

**ОПИСАНИЕ
ИЗОБРЕТЕНИЯ
К ПАТЕНТУ**
(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 6371

(13) С1

(51)⁷ С 25D 11/02,
H 05K 3/44

(54) **СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ОСНОВАНИЙ
ИЗ АЛЮМИНИЯ ИЛИ ЕГО СПЛАВОВ**

(21) Номер заявки: а 19981194

(22) 1998.12.29

(46) 2004.09.30

(71) Заявитель: Учреждение образования
"Белорусский государственный уни-
верситет информатики и радиоэлек-
троники" (ВУ)

(72) Авторы: Сокол Виталий Александрович;
Воробьева Алла Ильинична; Паркун
Владимир Михайлович; Игнашев Ев-
гений Петрович (ВУ)

(73) Патентообладатель: Учреждение обра-
зования "Белорусский государственный
университет информатики и радио-
электроники" (ВУ)

(57)

Способ изготовления оснований из алюминия или его сплавов для электронных схем, включающий предварительную обработку и/или термообработку поверхности подложек из алюминия или его сплавов, формирование оксидного слоя путем глубокого пористого анодирования, термообработку, заполнение пор оксидного слоя диэлектриком, **отличающийся** тем, что глубокое пористое анодирование проводят по меньшей мере в две стадии с увеличением электрического напряжения на каждой последующей стадии в 1,5 раза относительно его значения на предыдущей стадии, термообработку осуществляют при температуре 300-450 °С в течение не менее 60 минут, а в качестве диэлектрика используют диэлектрик, способный становиться твердым после полимеризации, коэффициент термического расширения которого при затвердевании соответствует коэффициенту термического расширения оксидного слоя, при этом осуществляют полирование поверхности, которое при использовании неорганического диэлектрика выполняют после термообработки, а при использовании органического диэлектрика выполняют после заполнения пор.

(56)

JP 5835376 B2, 1983.

RU 2024652 C1, 1996.

EP 0185192 A3, 1987.

JP 09294933 A, 1997.

JP 5819156 B2, 1983.

Данное изобретение относится к области электронной техники и, в частности, связано с процессом получения высокопланарных и высококачественных алюминиевых оснований, на которых формируют одно-, двух- или многослойные схемы, прецизионные межсоединения электронных компонентов, а также толсто пленочные или тонко пленочные гибридные схемы. Способ может использоваться в производстве электронных схем для радиоэлек-

ВУ 6371 С1

тронной аппаратуры: часов, магнитозаписывающей техники, записывающего оборудования на гибких магнитных дисках, в производстве телевизионных приемников и автомобильной электронике.

Известен способ получения алюминиевого основания для гибридных интегральных микросхем, включающий предварительную обработку его поверхности, одностадийное пористое анодирование и последующее заполнение пор [1].

Недостатками известного способа являются: заполнение пор оксида в воде или в водяном паре при плотности тока $(1-2) \cdot 10^{-4}$ А/м² в течение 4-10 минут. В результате заполнения пор оксида в воде или водяном паре на стенках пор образуется гидроокись алюминия, имеющая низкую микротвердость и термостойкость. Так как гидроокись имеет значительно худшие электрофизические свойства в сравнении 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 и достигаемому результату к заявляемому изобретению является способ изготовления металлического основания на базе алюминия или его сплавов, включающий предварительную обработку его поверхности, одностадийное глубокое анодирование, формирование дорожек межсоединений методом трафаретной печати, термообработку и последующее заполнение пор [2].

Способ осуществляется следующим образом. Предварительно обработанное основание из алюминия или его сплавов анодируют в порообразующем электролите. После этого химическим травлением формируют дорожки межсоединений из медной фольги, проводят отжиг и заполнение пор и трещин жидким диэлектриком при давлении $1,33 \cdot 10^3$ Па, в течение 2-х часов. В качестве жидкого диэлектрика используют силиконовое масло. Излишки жидкого диэлектрика с поверхности основания снимают органическим растворителем.

