

Металлокерамические корпуса и материалы АО «ТЕСТПРИБОР» для изделий микроэлектроники

А. Максимов¹, Н. Василенков²

УДК 621.3 | ВАК 05.27.06

Среди ключевых направлений деятельности АО «ТЕСТПРИБОР» (www.test-expert.ru) – разработка и производство металлокерамических корпусов, материалов и изделий для электронной промышленности. За последние несколько лет компания выполнила более 30 НИР и ОКР в области разработки металлокерамических корпусов для интегральных микросхем как гражданского, так и специального назначения. Номенклатура корпусов АО «ТЕСТПРИБОР» насчитывает более 70 наименований. Гибкость производства позволяет обеспечить как серийное, так и мелкосерийное и единичное производство. Рассмотрим основную номенклатуру корпусной продукции АО «ТЕСТПРИБОР» для интегральных микросхем, их конструктивное исполнение, технические характеристики, а также основные типы материалов и изделий для электронной промышленности, освоенные компанией в последнее время.

МЕТАЛЛИЗИРОВАННЫЕ КЕРАМИЧЕСКИЕ ПЛАТЫ

Металлизированные керамические платы предназначены для электрической изоляции конструкций, узлов и элементов различных электронных устройств. В качестве материалов для керамических подложек используют алюмооксидную (Al_2O_3 92%, 96% или 99,6%) и алюминитридную (AlN) керамику (табл. 1). Керамические подложки могут иметь как одно- или двухстороннюю сплошную металлизацию, так и топологический рисунок, сформированный в соответствии с техническими требованиями заказчика. Для металлизации керамических плат в АО «ТЕСТПРИБОР» наиболее часто применяют две технологии:

- на основе толстопленочной технологии Thick-Film (рис. 1, б): покрытие или проводящий топологический рисунок формируются путем трафаретного нанесения пасты с последующим вжиганием в защитной среде;
- на основе технологии STC (см. рис. 1, в): используется для изготовления керамических плат на основе Al_2O_3 96% и AlN с металлизацией медью толщиной до 400 мкм с возможностью последующего формирования заданного топологического рисунка фотолитографическими методами.

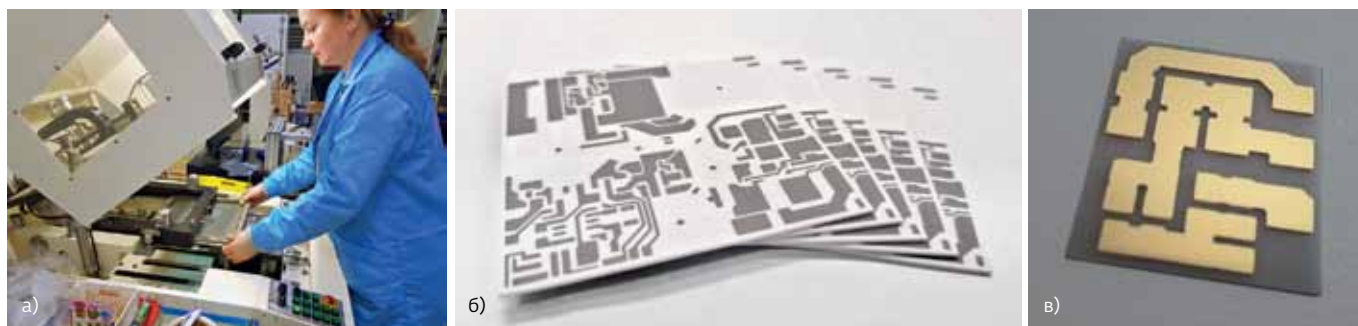


Рис. 1. Металлизированная керамическая плата: а) нанесение металлизации методом трафаретной печати, б) топологический рисунок сформирован по толстопленочной технологии, в) металлизация медью толщиной 350 мкм по технологии STC

¹ АО «ТЕСТПРИБОР», главный конструктор.

