

# ПРОДУКЦИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ "ЗПП": ДОСТИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Н.Нагаев<sup>1</sup>

УДК 621.3  
ВАК 05.27.00

В ноябре 1941 года в Йошкар-Олу эвакуировали Московский прожекторный завод, на основе которого был создан Завод полупроводниковых приборов (АО "ЗПП"). Сегодня это одно из ведущих предприятий радиоэлектронной отрасли, единственная компания в нашей стране, обладающая полным технологическим циклом производства металлокерамических корпусов любой сложности: от изготовления керамических материалов и металлизационных паст до готовых изделий. Продукция завода поставляется на ведущие предприятия микроэлектроники России и стран СНГ. За 75 лет выпущено более 800 видов корпусов. Сейчас предприятие разрабатывает и осваивает в производстве новые типы высокотехнологичных металлокерамических корпусов, отвечающих современным требованиям микроэлектроники, что позволит обеспечить замену импортных корпусов на отечественном рынке.

**Н**овые технологические возможности АО "ЗПП" обусловлены в первую очередь введением в эксплуатацию и освоением новых технологических участков: литья керамической ленты; технологической линии по работе с тонкими керамическими слоями.

За счет внедрения нового оборудования и улучшения условий труда за последние годы на предприятии в 2,7 раза увеличилась производительность. Благодаря модернизации производства удалось преодолеть технологический барьер и выйти на новый стандарт проектирования – 100/100 (ширина элементов металлизации и расстояние между элементами – от 100 мкм). Это открывает дополнительные возможности для проектирования миниатюрных металлокера-

мических корпусов, когда в малом объеме необходимо реализовать сложные переходы. Кроме того, появилось больше вариантов для уменьшения габаритов металлокерамических плат при разработке многокристальных модулей и многовыводных корпусов с большим количеством проводников и шин за счет уплотнения топологического рисунка.

Переход на стандарт проектирования 100/100 стал возможен после того, как удалось реализовать еще три нововведения:

- применение в конструкции изделий керамических слоев толщиной от 100 мкм;
- использование переходных межслоевых коммутационных отверстий диаметром от 70 мкм;
- устранение влияния количества коммутационных отверстий на точность координат и повторяемость расположения отверстий при пробивке на карте (мак-

<sup>1</sup> АО "ЗПП", главный конструктор, panagaev@zpp12.ru.



Поточно-технологическая линия

симальное отклонение от номинального расположения  $\pm 25$  мкм).

Таким образом, предприятие может разрабатывать корпуса с большим количеством функциональных слоев (более 30 на данный момент) с плотным топологическим рисунком и коммутационными переходами. При этом габариты изделий минимальные, а высокая точность пробивки отверстий, нанесения металлизации и повторяемость технологического процесса обеспечивают необходимые межслойные коммутационные соединения и дают возможность серийного изготовления изделий.

Еще одна новая возможность – формирование в металлокерамических платах окон, отверстий и пазов любой геометрической формы. Теперь форма окна керамической платы не обязательно строго прямоугольная, она выбирается по требованию заказчика. Раньше предприятие было ограничено в этом отношении возможностями изготовления оснастки. Изменения коснулись и такого конструктивного элемента, как крышка корпуса. В разрабатываемых корпусах она имеет утонение по периметру. Это значительно облегчает процесс ориентации элемента в момент герметизации. Кроме того, значительно большая толщина в центре крышки повышает надежность защиты при механических воздействиях.

Также были проведены работы по подбору режимов нанесения лазерной маркировки на крышку корпуса. После опроса потребителей выяснилось, что режимы маркировки различаются на разных предприятиях. В результате совместной работы с поставщиком лазерного оборудования мы выбрали оптимальные режимы

нанесения маркировки, обеспечивающие, с одной стороны, точную идентификацию изделия, с другой – целостность покрытия крышки.

Сегодня предприятие работает над новыми перспективными видами продукции.

