

**ОПИСАНИЕ
ИЗОБРЕТЕНИЯ
К ПАТЕНТУ**

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) **ВУ** (11) **17099**

(13) **С1**

(46) **2013.04.30**

(51) МПК

H 01L 49/02 (2006.01)

H 01L 21/64 (2006.01)

H 01L 21/84 (2006.01)

(54)

**СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МНОГОУРОВНЕВОЙ СИСТЕМЫ
МИКРОЭЛЕКТРОННЫХ МЕЖСОЕДИНЕНИЙ НА ОСНОВЕ
АЛЮМИНИЯ И ЕГО АНОДНЫХ ОКСИДОВ**

(21) Номер заявки: а 20091705

(22) 2009.12.02

(43) 2011.08.30

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

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

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

(56) ВУ 6613 С1, 2004.

ВУ 240 С1, 1994.

SU 1542337 А1, 1993.

SU 1729243 А1, 1995.

UA 11373 А1, 1996.

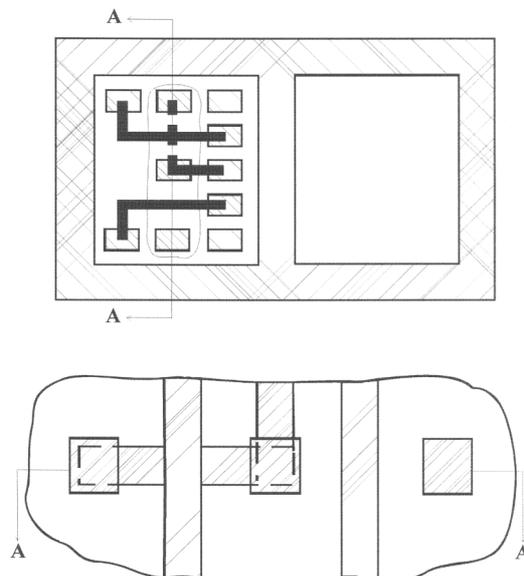
US 5880021 А, 1999.

US 6262478 В1, 2001.

US 4045302, 1977.

(57)

Способ изготовления многоуровневой системы микроэлектронных межсоединений на основе алюминия и его анодных оксидов, заключающийся в том, что для формирования первого уровня системы межсоединений на поверхность диэлектрического основания или металлического основания с диэлектрическим слоем напыляют слой алюминия, осуществляют первую фотолитографию по рисунку будущих дорожек межсоединений уровня, выращивают методом анодирования на открытых участках плотный оксид алюминия,



Фиг. 1

ВУ 17099 С1 2013.04.30

снимают фоторезист, осуществляют пористое анодирование в течение 30-50 с поверхности открытых участков алюминия при напряжении, составляющем 0,6-0,8 от напряжения последующего сквозного пористого анодирования, осуществляют вторую фотолитографию по рисунку контактных переходов в следующий уровень системы межсоединений или внешних контактных площадок, осуществляют сквозное пористое анодирование алюминия между дорожками системы межсоединений, снимают фоторезист, осуществляют ионное травление в вакуумной камере поверхности до удаления дополнительно сформированного окисла алюминия на контактных переходах в следующий уровень системы межсоединений или внешних контактных площадках, для формирования последующих уровней системы межсоединений на полученную структуру напыляют слой алюминия и повторяют указанную последовательность операций.

Данное изобретение относится к области электронной техники и, в частности, к изготовлению многоуровневой системы межсоединений при производстве гибридных интегральных микросхем и многокристальных модулей для радиоэлектронной аппаратуры практически любого назначения.

Известен способ изготовления многоуровневых систем межсоединений на основе алюминия и его анодных оксидов, включающий напыление пленки алюминия и пленки тантала, проведение первой фотолитографии по рисунку дорожек межсоединений, выращивание на поверхности этих дорожек плотного оксида тантала методом анодирования, снятие фоторезиста, проведение второй фотолитографии для защиты контактных переходов в верхний уровень системы межсоединений, травление тантала до алюминия и сквозное пористое анодирование алюминия между дорожками, снятие фоторезиста с поверхности контактных площадок с последующим напылением второй пленки алюминия [1].

