

# Новые возможности АО «Завод полупроводниковых приборов» в области спекания керамических материалов

Р. Ахметгалиев<sup>1</sup>, Е. Ермолаев<sup>2</sup>, Ш. Шугаев<sup>3</sup>

УДК 621.3 | ВАК 05.27.06

В технологический процесс АО «Завод полупроводниковых приборов» внедрена новая электрическая высокотемпературная печь тоннельного типа, позволившая модернизировать технологический процесс обжига металлокерамических изделий и освоить изготовление сложных металлокерамических корпусов, таких как МК 8314.324-1 (рис. 1), МК 8314.324-1.01, МК 8315.512-1 (рис. 2), МК КТ-118-1 (рис. 3), МК КТ-119-1 (рис. 3), МК КТ-95В (рис. 4), МК КТ-95С (рис. 4). О важности процесса обжига и способах его эффективной реализации пойдет речь в данной статье.

**И**зготовление как устаревших, так и современных металлокерамических корпусов для интегральных микросхем на основе алюмооксидной керамики требует решения ряда научно-технических задач, связанных со «сращиванием» межслойных переходов и коммутационной разводки проводников, размещенных на поверхностях внутренних слоев плат, обеспечением требуемых габаритных размеров плат и стабильного шага контактных площадок, а также вопросов, связанных с обеспечением требуемого уровня электрофизических и механических параметров изделий в целом.

Производство металлокерамических изделий для микроэлектроники – сложный технологический процесс, в котором в единый конструктив изделия соединяются различные по физическим свойствам материалы. Одним из наиболее важных этапов, определяющим основные параметры конечного продукта при производстве металлокерамических изделий, является термическая обработка плат в увлажненной газовой среде (формиргазе) – высокотемпературный обжиг, в результате которого происходит множество процессов, начиная от объемной физической усадки (уменьшения габаритных размеров) плат и заканчивая «сцеплением» вольфрамовой металлизации с керамической основой за счет миграции стеклообразующей составляющей керамики (стеклофазы) в вольфрамовую металлизацию.

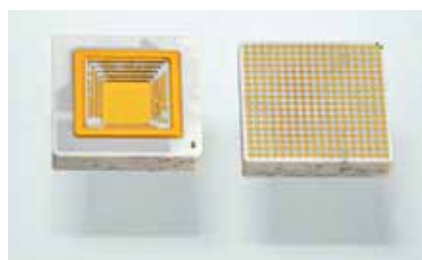


Рис. 1. Корпус МК 8314.324-1



Рис. 2. Корпус МК 8315.512-1



Рис. 3. Корпуса МК КТ-118-1 и МК КТ-119-1



Рис. 4. Корпуса МК КТ-95С и МК КТ-95В

<sup>1</sup> АО «Завод полупроводниковых приборов» (АО «ЗПП»), заместитель главного технолога, rshahmetgaliev@zpp12.ru.

<sup>2</sup> АО «ЗПП», заместитель главного конструктора.

<sup>3</sup> АО «ЗПП», главный конструктор – начальник конструкторско-технологического управления.

Процесс совместного спекания керамики и вжигания металлизации в технологической среде формиргаза является уникальным, так как большинство процессов такого рода предполагает вжигание металлизационной пасты после обжига (спекания) керамической основы.

В процессе совместного обжига керамики с металлизацией формируется определенная микроструктура, обеспечивающая, с одной стороны, требуемое сопротивление проводников, с другой – изоляционные свойства керамики.

Таким образом, качество и характеристики продукции зависят от правильности подбора технологических режимов обжига и точности их поддержания.

Для реализации поставленных задач по обеспечению необходимых свойств продукции была приобретена туннельная печь непрерывного действия с контролируемой газовой атмосферой и температурным профилем (рис. 5), позволяющая реализовать новые технологические решения и возможности в условиях массового производства металлокерамических корпусов микросхем.

Важной особенностью новой печи является то, что для обеспечения непрерывного технологического процесса она снабжена современными приборами контроля, дает возможность регулировки не только профиля температурной кривой, но и параметров поступающих газов, в том числе точки росы, и имеет большое количество регулируемых температурных зон, что в сумме определяет общую длину печи более 23 м.

