

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 20350

(13) С1

(46) 2016.08.30

(51) МПК

H 05K 1/05 (2006.01)

(54)

СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОСНОВАНИЯ ДЛЯ МНОГОКРИСТАЛЬНОГО МИКРОЭЛЕКТРОННОГО МОДУЛЯ

(21) Номер заявки: а 20111174

(22) 2011.09.05

(43) 2013.04.30

(71) Заявитель: Учреждение образования "Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники (ВУ)

(72) Авторы: Сокол Виталий Александрович; Шиманович Дмитрий Леонидович; Ярошевич Ирина Викторовна (ВУ)

(73) Патентообладатель: Учреждение образования "Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники (ВУ)

(56) ВУ 6371 С1, 2004.

ВУ 8587 С1, 2006.

RU 2420615 С2, 2011.

US 2008/0283408 А1.

JPH 09266374 А, 1997.

(57)

Способ изготовления основания для многокристального микроэлектронного модуля, в котором предварительно обрабатывают заготовку указанного основания, выполненную из алюминия или сплава на его основе, до получения заданной шероховатости ее поверхности, а также осуществляют ее термообработку при температуре от 500 до 550 °С в течение промежутка времени от 10 до 20 мин, затем формируют на поверхности заготовки методом электрохимического анодирования слой пористого оксида алюминия глубиной от 2 до 5 мкм при анодном напряжении от 10 до 15 В, затем вторично анодируют ту же сторону заготовки при напряжении, оптимальном для используемого электролита, формируя на ней слой пористого оксида алюминия требуемой глубины, далее проводят анодирование той же стороны заготовки в течение промежутка времени от 2 до 5 мин при напряжении, в 2-4 раза большем или меньшем напряжении при вторичном анодировании, либо при переменном напряжении с амплитудой от 0,5 до 1,0 от напряжения при вторичном анодировании, а затем заполняют поры образованного оксидного слоя жидким позитивным либо негативным фоторезистом, высушивают полученную структуру при температуре от 100 до 120 °С и выдерживают ее при температуре от 300 до 350 °С в течение промежутка времени от 0,5 до 1 ч, после чего механически полируют ее поверхность.

Данное изобретение относится к области электронной техники и, в частности, связано с процессом получения высококачественных алюминиевых оснований практически неограниченных размеров для многокристальных микроэлектронных модулей и гибридных интегральных микросхем. Способ может использоваться в производстве различной радиоэлектронной аппаратуры, требующей повышенной коррозионной стойкости, механической прочности, повышенной рассеиваемой электрической мощности и диэлектрической изоляции от основы, защиты от внешних электромагнитных полей. Это спецтехника, авиационная, космическая, автомобильная, телевизионная и дисплейная электроника, ва-

ВУ 20350 С1 2016.08.30

куумное, сварочное и гальваническое оборудование, мощные источники электропитания, светодиодная техника, электроника бытовых печей и др.

Известен способ получения алюминиевого основания для гибридных интегральных микросхем, включающий предварительную обработку его поверхности, одностадийное пористое анодирование и последующее заполнение пор оксида в воде или в водяном паре при плотности тока $1 \div 2 \text{ А/м}^2$ в течение $4 \div 10$ мин [1].

Недостатком известного способа является то, что в результате заполнения пор оксида в воде или в водяном паре на стенках пор образуется гидроокись алюминия, имеющая низкую микротвердость и термостойкость. Так как гидроокись имеет значительно худшие электрофизические свойства по сравнению с оксидом алюминия, то уменьшаются сопротивление изоляции и напряжение пробоя диэлектрического слоя основания. Термостойкость также существенно ниже, чем у оксида, что снижает степень надежности готового изделия. Кроме того, остаются неразрешенными проблемы низкого качества поверхности из-за частичного заполнения пор гидроокисью и ее гигроскопичности.

Наиболее близким по технической сущности к заявляемому изобретению является способ изготовления металлического основания из алюминия или его сплавов, включающий предварительную обработку, термообработку, глубокое пористое анодирование, заполнение пор оксидного слоя диэлектриком [2].