Недостатком этого способа является сложность процесса, существенное увеличение его стоимости из-за введения операций напыления тантала и его травления.

Наиболее близким по технической сущности является способ изготовления многоуровневой системы межсоединений на основе алюминия и его анодных оксидов, включающий напыление на поверхность диэлектрического основания или металлического основания с диэлектрическим слоем пленки алюминия, проведение первой операции фотолитографии по рисунку дорожек межсоединений, выращивание на поверхности этих дорожек плотного оксида методом анодирования, снятие фоторезиста, проведение второй операции фотолитографии для защиты контактных переходов в верхний уровень системы межсоединений и осуществление процесса сквозного пористого анодирования алюминия между дорожками [2].

Недостатком этого способа является неудовлетворительная адгезия фоторезиста к поверхности алюминиевой пленки при проведении второй фотолитографии, что приводит к отслоению пленки фоторезиста или по всей площади, или по периметру контактных переходов с последующим уменьшением вплоть до нуля площади контактных переходов в результате роста оксида из-за продолжительного процесса анодирования.

Задачей настоящего изобретения является повышение адгезии фоторезиста при маскировании контактных переходов в процессе сквозного пористого анодирования алюминия между дорожками межсоединений при изготовлении многоуровневой системы микроэлектронных межсоединений на основе алюминия и его анодных оксидов.

Поставленная задача решается следующим способом изготовления многоуровневой системы микроэлектронных межсоединений на основе алюминия и его анодных оксидов, заключающимся в том, что для формирования первого уровня системы межсоединений на поверхность диэлектрического основания или металлического основания с диэлектрическим слоем напыляют слой алюминия, осуществляют первую фотолитографию по рисунку будущих дорожек межсоединений уровня, выращивают методом анодирования на

открытых участках плотный оксид алюминия, снимают фоторезист, осуществляют пористое анодирование в течение 30-50 с поверхности открытых участков алюминия при напряжении, составляющем 0,6-0,8 от напряжения последующего сквозного пористого анодирования, осуществляют вторую фотолитографию по рисунку контактных переходов в следующий уровень системы межсоединений или внешних контактных площадок, осуществляют сквозное пористое анодирование алюминия между дорожками системы межсоединений, снимают фоторезист, осуществляют ионное травление в вакуумной камере поверхности до удаления дополнительно сформированного окисла алюминия на контактных переходах в следующий уровень системы межсоединений или внешних контактных площадках, для формирования последующих уровней системы межсоединений на полученную структуру напыляют слой алюминия и повторяют указанную последовательность операций.

Сущность данного изобретения заключается в проведении перед второй фотолитографией дополнительной короткосрочной операции пористого анодирования поверхности открытых участков алюминия в порообразующих водных электролитах (10 % H_2SO_4 ; 5 % шавелевая кислота; 4 % H_3PO_4) в течение 30-50 с при напряжении, составляющем 0,6-0,8 от напряжения последующего сквозного пористого анодирования, с целью формирования тонкой пленки адгезионного пористого оксида алюминия (Al_2O_3) для повышения адгезии фоторезистивной маски при маскировании контактных переходов в процессе сквозного пористого анодирования алюминия между дорожками межсоединений при изготовлении многоуровневой системы микросистемных межсоединений на основе алюминия и его анодных оксидов.

