

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 19189

(13) С1

(46) 2015.06.30

(51) МПК

H 05K 3/00 (2006.01)

(54) ПЛАТА ДЛЯ МОНТАЖА ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ ПРИБОРОВ

(21) Номер заявки: а 20120955

(22) 2012.06.22

(43) 2014.02.28

(71) Заявитель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(72) Авторы: Соколов Юрий Валентинович; Поболь Игорь Леонидович; Паршутто Александр Александрович; Томило Вячеслав Анатольевич; Паршутто Александр Эрнстович; Хлебцевич Всеволод Алексеевич; Багаев Сергей Игоревич (ВУ)

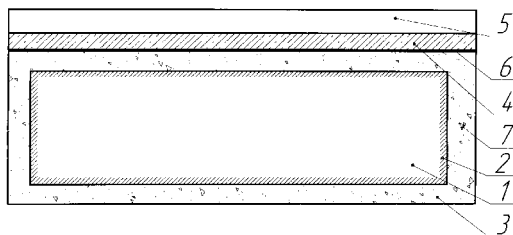
(73) Патентообладатель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(56) ЛЫСОВ В. и др. Печатный монтаж. - 2007. - № 3. - С. 22-25.
ВУ 6371 С1, 2004.
RU 5061 U1, 1997.
RU 12880 U1, 2000.
US 2002/0027127 A1.
JP 2011/052265 A.

(57)

1. Плата для монтажа электронных компонентов приборов, содержащая основание, выполненное из сплава на основе алюминия, с диэлектрическим покрытием и металлизированным токопроводящим слоем, отличающаяся тем, что диэлектрическое покрытие выполнено в виде слоя плотного оксида алюминия толщиной от 10 до 200 нм, на который нанесен слой пористого оксида алюминия толщиной от 20 до 80 нм с зарощенными в нем посредством оксидирования гранулами нитрида алюминия с размерами от 100 до 6000 нм; на одной из поверхностей основания на слой пористого оксида алюминия нанесен слой, выполненный из оксидов вольфрама, или рения, или титана, на котором расположен металлический токопроводящий микрослой толщиной от 1,0 до 1,5 мкм, на котором расположен металлический токопроводящий слой толщиной от 15 до 40 мкм, выполненный, в частности, из меди.

2. Плата по п. 2, отличающаяся тем, что отношение толщины Н слоя плотного оксида алюминия с зарощенными в нем гранулами нитрида алюминия к толщине h слоя оксида пористого алюминия удовлетворяет условию: $H/h = [0,00125 \div 0,01]$.



ВУ 19189 С1 2015.06.30

Изобретение относится к области микроэлектроники, преимущественно к производству плат для полупроводниковых приборов, и может быть использовано при изготовлении плат как по технологии поверхностного монтажа, так и для производства подложек для электронных компонентов приборов.

Известна конструкция плат для полупроводниковых приборов, включающая подложку из диэлектрического материала, преимущественно на основе текстолита или гетинакса, на которой размещен металлический токопроводящий слой на основе меди [1].

Достоинство конструкции известной платы состоит в отработанной технологии монтажа электронных компонентов в отверстия и пайки припоем бегущей волной.

Недостаток известной платы проявляется при производстве печатных плат с наличием транзисторных приборов, работающих в условиях высоких температур, для отвода которых необходимы громоздкие радиаторы. Данная технология усложняет производство малогабаритных миниатюрных радиоэлектронных изделий.

В качестве прототипа принята конструкция платы для монтажа электронных компонентов приборов, содержащая основание, выполненное из сплава на основе алюминия, с диэлектрическим покрытием и металлизированным токопроводящим слоем.

Платы применяют в изделиях, где имеют место повышенные локальные или распространенные по всей площади тепловые нагрузки. Такие явления встречаются в изделиях электронной техники: светодиодной техники, силовой электроники, источников питания, автомобильной электроники [2].

Положительный эффект от применения известных плат по сравнению с традиционными печатными платами заключается в следующем:

понижается рабочая температура тепловыделяющих электронных компонентов;

уменьшаются размеры печатной платы, повышаются механические свойства изделия, уменьшаются размеры радиаторов, отпадает необходимость установки электронных компонентов на теплопроводящую пасту или прокладку, уменьшаются размеры печатной платы, повышаются механические свойства изделия.

Материалы, используемые в платах. Медная фольга используется стандартная для производства печатных плат - медная фольга толщиной 35-356 мкм.

Наиболее распространенными материалами для металлического основания служат алюминий и медь.

Несмотря на то, что медь обладает лучшими теплопроводными свойствами, однако алюминий является самым распространенным материалом для плат.

