УДК 621.3.049.77

DOI:10.36845/2073-8250-2020-256-1-64-70

СПОСОБЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НИЗКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВЛАГИ ВО ВНУТРЕННЕМ ОБЪЁМЕ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИХ КОРПУСОВ ПРИ СЕРИЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ

А.В. Жуков¹, М.М. Крымко¹, Н.К. Настюкова¹, М.Ю. Иванов²

¹АО «НПП «Пульсар», 105187, г. Москва, Окружной проезд, д. 27;

²АО «ЗНТЦ», 124527, г. Зеленоград, Солнечная аллея, д. 6, помещение IX, офис 17

С ужесточением требований к надёжности интегральных схем в металлокерамических корпусах повышаются требования к контролю и качеству той среды, в которой происходит процесс герметизации микросхем. Экспериментально достигнуто снижение влаги в корпусе интегральной схемы благодаря постоянному мониторингу среды герметизации.

Ключевые слова: надёжность ИС, герметизация микросхем, снижение влаги в корпусе ИС, металлокерамические корпуса ИС

Сведения об авторах: Жуков Алексей Владимирович, jukov_av@pulsarnpp.ru; Крымко Михаил Миронович, к.т.н., krymko@pulsarnpp.ru; Настюкова Надежда Константиновна, nastyukova_nk@pulsarnpp.ru; Иванов Михаил Юрьевич, mivanov@microsborka.ru

METHODS FOR ENSURING LOW HUMIDITY IN THE INTERNAL VOLUME OF CERAMIC-METAL CASES IN SERIES PRODUCTION OF INTEGRATED CIRCUITS

A.V. Zhukov¹, M.M. Krymko¹, N.K. Nastyukova¹, M.Yu. Ivanov²

¹JSC «S&PE «Pulsar», 105187, Moscow, Okruzhnoy proezd, 27

²JSC «ZNTC», 124527, Zelenograd, Solnechnaya alley, 6

Stricter requirements for reliability of integrated circuits in ceramic-metal packages led to the increased requirements for process and quality control of the atmosphere in which circuits are being sealed. In our experiments we manage to reduce humidity in integrated circuit packages, by the constant monitoring of the sealing process atmosphere.

Keywords: IC's reliability, microchip sealing, humidity reduction in IC package, ceramic-metal IC package

Data on Authors: Zhukov Aleksey Vladimirovich, jukov_av@pulsarnpp.ru, Krymko Mikhail Mironovich, Ph.D., krymko@pulsarnpp.ru, Nastyukova Nadezhda Konstantinovna, nastyukova_nk@pulsarnpp.ru, Ivanov Mikhail Yuryevich, mivanov@microsborka.ru

Введение

Повышение требований к надёжности электронной компонентной базы (ЭКБ) определяет необходимость исследования процессов, происходящих на поверхности кристаллов интегральных схем (ИС), большинство которых связаны с содержанием влаги внутри корпусов. Отказы, вызванные воздействием влаги, составляют 25 % от общего их числа для гибридных ИС и 60–80 % – для ИС в металlostеклянных и металлокерамических корпусах [1]. Данная статья посвящена исследованию особенностей герметизации металлокерамических корпусов интегральных схем методом шовно-роликовой сварки в нейтральной среде с целью обеспечения минимального количества влаги внутри прибора.

Герметизация микросхем методом шовно-роликовой сварки и источники влаги

Шовно-роликовая сварка – это разновидность контактной сварки. Физической основой метода является локальный разогрев свариваемых материалов импульсами электрического тока под действием усилия прижима до температуры плавления и

последующее образование неразъёмного соединения между двумя деталями. Соединение между деталями возникает в виде непрерывного ряда точек от электродов-роликов и образует сплошной герметичный шов. Герметизация ИС проводилась на установке Polaris Venus IV.

Установка шовно-роликовой сварки Polaris Venus IV в атмосфере сухого азота (точка росы не более $-65\text{ }^{\circ}\text{C}$) обеспечивает высокое качество сварного соединения, герметичность изделия и позволяет поддерживать заданную атмосферу внутри корпуса микросхемы в течение срока службы изделия.

Источники влаги в подкорпусном объёме ИС разделяют на две группы: внутренние и внешние [2]. К первым относят материалы ИС, непосредственно контактирующие с атмосферой объёма корпуса и выделяющие влагу (клей, припой), а также поры и микронеровности керамики и металлических покрытий. К внешним источникам относят влагу, натекающую в ИС из окружающей среды через сквозные трещины или поры.

Уровень влаги в корпусе ИС зависит также от влажности и температуры той среды, в которой проводится герметизация. Для контроля точки росы эффективно применялся многоканальный измеритель влажности газов ИВГ-1/Х-С. Преобразователь влажности устанавливается в камеру с сухим азотом и непрерывно передаёт информацию о содержании влаги на блок измерителя. Для обеспечения более точных показателей содержания влаги в газовой среде необходимо устанавливать два преобразователя: один в проточной камере, второй на выходе из магистрали. Схема подключения приведена на рис. 2.

