

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА СБОРКИ ДИОДОВ ШОТТКИ В МИКРОКОРПУСЕ С ЛОКАЛЬНЫМ СЕРЕБРЕНИЕМ

К. т. н. В. А. Солодуха, А. К. Панфиленко, к. т. н. Я. А. Соловьёв, А. Ф. Керенцев

ОАО «ИНТЕГРАЛ» — управляющая компания холдинга «ИНТЕГРАЛ»
Республика Беларусь, г. Минск
AKerentsev@integral.by

Для обеспечения высокой эксплуатационной надежности полупроводниковых приборов в условиях длительного энергоциклирования монтаж кристаллов необходимо выполнять методом контактно-реактивной пайки с образованием твердофазной эвтектики. Представлены экспериментальные результаты изготовления диодов Шоттки с требуемыми параметрами неидеальности ВАХ за счет оптимизации качества монтажа кристаллов с образованием трехфазной эвтектики Au–Si–Ag.

Ключевые слова: диод Шоттки, эвтектика, микрокорпус, плакированное серебро, гальваническое серебро

Применение лент с локальным серебрением для выводных рамок значительно упростило процесс сборки диодов Шоттки и позволило автоматизировать его полностью. Однако на стадии монтажа кристаллов способность плакированного и гальванического покрытия к образованию многофазной эвтектики оказывается совершенно разной. В процессе сборки крайне важно не ухудшить электрофизические параметры барьера Шоттки, а также линейность прямой ветви вольт-амперной характеристики (ВАХ) при малых токах (1 мА). Для этого монтаж кристаллов необходимо проводить при минимально возможной температуре, т. к. коэффициент неидеальности n_F прямой ветви ВАХ, характеризующий степень роста прямого тока выпрямляющего контакта при увеличении напряжения, является следствием изменения высоты барьера «металл — полупроводник» [1]. Однако с уменьшением размеров кристалла до 0,4×0,4 мм обеспечить требуемые параметры качества пайки при низкой температуре (прочность на воздействие сдвигающей нагрузки должна быть не менее 2Н, а остаточный кремний в зоне монтажа кристалла должен занимать не менее 50% площади кристалла) становится весьма затруднительным. Поэтому необходим комплексный подход к процессу формирования системы металлизации на непланарной поверхности кремниевой пластины (механическая обработка поверхности, плазмохимическая обработка и химическое травление поверхностного слоя кремния).

Целью настоящей работы является повышение качества автоматизированного монтажа кристаллов в микрокорпусе с локальным плакированным серебрением за счет формирования низкотемпературной эвтектики Au–Si–Ag, устойчивой к внешним механическим воздействиям.

Автоматизированный монтаж кристаллов с металлизацией V–Au по стандартной технологии показал, что при температурах порядка 430°C на качество эвтектической пайки оказывает влияние состояние поверхностного слоя серебра. Так, в случае пайки на гальваническое серебро происходит эффективное образование эвтектики с образованием жидкой фазы, вытекающей за периметр кристалла (рис. 1, а). Гальваническое серебро, благодаря малым внутренним напряжениям и неискаженной кристаллической структуре, активно участвует в реакциях образования трехфазного соединения Au–Si–Ag. При воздействии нагрузки на сдвиг происходит разрушение кристалла при допустимой нагрузке, а остаточный кремний занимает 100% площади кристалла. В тоже время, при использовании выводной рамки с локальным плакированным слоем серебра образование эвтектики при тех же условиях практически не происходит. В этом случае образуется только частичное соединение в отдельных участках по периметру кристалла — там, где присутствует крошка кремния, которая в условиях вибрации взаимодействует с золотом и активирует поверхностный слой серебра, создавая локальные участки эвтектики (рис. 1, б, в).

Плакированная полоса серебра, полученная на ленточном носителе в результате механического обжатия валками прокатного стана, оказывается с напряженно-деформированным поверхностным

слоем и искаженной кристаллической структурой, что существенно снижает его активность и ухудшает воспроизводимость качества монтажа кристаллов при температурах менее 450°C. С ростом температуры выше 450°C качество монтажа кристаллов повышается за счет увеличения количества атомов кремния, диффундирующих в слой золота на непланарной поверхности кристалла с образованием промежуточной бинарной фазы Au–Si. Однако при этом отмечается снижение выхода годных и ухудшение воспроизводимости контролируемых электрических параметров.