Недостаток известной конструкции заключается в низкой химической совместимости и совместимости коэффициентов температурного расширения материалов платы, основание, выполненное из сплава на основе алюминия, с диэлектрическим покрытием и металлизированным токопроводящим слоем.

Кроме того, наблюдается коробление и расслоение платы в процессе изготовления, которое может произойти из-за различия коэффициентов температурного расширения материалов основания из сплава на основе алюминия и металлизированного токопроводящего слоя. Чем толще металлическая пластина основания, тем больше возникает технологических проблем.

В основу изобретения поставлена техническая задача повышения надежности путем улучшения химической совместимости и совместимости коэффициентов температурного расширения материалов платы. Снижение температурного градиента в кристалле полупроводникового элемента уменьшает трудозатраты производства плат.

Поставленная задача достигается тем, что в конструкции платы для монтажа электронных компонентов приборов, содержащей основание, выполненное из сплава на основе алюминия, с диэлектрическим покрытием и металлизированным токопроводящим слоем, согласно изобретению, диэлектрическое покрытие выполнено в виде плотного оксида алюминия толщиной от 10 до 200 нм, на который нанесен слой пористого оксида

алюминия толщиной от 20 до 80 нм с зарощенными в нем посредством оксидирования гранулами нитрида алюминия с размерами от 100 до 600 нм; на одной из поверхностей основания на слой пористого оксида алюминия нанесен слой, выполненный из оксидов вольфрама, или рения, или тантала, на котором расположен металлический токопроводящий макрослой толщиной от 1,0 до 1,5 мкм, на котором расположен металлический токопроводящий слой толщиной от 15 до 40 мкм, выполненный, в частности, из меди.

Предпочтительно, чтобы в конструкции платы отношение толщины H слоя плотного оксида алюминия с зарощенными в нем гранулами нитрида алюминия к толщине h слоя оксида пористого алюминия удовлетворяло бы условию: $H/h = [0,00125 \div 0,01]$.

Технический результат изобретения проявляется в высокой теплопроводности, в том числе и по сравнению с теплопроводностью меди за счет того, что нитрид алюминия обладает значительным электросопротивлением 1013-1014 Ом'см и низким тангенсом угла диэлектрических потерь (3-12)10⁻⁴.

Изобретение поясняется фигурой, на которой дан общий вид конструкции платы для полупроводниковых приборов.

Конструкция платы для монтажа электронных компонентов полупроводниковых приборов, включает металлическое основание 1, преимущественно на основе алюминиевых сплавов с покрытием из диэлектрического материала 2, 3, и металлизированный токопроводящий слой 4, 5.

Металлическое основание 1 выполнено из алюминиевых сплавов с высокой теплопроводностью, а в качестве диэлектрического материала на одной поверхности или на всей поверхности основания 1, для улучшения адгезии и диэлектрической проницаемости, размещен иницирующий нанослой 2 плотного оксида алюминия Al_2O_3 толщиной (10-200) нм, на котором размещен макрослой 3 пористого оксида алюминия Al_2O_3 толщиной (20-80) мкм. На макрослое 3 пористого оксида алюминия для улучшения химической совместимости слоев 3, 4 и токопроводящего макрослоя 5 размещен интерфейс-слой 6 на основе оксидов переходных металлов тугоплавких группы 6, выполненный преимущественно на основе оксидов вольфрама, или рения, или титана. На интерфейс-слое 6 для улучшения адгезии расположен металлический иницирующий токопроводящий микрослой 4 (1,0-15) мкм, на котором размещен металлический токопроводящий макрослой 5 (15-40) мкм, например, на основе меди.

Для придания конструкции композиционной заготовки для плат полупроводниковых приборов аномально высокой теплопроводности, в макрослое 3 оксида пористого алюминия зарощены наногранулы 7 нитрида алюминия. Наногранулы нитрида алюминия имеют фракционный состав (100 - 6000) нм.

При увеличении фракционного состава гранул 7 нитрида алюминия более 6000 нм, толщина пленки макрослоя 3 пористого оксида алюминия становится соизмерима с размером гранул 7. Увеличение фракционного состава гранул 7 нитрида алюминия более 6000 нм сопровождается тем, что большие гранулы, как показывает эксперимент, имеют низкий коэффициент зарощивания, т.е. не происходит их обволакивания матричным материалом макрослоя 3 пористого оксида алюминия в процессе формирования композита макрослоя 3 пористого оксида алюминия - гранулы 7 нитрид алюминия. Формирование композита при этом сопровождается возникновением дефектов: неравномерности поля теплопроводности композита и снижения теплопроводности в целом, локального разрушения пленки макрослоя 3 пористого оксида алюминия вследствие возникновения значительной величины внутреннего напряжения. Уменьшение фракционного состава гранул 7 нитрида алюминия менее 100 нм технологически трудоемко, а экономически нецелесообразно.