Рис. 1

Установка герметизации микросхем

Рис. 2

Схема подключения измерителя влажности ИВГ-1/Х-С

Контроль точки росы производится по таким параметрам как влажность ($^{\circ}\text{C}$, ppm (part per million), мг/м^3) и температура в камере.

Исследования проводились на ИС типа 1432УД11У АЕЯР.431100.280-11 ТУ в корпусе Н02.8-1 УФО.481.005 ТУ. Размер кристалла – $1.8 \times 1.4 \text{ мм}^2$; внутренний объем корпуса без кристалла – $0,23 \text{ см}^3$. Кристалл изготовлен по комплементарной биполярной технологии.

Сборка микросхем осуществляется на современном оборудовании и выполняется в чистом помещении 7-го класса чистоты по ISO. Сборка включает в себя следующие операции:

1. Входной контроль корпусов и кристаллов.

2. Посадка кристаллов. Для посадки используется токопроводящий клей ТОК-2. Посадка кристаллов выполняется на установке West Bond сжатым воздухом на посадочное место. В корпус наносится капля клея, затем вакуумным пинцетом захватывается кристалл и опускается на место посадки.

3. Сушка – длится 2 часа при температуре 150°C .

4. Присоединение проволочных выводов выполняется на установке ультразвуковой сварки ES-4029.

5. Фиксация крышек – выполняется на установке Polaris Lid Tacker.

6. Отжиг проводится в вакуумной камере установки герметизации Polaris Venus IV. Длительность отжига 48 часов при температуре 150°C .

7. Герметизация микросхем. Проводится в среде сухого азота при температуре точки росы не выше минус 65°C .

Термический отжиг в соответствии с технологическим маршрутом изготовления данной ИС проводится в два этапа.

1-й этап. Термический отжиг после посадки кристалла продолжительностью 2 часа при температуре 150°C для отверждения клея, фиксации кристалла и удаления влаги, которая содержится в составе клея.

2-й этап. Непосредственно перед процессом герметизации отжиг ИС проводится в вакуумной камере, соединённой с

Рис. 3

Зависимость величины точки росы от времени продувки камеры

атмосферной камерой герметичным затвором. Длительность второго этапа отжига в вакууме должна составлять 48 часов при температуре 150 °С.

Отжиг длительностью в 48 часов объясняется высокой сорбционной способностью керамики на основе окислов алюминия из-за наличия в ней поверхностных пор и частичной гидратацией окислов, входящих в её состав [3].

В процессе сборки ИС мы столкнулись со следующим эффектом: после отжига изделий длительностью 48 часов в вакуумной камере и переноса их в камеру с сухим азотом для герметизации точка росы показала рост с минус 65 °С до минус 50-55 °С. При контроле собранных в данной атмосфере ИС на содержание влаги во внутреннем объёме были получены результаты с содержанием влаги свыше 5000 ppm., что является недопустимым согласно общим техническим условиям ОСТ В 110998-99 таблица 2 п. 20.

Для обеспечения точки росы на уровне не больше минус 65 °С при сборке ИС необходимо скорректировать давление азота,

его расход и время продувки атмосферной камеры.

В исходном процессе после отжига перед переносом микросхем из камеры отжига в атмосферную камеру давление составляло 2.5 бар, расход азота 1500 л/ч, точка росы минус 67.2 °С. После загрузки поддонов с интегральными схемами из камеры отжига в атмосферную камеру уровень точки росы показывал рост и восстанавливался в течение часа (рис. 3).

Для уменьшения длительности восстановления точки росы было принято решение скорректировать следующие параметры – увеличить давление на регуляторе с 2,5 до 4,5 бар, увеличить расход газа в камере с 1500 до 2500 л/ч, в результате значение точки росы достигло минус 68,5 °С, а время восстановления точки росы в камере сократилось с одного часа до пятнадцати минут.

Обсуждение полученных результатов

Для проверки результативности принятых мер была проведена герметизация пробных партий ИС.

Герметизация первой партии проводилась при недостаточном давлении и низком расходе газа, после переноса микросхем из камеры отжига в атмосферную камеру партия из двадцати штук была загерметизирована в течение часа. После загрузки микросхем в атмосферную камеру герметизация проводилась при давлении на регуляторе 2.5 бар и расходе азота 1500 л/ч, партия ИС была разделена на несколько частей и загерметизирована с интервалами в течение часа.

Для проведения испытаний по контролю содержания паров воды внутри корпуса микросхем из пробной партии было отобрано шесть микросхем. ИС были переданы в Испытательный центр АО «ЗНТЦ», испытания проводились в соответствии с ГОСТ РВ 5962-004.2-2012, метод 222-1. Перед проведением испытания поверхность микросхем тщательно отмывают от органических загрязнений. После загрузки микросхем в вакуумную камеру проводят откачку и отжиг при температуре +125 °С. Откачку и нагрев вакуумной камеры проводят до тех пор, пока остаточное давление

не будет оказывать влияния на точность и чувствительность измерений.

