

Технологическое оборудование и материалы, применяемые для изготовления металлокерамических корпусов

Ш. Шугаепов¹, Е. Ермолаев², В. Егошин³, Р. Ахметгалиев⁴, А. Мазуренко⁵

УДК 621.3 | ВАК 05.27.06

В АО «Завод полупроводниковых приборов» (АО «ЗПП») реализован полный технологический цикл изготовления металлокерамических корпусов (МКК) для интегральных микросхем (ИС), начиная с приготовления керамического шликера из порошкообразного материала и заканчивая упаковкой корпуса микросхемы в соответствующую тару. О технологическом оборудовании и материалах, применяемых в АО «ЗПП» для изготовления МКК, рассказывается в данной статье.

Металлокерамический корпус (рис. 1) конструктивно состоит из нескольких основных частей: металлокерамической платы со скрытыми между керамическими слоями толстопленочными токопроводящими дорожками и открытыми металлизированными (контактными, монтажными) площадками, а также металлических деталей (выводов, ободка, теплоотводящего радиатора).

Надежность эксплуатации корпусов обеспечивают специальные марки вакуумплотной керамики. Их отличают высокая устойчивость к воздействию теплового удара, влаги и химическим соединениям, твердость, хорошие диэлектрические и тепловые свойства, повышенная стабильность размеров, КТЛР, близкий к КТЛР кремния, технологичность при применении групповых методов изготовления корпусов. Доля корпусов из алюмооксидной керамики с высоким (86–96%) содержанием Al_2O_3 (корунда) – наибольшая и составляет 90%, поэтому керамика данного типа определяет современный общий уровень развития керамических материалов в микроэлектронике.

В последние пять лет технический уровень параметров корпусов ИС, изготавливаемых с применением керамических материалов, существенно вырос, что в первую очередь связано с совершенствованием технологии их производства, главным образом операций толстопленочной

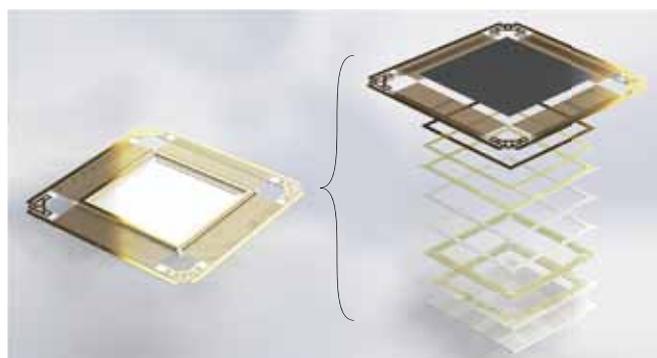


Рис. 1. Металлокерамический корпус интегральной микросхемы

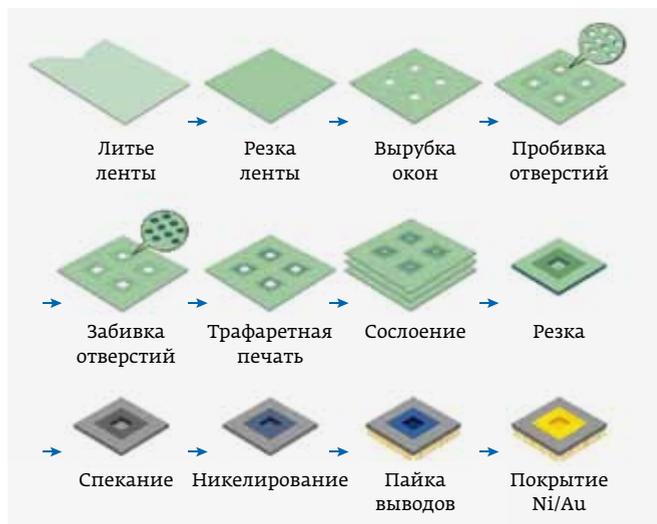


Рис. 2. Базовый технологический процесс изготовления МКК для ИС

¹ АО «ЗПП», главный конструктор – начальник управления; ФГБОУ ВО «МарГУ», ассистент, shnshugaepov@zppi2.ru.