Отношение переменной толщины H плотного барьерного иницирующего нанослоя 2 оксида алюминия к переменной толщине h макрослоя 3 пористого оксида алюминия связано следующим отношением: $H/h = [0,00125 \div 0,01]$.

ВУ 19189 С1 2015.06.30

Согласно аксиоме порядка о транзитивности нескольких переменных [3], отношение H/h выводится следующим путем: переменная толщины H иницирующего барьерного нанослоя 2 плотного оксида алюминия; переменная толщины h макрослоя 3 пористого оксида алюминия $H/h = (5-20) \text{ мкм}/(20-80) \text{ мкм}$.

Отношение переменной толщины плотного иницирующего нанослоя 2 оксида алюминия к переменной толщины макрослоя 3 пористого оксида алюминия связано следующим соотношением:

$$H/h = (5/80 \div 20/80);$$

нижнее значение отношения определяет неравенство

$$(0,01/80 < 0,2/80) = (0,00125 < 0,0025);$$

верхнее значение отношения определяет неравенство

$$(0,2/20 > 0,2/80) = (0,01 > 0,0025),$$

следовательно, отношение $H/h = [0,00125 \div 0,01]$. Указанное соотношение выявлено в результате натурных исследований и графоаналитических расчетов.

В конструкции композиционной заготовки для плат полупроводниковых приборов токопроводящие микрослой 4 и макрослой 5 могут быть выполнены преимущественно на основе золота, серебра, традиционной меди или никеля в зависимости от технических условий, предъявляемых к применению электронного прибора. Для улучшения химической совместимости и совместимости коэффициентов температурного расширения материалов между иницирующим токопроводящим микрослоем 4 и макрослоем 3 пористого оксида алюминия на последнем размещен интерфейс-слой 6 на основе оксидов переходных металлов тугоплавких группы 6, выполненный преимущественно на основе оксидов вольфрама, или рения, или титана, в зависимости от технологических и экономических требований к полупроводниковому прибору.

Пример.

На алюминиевое основание 1 наносили иницирующий нанослой 2 плотного оксида алюминия и макрослой 3 пористого оксида алюминия, в котором осуществляли заращивание гранул 7 нитрида алюминия путем оксидирования алюминиевых заготовок методом ВВЭО - высоковольтное электрохимическое оксидирование в щавелевом кислом электролите плотностью тока $1,5 \text{ А/дм}^2$ и временем обработки 40-80 мин, толщина оксидной пленки составляет 40-80 мкм. Толщина плотного оксида (барьерный слой (10...200)) нм, толщина пористого слоя до 80 мкм. Наногранулы нитрида алюминия имели фракционный состав (100 - 6000) нм.

Диэлектрическая проницаемость 9,5-10 оксида алюминия Al_2O_3 .

Основные свойства вентильных металлов и их анодных оксидных пленок даны в табл. 1.

Таблица 1

Металл	$T_{\text{плав}}, \text{ }^\circ\text{C}$	Плотность, г/см^3	ϵ оксида
Алюминий	660	2,7	8,5
Тантал	3000	16,6	27,6
Ниобий	2470	8,6	41,4
Титан	1660	4,54	100

Способ ВВЭО позволяет получить пленки стабильного аморфного оксида алюминия Al_2O_3 при напряжениях свыше 500 В. Скорость роста пленки оксида при этом составила 1-1,5 мкм/мин, рабочая температура до $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Наиболее плотные пленки оксида алюминия были получены при температуре ниже $10 \text{ }^\circ\text{C}$. Повышенное напряжение формирования оксидной пленки приводит к уменьшению размера и числа пор в покрытии, что позволяет достигнуть коэффициента теплопроводности оксида до $3,4 \text{ Вт/м}^\circ\text{К}$, а общей теплопроводности известной композиционной заготовки для плат $12,0 \text{ Вт/м}^\circ\text{К}$. Шероховатость образцов алюминия сплава 5052 после химической полировки и анодирования $R_a = 0,433 \text{ мкм}$, микротвердость 6,5-7,5 ГПа.

BY 19189 C1 2015.06.30

На композите макрослой 3 пористого оксида алюминия Al_2O_3 - гранулы 7 нитрида алюминия расположен интерфейс-слой 6 (0,5-15) мкм, выполненный, например, на основе оксидов вольфрама, на котором размещен металлический иницирующий токопроводящий микрослой 4 (1,0-15) мкм, выполненный, например, способом вакуумного магнетронного напыления, на котором размещен металлический токопроводящий макрослой 5 (15-40) мкм, например, на основе меди.