² АО «ТЕСТПРИБОР», технический директор.

Таблица 1. Основные характеристики материалов керамических подложек металлизированных плат

Характеристика	Al ₂ O ₃ 92%	Al ₂ O ₃ 96%	Al ₂ O ₃ 99,6%	AlN 98%
Цвет	Черный	Белый	Белый	Серый
Плотность, г/см ³	-	3,72	3,89	3,30
Влагопоглощение, %	0	0	0	0
Теплопроводность, Вт/(м·К)	14	28	29	180-220
ТКЛР (20-1 000 °С), 10 ⁻⁶ /°К	7,1	6,8-8,0	7,2-8,2	6,2
Диэлектрическая проницаемость (1 МГц)	9,8	9,0	9,75	
Тангенс угла диэлектрических потерь (1 МГц)	0,0024	0,0002	0,0001	0,0003
Напряжение пробоя, кВ/мм	-	15,0	25	15,0
Предел прочности при изгибе, МПа	400	300	400	260
Модуль упругости, ГПа	310	330	390	320
Прочность на сжатие, МПа	-	2 100	-	-
Твердость, кг/мм ²	-	14-15	-	1 110
Удельное объемное электрическое сопротивление (20 °С), Ом·см	-	10 ¹³	-	10 ¹⁵

ИЗДЕЛИЯ ИЗ ТЕХНИЧЕСКОЙ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ

В соответствии с техническими требованиями заказчика АО «ТЕСТПРИБОР» выпускает керамические изоляторы с металлизацией, а также сложнопрофилированной формы (рис. 2, 3). Металлизированные боковые, торцевые и внутренние поверхности изоляторов обеспечивают вакуумплотные спаи с металлическими деталями твердыми припоями (Ag72Cu28) при температуре 800–850 °С.

Возможные варианты исполнения керамических изоляторов:

- покрытие металлизированных поверхностей:
 - Н2 (никель 2–7 мкм);
 - Н2Зл.0,5 (никель 2–7 мкм, золото 0,5 мкм (макс.));
- материал металлизированной поверхности: молибден-марганец (20–40 мкм);
- значения шероховатостей поверхности:
 - без дополнительной обработки Ra 2–5 мкм;
 - после обработки Ra < 1 мкм.



Рис. 2. Керамический изолятор



Рис. 3. Втулка керамическая



Рис. 4.
Нанесение
гальванического
покрытия на
металлостек-
лянные корпуса
типа ТО

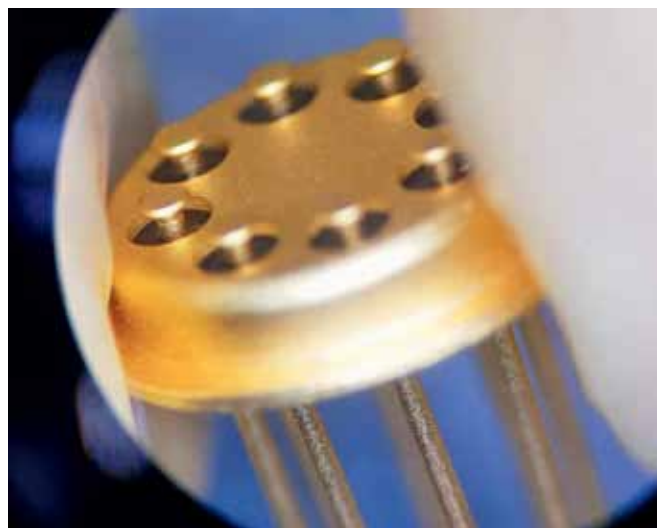


Рис. 5. Корпус металлостеклянный типа ТО-5

ИЗДЕЛИЯ СО СТЕКЛЯННЫМИ ИЗОЛЯТОРАМИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Компания «ТЕСТПРИБОР» запустила собственную производственно-технологическую линию по выпуску изделий для электронной промышленности со стеклянными изоляторами. В настоящее время обеспечивается производство:

- металлостеклянных корпусов для интегральных микросхем, полупроводниковых приборов, резонаторов, датчиков и т. д. (рис. 4 и 5);
- проходных изоляторов;
- герметизированных вводов для блоков радиоэлектронной аппаратуры, двигателей и т. д.

