

УДК 621.382.049.77

## МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ КОНТАКТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ МЕТОДОМ FLIP-CHIP В ПРОЦЕССЕ СБОРКИ ФОТОПРИЕМНЫХ УСТРОЙСТВ

Видрицкий А.Э.<sup>1</sup>, Жамойть А.Е.<sup>1</sup>, Ланин В.Л.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ОАО «ИНТЕГРАЛ» – управляющая компания холдинга «ИНТЕГРАЛ»

<sup>2</sup>Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
Минск, Республика Беларусь

**Аннотация.** Разработан метод формирования контактных соединений между фотоприемной матрицей (ФПМ) и кремниевым мультиплексором (КМ) с использованием технологии перевернутого кристалла (*Flip-Chip*). В этом методе каждый фоточувствительный *p-n* переход ФПМ соединяется с соответствующей входной ячейкой КМ с помощью столбиков связи – бампов.

**Ключевые слова:** QWIP-датчик, фотоприемное устройство, диффузионная пайка, *Flip-Chip*, оплавление.

## THE TECHNIQUE OF FORMING CONTACT CONNECTIONS BY THE FLIP-CHIP METHOD DURING THE ASSEMBLY OF PHOTODETECTORS

Vidritsky A.E.<sup>1</sup>, Zhamoit A.E.<sup>1</sup>, Lanin V.L.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>INTEGRAL JSC – Managing Company of INTEGRAL Holding

<sup>2</sup>Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics  
Minsk, Republic of Belarus

**Abstract.** A method has been developed for forming contact connections between a photodetector matrix (PDF) and a silicon multiplexer (SM) using flip-chip technology. In this method, each photosensitive pn junction of the FILM is connected to the corresponding input call of the CM using communication columns – bumps.

**Key words:** QWIP sensor, photodetector, diffusion soldering, Flip-Chip, reflow.

Адрес для переписки: Видрицкий А. Э., ул. Корженевского, 16, г. Минск, 220108, Республика Беларусь  
e-mail: AVidritskiy@integral.by

Современная электроника активно развивается в направлении высокой скорости работы, большей плотности упаковки элементов, оптимизации размеров устройств и повышения их функциональности. 3D-интеграция позволяет производителям электроники увеличить функциональность каждого компонента, что соответствует современным тенденциям в развитии технологий. Это достигается за счет вертикальной интеграции электронных компонентов, что увеличивает плотность монтажа и позволяет более эффективно использовать площадь изделия. Применение этой технологии особенно актуально в производстве микропроцессоров и компонентов памяти, где высокая плотность монтажа и эффективное использование площади являются ключевыми факторами для повышения производительности и снижения энергопотребления.

Наиболее подходящая технология монтажа кристаллов соответствует следующим основным требованиям: малые размеры кристаллов, малый шаг выводов, высокая стойкость воздействию температурных, электрических и механических факторов [1].

Данные требования могут быть выполнены с помощью диффузионной пайки с переходным жидким этапом.

Современные инфракрасные фотоприемные устройства (ИК ФПУ) включают в себя кремниевый мультиплексор (КМ) и фотоприемную матрицу (ФПМ). Сборка осуществляется методом перевернутого кристалла (*Flip-Chip*), когда каждый

фоточувствительный *p-n*-переход ФПМ соединяется со своей входной ячейкой КМ через столбики связи – бампы. В качестве материала столбиков связи чаще всего применяют различные припои, а также индий благодаря его хорошей адгезии к контактными площадкам КМ и ФПМ и пластичности.

Процесс естественного окисления индия на поверхности бампов приводит к образованию оксидной пленки. При сжатии бампов во время сборки, когда происходит их совместная деформация, необходимо убедиться, что пленка разрушена. Бампы, сформированные с помощью фотолитографии, имеют большую площадь плоской контактной поверхности. Для начала их деформации требуется большое усилие [2]. Оксидная пленка должна разрушаться при деформации бампов и обеспечивать контакт чистого индия. Если пленки слишком толстые, их жесткость может мешать деформации бампа и соединению индия. Одно из решений этой проблемы – оплавление бампов, при котором удаляется оксидная пленка. После оплавления бампы приобретают сферическую форму, что облегчает их дальнейшую деформацию при монтаже и разрушение оксидной пленки [3].