Недостатками этого способа являются: во-первых, то, что термообработка осуществляется после анодирования и формирования дорожек межсоединений при температуре ниже 473 К, физически адсорбированная вода из пор и трещин оксида не выпаривается, что приводит к образованию гидроокиси алюминия в порах и ухудшает электрофизические свойства и термостойкость основания. Во-вторых, заполнение пор жидким диэлектриком снижает надежность будущих изделий и ограничивает диапазон температур и давлений их возможного использования, поскольку жидкие диэлектрики теряют свои свойства при повышенных температурах и давлениях. Кроме того, этот метод не позволяет изготавливать тонкопленочные гибридные интегральные микросхемы, т.к. отсутствует возможность осаждения тонких пленок в вакууме на основания со сформированным оксидом, поры которого заполнены жидким диэлектриком. Под жидким диэлектриком подразумевается материал, который после осаждения не подвергается полимеризации.

Задачей настоящего изобретения является изготовление термостойкого алюминиевого основания, пригодного для использования в широком диапазоне температур с многослойной оксидной структурой, характеризующейся хорошими изоляционными свойствами и планарной поверхностью.

Поставленная задача решается за счет того, что алюминиевое основание с многослойной оксидной структурой содержит пористый слой, отличающийся хорошими изоляционными свойствами и утолщенным барьерным слоем между алюминием и пористым слоем, отличающийся хорошей силой сцепления как с пористым, так и с алюминиевым слоем. При этом пористый слой характеризуется увеличением диаметра поры с увеличением глубины оксида в сравнении с диаметром поры на поверхности. Поры меньшего диаметра на поверхности оксида обеспечивают микрошероховатость поверхности оксидного слоя 0,07-0,12 мкм после анодирования и заполнения пор. В результате анодирования, заполнения пор и полирования поверхности микрошероховатость улучшается до 0,05-0,07 мкм.

ВУ 6371 С1

Данное изобретение позволяет изготавливать термостойкие алюминиевые основания с хорошей планарностью, высококачественной поверхностью и улучшенными электрофизическими свойствами оксида.

Сущность заявляемого способа заключается в том, что изготовление алюминиевого основания включает предварительную обработку поверхности, определенного вида анодирование, термообработку, заполнение пор оксида и полировку. Процесс анодирования позволяет создать 2-х слойный оксид на каждой стороне основания, причем каждый из слоев 2-х слойной структуры характеризуется разной пористостью (разными размерами пор).

Способ изготовления основания из алюминия или его сплавов для электронных схем осуществляется в такой 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 (573-723) К в течение не менее 60 минут;

заполнение пор оксида неорганическим или органическим диэлектриком;

полировка.

Используемый здесь термин "алюминий" предполагает сплавы алюминия, содержащие в основном алюминий и в незначительных количествах марганец (Mn), магний (Mg), железо (Fe), кремний (Si). Существуют пределы включения примесей в сплав из алюминия, например, отечественный сплав АМг-3, в весовых процентах: магния (Mg) - (3,2-3,8), марганца (Mn) - (0,3-0,6), железа (Fe) (0,5), кремния (Si) - (0,5-0,8), других компонентов менее или равно 0,1.

Термообработка после анодирования исключает образование трещин и коробление основания. Термообработка также предотвращает изменения в структуре оксида на последующих стадиях процесса изготовления устройств на алюминиевом основании.

Увеличение температуры термообработки основания до (573-723) К в течение 1 минуты снижает вероятность формирования гидроксида алюминия в результате химического взаимодействия с физически адсорбированной водой на стенках пор оксида.

Нижний температурный предел термообработки после анодирования равен 573 К. Эта температура определяется максимальной температурой осуществления последующих технологических операций (а именно - припайвания кристаллов и ИС к основанию, осаждения металлических и резистивных пленок).

Верхний температурный предел равен 723 К, так как при более высоких температурах ухудшаются электрофизические свойства оксида в результате его кристаллизации.

Продолжительность термообработки менее 60 минут не гарантирует полного снятия механических напряжений в основании.

Осуществление анодирования, по меньшей мере, в два этапа и увеличение электрического напряжения на каждой последующей стадии анодирования создают условия для получения многослойной оксидной структуры с порами разных диаметров, что улучшает электрофизические свойства оксида.

