойную структуру к наружной поверхности корпуса. В разрабатываемой технологии изготовления платы это обеспечивается применением медной токоведущей разводки и теплоотводящего алюминиевого основания с диэлектрическим алюмооксидным слоем.

Применение металлических оснований является принципиально новым качественным этапом в развитии конструкции и технологии создания гибридных интегральных схем. Алюминиевые сплавы привлекают внимание благодаря удачному сочетанию своих свойств: высокая пластичность и теплопроводность, низкая стоимость, малый удельный вес, высокая коррозионная стойкость и механическая прочность.

Целью данной работы являлась разработка технологии изготовления коммутационных плат на алюминиевых основаниях с применением алюмооксидной технологии и базовых операций вакуумного напыления, фотолитографии, электрохимического осаждения металлов.

Основанием для выполнения данной работы является разработка и внедрение производственно-технологических процессов изготовления радиоэлектронных приборов систем автоматики нового поколения.

Теоретическая часть

Необходимость быстрого и эффективного отвода тепла – одна из основных проблем полупроводниковых приборов. Один из способов решения проблемы является использование оксидированного алюминия при производстве плат. С точки зрения использования в качестве подложек алюминий, единственный из известных металлов, обладает еще одним уникальным свойством, а именно, способностью образовывать в процессе окисления толстые (до сотен микрон) собственные высококачественные диэлектрические слои.

Основой технологии является электрохимический процесс анодного окисления (анодирования) алюминия и его сплавов в водных или безводных растворах электролитов. Процесс анодирования позволяет превращать исходный алюминий в его оксид Al_2O_3 , который является хорошим диэлектриком. Анодно-оксидная пленка состоит из непосредственно примыкающего к металлу тонкого барьерного слоя и пронизанного многочисленными порами наружного слоя рис. 1. Толщина пористого оксида может достигать сотен микрон.

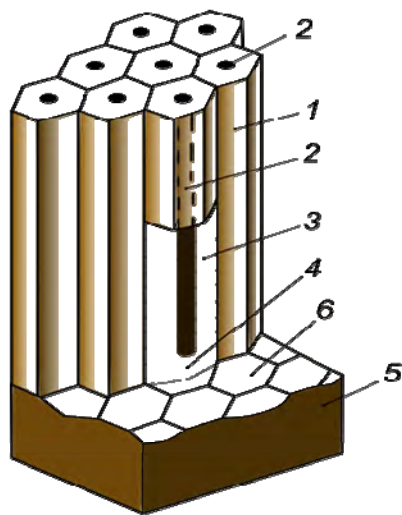


Рис. 1. Схематическое изображение структуры утолщенных анодных пленок: 1 – окисная ячейка; 2 – пора; 3 – стенка окисной ячейки; 4 – беспористый окисный слой барьерного типа; 5 – алюминий; 6 – отпечатки оснований окисных ячеек на поверхности алюминия

Экспериментальная часть

Изготовление коммутационной платы на алюминиевом основании осуществлялось по разработанному технологическому процессу.

Химическая подготовка поверхности алюминиевых оснований проводилась в два этапа:

– травление поверхностного слоя (удаление с поверхности оснований различных дефектов и загрязнений, полученных в результате механической обработки);

– химическая полировка поверхности.

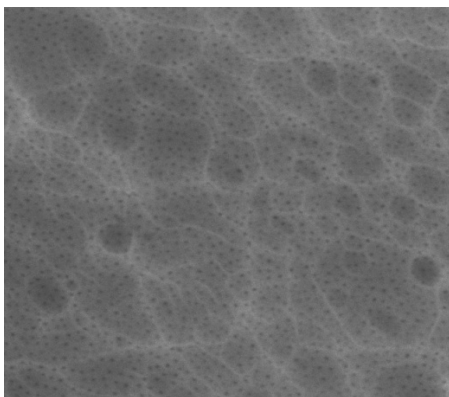
Осуществлялся процесс толстослойного анодирования на установке выращивания алюмооксидных слоев «Дельта-2/4. АНОКС-К» в 5 % растворе щавелевой кислоты ($H_2C_2O_4$) в гальваностатическом режиме рис. 2 [1, 2].



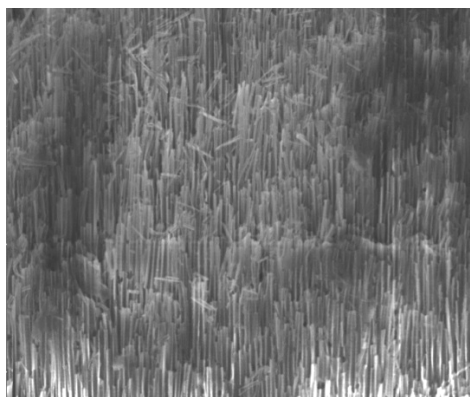
Рис. 2. Установка выращивания алюмооксидных слоев «Дельта-2/4. АНОКС-К»

Поверхность и структура оксида алюминия после проведения процесса толстослойного анодирования представлена на рис. 3.