### МНОГОСЛОЙНЫЕ КОРПУСА С МАТРИЧНЫМ РАСПОЛОЖЕНИЕМ ШАРИКОВЫХ И СТОЛБИКОВЫХ ВЫВОДОВ

По мере уменьшения проектных норм и увеличения площади самих кристаллов повышается важность выравнивания механических напряжений, обусловленных различием температурных коэффициентов линейного расширения (ТКЛР) материалов. В частности, большие про-

блемы для потребителей могут создавать перспективные матричные многовыводные корпуса.

Повышенная плотность монтажа и применение малогабаритных корпусов могут привести к локальным перегревам. Появляется необходимость в использовании теплоотводов. В результате циклического воздействия температур на переход плата-корпус возникают усталостные напряжения. Поэтому необходимо обеспечить термическую совместимость материалов корпуса и платы. Рассеяние тепла от корпуса к плате усиливается в случае низкой посадки корпуса, но при этом снижается эффективность очистки платы после пайки.

Сейчас в микроэлектронике все большее распространение получают корпуса типа BGA, в качестве выводов для которых обычно используют неоплавляемые шарики из высокотемпературного сплава Sn10/Pb90. Шарики крепятся к корпусу микросхемы с помощью эвтектического сплава. Керамические BGA-корпуса (CBGA) обладают следующими преимуществами:

- герметичность и слабая чувствительность к влажности;
- лучший тепловой контакт между корпусом и платой зачастую избавляет от необходимости установки теплоотводов, поскольку предусмотрено большое количество выводов с хорошей теплопроводностью;
- малые длины проводников позволяют расширить диапазон рабочих частот, повысить скорость обработки информации.

Из недостатков можно отметить:

- негибкие выводы. При тепловом расширении из-за несогласованности ТКЛР материала корпуса с ТКЛР

подложки или вибрации некоторые выводы могут сломаться;

- дорогостоящее обслуживание. После того как микросхема припаяна, очень трудно определить дефекты пайки. В некоторых случаях из-за дороговизны микросхемы шарики восстанавливают с помощью паяльных паст и трафаретов.

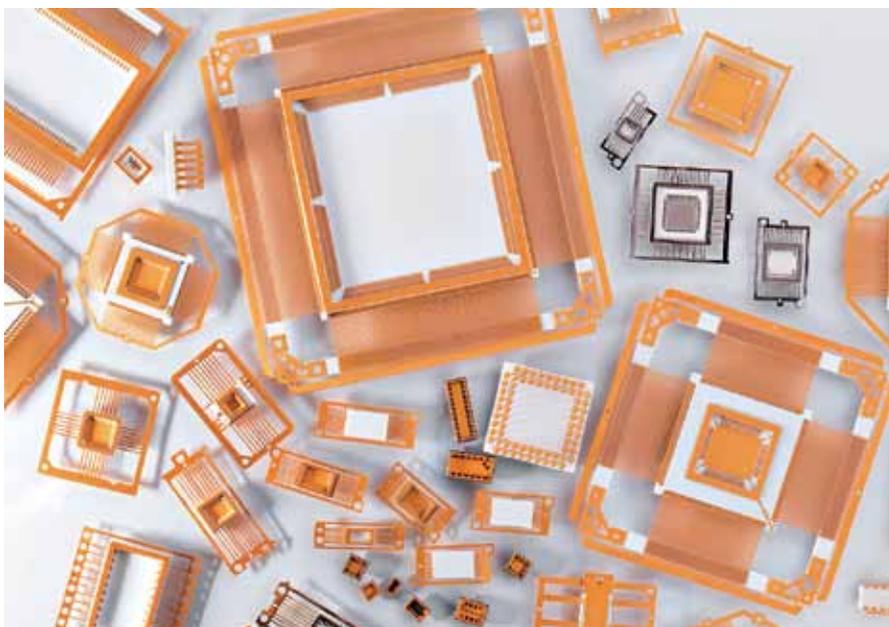
АО "ЗПП" осваивает в производстве BGA-корпуса. В настоящее время изготавливается один корпус на 484 вывода, прорабатываются заявки на изготовление еще двух (484 и 396 выводов).