На каждой последующей стадии анодирования целесообразно увеличивать электрическое напряжение не менее чем в 1,5 раза относительно его значения на предыдущей стадии. Это способствует увеличению толщины стенок пор и толщины барьерного слоя на дне пор.

Увеличение электрического напряжения на каждой стадии анодирования в таком режиме улучшает термостабильность и электроизоляционные свойства оксида. Повышение напряжения менее чем в 1,5 раза недостаточно для изменения структуры оксида.

Предпочтительным электролитом, используемым в данном изобретении, является водный раствор щавелевой кислоты. Анодирование в щавелевой кислоте реализует одновременно рост пленки на поверхности раздела "металл-оксид" и растворение пленки на поверхности раздела "оксид-электролит".

ВУ 6371 С1

Поскольку упомянутый процесс ведет к формированию пористого диэлектрика, необходима обработка поверхности для заполнения пор. Полученный диэлектрический слой должен быть гладким, без механических напряжений, трещин и дефектов.

Одной из характерных черт данного изобретения является получение двухслойных оксидных слоев - наружного пористого слоя и подслоя. Промежуточный слой служит для обеспечения лучшей способности к сцеплению наружного пористого диэлектрического слоя с алюминием. Кроме того, в результате изменения режимов электрохимического анодирования формируется двухслойная структура с толстым барьерным слоем дна пор на границе с алюминием и с малыми размерами пор на внешней поверхности.

Поры желательно заполнять диэлектриком, который после имидизации становится твердым. Это позволяет использовать основания в широких диапазонах давлений и температур благодаря соответствию коэффициентов термического расширения оксида и твердого наполнителя. Кроме того, заполнение пор твердым диэлектриком улучшает планарность основания (гладкость поверхности) и адгезионные свойства проводящих и резистивных пленок. В качестве твердого диэлектрика могут быть использованы неорганические и органические диэлектрики.

В случае использования органических диэлектриков полирование поверхности целесообразно осуществлять сразу же после заполнения пор. В случае использования неорганических диэлектриков полирование поверхности осуществляется после термообработки.

Целесообразно использовать органические диэлектрики, которые затвердевают после полимеризации. Заполнение пор органическим диэлектриком повышает планарность поверхности и улучшает диэлектрические свойства оксида - его сопротивление изоляции и пробивное напряжение.

Можно использовать и твердые неорганические диэлектрики. Они повышают теплостойкость, улучшают способность к сцеплению проводящих и резистивных слоев при последующем формировании гибридных интегральных микросхем, расширяют температурный диапазон использования оснований и повышают стойкость к электромагнитному излучению.

После заполнения пор органическим диэлектриком проводят полирование поверхности основания. Благодаря этому повышается теплопроводность оснований и улучшается степень чистоты их поверхности. При заполнении пор неорганическим диэлектриком полирование основания осуществляют после термообработки. Это улучшает адгезию неорганического твердого диэлектрика и степень чистоты поверхности основания.

Способ изготовления оснований на базе алюминия и его сплавов для электронных схем, согласно данному изобретению, осуществляется следующим образом.

Основания, состоящие из алюминия или его сплавов, в которые входят марганец (Mn), магний (Mg), железо (Fe) и/или кремний (Si), обезжиривают и прополаскивают в проточной горячей и холодной воде. Проводят предварительную термообработку при температуре 653 К и давлении $2 \cdot 10^7$ Па в течение 60 мин. После этого поверхность основания с обеих сторон подвергают машинной обработке, используя прецизионный метод алмазного торцевого точения.

Затем основания помещают в ванну, содержащую 4 %-ный водный раствор щавелевой кислоты, и проводят анодирование. Температура электролита поддерживается в пределах (295-300) К. Анодирование проводят в две стадии.

Первую стадию анодирования осуществляют на постоянном токе при плотности тока $(1,0-2,5) \cdot 10^2$ А/м² и напряжении (25-50) В. Первая стадия анодирования длится (30-40) минут, в зависимости от желаемой толщины окиси алюминия.