Данный способ осуществляется в следующей последовательности:

предварительная обработка поверхности (например, обезжиривание, полоскание, алмазное точение), предварительная термообработка;

глубокое пористое анодирование по меньшей мере в два этапа с увеличением напряжения на каждой последующей стадии;

термообработка после анодирования и до заполнения пор при $573 \div 723 \text{ К}$ в течение не менее 60 мин;

заполнение пор оксида неорганическим или органическим диэлектриком;

полировка.

Недостатками этого способа являются:

отсутствие данных по температуре, среде и длительности предварительной термообработки;

отсутствие данных по оптимальной толщине выращенного оксида и используемым напряжениям, величина которых на первой стадии анодирования не должна превышать $10 \div 15 \text{ В}$, что позволяет обеспечить малый диаметр пор оксида на поверхности оснований в пределах $10 \div 15 \text{ нм}$, что практически исключает значительное проникновение материала, например, при напылении для формирования системы межсоединений;

отсутствие весьма важной третьей заключительной стадии анодирования, которая должна осуществляться при напряжениях, существенно отличающихся от напряжений первоначальных этапов анодирования, или переходом на переменный ток по окончании второй стадии, что приводит к перестройке геометрической структуры оксида в губкообразную с образованием эффективного демпфирующего слоя, увеличивающего термостойкость системы "алюминий-оксид";

отсутствие конкретных данных по диэлектрикам для заполнения пор и режимам заполнения.

Задачей настоящего изобретения является совершенствование существующих технологий для изготовления алюминиевых оснований с комплексом более высоких параметров, отвечающих все возрастающим требованиям к радиоэлектронной аппаратуре, т.е. снижение внутренних напряжений и улучшение термостойкости и термостабильности в системе "алюминий-оксид", увеличение электроизоляционной прочности оксида оснований.

Поставленная задача решается использованием короткой высокотемпературной предварительной обработки основания при температуре от 500 до $550 \text{ }^\circ\text{С}$ в течение промежут-

ка времени от 10 до 20 мин, что обеспечивает снижение внутренних напряжений в алюминии и его сплавах и более равномерное перераспределение примесей по площади основания, применением трехстадийного формирования пористого оксида на поверхности алюминиевого основания, позволяющего получать высокое качество его поверхности (первая стадия), заданную толщину (вторая стадия) и приемлемую термостойкость системы "алюминий-оксид" до 350 °С (третья стадия), заполнение пор негативным или позитивным фоторезистом, что увеличивает электрическую прочность оксида и снижает затраты на изготовление основания, т.к. использование фоторезиста позволяет исключить применение дополнительных материалов, а процесс заполнения пор совместим с классическим процессом фотолитографии.

Сущность данного изобретения заключается в способе изготовления основания для многокристального микроэлектронного модуля, в котором предварительно обрабатывают заготовку указанного основания, выполненную из алюминия или сплава на его основе, до получения заданной шероховатости ее поверхности, а также осуществляют ее термообработку при температуре от 500 до 550 °С в течение промежутка времени от 10 до 20 мин, затем формируют на поверхности заготовки методом электрохимического анодирования слой пористого оксида алюминия глубиной от 2 до 5 мкм при анодном напряжении от 10 до 15 В, затем вторично анодируют ту же сторону заготовки при напряжении, оптимальном для используемого электролита, формируя на ней слой пористого оксида алюминия требуемой глубины, далее проводят анодирование той же стороны заготовки в течение промежутка времени от 2 до 5 минут при напряжении, в 2-4 раза большем или меньшем напряжения при вторичном анодировании, либо при переменном напряжении с амплитудой от 0,5 до 1,0 от напряжения при вторичном анодировании, а затем заполняют поры образованного оксидного слоя жидким позитивным либо негативным фоторезистом, высушивают полученную структуру при температуре от 100 до 120 °С и выдерживают ее при температуре от 300 до 350 °С в течение промежутка времени от 0,5 до 1 ч, после чего механически полируют ее поверхность.

Пример 1.