² АО «ЗПП», заместитель главного конструктора по новым разработкам; ФГБОУ ВО «МарГУ», преподаватель, ermolaev_ev@zppi2.ru.

³ АО «ЗПП», заместитель главного конструктора по материалам; ФГБОУ ВО «МарГУ», старший преподаватель, vaegoshin@zppi2.ru.

⁴ АО «ЗПП», главный технолог, rshahmetgaliev@zppi2.ru.

⁵ АО «ЗПП», начальник отдела материалов, aatonkova@zppi2.ru.

металлизации керамики и ее обработки в сыром и спеченном состояниях. Металлы, применяемые в конструкциях корпусов, обладают высокими химическими, механическими и технологическими свойствами, способностью к пайке, сварке, гальваническим покрытиям. Для изготовления металлических комплектующих корпусов применяют сплавы железа с никелем и кобальтом (ковар), которые образуют с керамикой надежные спаи. Для припайки металлических комплектующих к керамической плате обычно используют твердый припой (эвтектический сплав) на основе серебра и меди (ПСр-72). В качестве материала толстых пленок применяют вольфрам и молибден. Для гальванического покрытия металлических поверхностей корпуса используется слой золота с подслоем никеля.

Базовые технологические операции промышленного производства металлокерамических корпусов отличаются сравнительным постоянством благодаря стандартизации технологического оборудования, применяемых материалов и процессов.

Базовая технология производства МКК состоит из ряда операций (рис. 2). В ряде случаев процесс изготовления может включать дополнительные технологические операции или же наоборот, не иметь указанных.

Подготовка исходных материалов для керамического шликера путем совместного помола $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ и стеклообразующих добавок (минерализатора) проводится в шаровых мельницах (рис. 3).

Керамический шликер состоит из трех основных компонентов:

- минеральной части, образующей после спекания керамическое тело;
- связки (биндера), которая после изготовления пленки удерживает частицы минеральной фазы, определяет прочность и пластичность пленки;



Рис. 3. Оборудование для приготовления керамического шликера

- растворителя, способствующего равномерному распределению минеральных частиц в объеме связки. Методом литья керамического шликера на движущуюся ленту формируют пластифицированную керамическую пленку. Она разрезается на полосы и разбраковывается по толщине и внешнему виду; на заготовках не должно быть трещин, включений, вмятин, пузырей, загрязнений поверхности. Для формирования керамической пленки (ленты) применяется уникальное, высокотехнологичное оборудование – литьевая машина длиной более 60 м (рис. 4).

Оборудование является единственным в России и позволяет отливать керамические пленки толщиной от 70 мкм. На данный момент серийно освоенный технологический процесс позволяет работать с толщиной керамических слоев от 96 до 860 мкм включительно. Проводятся экспериментальные работы по использованию в составе МКК керамических слоев толщиной от 100 до 120 мкм.

Из полос на механических прессах с помощью специальных твердосплавных штампов вырезают прямоугольные карты, а также окна, отверстия для создания межслоевых переходов, направляющие отверстия. Следующая операция производства металлокерамических

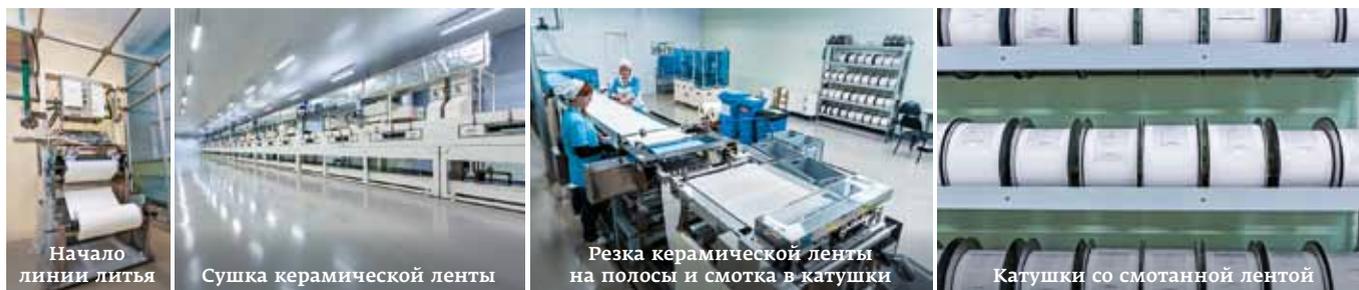


Рис. 4. Технологическое оборудование для литья керамической пленки (ленты)



