



Целевая металлографическая подготовка к исследованиям электронных и микроэлектронных компонентов

Для упрощения подготовки образцов без риска их потери, а также для достижения воспроизводимости результатов разработан комплекс для автоматического шлифования и полирования — TargetSystem.

Иван Анчевский

ivan.anchevsky@struers.ru

Описание эксперимента

Автоматически подготовить 20-микронное золотое проволочное соединение в ИС, найденное с помощью микрофокусной рентгеновской трубки.

Расстояние между краем образца и объектом было измерено. Уровень снятия материала при индивидуальных шагах шлифования и полирования был подсчитан. Была учтена глубина механической деформации. В течение шага шлифования уровень снятия материала был замерен. Особенно важен выбор полировальных суков, суспензий и нагрузок, используемых при полировании. Данные параметры имеют решающее значение в получении образца с хорошим удержанием края и высокой плоскостностью. Эти шаги подготовки до сих пор осуществлялись вручную с помощью специально обученного персонала.

Комплекс TargetSystem использует эти шаги подготовки в автоматическом режиме и с высоким уровнем воспроизводимости.

Описание комплекса

TargetSystem — это модульная система, состоящая из следующих компонентов:

- TargetMaster — полировальный станок (рис. 1);
- TargetDoser — автоматический дозирующий блок (рис. 2);
- TargetGrip — держатель образца (рис. 3);
- TargetZ — установочная станция для видимых объектов (рис. 4);
- TargetX — установочная станция для скрытых объектов с использованием рентгеновской камеры (рис. 5).

TargetMaster представляет собой автоматический полировальный станок. Встроенная измерительная лазерная система замеряет уровень снятия материала в процессе полирования и гарантирует точность ± 5 мкм. Имеется и вторая электронная измерительная система, непрерывно контролирующая процесс шлифования.

TargetDoser подключается к TargetMaster. Автоматический дозирующий блок работает с 7 жидко-



Рис. 2

стями, такими, как суспензии и лубриканты. Он имеет 10 стандартных методов подготовки и может хранить пользовательские методы.

TargetGrip — это держатель образца с возможностью поворота до 5° . Образцы приклеиваются на пластиковую вставку, которая помещается в TargetGrip. Для нахождения видимого объекта TargetGrip уста-



Рис. 3



Рис. 1



Рис. 4

наводится в TargetZ. Для нахождения скрытого объекта — в TargetX.

TargetZ используется для установки и измерения расстояния до видимой цели с увеличением до 680 крат.

TargetX используется для установки и измерения расстояния до невидимых целей и состоит из установочной станции и консоли. Консоль позволяет удаленно контролировать процесс измерения в рентгеновской камере.



Рис. 5

TargetMaster позволяет использовать три режима подготовки, которые могут быть комбинированы друг с другом (рис. 6):

1. Целевой режим. Полирование образца до выхода на объект.
2. Режим удаления материала. Вручную устанавливается количество материала, которое необходимо удалить. Например, в том случае, если необходимо подготовить ряд микропереходов на печатной плате.
3. Временной режим. Полирование образца в течение заданного времени.

Разработка методов подготовки

Для металлографической подготовки электронные компоненты можно разделить на две группы:

Группа 1: компоненты с керамикой из оксида алюминия (например, SMD-резисторы, печатные платы без элементов).

Группа 2: хрупкие компоненты, подверженные артефактам (конденсаторы, стеклянные диоды, кремний и т. п.).