Используемая в печи смесь газов выполняет как защитную, так и технологическую функции, регулируя сложные необратимые физико-химические процессы, протекающие на начальных стадиях спекания, связанные с испарением, деструкцией и окислением составляющих керамического материала и металлизационной пасты. При повышении температуры возможно протекание как окислительных, так и восстановительных процессов в металлизационном покрытии и в керамике, которые будут оказывать влияние на процессы образования прочной связи керамики с металлизационным покрытием, а также на прочность и вакуумную плотность металлокерамического спая в целом.

Уникальная конструкция и автоматизированная система контроля и регулирования обеспечивают точность поддержания установленных параметров в каждой точке рабочей зоны печи. Благодаря отсутствию существенного градиента температуры в локальном объеме печи (в пределах пакета с изделиями) происходит снижение деформации обжигаемых изделий: значение отклонения



**Рис. 5.** Туннельная печь для спекания металлокерамических плат на территории АО «ЗПП»: а – общий вид; б – зона загрузки

от плоскостности на отдельных изделиях возможно снизить до 0 мм без ухудшения других параметров изделия. Максимально возможная температура для обжига металлокерамических плат, реализуемая на данном оборудовании – 1600 °С.

К слову, возможности старых печей обжига не соответствуют современным потребностям для реализации технологических решений.

Благодаря возможности стабилизации температуры в каждой зоне печи, в том числе в зонах с максимальной температурой, достигается основная цель обжига – качественное спекание всех компонентов керамической массы. Это позволяет получить материалы (табл. 1), которые различны по электрической изоляции, теплостойкости, имеют высокую прочность, устойчивы к истиранию и коррозии.

**Таблица 1.** Физико-механические и электрофизические характеристики керамических материалов

Параметр	Значение	
	ВК 91	ВК 87
Предел прочности при статическом изгибе, кгс/см <sup>2</sup>	≥5000	≥4000
Относительная диэлектрическая проницаемость при частоте 10 <sup>6</sup> Гц и температуре (20 ± 5)°С	≤9,5	≤9,6
Тангенс угла диэлектрических потерь при частоте 10 <sup>6</sup> Гц и температуре (25 ± 10)°С	≤4,5 · 10 <sup>-4</sup>	≤1,5 · 10 <sup>-3</sup>
Удельное объемное электрическое сопротивление при постоянном токе (при температуре 100 ± 3 °С), Ом · см	≥10 · 10 <sup>13</sup>	≥8,2 · 10 <sup>10</sup>
Электрическая прочность (при температуре (25 ± 10)°С), кВ/мм	≥33	≥24,1

Таблица 2. Основные характеристики корпуса МК 8314.324-1 с учетом новых возможностей

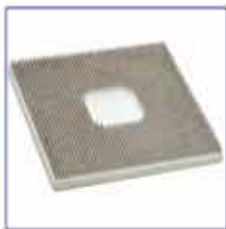
Параметр	Значение
Габаритные размеры тела корпуса, не более, мм	19,1×19,1×4
Масса, не более, г	
корпуса	6,2
основания	5,85
крышки	0,35
Размеры монтажной площадки, не менее, мм	5,5×6,2
Количество контактных площадок, шт.	300
Шаг контактных площадок, мм	0,3
Размеры гарантированных зон контактных площадок, не менее, мм	0,1×0,25 – 280 шт. 0,2×0,25 – 3 шт. 0,25×0,25 – 5 шт. 0,3×0,25 – 2 шт. 0,5×0,25 – 1 шт. 1,1×0,25 – 1 шт.
Количество выводных площадок, шт.	324
Шаг выводных площадок, мм	1,0
Уровень фона адсорбированного газа основания по гелию, не более, Па·см <sup>3</sup> /с (л·мкм рт. ст./с)	$1,33 \cdot 10^{-4}$ ( $1 \cdot 10^{-6}$ )
Показатель герметичности основания корпуса по эквивалентному нормализованному потоку, не более, Па·см <sup>3</sup> /с (л·мкм рт. ст./с)	$1,33 \cdot 10^{-4}$ ( $1 \cdot 10^{-6}$ )
Показатель герметичности корпуса по эквивалентному нормализованному потоку, Па·см <sup>3</sup> /с (л·мкм рт. ст./с)	$6,65 \cdot 10^{-2}$ ( $5 \cdot 10^{-4}$ )
Сопротивление изоляции в низковольтном комплектном устройстве (НКУ) при напряжении 100 В, не менее, Ом	$1 \cdot 10^9$
Электрическая прочность изоляции (макс. испытательное напряжение), В, не менее	200
Сопротивление проводников, Ом, не более	От 0,034 до 2,134
Внутреннее тепловое сопротивление для максимального размера источника тепла, °С/Вт, не более	3,7
Емкость связи, пФ	От 0,78 до 52,52
Емкость проводников, не более, пФ	От 1,54 до 52,08
Максимально допустимый ток, А	От 1,2 до 9,95
Индуктивность токоведущих дорожек и выводов, нГн	От 1,6 до 9,5