Применение для создания композиционных материалов наногранул нитрида алюминия весьма перспективно. Он отличается аномально высокой теплопроводностью. Монокристаллический AlN имеет теплопроводность около 350 Вт/(м К), что превосходит теплопроводность меди. Наряду с этим нитрид алюминия обладает значительным электросопротивлением 10¹³-10¹⁴ Ом·см, низким тангенсом угла диэлектрических потерь (3-12)10⁻⁴. Прочность на изгиб керамики на основе нитрида алюминия находится на уровне 300 МПа. Нитрид алюминия обладает коррозионной стойкостью к воздействию воздуха, расплавов металлов. Нитрид алюминия медленно гидролизуется в воде, химически медленно разлагается в кислотах. Такой комплекс свойств позволяет использовать нитрид алюминия в качестве композиционного покрытия. Для увеличения электрофизических свойств оксид алюминия модифицируют путем создания композитного покрытия с нитридом алюминия.

В качестве исходного материала использовался порошок на основе наногранул нитрида алюминия, полученного термическим методом. Размер гранул порошка от 100 нм до 6000 нм. В качестве электролита процесса оксидирования алюминиевой заготовки применялся 4 %-ный раствор щавелевой кислоты.

Для получения композитного покрытия применялся процесс высоковольтного электрохимического оксидирования алюминия.

В процессе зарастивания путем добавления в раствор гранул нитрида алюминия, для предотвращения пробоев, вследствие нарушения структуры пленки, температура электролита поддерживалась 10 ± 1 °С. Для усреднения концентрации и создания взвеси гранул нитрида алюминия в электролите производилось интенсивное перемешивание. Изменение теплопроводности композиционной заготовки для плат от содержания в композите нитрида алюминия дано в табл. 2.

Таблица 2

AlN (100-6000 нм)				
%	5	10	15	20
К, Вт/м·К	17	32	48	73

При увеличении фракционного состава гранул нитрида алюминия более 6000 нм толщина пленки матричного макрослоя оксида алюминия становится соизмерима с гранулами. Большие гранулы не обволакиваются в процессе их зарастивания и формирования пористого слоя оксида алюминия. Процесс сопровождается возникновением дефектов, неравномерностью покрытия, локального разрушения пленки оксида алюминия вследствие возникновения значительной величины внутреннего напряжения. Уменьшение фракционного состава нитрида алюминия менее 100 нм технологически трудоемко, а экономически нецелесообразно.

Новый конструктив композиционной заготовки для плат полупроводниковых приборов позволяет широко применять в качестве подложки для компонентов силовых электронных приборов или в производстве электронных приборов технологию изготовления поверхностного монтажа электронных компонентов на печатных платах, а также связанные с данной технологией способы конструирования печатных узлов.

Изобретение решает задачу расширения технологических возможностей применения изобретения в технике, требующей значительных электрических и тепловых нагрузок при минимизации габаритов электронных приборов и плат путем придания плате аномально

ВУ 19189 С1 2015.06.30

высокой теплопроводности по сравнению с теплопроводностью меди, за счет того, что нитрид алюминия обладает значительным электросопротивлением 10^{13} - 10^{14} Ом·см и низким тангенсом угла диэлектрических потерь $(3-12) \cdot 10^{-4}$.

Последнее позволяет исключить наличие громоздких радиаторов при монтаже силовых полупроводниковых приборов и, следовательно, уменьшить габариты самих электронных конструкций, упростить монтаж и вес аппаратуры.

В сравнении с традиционными, композиционная заготовка для плат полупроводниковых приборов новой конструкции при печати для поверхностного монтажа имеет повышенную плотность размещения электронных элементов, обладает меньшими расстояниями между проводниковыми элементами и контактными площадками.

Композиционная заготовка для плат полупроводниковых приборов новой конструкции обеспечивает снижение массы и размеров печатных узлов за счет увеличения плотности компоновки и трассировки, уменьшения размеров самой элементной базы и уменьшения шага выводов. Плотность компоновки и выводов в данной технологии позволяет улучшить электрические характеристики: за счет более плотной компоновки значительно улучшается качество передачи слабых и высокочастотных сигналов, снижается паразитная емкость и индуктивность.

Промышленное освоение объекта подготовлено в условиях НАН Беларуси и БНТУ.

Источники информации:

1. Политехнический словарь. - М., 1976. - С. 363.
2. Лысов В.И и др. Печатный монтаж. - 2007. - № 3. - С. 22-25 (прототип).
3. Бронштейн И.Н. Справочник по математике. - М.: Наука, 1981. - С. 253.