В качестве исходного материала использовали основание из алюминия (с содержанием Al 99,99 %) размером 48×60 мм, которое вырезали механическим способом с использованием гильотины из листового проката Al толщиной 1,5 мм. После химического обезжиривания в бензине нефрас, промывки в проточной дистиллированной воде и сушки проводили терморихтовку при температуре 350 °С с усилием сжатия $2 \cdot 10^5$ кг/см² на механическом прессе. Далее поверхность Al основания механически обрабатывали методом алмазного торцевого точения до 13-14 класса шероховатости ($R_a \sim 0,012$ мкм) с последующей промывкой в струе дистиллированной воды и сушкой. Предварительная обработка включала химическое обезжиривание в хромовой смеси CrO₃: H₂SO₄ (1: 100) в течение 2-3 мин при комнатной температуре; промывку в проточной дистиллированной воде и сушку в центрифуге. После этого использовали высокотемпературную обработку (термоотжиг) Al основания при 500 °С в течение 20 мин. Далее на алюминиевой пластине формировали диэлектрический слой из пористого Al₂O₃ методом электрохимического анодирования в динамическом режиме в три стадии со сменой электролитов. Для этого образец погружали в ванну с электролитом на основе водного 10 %-ного раствора серной кислоты (H₂SO₄) и проводили анодирование на глубину 3 мкм в потенциостатическом режиме при напряжении 10 В при температуре 10-12 °С в течение 6-8 мин; после этого меняли электролит на водный 10 %-ный раствор щавелевой кислоты (H₂C₂O₄) и проводили выращивание оксида в потенциостатическом режиме при напряжении 40 В при температуре 16-18 °С на толщину, определяемую временем анодирования и плотностью тока в соответствии с законом Фарадея (70 мкм Al₂O₃ в течение 105-110 мин); далее меняли электролит на водный 10 %-ный раствор серной кислоты (H₂SO₄) и проводили анодирование в течение 2 мин при напряжении 10 В при температуре 10-12 °С. После каждой стадии

электрохимического анодирования осуществляли промежуточную промывку основания последовательно в горячей и холодной дистиллированной воде и сушку в центрифуге. Далее известным методом центрифугирования (400-500 об/мин, 5-10 с) на поверхность пористого диэлектрического слоя Al_2O_3 основания наносили негативный фоторезист ФН-11Су с известной кинематической вязкостью 10-13 mm^2/s при $20 \pm 0,5$ °С, принятой в микроэлектронике, для заполнения пор оксида. После этого осуществляли сушку при температуре 110 °С в течение 5 мин и в последующем подвергали основания термообработке при 350 °С в течение 30 мин. Далее проводили механическое полирование поверхности основания.

Пример 2.

В качестве исходного материала использовали основание из алюминиевого сплава АМГ-2 размером 48×60 мм, которое вырубали механическим способом из листового проката толщиной 2 мм. После химического обезжиривания в бензине нефрас, промывки в проточной дистиллированной воде и сушки проводили рихтовку на механическом прессе с усилием сжатия $2 \cdot 10^5$ kg/cm^2 и одновременно высокотемпературную обработку (термоотжиг) основания при температуре 550 °С в течение 10 мин. Предварительная обработка включала химическое обезжиривание в хромовой смеси $CrO_3: H_2SO_4$ (1: 100) в течение 2-3 мин при комнатной температуре; химическое травление дефектного слоя алюминия в 10 %-ном водном растворе щелочи NaOH или KOH в течение 10 мин при температуре 35-40 °С; химическое полирование в растворе $H_3PO_4: HNO_3$ (8:1) при температуре 80 °С в течение 2-3 мин с промежуточной и заключительной промывкой последовательно в проточной горячей и холодной дистиллированной воде и сушкой в центрифуге после каждой операции химической подготовки по улучшению поверхности основания. Далее на алюминиевой пластине формировали диэлектрический слой из пористого Al_2O_3 методом электрохимического анодирования в динамическом режиме в три стадии, как и в примере 1, но без смены электролита. Для этого образец погружали в ванну с электролитом на основе водного 10 %-ного раствора серной кислоты (H_2SO_4) и проводили анодирование в потенциостатическом режиме при напряжении 10 В при температуре 10-12 °С в течение 5 мин; после этого напряжение повышали до 25 В и проводили выращивание оксида в потенциостатическом режиме при той же температуре до получения необходимой толщины, определяемой временем анодирования и плотностью тока в соответствии с законом Фарадея (50 мкм Al_2O_3 в течение 80-85 мин); затем напряжение снижали до 10 В и продолжали анодирование в течение 3 мин в той же ванне при той же температуре и в том же электролите. После трехстадийного электрохимического анодирования осуществляли промывку основания последовательно в горячей и холодной дистиллированной воде и сушку в центрифуге. Заполнение пор оксида проводили так же, как и в примере 1, с помощью нанесения фоторезиста известным методом центрифугирования (400-500 об/мин, 5-10 с), но на поверхность пористого диэлектрического слоя Al_2O_3 основания наносили позитивный фоторезист ФП-383 с кинематической вязкостью 6,0-6,5 mm^2/s при $20 \pm 0,5$ °С. После этого осуществляли сушку при температуре 100 °С в течение 10 мин и в последующем подвергали основания финишной термообработке при 300 °С в течение 1 ч. Далее проводили механическое полирование поверхности основания.