Рис. 5. Формирование металлокерамических плат в «сыром» (неспеченном) виде

плат (МКП) – металлизация переходных отверстий и нанесение топологического рисунка схемы проводниковыми металлизационными пастами. Толстопленочная металлизация наносится на полуавтоматическом оборудовании методом трафаретной печати.

В качестве проводниковых паст, как уже отмечалось, используются композиции на основе тугоплавких металлов, выдерживающих высокотемпературный обжиг (вольфрама и молибдена).

Керамические групповые заготовки (карты) с нанесенным рисунком проводниковых элементов набирают в пакет в последовательности, определенной топологией схемы, и прессуют под давлением для формирования монолитной структуры. Спрессованный монолит обрезают по размеру МКП и получают «сырые» металлокерамические платы (рис. 5).

Далее «сырые» платы подвергают высокотемпературному обжигу (рис. 6). Он производится в туннельной печи непрерывного действия с контролируемой газовой атмосферой и температурным профилем, позволяющей непрерывно реализовывать новые технологические решения и возможности в условиях массового производства металлокерамических корпусов микросхем.

На первой стадии обжига происходит испарение, деструкция и окисление органических составляющих керамической заготовки и проводниковой пасты в присутствии водяного пара в атмосфере печи обжига. При дальнейшем повышении температуры происходит

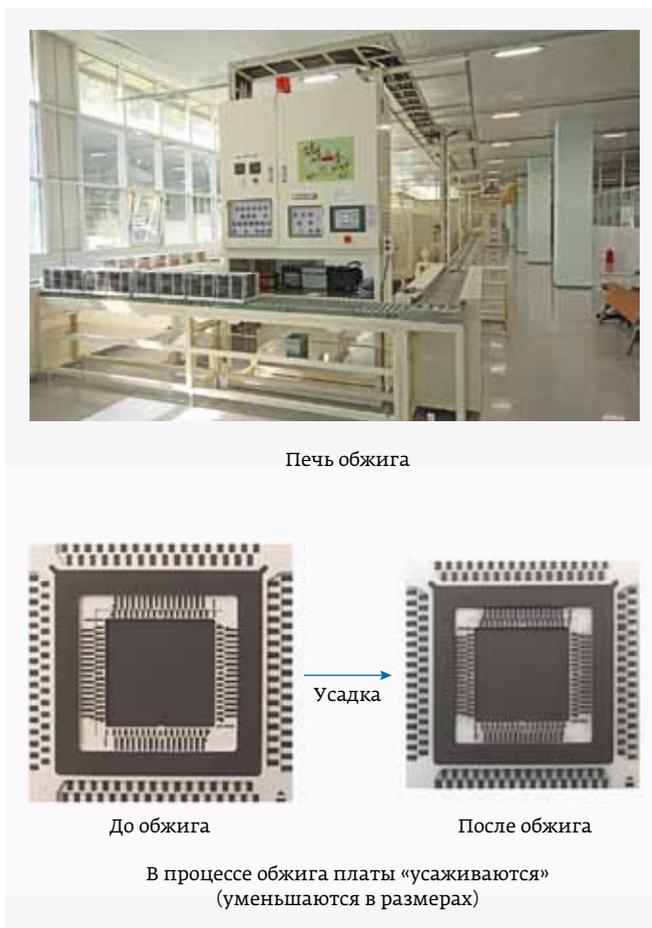


Рис. 6. Оборудование для высокотемпературной обработки (спекания) металлокерамических плат



Рис. 7. Конвейерная печь для пайки

одновременное спекание вакуумплотной керамики и вжигание металлизационной пасты.

После обжига и проведения необходимых отбраковочных испытаний на металлические поверхности МКП

наносит слой химически или электрохимически осажденного никеля (в зависимости от габаритов платы), который обеспечивает качественную пайку металлических деталей к контактным площадкам.