Для групповой пайки и вжигания стеклянных изоляторов АО «ТЕСТПРИБОР» применяет нестандартную

технологическую графитовую оснастку (рис. 6 и 7), для изготовления которой используется графит марок ТР-10 и ТР-808 (табл. 2). Изначально созданные для применения в области космического приборостроения эти марки графита отличаются рядом преимуществ благодаря следующим особенностям:

- рабочая температура до 2000 °С;
- высокая устойчивость к знакопеременным нагрузкам;
- не менее 500 рабочих циклов нагрева и охлаждения;
- полное отсутствие газовой выделений;
- небольшой коэффициент теплового линейного расширения.



Рис. 6. Сборка изделий в графитовую оснастку



Рис. 7. Графитовая технологическая оснастка для групповой пайки и вжигания стеклянных изоляторов

Таблица 2. Основные технические характеристики графита марок ТР-10 и ТР-808

Наименование характеристики и параметра	ТР-10	ТР-808
Плотность, г/см ³	1,75	1,77
Предел прочности при изгибе, МПа	58,8	50,0
Предел прочности при сжатии, МПа	98,0	120,0
Удельное электрическое сопротивление, мкОм·см	1400	1400
Теплопроводность, Вт/мК	104,4	80,0
ТКЛР, ×10 ⁻⁶ /°С	3,8	3,9
Модуль упругости, ГПа	10,8	10,5
Твердость	50,0	70,0
Зольность, %	0,01	0,02
Коэффициент пористости, %	15,0	13,0

КОРПУСА ДЛЯ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ

АО «ТЕСТПРИБОР» выпускает более 70 наименований корпусов следующих типов:

- 2-й тип по ГОСТ Р 54844;
- 4-й тип по ГОСТ Р 54844;
- 5-й тип по ГОСТ Р 54844;
- 6-й тип по ГОСТ Р 54844;

- 8-й тип по ГОСТ Р 54844;
- КТ по ГОСТ 18472.

Кроме того, в настоящее время компания выполняет опытно-конструкторские работы, в рамках которых разрабатываются 22 типа металлокерамических корпусов категории качества «ВП».

Корпуса 2-го типа по ГОСТ Р 54844

В корпусах 2-го типа, выпускаемых АО «ТЕСТПРИБОР», применены уникальные решения. Корпуса МК 2103.8-А (рис. 8) и МК 2134.16-А изготовлены по базовой технологии производства многослойных высокотемпературных отожженных керамических модулей, но за счет усовершенствованных материалов обладают немагнитными

свойствами и предназначены для производства микросистем анализа слабых магнитных полей. Основание ФПЗС (рис. 9) стало уникальным благодаря глубине монтажного колодца, равной 10,5 мм. Общие технические характеристики корпусов 2-го типа представлены в табл. 3.

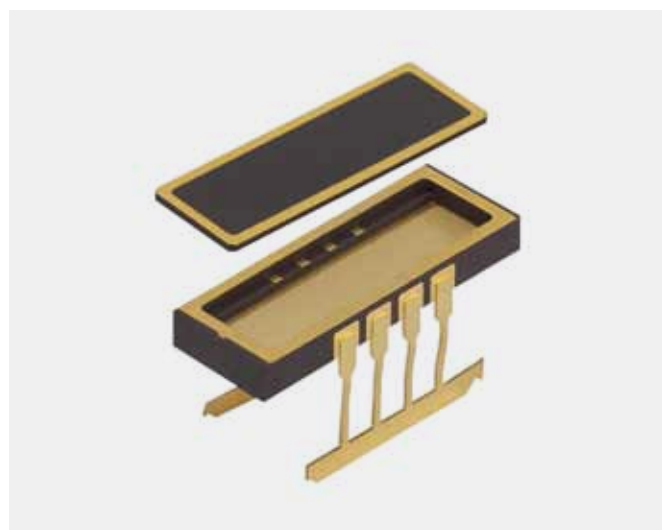


Рис. 8. Корпус МК 2103.8-А



Рис. 9. Основание ФПЗС

Таблица 3. Основные технические характеристики корпусов 2-го типа по ГОСТ Р 54844