Надежность паяных соединений корпусов со столбиковыми выводами (CCGA) выше по сравнению с BGA, так как столбиковые выводы эффективнее поглощают высокие напряжения, возникающие в результате теплового расширения материалов металлокерамического корпуса и печатной платы. Кроме того, на столбики навивают медную ленту, чтобы повысить их надежность, поскольку простые столбики подвержены повреждениям во время обработки и установки на печатную плату. В то же время более длинные столбиковые выводы обуславливают высокий профиль микросхемы и требуют осторожного обращения в процессе хранения и монтажа.

Компенсирование разницы коэффициента термического расширения разных материалов позволяет эксплуатировать приборы в корпусах типа CCGA в более широком диапазоне температур. Например, термическое расширение металлокерамики  $Al_2O_3$  составляет примерно  $6,5 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ , а органических плат, таких как полиамидные или FR4, –  $16,5 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ . Таким образом, разница расширений между керамическими и органическими материалами составляет  $10 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ . Выводы керамического корпуса размером  $50 \times 50 \text{ мм}$  могут деформироваться в диапазоне  $\pm 70 \text{ мкм}$  при перепаде температур в  $100^\circ\text{C}$ . Жесткое соединение между керамическими корпусами и органическими подложками в таких условиях гарантированно разорвется. Столбиковые выводы поглощают разницу термических расширений разных материалов, тем самым продлевая срок службы соединения.

На сегодняшний день специалистами предприятия разработаны два CCGA-корпуса – на 672 и 1752 вывода, для которых характерны:

- большее количество керамических слоев (26 и 21 соответственно);

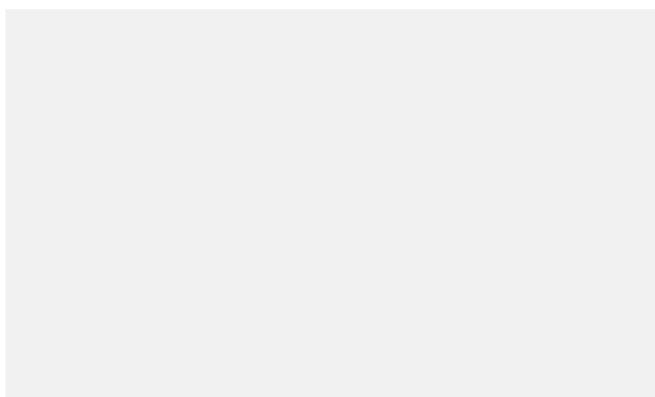


Металлокерамические корпуса производства АО "ЗПП"

- большее количество коммутационных отверстий (17 800 и 27 600 соответственно) диаметром 100 мкм;
- применение стандарта проектирования топологии 100/100.

## МНОГОКРИСТАЛЛЬНЫЕ МОДУЛИ

Необходимость дальнейшей миниатюризации радиоэлектронной аппаратуры (РЭА), повышения ее функциональной сложности, быстродействия и надежности при одновременном уменьшении стоимости, массогабаритных и мощностных показателей стимулирует развитие новых направлений конструктивно-технологического исполнения изделий микроэлектроники. Одно из таких направлений – сборка в виде многокристалльных модулей (МКМ). Технология МКМ объединяет в себе широкий спектр методов сборки монолитных интегральных микросхем (ИМС): от традиционной в виде гибридных



интегральных схем до модулей, изготовленных почти полностью из кремния.

Основных затрат при создании МКМ требуют разработка схем разводки, изготовление подложки, испытания и монтаж негерметизированных ИМС, окончательная сборка и внутреннее соединение элементов.

Как и у любой новой технологии, у МКМ есть достоинства и недостатки.

Достоинства заключаются в следующем:

- уменьшение массогабаритных показателей;
- высокая плотность межсоединений;
- высокая надежность;
- возможность сочетания передовых технологий;
- ремонтпригодность.