Процесс заполнения пор оксидированного алюминия проводился с применением позитивного фоторезиста ФП-2550 и состоял из следующих операций:



а



б

Рис. 3. Оксид алюминия: а – поверхность оксида алюминия; б – структура оксида алюминия

– нанесение фоторезиста на поверхность диэлектрического слоя алюминиевого основания;

– пропитка в вакууме;

– ступенчатое задубливание фоторезиста в порах диэлектрического слоя.

Для оценки качества заполнения пор диэлектрического слоя были проведены исследования электрофизических свойств толстослойного оксида алюминия [3].

На алюминиевые основания с диэлектрическим слоем напылялись металлизированные слои «ванадий-медь» общей толщиной от 3,0 до 3,5 мкм для формирования токопроводящего слоя.

Методом фотолитографии на напыленных слоях «ванадий-медь» формировалась фоторезистивная защитная контактная маска для последующего осаждения гальванической меди рис. 4.

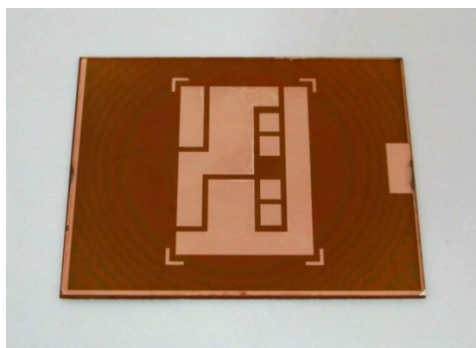


Рис. 4. Фоторезистивная защитная маска для гальванического меднения

Проводился процесс формирования толстослойного гальванического медного покрытия на алюминиевых основаниях. В результате проведенного процесса толщина гальванического медного покрытия составила не менее 30 мкм. После окончания процесса удалялась защитная фоторезистивная маска [4].

Осуществлялся процесс формирования топологии платы на металлизированных слоях «ванадий-медь-гальваническая медь» методом фотолитографии рис. 5.

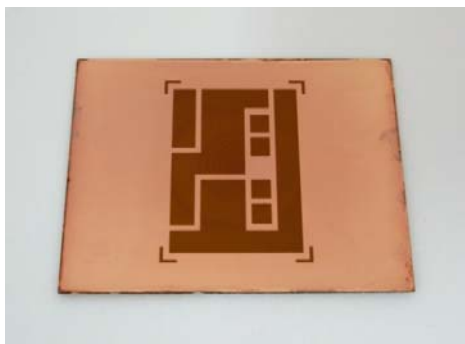


Рис. 5. Маска для травления тонкого слоя меди

На последнем этапе изготовления коммутационной платы проводился процесс травления слоев «ванадий–медь» в местах отсутствия фоторезистивной маски. После окончания процессов удалялась защитная фоторезистивная маска и проводилась термообработка изготовленной платы.

Изображение коммутационной платы на алюминиевом основании представлено на рис. 6.



Рис. 6. Коммутационная плата на алюминиевом основании

Выводы

В процессе реализации данной работы использование эффективного сочетания микроэлектронных технологий, нанотехнологий и технологий изготовления печатных плат позволило создать замкнутый технологический процесс изготовления коммутационных плат на алюминиевых основаниях для приборов силовой электроники и разработать ряд производственных технологических процессов.

По данному технологическому процессу были изготовлены коммутационные платы на алюми-

вых основаниях, которые прошли проверку на целостность электрических цепей и отсутствие короткого замыкания, проверку сопротивления изоляции между электрически несвязанными цепями и проверку электрической прочности платы. Электрическая прочность изоляции между элементами проводящего слоя и электрическая прочность изоляции диэлектрического слоя между элементами проводящего слоя и металлическим основанием соответствовала выставленным требованиям, т. е. пробой не происходил при нарастании испытательного напряжения или в ходе выдержки при испытательном напряжении.

Коммутационные платы, изготовленные по алюмооксидной технологии с применением уникального метода уплотнения пор, являются по термическим и электрофизическим характеристикам сопоставимыми с керамическими основаниями из нитрида алюминия. Платы, выполненные на алюминиевых основаниях, отличаются высокой термической прочностью, характеризуются возможностью их изготовления больших размеров с высокой плотностью монтажа.

Разработанная технология изготовления коммутационных плат на алюминиевых основаниях может быть использована при разработке и изготовлении радиоэлектронных приборов систем автоматики нового поколения, имеющих в своем составе радиоэлектронные модули с повышенным выделением тепла [5].

Литература

1. Томашев Н. Д., Тюкин М., Заливалов Ф. П. Толстослойное анодирование алюминия и алюминиевых сплавов. М.: Машиностроение, 1986.
2. Шрейдер А. В. Оксидирование алюминия и его сплавов. М: Металлургиздат, 1960.
3. Сокол В.А. Электрохимическая технология гибридных интегральных микросхем // Монография. Минск: Бестпринт, 2004.
4. Вайнер Я. В., Дасоян М. А. Технология электрохимических покрытий. Учебник для химических техникумов. Изд. 2-е. Л.: Машиностроение, 1972.
5. Сарпова Т. Е. Проведение комплекса работ по разработке технологий изготовления приборов автоматики нового поколения в условиях опытного производства // Отчет № 18.06.07.11.21.32.ОТ10-2018 29.10.2018.