Пример 3.

В качестве исходного материала использовали основание из алюминиевого сплава Д-16 размером 48×60 мм, которое вырубали механическим способом из листового проката толщиной 2 мм. После химического обезжиривания в бензине нефрас, промывки в проточной дистиллированной воде и сушки проводили рихтовку на механическом прессе с усилием сжатия $2 \cdot 10^5$ kg/cm^2 и одновременно высокотемпературную обработку (термоотжиг) основания, как в примере 2, но при температуре 500 °С в течение 20 мин. Предварительная обработка включала химическое обезжиривание в хромовой смеси $CrO_3: H_2SO_4$ (1: 100) в течение 2-3 мин при комнатной температуре, как в примере 1 и 2, но затем элек-

ВУ 20350 С1 2016.08.30

трохимическую полировку в растворе смеси HClO_4 и CH_3COOH (1:4) при температуре 13-15 °С, напряжении 30 В в течение 3-5 мин для удаления дефектного слоя алюминия и улучшения качества поверхности с промежуточной и заключительной промывкой последовательно в проточной горячей и холодной дистиллированной воде и сушкой в центрифуге после каждой операции химической подготовки по улучшению поверхности основания. Далее на алюминиевой пластине формировали диэлектрический слой из пористого Al_2O_3 методом электрохимического анодирования в динамическом режиме в три стадии со сменой электролитов. Для этого образец погружали в ванну с электролитом на основе водного раствора смеси кислот: щавелевой ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$) (10 %), серной (H_2SO_4) (10 %), лимонной (5 %) - и проводили анодирование на первой стадии при напряжении 13 В в течение 5 мин при температуре электролита 13-15 °С; на второй стадии - в том же электролите при той же температуре, но при $U = 40$ В в потенциостатическом режиме до достижения необходимой толщины (до ~ 150 мкм); после этого меняли электролит на 4 %-ный водный раствор фосфорной кислоты (H_3PO_4) и анодировали в течение 5 мин в потенциостатическом режиме при напряжении 120 В при температуре 13-15 °С. После каждой стадии электрохимического анодирования осуществляли промежуточную промывку основания последовательно в горячей и холодной дистиллированной воде и сушку в центрифуге. Заполнение пор диэлектрического слоя Al_2O_3 основания проводили с помощью нанесения фоторезиста известным методом центрифугирования (400-500 об/мин, 5-10 с) с использованием негативного фоторезиста ФН-11Су, как в примере 1, или позитивного фоторезиста ФП-383, как в примере 2. Режимы сушки и последующей финишной термообработки для негативного фоторезиста аналогичные, как в примере 1, и для позитивного фоторезиста, как в примере 2. Далее проводили механическое полирование поверхности основания.

Источники информации:

1. JP 5819156 B2, 1983.
2. ВУ 6371 С1,2004.