По окончании откачки температуру камеры устанавливают равной (100 ± 5) °С, после чего корпус испытываемой микросхемы разгерметизируют механическим способом. Далее с помощью масс-спектрометра определяют концентрацию паров воды (в процентах к общему объёму) и других выделившихся из корпуса газов. Относительная погрешность измерения содержания паров воды внутри корпуса микросхемы составляет 0.5 %. Норма содержания паров воды, установленная в общих технических условиях, – не более 0.5 объёмного %, не более 5000 ppm. Полученные результаты отображены на рис. 4.

ИС № 1 и 2, загерметизированные в первые минуты после переноса микросхем из камеры отжига в атмосферную камеру, – содержание влаги превышает установленную норму.

ИС № 3 и 4, загерметизированные спустя полчаса после их переноса из камеры отжига в атмосферную камеру, – точка росы

Рис. 4

Значения величины содержания влаги во внутреннем объёме ИС в ppm

достигла значения приблизительно минус 63 °С (рис. 3), микросхемы показали положительный результат, но находятся на границе допустимой зоны.

ИС № 5 и 6, загерметизированные спустя полчаса после их переноса из камеры отжига в атмосферную камеру, – точка росы достигла значения минус 65 °С (рис. 3). Полученный результат удовлетворяет требованиям, установленным в ТУ.

Вторая партия микросхем в количестве

четырёх штук была загерметизирована после корректировки параметров давления на регуляторе с 2.5 до 4.5 бар и расхода азота с 1500 до 2500 л/ч. Процесс герметизации проводился спустя 20 минут после переноса ИС из камеры отжига в среду азота (рис. 5).

Загерметизированные микросхемы также были переданы специалистам в АО «ЗНТЦ» для проведения испытаний на содержание подкорпусной влаги. Результаты испытаний отображены на рис. 6.

Рис. 5

Значение точки росы после загрузки поддонов с ИС при давлении 4,5 бар и расходе азота 2500 л/ч

Рис. 6

Значения величины содержания влаги во внутреннем объеме ИС в ppm

Во внутреннем объёме металлокерамического корпуса во всех четырёх ИС концентрация влаги не превышает максимально допустимую. Полученные результаты показывают, что принятые меры позволили сократить содержание влаги в подкорпусном объёме микросхем и обеспечили выполнение требований, установленных в общих технических условиях.

Ещё одним возможным источником влаги в корпусе ИС может служить магистраль, по которой поступает азот. Для устранения возможного попадания влаги в атмосферную камеру из магистрали необходимо, по нашему мнению, на выходе из азотной магистрали установить дополнительный осушитель газов.

Заключение

Для обеспечения низких показателей влаги в подкорпусном объёме ИС при герметизации в металлокерамических корпусах на установке типа Polaris Venus IV необходимо:

- осуществлять непрерывный контроль среды герметизации;
- оборудовать камеру герметизации встроенным в неё вакуумным сушильным шкафом;
- подобрать давление, расход азота и обеспечить непрерывную подачу азота в камеру;
- установить при необходимости дополнительный осушитель воздуха.

Все эти рекомендации позволят повысить выход годных микросхем и обеспечат надёжность ИС.

Литература

1. Чернышов, А.А. Контроль влажности в корпусах интегральных схем / А.А. Чернышов, С.А. Крутоверцев, А.И. Бутурлин // Зарубежная электронная техника. – 1987. – Вып. 2. – С. 3-63.
2. Горлов, М. Контроль содержания паров воды внутри корпусов интегральных микросхем / М. Горлов, В. Емельянов, И. Рубцевич, А. Строгонов, Н. Шишкина // Компоненты и технологии. – 2004. – № 6. – С. 163-165.
3. Козлов, Н.А. Влияние количества и состава сорбированной воды в тонких полимерных покрытиях на показания микроэлектронного датчика // Известия вузов. Электроника. – 2003. – № 3. – С. 82-88.

References

1. Chernyshov A.A., Krutovertsev S.A., Buturlin A.I. Kontrol' vlazhnosti v korpusakh integral'nykh skhem [Humidity control in integrated circuit's packages]. Zarubezhnaya elektronnaya tekhnika, 1987, vol. 2, pp. 3-63.
2. Gorlov M, Emelyanov V., Rubtsevich I., Stroganov A., Shishkina N. Kontrol' soderzhaniya parov vody vnutri korpusov integral'nykh mikroskhem [Monitoring the water vapour inside the integrated circuit packages]. Components and Technologies, 2004, no. 6, pp. 163-165.
3. Kozlov N.A., Vliyaniye kolichestva i sostava sorbirovannoy vody v tonkikh polimernykh pokrytiyakh na pokazaniya mikroelektronno go datchika [The effect of quantity and composition of absorbed water in thin polymer coatings on the readings of a microelectronic sensor]. Izvestiya vuzov. Elektronika, 2003, no. 3, pp. 82-88.