

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ИНДИЕВЫХ ШАРИКОВЫХ ВЫВОДОВ ДЛЯ СОЕДИНЕНИЯ МЕТОДОМ FLIP-CHIP

А. Е. Жамойть, А. Н. Фундаренко, Я. А. Соловьёв

ОАО «ИНТЕГРАЛ» - управляющая компания холдинга «ИНТЕГРАЛ» Минск, Беларусь
e-mail: AZhamoit@integral.by

Данная работа посвящена установлению влияния процесса оплавления индиевых шариковых выводов. Шариковые выводы формируются методом взрывной фотолитографии электронно-лучевым испарением индия. Оплавление проводилось в диапазоне температур 165–200 °С. Показано, что шариковый вывод приобретает требуемую сферическую форму при температуре оплавления 185 °С. Полученные результаты могут быть использованы для формирования межконтактных соединений в процессе изготовления инфракрасных приемников с квантовыми ямами.

Ключевые слова: температурная обработка; пиксельный детектор; шариковый вывод; квантовые ямы; инфракрасный фотодетектор; взрывная фотолитография.

FEATURES OF THE FORMATION OF INDIUM BUMPS FOR CONNECTION BY FLIP-CHIP METHOD

A. E. Zhamoit, A. N. Fundarenko, J. A. Solovjov

JSC “INTEGRAL” – “INTEGRAL” holding managing company
Corresponding author: A.E. Zhamoit (AZhamoit@integral.by)

This work is devoted to establishing the influence of the melting process of indium ball terminals. Ball terminals are formed by the method of explosive photolithography by electron beam evaporation of indium. The reflow was carried out in the temperature range of 165–200 °C. It has been shown that the ball pin acquires the required spherical shape at a melting temperature of 185 °C. The results obtained can be used to form contactless connections in the process of manufacturing infrared receivers with quantum wells.

Key words: temperature processing; pixel detector; bump; quantum wells; infrared photodetector; explosive photolithography.

ВВЕДЕНИЕ

Широкоформатные QWIP (quantum well infrared photodetectors) фотоприемные матрицы используются в качестве фоточувствительных элементов в тепловизионных системах нового поколения. Необходимость интеграции детекторов такого типа со считывающим устройством требует использования высокоплотного соединения, например метод flip-chip. Для его реализации на контактных площадках необходимо формировать шариковые выводы, которые должны быть выполнены из материала, температура плавления которого исключает возможность повреждения как матрицы, так и считывающего устройства. В качестве такого материала возможно применять индий. Использование индия обусловлено его хорошей пластичностью в широком диапазоне температур. Температура плавления индия составляет 156,6 °С, что полностью удовлетворяет температурным требованиям. Кроме того, устройства на осно-

ве соединения методом flip-chip с использованием индия могут работать при отрицательных температурах и имеют высокую степень надежности [1].

Перед проведением соединения методом flip-chip, необходимо сформировать шариковый вывод путем оплавления. Для исключения его растекания под воздействием температуры, на поверхности пиксельных выводов предварительно формируют ограничивающий слой, на котором должен формироваться индий. Критерием оценки качества проведения оплавления является получение индиевого вывода сферической формы [2].

Настоящая работа посвящена определению условий оплавления индиевых шариковых выводов с целью получения сферической формы путем нанесения слоя индия на контактную площадку и последующего оплавления.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

На рис. 1 показана структура индиевого шарикового вывода до проведения процесса оплавления.

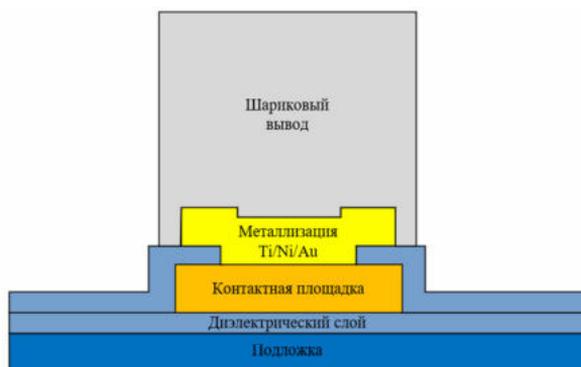


Рис. 1. Структура формируемых индиевых шариковых выводов

На подложках формировался массив данных структур, которые после оплавления соединяются методом flip-chip. Шариковые выводы формировались на подложках, на которые после проведения химической очистки наносился диэлектрический слой, состоящий из плазмохимического (ПХ) Si_3N_4 . Слой ПХ Si_3N_4 используется как изоляционный слой между подложкой и контактными площадками с шариковыми выводами. Контактные площадки из Al, наносились магнетронным распылением.

Металлизация Ti/Ni/Au наносилась методом электронно-лучевого испарения с предварительной ионной очисткой [3]. Микрорисунок формировали методом взрывной фотолитографии. Слой Ti выполняет адгезионную функцию. Слой Ni используется в качестве барьерного слоя для Au, который наносится для исключения образования оксидной пленки.

Формировали шариковый вывод путем нанесения индия и последующей взрывной фотолитографией. Толщина индия составляла 5 мкм.

Оплавление индиевых шариковых выводов проводилось на малогабаритной вакуумной печи RSS-160-S [4].

Процесс оплавления включал в себя следующие этапы:

- заполнение и продув рабочей камеры азотом в течении 30 с.;
- нагрев подложек до температуры 185 °С и обдув парами муравьиной кислоты;
- выдержка в парах муравьиной кислоты в течении 5 мин.;

- продувка рабочей камеры азотом в течение 30 с.;
- выдержка с различной температурой от 165 °С до 200 °С в течение 10 мин. при уровне вакуума 10^{-2} мбар;
- охлаждение и выгрузка образцов.