Вторую стадию анодирования осуществляют в режиме постоянного тока при плотности тока $(2,0-5,0) \cdot 10^2$ А/м² и напряжении (40-80) В. Продолжительность второй стадии составляет (30-50) минут. В результате формируется двухслойный оксид с разной пористостью (диаметр пор увеличивается в глубь оксида, по сравнению с диаметром пор на поверхности).

ВУ 6371 С1

Для получения многослойного оксида можно провести анодирование в несколько этапов, используя одну и ту же электролитическую ванну.

После многоэтапного анодирования основания со сформированным оксидным слоем извлекают из ванны, прополаскивают в дистиллированной воде и высушивают.

Затем основания проходят термообработку. Их помещают в термошкаф, увеличивают температуру в течение 1-2 минут до (573-723) К и выдерживают при этой температуре не менее 60 минут. После охлаждения до комнатной температуры проводят заполнение пор оксида (грунтовку). В качестве грунующих материалов могут быть использованы органические диэлектрики (например, полиимид или роливсан) или неорганические диэлектрики (например, Al_2O_3 , Ta_2O_5 , HfO , ZrO_2). В случае использования органических диэлектриков полирование поверхности осуществляют сразу же после заполнения пор. В случае использования неорганических диэлектриков полирование поверхности проводят после термообработки. Процессы полирования осуществляют механическими или плазмохимическими методами.

Пример 1.

Основание из алюминия или его сплавов, содержащее 0,5 вес. % Mn и 3,5 вес. % Mg обезжиривают и промывают в проточной дистиллированной воде. После чего основания механически обрабатывают методом алмазного точения. Обработанные таким образом основания промывают и высушивают. Затем их погружают в ванну, содержащую 4 %-ный водный раствор щавелевой кислоты, и проводят анодирование в два этапа. Температура электролита поддерживается в пределах (295-300) К.

Первую стадию анодирования обеих сторон основания осуществляют при постоянной плотности тока $1,5 \cdot 10^2$ А/м² и напряжении 40 В. Первая стадия анодирования продолжается 30 минут.

Затем осуществляют вторую стадию анодирования при постоянной плотности тока $3,0 \cdot 10^2$ А/м² и напряжении 60 В. Продолжительность анодирования - 30 мин.

Основания со сформированным оксидным слоем извлекают из ванны, промывают проточной дистиллированной водой и подвергают сушке.

Затем проводят термообработку оснований. Их помещают в термошкаф, увеличивают температуру до 573 К в течение 1 мин. и выдерживают при этой температуре 90 минут.

После охлаждения оснований до комнатной температуры осуществляют заполнение пор оксида роливсаном, затем проводят механическое полирование поверхности.

Пример 2.

Основания из алюминия или его сплавов обезжиривают и высушивают, затем подвергают механической обработке методом алмазного точения, снова обезжиривают и промывают в проточной дистиллированной воде. После этого их погружают в ванну, содержащую:

щавелевую кислоту - 50 г/л;

лимонную кислоту - 25 л;

борную кислоту - 10 г/л;

хромовый ангидрид - 5 г/л.

Температура электролита - в пределах (293-295) К.

Запускается механизм вращения держателя пластин и устанавливается скорость перемещения оснований 25 м/мин. Процесс анодирования осуществляется при постоянной плотности тока $(1,5-2,0)10^2$ А/м² и напряжении, возрастающем во время анодирования с 40 В до 75 В. Продолжительность первой стадии анодирования - 40 мин.

Затем основания подвергают термообработке. Их помещают в термошкаф, нагревают в течение 1-2 минут до 623 К и выдерживают при этой температуре 90 минут.

После охлаждения до комнатной температуры осуществляют заполнение пор оксида роливсаном.

Полирование поверхности проводят непосредственно после заполнения пор методом плазмохимического травления.

ВУ 6371 С1

Пример 3.

Основания из алюминия или его сплавов подвергают машинной обработке с помощью алмазного точения. Обработанные таким образом основания подвергают термообработке при 673 К в течение 60 минут, под давлением. Проводят химическую обработку.

Затем основания погружают в ванну, содержащую водный раствор из 60 г/л $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ и 6,0 г/л $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

Запускают механизм вращения держателя пластин, и устанавливается линейная скорость перемещения подложек 25 м/мин.