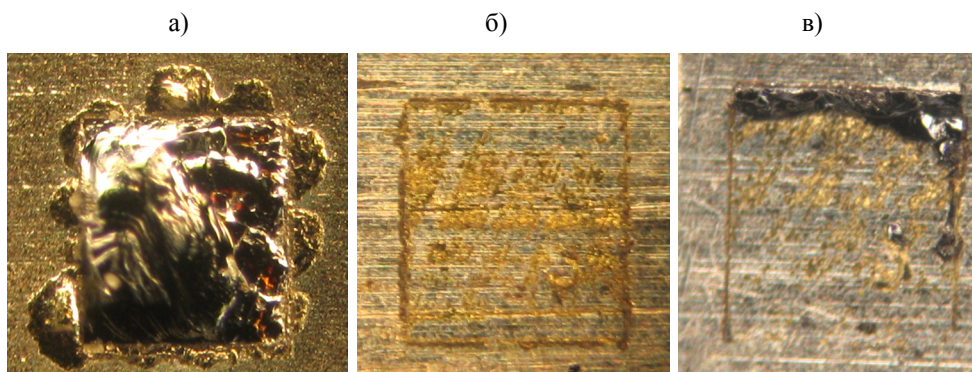


Рис. 1. Состояние эвтектики под кристаллом после воздействия разрушающей нагрузки:
а — гальваническое серебро; б, в — плакированное серебро

В результате проведенных исследований было установлено, что для монтажа кристаллов в микрокорпусе с локальным плакированным серебрением при температурах не более 430°C необходима дополнительная активация, которая достигается оптимальной обработкой непланарной поверхности и формированием металлизации V–Au в две стадии: на первой стадии при температуре до 340°C с образованием бинарной системы Au–Si и на второй стадии при температуре 150°C [2]. Установлено, что снижение шероховатости непланарной поверхности с 0,502 до 0,223 мкм и последующее двухстадийное формирование системы V–Au способствуют повышению механической прочности эвтектического соединения более 2Н и росту площади остаточного кремния с 40 до 90% площади кристалла после воздействия сдвигающей нагрузки.

Таким образом, повышение качества сборки в микрокорпусе с локальным плакированным серебрением при температурах не более 430°C и обеспечение требуемых параметров неидеальности ВАХ диода Шоттки достигается механическим утонением обратной стороны с шероховатостью не более 0,22 мкм, напылением системы V–Au оптимальной толщины в двухстадийном процессе с насыщением первого слоя золота кремнием и образованием бинарной системы Au–Si, которая, взаимодействуя с серебром в процессе монтажа кристаллов, образует низкотемпературную трехфазную эвтектику Au–Si–Ag с повышенной устойчивостью к внешним механическим воздействиям.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Рубцевич И. И., Соловьев Я. А., Дудкин А. И., Керенцев А. Ф. Влияние технологии сборки на идеальность ВАХ диодов Шоттки // Труды XII Междунар. науч.-практич. конференции «СИЭТ-2011». — Украина, г. Одесса. — 2011. — С. 258.

2. Патент №18283, Республика Беларусь. Способ формирования металлизации обратной стороны кристалла полупроводникового прибора / Турцевич А. С., Керенцев А. Ф., Соловьев Я. А., Дудкин А. И., Подковщиков Н. Н. — Опубл. 2014.06.30.

V. A. Saladukha, A. K. Panfilenko, J. A. Solovjov, A. F. Kerentsev

Quality enhancement of Schottky diode assembly in a micropackage with local Ag plating

To secure high operational reliability of semiconductor devices in the conditions of a long-term on-off cycling, it is necessary to mount the chips by method of contact-reactive soldering with formation of eutectic hard phases. The paper presents experimental results of manufacturing Schottky diodes with the required parameters for I–V characteristics non-ideality at the expense of optimization of chip mount quality with formation of a three-phase Au–Si–Ag eutectic.

Key words: Schottky diode, eutectic, micropackage, electrolytic silvering, silver clad.