Характеристика	МК 2103.8-А	МК 2134.16-А	Основание ФПЗС
Количество выводов	8	16	24
Шаг выводов, мм	2,54	2,54	2,50
Размер монтажной площадки, не менее, мм	17,56×4,10	7,55×4,65 и 9,15×4,65	22,9×14,9
Габаритные размеры тела корпуса, не более, мм	20,57×7,57×3,30	20,52×12,60×3,25	31,0×25,0×16,0
Глубина монтажного колодца, мм	0,65±0,10	0,65±0,15	10,5-0,2

Корпуса 4-го типа по ГОСТ Р 54844

В отдельную группу выделены корпуса 4-го типа с количеством выводов 44, 68, 100, 144, 176, 208, 240, 256, 304, 352 и шагом выводов 0,5 мм (табл. 4). Эти изделия разрабатывались в несколько этапов.

На первом этапе были разработаны корпуса с количеством выводов 68 (МК 4239.68-1), 100 (МК 4247.100-1), 144 (МК 4248.144-1), 176 (МК 4249.176-1), 208 (МК 4250.208-1). В целях расширения конструктивных и функциональных возможностей при производстве интегральных микросхем на втором этапе данный ряд изделий был дополнен планарными корпусами с количеством выводов 44 (МК 4217.44-1), 240 (МК 4245.240-7), 256 (МК 4244.256-4), 304 (МК 4251.304-2) и с максимальным для данного типа количеством выводов – 352 (МК 4254.352-2), конструктивное исполнение которых предполагает монтаж внешних выводов со стороны установочной плоскости корпуса, что позволяет:

- повысить качество формовки выводов корпусов и уменьшить количество бракованных микросхем

на финишных операциях изготовления, таких как обрубка технологической части выводной рамки и формовка выводов микросхем;

- уменьшить длину выводов микросхем;
- повысить уровень технологичности и уменьшить трудоемкость при монтаже микросхем на печатные платы.

Все эти преимущества проверены на практике применения корпусов с нижним расположением выводов, что подтверждается положительными отзывами предприятий – производителей изделий микроэлектроники. В связи с этим выполнен комплекс работ по созданию конструктивно функциональных аналогов корпусов МК 4239.68-1, МК 4247.100-1, МК 4248.144-1, МК 4249.176-1 и МК 4250.208-1 с нижним расположением выводов (рис. 10, 11).

К 4-му типу корпусов относятся также планарные металлокерамические корпуса с количеством выводов 64 (два варианта исполнения), 72, 108 (три варианта исполнения), 112, 240 (три варианта исполнения) и 256 (табл. 5).

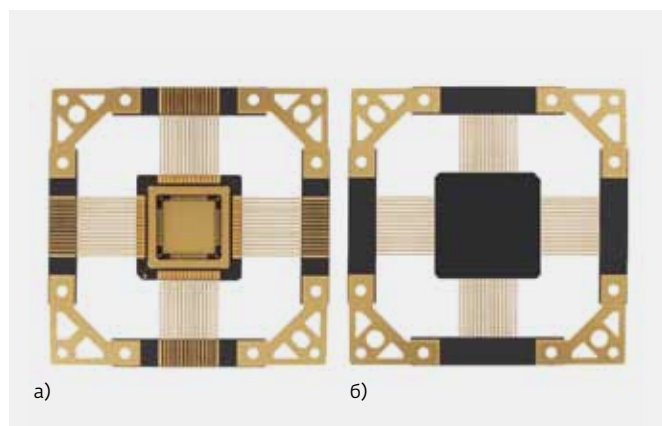


Рис. 10. Корпус МК 4239.68-1 с верхним расположением выводов: а) вид сверху, б) вид снизу