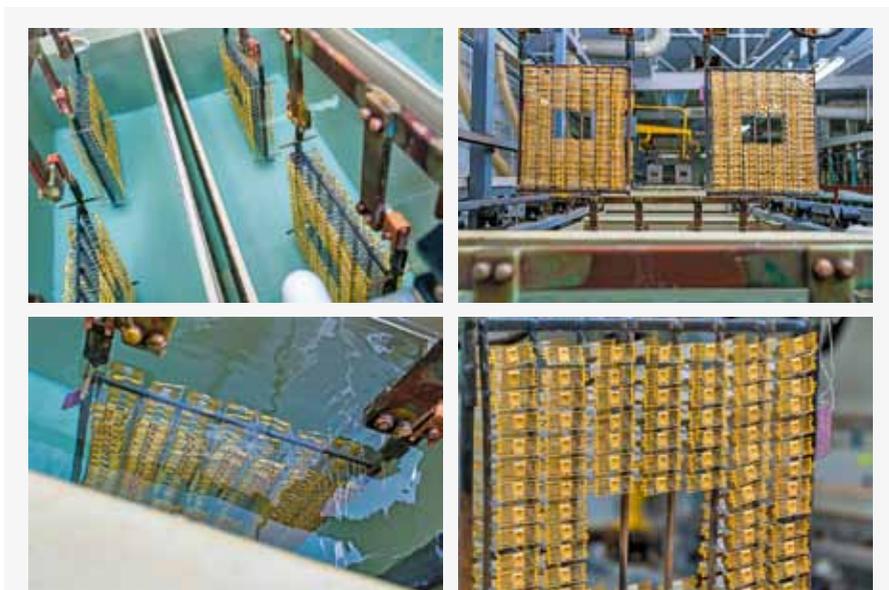
Пайку металлических комплектующих проводят в восстановительной атмосфере электрической туннельной печи непрерывного действия, с максимальной температурой до 850 °С, с применением в качестве припоя эвтектического сплава ПСр-72 (рис. 7).

После проведения операции «пайка» корпуса никелируют, а затем золотят со всеми необходимыми предварительными химическими операциями подготовки поверхности (рис. 8).

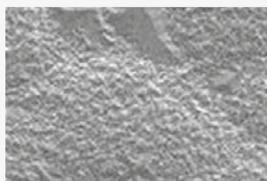
Финишные операции технологии изготовления МКК – промывка с целью удаления остатков технологических сред и упаковка корпусов в специализированные тары, изготовление которых также реализовано на производстве АО «ЗПП».

Необходимо отметить, что с увеличением количества операций в технологии возникает проблема усложнения

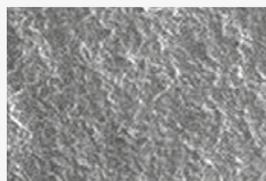
производственных процессов. Сущность проблемы такого многооперационного производства, прежде всего, определяют ужесточающиеся требования к качеству элементов и устройств электронной техники, а также фундаментальная, научная новизна задач описания и исследования явлений, протекающих на различных стадиях, начиная с получения исходных материалов и кончая операциями формообразования, спекания и обработки такого рода изделий. С другой стороны, на уровень проблемы влияют законы массового производства, вовлекающие в производственный процесс большое количество поставщиков сырья и материалов, единиц и видов оборудования, а также специалистов разного уровня квалификации с различными, субъективными особенностями. Несмотря на все трудности, связанные с материалами, «подстройкой» оборудования и корректировкой режимов под конкретный вид сырья, специалисты АО «ЗПП» успешно решают все поставленные на сегодняшний день задачи и обеспечивают устойчивое нарастание объемов производства металлокерамических коммутационных плат и корпусов микросхем. ●



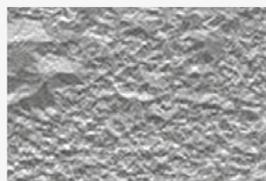
Микроструктура поверхности золотого покрытия



Металлический ободок



Металлизация (контактная площадка)



Выводная рамка

Рис. 8. Оборудование и оснастка для электрохимического никелирования и золочения корпусов микросхем