Процесс соединения кристаллов был протестирован на монтажной станции *Fineplacer Sigma*. Максимальная сила прижатия кристалла на этой станции составляет 40 Н. Помимо совмещения и сжатия, монтажная станция *Fineplacer Sigma* также имеет встроенную функцию нагрева соединяемых кристаллов до 400 °С во время монтажа.

Первая попытка соединения кристаллов была проведена в следующих режимах:

- усилие сжатия: 40 Н;
- время приложения усилия: 3 мин;
- нагрев: 200 °С.

Температура пайки подбиралась с учетом температуры плавления индия (156,6 °С). Затем были собраны и проверены три образца. Проверка показала отсутствие электрического контакта.

Причиной отсутствия электрического контакта является слой оксида на бампах. Изучение разделенных кристаллов показало, что во время соединения все бампы ФПМ подверглись деформации. Образцы прошли испытание на разрыв. Прочность на разрыв, измеренная в направлении, перпендикулярном поверхности кристалла, составила 10 Н.

При осмотре разъединенных кристаллов было обнаружено, что сплавление бампов произошло не по всей площади. В некоторых местах пайка прошла качественно, в других произошла только деформация бампов (рисунок 1).

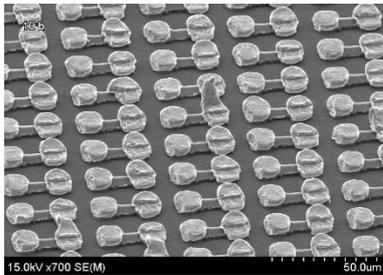


Рисунок 1 – Внешний вид формы столбиков связи после их разрыва

Оплавление бампов до полусферической формы и удаление оксидной пленки с их поверхности выполнено в малогабаритной вакуумной оплавительной печи RSS-160-S при подаче паров муравьиной кислоты при температуре 165 °С. На рисунке 2 показан внешний вид формы столбиков связи после обработки.

Бампы ФПМ обладают ровным профилем, их плавление не является необходимым. Тем не менее, чтобы уменьшить толщину оксидного слоя, кристаллы ФПП подвергнуты обработке в атмосфере муравьиной кислоты при температуре 135 °С в течение 10 минут.

Далее было проведено несколько экспериментов для определения оптимальных параметров и методики их соединения.

Наиболее подходящими параметрами являются следующие:

- сила сжатия: 40 Н;
- скорость увеличения нагрузки: 3 Ньютона в секунду;
- увеличение температуры кристаллов до 200 °С со скоростью 20 °С/с;
- время приложения усилия: 6 мин.

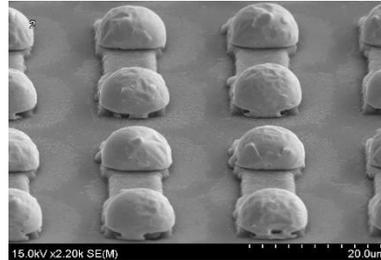


Рисунок 2 – Внешний вид формы столбиков связи после обработки

На рисунке 3 показан внешний вид столбиков связи после разрыва, среднее усилие на разрыв составляет 30 Н.

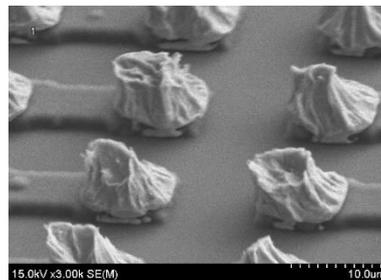


Рисунок 3 – Внешний вид столбиков связи после сплавления и разрыва

В результате замера электрических характеристик установлено, что сопротивление контактов находится в диапазоне 0,9–3 Ом.

#### Литература

1. Борисова, Ю. Особенности сборки изделий электроники по технологии 3D интеграции / Ю. Борисова // Технологии в электронной промышленности. 2016. – № 2. – С. 90–92.
2. Оплавленные индиевые столбы в технологии сборки ИК ФПУ / А. Р. Новоселов [и др.] // Прикладная физика. – 2010. – № 5. – С. 77–80.
3. Ли Н.Ч. Технология пайки оплавлением, поиск и устранение дефектов: поверхностный монтаж, BGA, CSP и Flip-Chip технологии / Н.Ч. Ли. – М. : Издательский дом «Технологии», 2006. – С. 270.