Устанавливается температура электролита - в пределах (285-288) К.

Анодирование осуществляется при постоянной плотности тока $\cdot 10^2 \text{ А/м}^2$ и напряжении (55-60) В. Основание анодируется 1,5 часа и в течение этого времени напряжение и температура электролита достигают значений 100 В и (290±5) К соответственно.

После анодирования осуществляют заполнение пор, погружая основания на 1,0 минуту в насыщенный водный раствор хромового ангидрида, затем его извлекают и стряхивают остатки раствора с поверхности.

После этого основание подвергают термообработке. Его помещают в печь и нагревают до 573 К, затем температуру доводят до 673 К и основание выдерживают в шкафу в течение 5 минут. Процессы заполнения пор и термообработки повторяют еще дважды.

Затем основание подвергают механическому полированию.

Пример 4.

Основания из алюминия или его сплавов подвергают машинной обработке с помощью алмазного точения. Обработанные таким образом основания подвергают термообработке при 673 К в течение 60 минут под давлением. Проводят химическую обработку.

Основания из алюминия или его сплава с 0,5 вес. % содержанием Mn и 3,5 вес. % содержанием Mg обезжиривают и промывают в проточной дистиллированной воде.

Затем основания погружают в ванну, содержащую 4 %-ный водный раствор щавелевой кислоты, и проводят анодирование в два этапа. Температура электролита поддерживается в пределах (298±5) К.

Первая стадия анодирования осуществляется при плотности тока $1,5 \cdot 10^2 \text{ А/м}^2$ и напряжении 40 В. Продолжительность первой стадии анодирования - 30 минут. Вторую стадию анодирования проводят при плотности тока $2,0 \cdot 10^2 \text{ А/м}^2$ и напряжении 60 В. Продолжительность второй стадии анодирования - 30 минут.

Затем основание проходит термообработку. Его помещают в термошкаф, нагревают в течение 1 минуты до 723 К и выдерживают при этой температуре 60 минут.

После охлаждения до комнатной температуры осуществляют заполнение пор оксида полиимидом.

Сразу же после заполнения пор осуществляется полирование поверхности.

Предложенный способ позволяет получить металлические подложки на основе алюминия или его сплавов, отличающиеся высокими электрофизическими свойствами и улучшенными механической прочностью и термостойкостью. Существенно повышается качество поверхности подложки, характеризующееся степенью шероховатости. Подложки, изготовленные по предложенной технологии, имеют шероховатость поверхности, равную (0,05-0,07) мкм и не уступают по этому параметру подложкам из поликора или ситалла. Планарность (плоскостность) поверхности подложки составляет (80-100) мкм на 100 мм длины, что укладывается в допуск на максимальное отклонение от плоскостности подложек для ГИС.

Данное изобретение без дополнительных материальных затрат может быть внедрено в промышленное производство. Его реализация не требует больших площадей, специального оборудования или дефицитных материалов. Ввиду простоты управления и контроля технологических операций процесс изготовления металлических оснований легко автоматизируется.

ВУ 6371 С1

Данный способ наиболее эффективен для изготовления изделий сложной конфигурации с повышенными значениями механической прочности и тепловыделения. Теплопроводность анодированного сплава на основе алюминия в 10 раз превышает теплопроводность обычного, используемого для печатных плат материала, например американского стекло-эпоксидного материала FR4. Вот почему тепловыделение из алюминиевого сплава за счет теплопроводности и в условиях теплообмена существенно улучшается, и эти сплавы рекомендованы для производства изделий с повышенным выделением тепла.

Обрабатываемость алюминия позволяет получать основания сложных конфигураций - круглых, с углублениями, с резьбовидными отверстиями для крышек и другие. Любой из перечисленных в примерах образцов может быть реализован на подложках упомянутых конфигураций.

Кроме того, стоимость оснований из алюминия и его сплавов в 50 раз ниже стоимости подложек из окиси бериллия и в 10 раз - из поликора.

Источники информации:

1. Патент Японии, JP, В 58-19, 156, Н 05К 3/44; 1983.
2. Патент Японии, JP, В 58-35, 376, Н 05К 3/44; 1983.