Краткое описание рисунков:

фиг. 1 - фрагмент многоуровневой системы коммутационных соединений из двух модулей на подложке, вид сверху;

фиг. 2 - фрагмент поперечного сечения многоуровневой коммутационной системы, разрез по линии А-А на фиг. 1;

фиг. 3-13 - последовательность технологических операций изготовления многоуровневой системы межсоединений на основе алюминия и его анодных оксидов согласно изобретению;

фиг. 3 - пленка первого уровня алюминия (Al_1) на поверхности подложки;

фиг. 4 - первая фоторезистивная маска по рисунку дорожек межсоединений первого уровня;

фиг. 5 - защитный диэлектрический слой из плотного оксида Al_2O_3 на поверхности дорожек межсоединений первого уровня;

фиг. 6 - тонкий адгезионный слой пористого оксида Al_2O_3 на открытых участках алюминия;

фиг. 7 - вторая фоторезистивная маска по рисунку контактных переходов во второй уровень системы межсоединений, сформированная поверх дополнительно созданной адгезионной пленки из пористого оксида алюминия Al_2O_3 на фиг. 6; сквозная межэлементная изоляция первого уровня из пористого оксида алюминия Al_2O_3 ;

фиг. 8 - ионное травление поверхности образца до удаления дополнительно сформированного адгезионного окисла алюминия на контактных переходах;

фиг. 9 - пленка второго уровня алюминия (Al_2) на поверхности изолирующего слоя;

фиг. 10 - третья фоторезистивная маска по рисунку дорожек межсоединений второго уровня; межслойный диэлектрический слой из плотного оксида Al_2O_3 на поверхности дорожек межсоединений второго уровня;

фиг. 11 - тонкий адгезионный слой пористого оксида Al_2O_3 на открытых участках алюминия второго уровня;

фиг. 12 - четвертая фоторезистивная маска по рисунку контактных площадок, сформированная поверх адгезионного пористого оксида Al_2O_3 на фиг. 11; сквозная межэлементная изоляция второго уровня из пористого оксида алюминия Al_2O_3 ;

ВУ 17099 С1 2013.04.30

фиг. 13 - ионное травление поверхности образца до удаления ранее дополнительно сформированного адгезионного окисла алюминия на контактных площадках.

На фигурах приняты следующие обозначения:

- 1 - подложка;
- 2 - алюминиевая металлизация первого уровня (Al_1);
- 3 - межслойный плотный оксид алюминия Al_2O_3 над дорожками первого уровня межсоединений;
- 4 - межэлементная изоляция первого уровня из пористого оксида алюминия Al_2O_3 ;
- 5 - алюминиевая металлизация второго уровня (Al_2);
- 6 - межслойный плотный оксид алюминия Al_2O_3 над дорожками второго уровня межсоединений;
- 7 - межэлементная изоляция второго уровня из пористого оксида алюминия Al_2O_3 ;
- 8 - первая фоторезистивная маска по рисунку дорожек межсоединений первого уровня;
- 9 - тонкий адгезионный пористый оксид алюминия Al_2O_3 ;
- 10 - вторая фоторезистивная маска по рисунку контактных переходов во второй уровень системы межсоединений;
- 11 - области ионного травления адгезионного пористого оксида алюминия Al_2O_3 на контактных переходах из первого во второй уровень межсоединений;
- 12 - третья фоторезистивная маска по рисунку дорожек межсоединений второго уровня;
- 13 - тонкий адгезионный пористый оксид алюминия Al_2O_3 перед проведением четвертой фотолитографии;
- 14 - четвертая фоторезистивная маска по рисунку внешних контактных площадок;
- 15 - области ионного травления адгезионного пористого оксида алюминия Al_2O_3 на внешних контактных площадках.

Пример 1.