Недостатки технологии обусловлены:

- сложностью конструирования и тестирования;
- повышенными требованиями к выбору материалов и процессов.

**Конструктивно-технологические решения создания многокристалльных модулей.** В общем случае многокристалльный модуль представляет собой две или более (до 400) монокристалльные интегральные схемы (ИС) любой степени интеграции, помещенные на многослойной подложке в общий корпус и соединенные между собой с помощью одно- или многоуровневой системы межсоединений.

Функциональные устройства в виде МКМ занимают в шесть раз меньшие объемы в РЭА, чем аналогичные устройства в корпусах с вертикальным размещением выводов (типа DIP), а по стоимости они втрое дешевле. Плотность упаковки элементов в РЭА с использованием МКМ в 10–15 раз выше, чем в блоках на базе печатных плат. Благодаря меньшей длине соединительных линий в МКМ значительно ниже значения паразитных емкости и индуктивности, что способствует повышению быстродействия схем. В ряде случаев мощность, потребляемая РЭА на базе МКМ, может быть уменьшена вдвое. К достоинствам МКМ относятся также малые габариты и масса. Однако экономическая эффективность применения МКМ может быть достигнута лишь при достаточно больших объемах их выпуска.

В зависимости от расположения кристаллов различают МКМ с планарным (одноуровневым) размещением кристаллов, с установкой кристаллов на ребро, с кристаллами на нескольких уровнях (трехмерные модули). Исходя из количества кристаллов можно выделить МКМ малой (от 2–4 до 20–30 ИС), средней (от 30–50 до 100 ИС) и большой (от 100 ИС) сложности, а в зависимости от способа формирования проводников – МКМ с толстопленочными, тонкопленочными проводниками и со смешанными их типами.

Для МКМ с малым числом кристаллов, как правило, используются корпуса, стандартизованные для сборки однокристалльных ИС, в которых основание корпуса служит одновременно подложкой.

Предприятие "ЗПП" реализовало уже несколько проектов создания корпусов для МКМ. Одно из наиболее интересных изделий – планарный корпус, имеющий по периметру платы 506 выводов с шагом 0,5 мм и предназначенный для установки 16 микросхем памяти на монтажной площадке размером 54 × 50 мм.

### МНОГОВЫВОДНЫЕ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИЕ КОРПУСА С ПЛАНАРНЫМ РАСПОЛОЖЕНИЕМ ВЫВОДОВ

На заводе ведутся работы по модернизации ряда серийных изделий с целью улучшения их потребительских качеств.

В широко применяемых в отечественной микроэлектронике планарных корпусах 4229.132-3, 4236.208-2 выводы крепятся к выводным площадкам, расположенным на двух уровнях. Такой конструктивный прием на момент проектирования изделий был единственно возможным решением по расположению внешних выводов с шагом 0,625 мм, однако он не лишен недостатков:

- процесс формовки выводов требует проектирования и изготовления специальной оснастки;
- затруднения при формовке выводов из-за разноразовного расположения – вследствие остаточных механических напряжений в местах сгибов вывода появляются отклонения от номинального расположения формованного конца вывода;
- необходимость формовки увеличивает площадь, занимаемую микросхемой на печатной плате, из-за расположения выводов на верхней плоскости керамической платы;
- в процессе формовки может быть повреждено защитное покрытие выводов.

Модернизация направлена на устранение этих недостатков за счет другой компоновки корпуса. При этом изменения коснутся только внешних выводов, размеры и расположение элементов в окне корпуса останутся прежними. Это позволит производителям микросхем в будущем безболезненно перейти на использование нового корпуса.

Таким образом, можно с уверенностью сказать, что обновление оборудования и внедряемые разработки способствуют повышению качества продукции на всех этапах изготовления металлокерамических корпусов, стимулируют развитие специалистов, а также открывают новые перспективы создания металлокерамических корпусов для различных видов применения. ●