

нирования, требующей совмещения рисунка) могут быть использованы автоматизированные модули линии «ЛАДОГА», предназначенной для изготовления ленточных БИС.

Разработанная двухуровневая ГПП имеет как достоинства, так и недостатки, и не претендует на полную замену других конструктивно-технологических вариантов ГПП. В каждом конкретном случае следует исходить из условий эксплуатации, назначения, обеспечения предельных характеристик, минимальной стоимости, объема производства и других факторов. В то же время комбинация двух технологий позволяет упростить ТП изготовления двухуровневых ГПП, прежде всего благодаря исключению трудоемких операций гальванического наращивания, без ухудшения электрических параметров коммутации и плотности разводки. Достоинством метода является также простота формирования балочных выводов для внешнего монтажа ГПП и возможность организации рулонной технологии на базе существующего технологического оборудования, что делает метод перспективным для серийного производства ГПП.

Список использованной литературы

1. Гаврюшин Н.Н. Методы изготовления гибких печатных плат и кабелей // Зарубеж. радиоэлектроника. 1985. №5. С.51—63.
2. Микроэлектронная аппаратура на бескорпусных интегральных микросхемах / И.Н.Воженин, Г.А.Блинов, Л.А.Коледов и др. Под ред. И.Н.Воженина. М., 1985. 264 с.
3. Ханке Х.-И., Фабиан Х. Технология производства радиоэлектронной аппаратуры / Пер. с нем. Под ред. В.Н.Черняева. М., 1980. 464 с.
4. Лента марок ДЛ-ИМ. ТУ 0.037.102.
5. Флеров В.Н. Химическая технология в производстве радиоэлектронных деталей. М., 1988. 104 с.
6. Смывающий состав ФОРСАН-2. ТУ 6—01—1—334—88.
7. Бондаренко О.Е., Федотов Л.М. Конструктивно-технологические основы проектирования микросборок. М., 1988. 136 с.

Поступила в редколлегию 15.04.92

УДК 621.3.049.75

С. Г. КАПЛУНОВ, В. И. САЗОНЕЦ, инженеры

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИОННОЙ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТИ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ НА СТАБИЛИЗАЦИЮ РЕЖИМОВ ТЕРМОКОМПРЕССИОННОЙ СВАРКИ РАСЩЕПЛЕННЫМ ЭЛЕКТРОДОМ

Исследовано влияние обработки ионами аргона печатных плат (ПП) на стабилизацию режимов термокомпрессионной сварки расщепленным электродом золотых выводов кристаллов БИС. На основе проведенных экспериментов установлено, что ионная обработка позволяет стабилизировать и уменьшить параметры режимов сварки, следовательно, снизить температурную нагрузку на контактные площадки ПП и обеспечить воспроизводимость качества сварного соединения. Определены оптимальные параметры процесса ионной очистки.

С целью повышения плотности компоновки микроэлектронных устройств бескорпусные кристаллы БИС устанавливают непосредственно на ПП. Золотые проволочные выводы кристаллов присоединяют к

покрытым слоем золота контактными площадкам (КП) коммутационных плат термокомпрессионной сваркой расщепленным электродом.

Специфика монтажа выводов кристалла на ПП сваркой расщепленным электродом заключается в необходимости ограничения температуры в зоне сварки, так как стеклоэпоксид, наиболее часто применяемый в качестве основания ПП, имеет низкую нагревостойкость (около 200° С).

Известно, что количество теплоты, выделяемой в зоне соединения, зависит от начального контактного сопротивления и сопротивления свариваемых деталей между электродами. Контактное сопротивление зависит от площади контакта, от усилия сжатия, шероховатости поверхности, присутствия оксидов и других загрязнений [1]. Отклонение значения этого сопротивления от номинального приводит к колебаниям выделяемой теплоты в зоне сварки и значительно затрудняет управление процессом. Имеется опасность, что при однажды подобранном режиме в результате термоудара произойдет размягчение смолы под местом сварки и отслоится КП, или не хватит энергии, чтобы образовать сварное соединение.