Для изготовления многоуровневой системы микросистемных соединений использовали ситалловую подложку размером 60×48 мм. Предварительная подготовка подложки включала химическое обезжиривание в хромовой смеси, промывку последовательно в горячей и холодной воде и сушку. Затем на поверхность подложки напыляли первый слой алюминия толщиной 1,5 мкм на установке электронно-лучевого испарения «Оратория-9». После этого наносили на подложку фоторезист и с помощью первой фотолитографии осуществляли маскирование поверхности, оставляя при этом незащищенными только места будущих дорожек межсоединений. Термическую обработку фоторезистивной маски проводили при температуре 165-170 °С. Далее на открытых участках алюминия методом электрохимического анодирования формировали плотный оксид алюминия в 1 %-ном водном растворе лимонной кислоты в потенциостатическом режиме при напряжении 170-180 В и температуре электролита 16-18 °С. Затем удаляли фоторезист, проводили промывку и сушку подложки. После этого на поверхности подложки методом анодирования осуществляли формирование тонкого пористого Al_2O_3 в 10 %-ном водном растворе серной кислоты (H_2SO_4) в потенциостатическом режиме при напряжении 6 В в течение 30 с при температуре 11-12 °С. Формирование этого тонкого пористого оксида проходило в местах, где отсутствовал полученный ранее оксид алюминия плотного типа. Проводили промывку в воде и сушку. Далее наносили на подложку фоторезист и с помощью второй фотолитографии осуществляли маскирование поверхности для защиты контактных переходов в верхний уровень системы межсоединений. Формирование фоторезистивной маски проводили поверх тонкого пористого оксида алюминия, выращенного ранее. Цель его формирования - это улучшение адгезии фоторезиста к поверхности алюминиевой пленки при проведении второй фотолитографии и исключение отслаивания фоторезистивной пленки при дальнейшем длительном процессе глубокого пористого анодирования. Далее осуществляли процесс сквозного пористого анодирования алюминия между дорожками системы межсоединений до ситалловой подложки в местах отсутствия фоторезистивной

маски и маски из плотного оксида алюминия. Пористое анодирование проводили в 10 %-ном водном электролите H_2SO_4 в потенциостатическом режиме при напряжении 10 В в течение 14-15 мин при температуре 11-12 °С. Затем снимали фоторезист, осуществляли промывку в горячей и холодной воде и сушку. Для удаления тонкого адгезионного пористого оксида алюминия на контактных переходах с целью гарантированной коммутации из уровня в уровень применяли ионное травление на установке "Оратория-50". Таким образом, был сформирован первый уровень металлизации. После этого на полученной структуре осуществляли формирование многоуровневой системы межсоединений. Для этого напыляли второй слой алюминия толщиной 1,5 мкм и последовательно проводили аналогичные технологические приемы, которые применяли при формировании первого уровня металлизации и которые описаны выше. Аналогичные технологические действия проводили при создании последующих уровней металлизации.

Пример 2.

В качестве подложки использовали алюминиевое основание из сплава АМГ-2 размером 48×60 мм, которое вырубали механическим способом из листового проката толщиной 1,5-2 мм. Предварительная обработка включала химическое обезжиривание в хромовой смеси; термоотжиг при температуре 300 °С в течение 1 ч; терморихтовку при температуре 200 °С с усилием сжатия $2 \cdot 10^5$ кг/см²; травление дефектного слоя алюминия в 10 %-ном водном растворе NaOH при температуре 35-40 °С в течение 2-3 мин; химическое полирование в растворе $H_3PO_4 : HMO_3$ (8 : 1) при температуре 80 °С в течение 1-2 мин с промежуточной промывкой последовательно в горячей и холодной воде и сушкой после каждой операции химической подготовки поверхности алюминия. Далее на алюминиевой подложке формировали диэлектрический слой из пористого Al_2O_3 толщиной 50 мкм методом электрохимического анодирования в динамическом режиме в 5 %-ном щавелевокислом электролите при температуре 16-18 °С в гальваностатическом режиме при плотности тока 50 мА/см² в течение 50-55 минут. Затем на поверхность диэлектрического слоя алюминиевой подложки напыляли алюминий толщиной 2 мкм на установке электронно-лучевого испарения "Оратория-9". Дальнейший технологический процесс и технологические приемы осуществляли аналогично и в той же последовательности, что и в примере 1, за исключением электрохимических и температурных режимов формирования пористых пленок Al_2O_3 . Пористое анодирование для формирования тонкого адгезионного пористого Al_2O_3 перед проведением второй фотолитографии осуществляли в 5 %-ном водном растворе щавелевой кислоты в потенциостатическом режиме при напряжении 40 В в течение 40 с при температуре 16-18 °С. Отличия в проведении после второго фоторезистивного маскирования электрохимического процесса сквозного локального анодирования между дорожками коммутационных элементов до диэлектрического слоя алюминиевой подложки заключались в следующем: использовали 5 %-ный водный электролит щавелевой кислоты, применяли потенциостатический режим анодирования при напряжении 55 В в течение 23-25 мин при температуре 16-18 °С. Аналогично осуществляли формирование последующих уровней металлизации.