Для подготовки важны следующие параметры:

- заливочная смола;
- шлифовальные или полировальные диски и сукна;

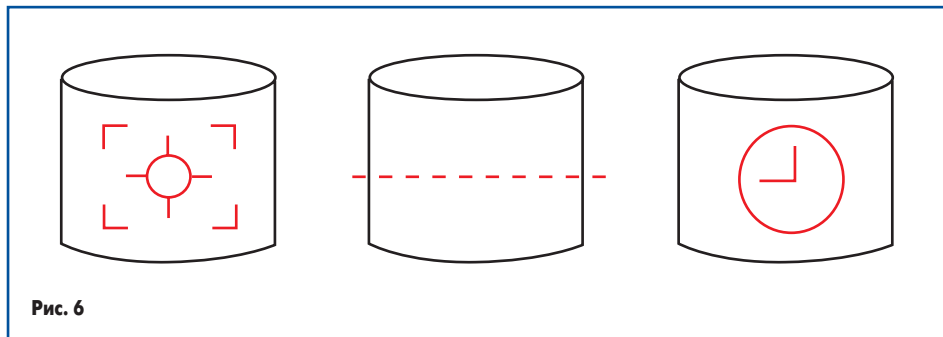


Рис. 6

- полировальные суспензии;
- нагрузка при полировании.

Разработка метода для образцов группы 1 представлена на примере подготовки резистора с керамическим сердечником (образец № 1 и образец № 2).

С помощью клея с малым временем застывания образец приклеен к центру пластиковой вставки. Пластиковая вставка закреплена в держатель образца TargetGrip, который помещается в TargetZ, где происходит выравнивание и измерение расстояния до исследуемого объекта. Данные измерения передаются в TargetMaster. Образец предохраняется пу-



Рис. 7. Держатель образца в TargetZ

тем покрытия его специально разработанной быстрозастывающей смолой (ViaFix), которая застывает под давлением при комнатной температуре за 15 мин. ViaFix имеет свойства, схожие со свойствами эпоксидной смолы, но застывает быстрее. На рис. 7 показан держатель образца в TargetZ.

Для разработки методов подготовки была отрегулирована нагрузка и опробовано несколько сукон и суспензий из числа наиболее типичных расходных материалов. Параметры, давшие наилучший результат, показаны в таблице 1.

На рис. 8 и 9 показаны результаты различных методов шлифования. На образце № 1 наблюдается завал края, а участок между контактом и припоем плохо просматривается. На образце № 2 участок между контактом и припоем четко виден.

Причина в шлифовальном шаге: образец № 1 был отшлифован бумагой с абразивом #800, а образец 2 — алмазной фольгой DiaPad 20 мкм. Алмазная фольга — это наш выбор для образцов группы 1.

Эффект, получаемый от использования различных полировальных сукон, показан при разработке параметров подготовки образцов группы 2.

Таблица 1. Метод подготовки образцов группы 1

Шаг	1	2	3	4	5
Поверхность	DiaPad	MD-Largo	MD-Dur	MD-Dur	MD-Chem
Абразив	Алмазы	DiaPro Largo	DiaPro Dur	DiaPro Nap R	OP-S
Размер зерна	20 мкм	9 мкм	3 мкм	1 мкм	0,25 мкм
Лубрикант	Вода				
Об/мин	300/150	150/150	150/150	150/150	150/150
Нагрузка	35 Н	20 Н	15 Н	15 Н	10 Н
Время				1 мин	0,5 мин
Уровень снятия		20 мкм	10 мкм		

Таблица 2. Метод подготовки образцов группы 2

Шаг	1	2	3	4	5	6
Поверхность	MD-Fuga	MD-Fuga	MD-Largo	MD-Dur	MD-Dur	MD-Chem
Абразив	SiC	SiC	DiaPro Largo	DiaPro Dur	DiaPro Nap R	OP-S
Размер зерна	#800	#1200	9 мкм	3 мкм	1 мкм	0,25 мкм
Лубрикант	Вода	Вода				
Об/мин	300/150	300/150	150/150	150/150	150/150	150/150
Нагрузка	30 Н	30 Н	20 Н	15 Н	15 Н	10 Н
Время, мин					1 мин	0,5 мин
Уровень снятия, мкм		300 мкм	20 мкм	10 мкм		