ЙОШКАР-ОЛА, РЕСПУБЛИКА МАРИЙ ЭЛ

**АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ЗАВОД ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ»**



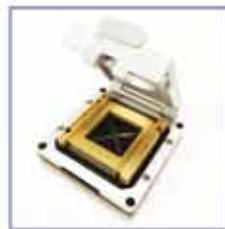
Выводные рамки



Металлокерамические  
корпуса



Нагревательные  
элементы



Контактные  
устройства



Графитовая  
оснастка



Оптоэлектронные  
корпуса



424003, Россия, Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола, ул. Суворова, 26  
Тел.: +7-8362-45-70-09, 45-67-68.  
info@zpp12.ru marketing@zpp12.ru

zpp12.ru

Таблица 3. Основные характеристики корпуса МК 8315.512-1 с учетом новых возможностей

Параметр	Значение
Габаритные размеры тела корпуса, не более, мм	37,1×37,1×3,6
Масса, не более, г	
корпуса	15,6
основания	14,6
крышки	0,98
Размеры монтажной площадки, не менее, мм	11,0×11,0
Количество контактных площадок, шт.	568
Шаг контактных площадок, мм	0,27
Размеры гарантированных зон контактных площадок, не менее, мм:	0,07×0,25 0,07×0,55 0,2×0,2 0,3×0,2 0,5×0,2
Количество выводных площадок, шт.	512
Шаг выводных площадок, мм	1
Уровень фона адсорбированного газа основания по гелию, не более, Па·см <sup>3</sup> /с (л·мкм рт. ст./с)	1,33·10 <sup>-4</sup> (1·10 <sup>-6</sup> )
Показатель герметичности основания корпуса по эквивалентному нормализованному потоку, не более, Па·см <sup>3</sup> /с (л·мкм рт. ст./с)	1,33·10 <sup>-4</sup> (1·10 <sup>-6</sup> )
Показатель герметичности корпуса по эквивалентному нормализованному потоку, Па·см <sup>3</sup> /с (л·мкм рт. ст./с)	6,65·10 <sup>-3</sup> (5·10 <sup>-5</sup> )
Сопротивление изоляции в НКУ при напряжении 100 В, не менее, Ом	1·10 <sup>9</sup>
Электрическая прочность изоляции (макс. испытательное напряжение), В, не менее	200
Сопротивление проводников, Ом	2,5
Внутреннее тепловое сопротивление для максимального размера источника тепла, °С/Вт, не более	0,25
Емкость связи, пФ	От 1,1 до 647
Емкость проводников, не более, пФ	От 3,25 до 629,5
Максимально допустимый ток, А	От 0,96 до 10,75
Индуктивность токоведущих дорожек и выводов, нГн	От 1,4 до 19,2

Уникальная система подачи газа и удаления продуктов сгорания позволяет одновременно со спеканием керамики вжечь и укрепить нанесенную металлизацию, а также обеспечить требуемые параметры отклонений от плоскости обжигаемых деталей. Благодаря этому появилась возможность вжигания топологии с шагом выводов 80 мкм и шириной проводника 80 мкм.

Возможности оборудования позволили модернизировать технологический процесс обжига металло-керамических изделий и реализовать конструкторско-технологические идеи в разработке и изготовлении совершенно новых видов изделий (табл. 2, 3) с коммутационной разводкой высокой плотности (подробнее о них будет рассказано в отдельной статье). ●



**ПЕРЕДОВЫЕ  
ТЕХНОЛОГИИ  
АВТОМАТИЗАЦИИ**



Промышленная  
автоматизация



Цифровизация  
производства



Искусственный  
интеллект



Интернет вещей  
и большие данные



Информационная  
безопасность



Автоматизация зданий  
и инженерных систем

# ПТА ЕКАТЕРИНБУРГ

2022

XVII Специализированная  
конференция

📅 16 февраля

📍 Novotel Екатеринбург Центр