Пример 3.

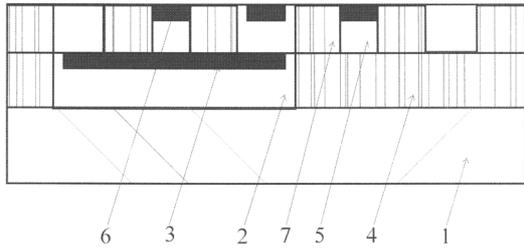
Операции предварительной подготовки поверхности ситалловой подложки осуществляли аналогично примеру 1. Технологические процессы при изготовлении первого уровня многоуровневой системы межсоединений проводили аналогично и в той же последовательности, что и в примере 1, за исключением электрохимических и температурных режимов формирования тонкого адгезионного пористого Al_2O_3 перед проведением второй фотолитографии и осуществления электрохимического процесса сквозного глубокого анодирования между дорожками коммутационных проводников до ситалловой подложки после второго фоторезистивного маскирования. Первое пористое анодирование при создании первого уровня металлизации для улучшения адгезии фоторезистивной маски перед ее нанесением проводили в 4 %-ном водном растворе ортофосфорной кислоты

ВУ 17099 С1 2013.04.30

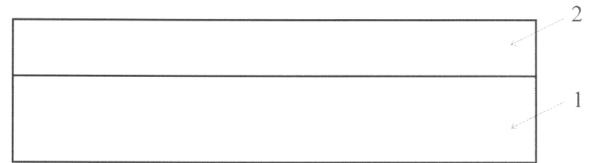
(H_3PO_4) в потенциостатическом режиме при напряжении 70 В в течение 50 с при 15-16 °С. Второе пористое анодирование для разделения металлических проводников сквозным диэлектрическим межэлементным слоем после второй фотолитографии осуществляли в 4 %-ном водном электролите H_3PO_4 в потенциостатическом режиме анодирования при напряжении 95-100 В в течение 40-45 мин при температуре 15-16 °С. Аналогично примеру 1 осуществляли формирование последующих уровней металлизации.

Источники информации:

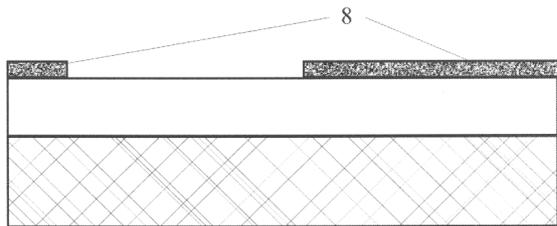
1. US 5661341 С1, 1997.
2. ВУ 6613 С1, 2004.