Поэтому для стабилизации режимов сварки и достижения воспроизводимости качества сварного соединения необходимо обеспечить постоянство значения контактного сопротивления, колебание которого в основном связано со степенью загрязнения КП [2]. Загрязнение поверхности проводящего рисунка происходит практически на всех стадиях изготовления ПП в результате воздействия химических травителей и органических растворителей.

Жидкостная химическая обработка ПП перед сваркой не позволяет полностью удалить все загрязнения и обеспечить воспроизводимость контактного сопротивления, так как она сама оставляет загрязнения. К тому же трудно подобрать очиститель, удаляющий органические и неорганические загрязнения.

Избежать недостатков жидкостной очистки позволяет применение ионной очистки в вакууме, которая обеспечивает комплексное воздействие, удаляя в результате физического распыления энергетическими ионами все виды загрязнений, и исключает повторное загрязнение поверхности [3].

Исследование влияния предварительной ионной обработки ПП на стабилизацию режимов сварки проводилось на установке УВН-71П-3, оснащенной источником ионов ИИ-4-015 с блоком питания БП-94. Печатные платы размером 60 × 48 мм из стеклотекстолита СФ2-35Г-1,5 со структурой проводников — медь 110 мкм, никель 9—12 мкм, золото 0,75—1,0 мкм изготавливались по действующему на предприятии технологическому процессу (ТП). Образцы располагались на наружной поверхности барабана, вращающегося в горизонтальной плоскости напротив источника ионов на расстоянии 120 мм. Скорость вращения барабана 30—50 мин⁻¹.

Работа ионного источника характеризуется следующими параметрами:

ускоряющее напряжение на электродах $U_{\text{уск}}$, определяющее энергию ионов;

ток разряда I_p как функция давления газа в разрядной камере источника;

ток соленоида I_c , определяющий напряженность магнитного поля.

Степень очистки обрабатываемой поверхности зависит от энергии ионов, интенсивности ионного пучка и времени обработки [4].

Для обеспечения максимальной интенсивности ионного пучка ток соленоида в процессе обработки поддерживался постоянным и равным $(1,5 \pm 0,2)$ А. Фиксируя два из трех выбранных параметров и меняя третий, последовательно снижали параметры режимов сварки на обработанных образцах. Пределы варьирования основных параметров процесса: $U_{\text{уск}} = 0,8—5,0$ кВ; $I_p = 60—220$ мА; время обработки $t = 1—15$ мин. Рабочий газ — аргон, предварительно вакуумная камера откачивалась до давления $2 \cdot 10^{-3}$ Па.

Сварка выполнялась на установке ТК-03 термокарандашом с расщепленным электродом из сплава ВК-8. Основными параметрами процесса сварки являются: напряжение на электродах U_c , длительность сварочного импульса τ и сила давления электрода.

Для получения надежного соединения след сварной точки должен иметь ширину, равную $1,5—2$ диаметра проволоки [2]. Поэтому давление электрода устанавливалось так, чтобы обеспечить необходимую осадку проволоки, и поддерживалось в процессе сварки постоянным и равным 100 г.

Качество сварного соединения проверялось под микроскопом МБС-9 при увеличении $64\times$.

Установлено, что обработка ПП ионами аргона с энергией $0,8—5,0$ кэВ позволяет стабилизировать режимы сварки и уменьшить абсолютное значение их параметров. Наиболее оптимальной, обеспечивающей максимальную скорость достижения требуемого качества сварного соединения при минимальных параметрах режимов сварки, является ионная обработка при $U_{\text{уск}} = 2,5—3,0$ кВ, $I_p = (200 \pm 10)$ мА, $I_c = (1,5 \pm 0,2)$ А, $t = 3—4$ мин. В таблице приведено сравнение режимов получения сварного соединения золотой проволоки диаметром 40 мкм с КП образцов ПП до и после ионной обработки при указанном режиме. Как видно, предварительная обработка ПП ионами аргона позволяет стабилизировать и облегчить режимы сварки, следовательно, снизить температурную нагрузку на КП, исключить ее деформацию и отслоение (образцы № 1, 2, 4), а также восстановить утраченную в процессе хранения способность к сварке (образец № 3). Дальнейшее увеличение времени обработки не облегчает режима сварки.