Для оценки качества оплавления шарикового вывода рассчитывался коэффициент D , численно равный соотношению диаметра по контактной площадке к максимальному диаметру. Получение коэффициента D меньше 1 свидетельствует о получении сферической формы и оплавлению индия на ограничивающем слое. Внешний вид шариковых выводов после оплавления оценивался на растровом электронном микроскопе.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На рис. 2, *а*, *б* и *в*, показан внешний вид индиевых шариковых выводов после оплавления при различных температурах.

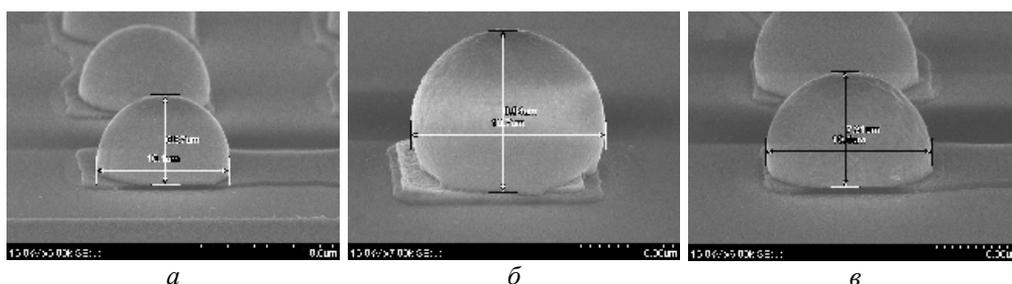


Рис. 2. Внешний вид индиевого шарикового вывода при следующих значениях температуры оплавления: *а* – 165 °С; *б* – 185 °С; *в* – 200 °С

Из рисунка 2, *а* видно, что при температуре 165 °С наблюдается недостаточное оплавление шарикового вывода. Коэффициент D равен 1,09. Температура оплавления 165 °С не приводит к изменению вязкости объёмного вывода до состояния, при котором будет происходить смачивания поверхности контактной площадки.

На рисунке 2, *б* показан внешний вид шарикового вывода, оплавленного при температуре 185 °С. Более выражено наблюдается сферическая форма, что свидетельствует об оплавлении шарикового вывода на контактной площадке. Коэффициент D равен 0,93. С увеличением температуры оплавления до 185 °С вязкость индия уменьшается до величины, которой недостаточно для сопротивления силам поверхностного натяжения. Происходит оплавление шарикового вывода на ограничивающем слое со значительным увеличением высоты индия по сравнению с результатами оплавления при температуре 165 °С с 6,87 мкм до 8,84 мкм.

С ростом температуры до 200 °С (рис. 2, *в*) наблюдается значительное уменьшение высоты с 8,84 мкм до 7,31 мкм. Коэффициент D увеличивается до 1,02. Это связано с дальнейшим уменьшением вязкости индия до значения, при котором происходит его частичное растекание [5].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование режима с температурой оплавления 185 °С и длительностью выдержки 10 мин при уровне вакуума 10^{-2} мбар приводит к достижению сферической формы и оплавлению шарикового вывода на ограничивающем слое.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Fröjdh, A. Fabrication of indium bumps: Development of the process / A. Fröjdh // Mid Sweden University, Department of Information Technology and Media (ITM). – 2010. – 250 p.
2. Development of an Indium bump bond process for silicon pixel detectors at PSI / С.в Broennimann [et al.] // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A. – 2006. – P.303–308.
3. Получение электрического контакта к слою алюминия металлизацией формируемой методом взрывной фотолитографии / А. Е. Жамойть [и др.] // Приборостроение – 2023 : материалы 16-й Междунар. Научно-технической конференции, Минск, 15 – 17 ноября 2023 г. / редкол.: О. К. Гусев (председатель) [и др.]. – БНТУ, 2023. – С. 224–225.
4. Видрицкий, А.Э. Сборка фотоприемных устройств методом flip-chip / А.Э. Видрицкий, В.Л. Ланин // Журн. техн. в эл. промышленности. – 2022. – Т.3, №135. – С. 66–68.
5. Кинематическая вязкость жидких высокоэнтропийных сплавов Cu–Sn–In–Bi–Pb / О.А. Чикова [и др.] // Известия вузов. Цветная металлургия. – 2015. – Спецвыпуск. – С. 57–60.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УРОВНЯ ЛЕГИРОВАНИЯ ПЛАВАЮЩЕГО ЗАТВОРА НА ВЕЛИЧИНУ ПАРАЗИТНОГО ТУННЕЛЬНОГО ТОКА В ЭЛЕМЕНТАХ ФЛЕШ-ПАМЯТИ

О. Г. Жевняк

*Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030 Минск, Беларусь
e-mail: zhevnyakog@mail.ru*

В настоящей работе с помощью численного моделирования методом Монте-Карло электронного переноса в короткоканальных МОП-транзисторах с плавающим затвором, лежащих в основе работы современных элементов флеш-памяти, рассчитаны зависимости относительной величины паразитного туннельного тока от координаты вдоль проводящего канала транзистора. Рассмотрено влияние на них уровня легирования плавающего затвора и показано, что эти зависимости имеют слабо выраженный U-образный вид.

Ключевые слова: флеш-память; туннельный ток; МОП-транзистор; метод Монте-Карло.

SIMULATION OF DOPING OF FLOATING GATE ON A VALUE OF PARASITIC TUNNEL CURRENT IN FLASH MEMORY CELLS

O. G. Zhevnyak

*Belarusian State University, Nezavisimosti av. 4, 220030 Minsk, Belarus
Corresponding author: O. G. Zhevnyak (zhevnyakog@mail.ru)*

In present work the dependencies of relative value of parasitic tunnel current in short channel MOSFETs with floating gate are calculated by using Monte Carlo simulation. This