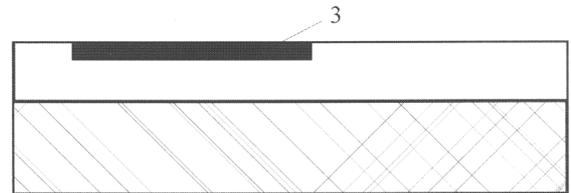
Фиг. 2



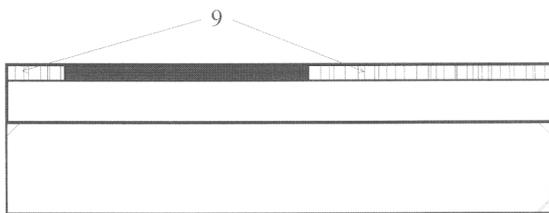
Фиг. 3



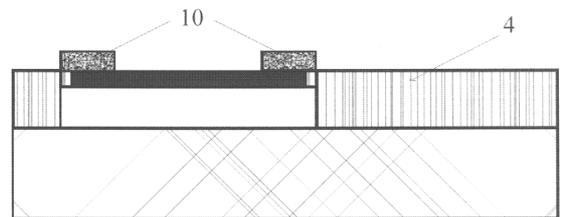
Фиг. 4



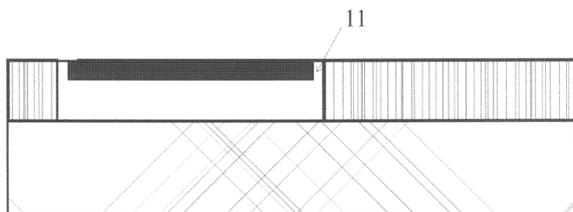
Фиг. 5



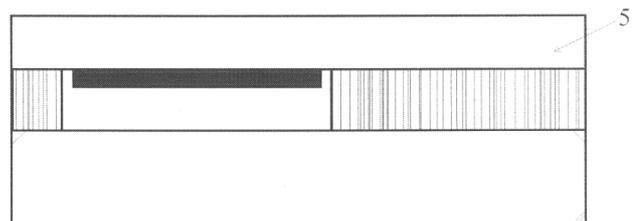
Фиг. 6



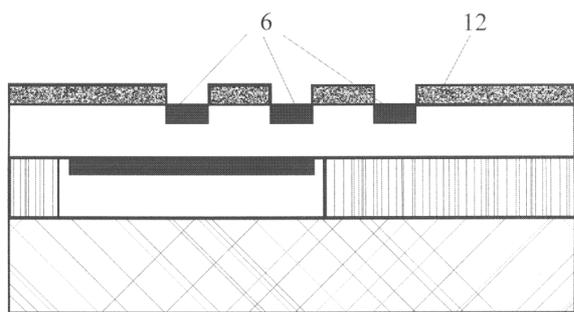
Фиг. 7



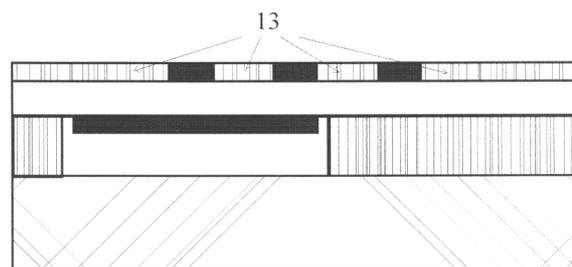
Фиг. 8



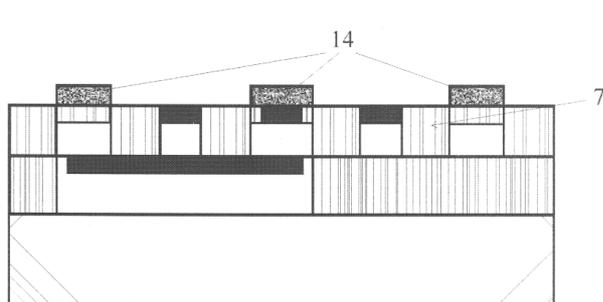
Фиг. 9



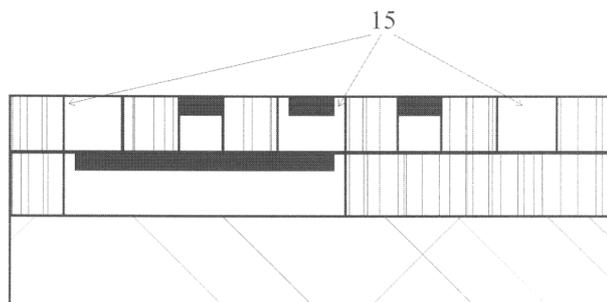
Фиг. 10



Фиг. 11



Фиг. 12



Фиг. 13