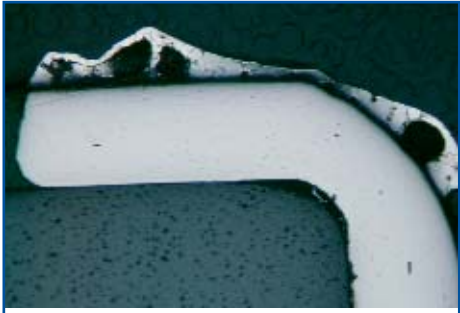


Рис. 8. Образец № 1, отшлифованный бумагой SiC

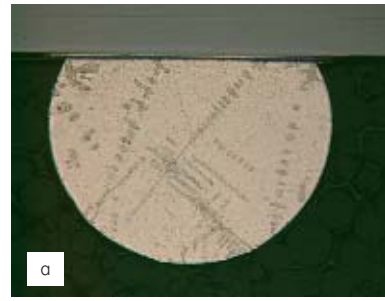


Рис. 11. Образец № 4 отполирован на сукне MD-Dur (а — светлое поле, б — поляризованный свет)

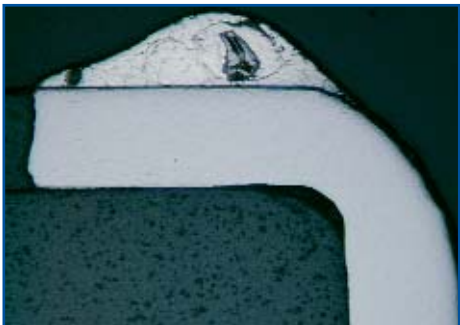
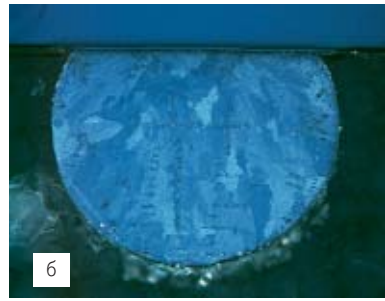


Рис. 9. Образец № 2, отшлифованный алмазной фольгой DiaPad 20 мкм

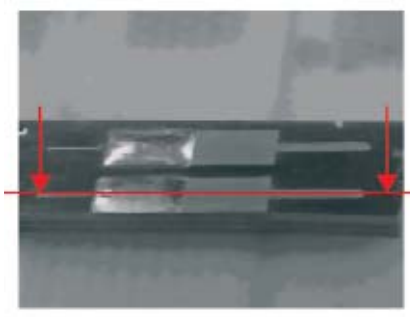


Рис. 12а. Печатная плата (линия показывает сечение)

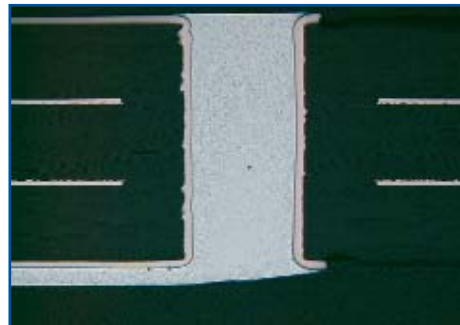


Рис. 12б. Поперечное сечение металлизированного отверстия

Для примера образец корпусировки WLP (Wafer Level Packaging) на кремниевой пластине со связующими шариками припоя SnPb был отполирован на сукне MD-Dur, и результат был сравнен с полировкой того же образца

на сукне MD-Dur (образец № 3 и образец № 4). В обоих случаях абразивом служила алмазная суспензия DiaPro Dur 3 мкм. При полировке на MD-Dur возникал дефект подготовки: кремниевая подложка скалывалась в области контакта со связующим шариком (рис. 10). Полирование на сукне MD-Dur не давало такого дефекта (рис. 11а).

Этот пример показывает, что алмазная суспензия, разработанная специально для определенного сукна, дает очень хорошие результаты. Это продемонстрировано на рис. 11б, где можно наблюдать зерненую структуру образца № 4 в поляризованном свете.