Сравнение режимов термокомпрессионной сварки расщепленным электродом золотой проволоки $\varnothing 40$ мкм с КП ПП до и после ионной обработки

Номер образца	Сварка до ионной обработки			Сварка после ионной обработки		
	U _c , В	t, с	Получение соединения (да/нет), примечания	U _c , В	t, с	Получение соединения (да/нет)
1	70	0,2	Нет	70	0,2	Да
	80	0,1	Нет, вытекание смолы			
	80	0,2	Да, отслоение КП			
2	70	0,2	Нет	70	0,2	Да
	80	0,1	Нет			
	80	0,2	Да, вытекание смолы			
3	70	0,2	Нет	70	0,2	Да
	80	0,1	Нет			
	80	0,2	Нет, отслоение КП			
4	70	0,2	Нет	70	0,2	Да
	80	0,1	Да			

За время ионной обработки происходит стравливание поверхностных слоев вместе с находящимися на них загрязнениями и превращение крупнозернистого золотого покрытия в мелкозернистое. Микрорентгеноспектральный анализ поверхности КП образцов, проведенный на растрово-электронном микроскопе «Camscap» с микроанализатором «Link System 860», показал, что поверхность золотого защитного покрытия до обработки содержит углерод, натрий, калий, азот. После ионной обработки электронный спектр состоит из золота и азота. Достижение полирующего эффекта основывается на зависимости коэффициента распыления от угла падения ионов на поверхность, локальные участки которой (выступы, впадины) расположены под различными углами по отношению к ионному пучку [3]. Полирующий эффект усиливается переосаждением распыляемого с выступов материала во впадины. Изменение рельефа поверхности печатного проводника оценивалось визуально с помощью телевизионного микроскопа ТМ-3 при увеличении 1100^x.

Поскольку состояние поверхности проводников зависит от условий производства и применяемой технологии изготовления ПП, время ионной обработки, необходимое для достижения положительного эффекта, в каждом конкретном случае может изменяться как в сторону уменьшения, так и в сторону увеличения. Поэтому при внедрении

способа целесообразно подбирать время обработки на контрольных образцах ПП, изготовленных по действующему на предприятиях ТП. При этом полученные результаты позволят значительно уменьшить число экспериментов и снизить трудоемкость разработки ТП ионной очистки.

Таким образом, ионная обработка ПП позволяет обеспечить воспроизводимость качества сварочного соединения за счет стабилизации и изменения режимов термокомпрессионной сварки расщепленным электродом, а также увеличить процент выхода годных для операций монтажа выводов кристаллов БИС на ПП.

Список использованной литературы

1. *Иванов-Есипович Н.К.* Физико-химические основы производства радиоэлектронной аппаратуры: Учеб. пособие для вузов. М., 1979. 205 с.
2. *Арский В.Н.* Контактная сварка деталей в электронной промышленности // *Обзоры по электрон. технике.* Сер. Технология и организация производства. Оборудование. 1973, Вып. 15 (131). 78 с.
3. *Ивановский Г.Ф., Петров В.И.* Ионно-плазменная обработка материалов. М., 1986. 232 с.
4. *Данилин Б.С., Киреев В.Ю.* Применение низкотемпературной плазмы для травления и очистки материалов. М., 1987. 264 с.

Поступила в редколлегию 15. 04. 92

УДК. 621.328.8:658.524

Н.М.ПРИЩЕПА, канд. техн. наук, доц.

МЕТОД ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Предложен метод оптимизации технологических процессов, отличающихся большой длительностью производственного цикла, дрейфом основных показателей — критериев годности изделий производства — и большим числом неуправляемых технологических факторов. Метод был опробован для оптимизации технологического процесса производства интегральных микросхем и показал значительную эффективность.

Одним из основных показателей (откликом) производства является процент выхода годных интегральных микросхем (ИМС), соответствующих техническим условиям.

Исследования, проведенные на производстве, позволяют предположить, что функция отклика унимодальна, однако в результате постоянно изменяющихся условий производства — технологических факторов (ТФ) наблюдается значительный дрейф основных параметров — критериев годности ИМС. Следовательно, технологический процесс (ТП) производства ИМС можно рассматривать как нестационарный, в результате которого поверхность отклика совершает перемещения. Поэтому в проблеме управления ТП явно просматриваются две задачи: отыскание оптимальных условий и адаптационное