Для компонентов с хрупкими составляющими очень важно выбрать корректное усилие при полировании. При чрезмерном усилии могут происходить сколы и выбоины, которые могут быть неправильно истолкованы.

В таблице 2 приведен наилучший метод для подготовки образцов из группы 2.

Для теста воспроизводимости точности подготовки были сделаны поперечные сечения платы со сквозными металлизированными отверстиями (рис. 12 и 13).

В таблице 3 приведены данные процесса подготовки для шести различных образцов, которые были автоматически записаны TargetSystem, при использовании метода подготовки 2. Среднее отклонение от задан-

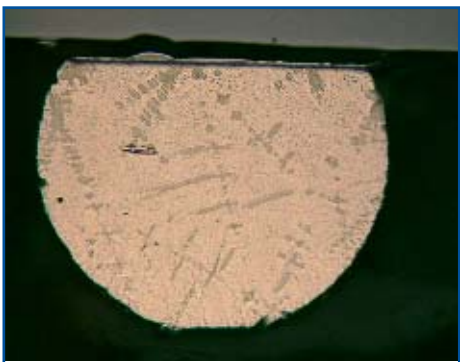


Рис. 10. Образец № 3 отполирован на сукне MD-Dur (светлое поле)

Таблица 3. Данные по воспроизводимости результатов подготовки

Образец	Уровень снятия					
	1	2	3	4	5	6
DiaPad	1952 мкм	2213 мкм	2253 мкм	1876 мкм	1730 мкм	2637 мкм
MD-Largo	19 мкм	15 мкм	12 мкм	28 мкм	26 мкм	22 мкм
MD-Dur 3мкм	6 мкм	7 мкм	11 мкм	11 мкм	7 мкм	9 мкм
MD-Dur 1мкм	1 мин	1 мин	1 мин	1 мин	1 мин	1 мин
OP-Chem 0,25 мкм	0,5 мин	0,5 мин	0,5 мин	0,5 мин	0,5 мин	0,5 мин
Измеренное расстояние до цели	5424 мкм	5682 мкм	5911 мкм	5955 мкм	6097 мкм	5803 мкм
Расстояние до цели после подготовки	2 мкм	2 мкм	0 мкм	5 мкм	2 мкм	2 мкм
Время	44 мин 26 с	44 мин 52 с	65 мин 01 с	56 мин 25 с	41 мин 52 с	42 мин 56 с

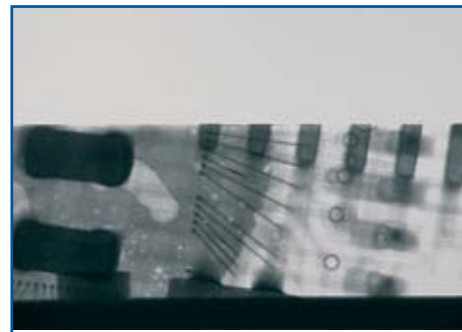


Рис. 13а. Радиографический снимок компонента бескорпусного чипа (chip-on-board) с золотым проволочным контактом (измерено на Target X)

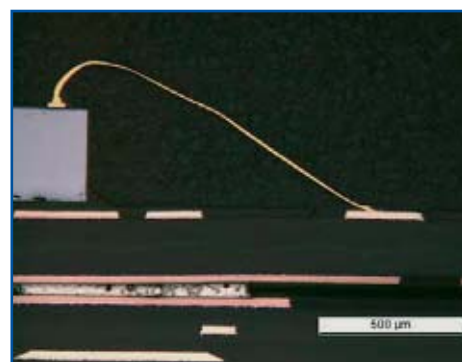


Рис. 13б. Сечение золотого проволочного соединения

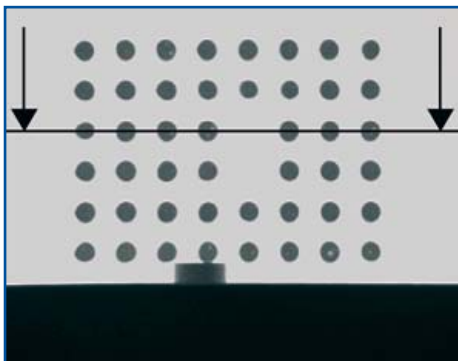


Рис. 14а. CSP-компонент выставлен и измерен в рентгеновской камере с использованием Target X (стрелки показывают направление сечения)



Рис. 14б. Поперечное сечение шариков припоя, эвтектическая пайка SnPb

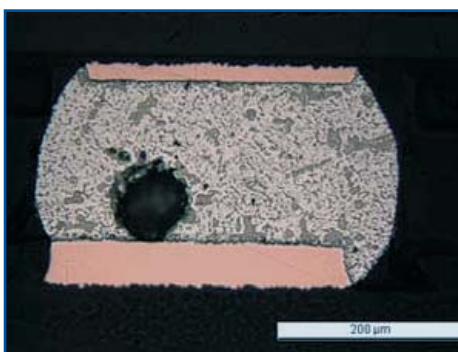


Рис. 14в. Поперечное сечение шарика припоя, эвтектическая пайка SnPb

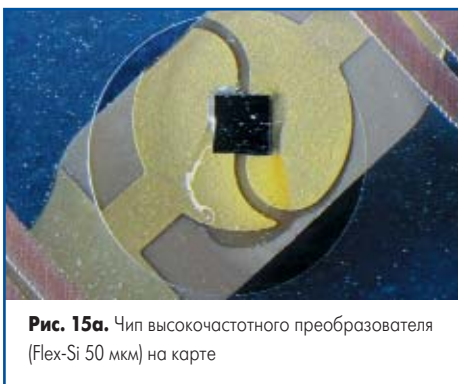


Рис. 15а. Чип высокочастотного преобразователя (Flex-Si 50 мкм) на карте

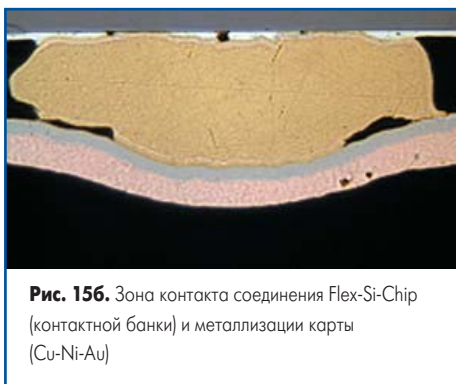


Рис. 15б. Зона контакта соединения Flex-Si-Chip (контактной банки) и металлизации карты (Cu-Ni-Au)

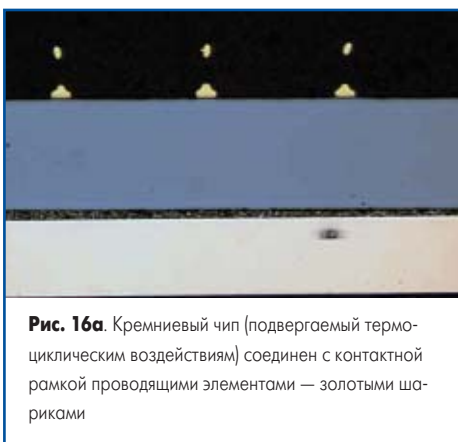


Рис. 16а. Кремниевый чип (подвергаемый термодинамическим воздействиям) соединен с контактной рамкой проводящими элементами — золотыми шариками



Рис. 16б. Золотой шарик (диаметр 20 мкм). Металлизация алюминием подвержена внедрению неметаллической фазы

ной цели составило приблизительно 2 мкм. Это демонстрирует, что процесс подготовки имеет высокий уровень воспроизводимости. Разница во времени подготовки зависит от уровня снятия DiaDad и полировальными сукнами, а также от расстояния до цели.

шлифовать интересующий объект и безвозвратно потерять образец.

После кратковременного обучения персонала на TargetSystem можно подготавливать сложные образцы с высокой точностью и воспроизводимостью.