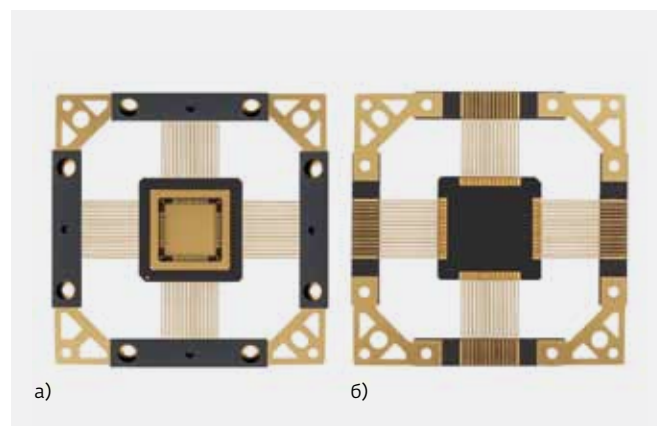


Рис. 11. Корпус МК 4239.68-2 с нижним расположением выводов: а) вид сверху, б) вид снизу

Таблица 4. Основные технические характеристики конструктивно-унифицированного ряда металлокерамических корпусов с количеством выводов 44, 68, 100, 144, 176, 208, 240, 256, 304 и шагом выводов 0,5 мм

Наименование параметра	Количество выводов	Количество контактных площадок	Шаг выводов, мм	Размер монтажной площадки, не менее, мм	Габаритные размеры тела корпуса, не более, мм	Глубина монтажного колодца, мм	Расположение выводов
МК 4217.44-1	44	48	0,5	5,4×5,4	10,2×10,2×3,03	0,50±0,05	Нижнее
МК 4239.68-1	68	68	0,5	7,5×7,5	15,15×15,15×2,87	0,50±0,05	Верхнее
МК 4239.68-2	68	72	0,5	7,5×7,5	14,15×14,15×2,87	0,50±0,05	Нижнее
МК 4247.100-1	100	100	0,5	9,0×9,0	18,18×18,18×2,87	0,50±0,05	Верхнее
МК 4247.100-3	100	104	0,5	9,0×9,0	18,18×18,18×2,87	0,50±0,05	Нижнее
МК 4248.144-1	144	146	0,5	12,5×12,5	22,20×22,20×2,87	0,50±0,05	Верхнее
МК 4248.144-3	144	153	0,5	12,5×12,5	22,20×22,20×2,87	0,50±0,05	Нижнее
МК 4249.176-1	176	178	0,5	12,0×12,0	26,25×26,25×3,17	0,50±0,05	Верхнее
МК 4249.176-2	176	185	0,5	12,0×12,0	26,25×26,25×3,0	0,50±0,05	Нижнее
МК 4250.208-1	208	208	0,5	13,0×13,0	29,29×29,29×3,17	0,50±0,05	Верхнее
МК 4250.208-2	208	217	0,5	13,0×13,0	29,29×29,29×3,0	0,50±0,05	Нижнее
МК 4245.240-7	240	244	0,5	13,0×13,0	34,34×34,34×3,12	0,50±0,05	Нижнее
МК 4244.256-4	256	260	0,5	17,0×17,0	36,36×36,36×3,12	0,50±0,05	Нижнее
МК 4251.304-2	304	308	0,5	17,0×17,0	42,42×42,42×3,12	0,50±0,05	Нижнее
МК 4254.352-1	352	361	0,5	19,0×19,0	48,48×48,48×3,5	0,50±0,05	Нижнее

Таблица 5. Основные технические характеристики корпусов 4-го типа по ГОСТ Р 54844

Наименование параметра	Количество выводов	Количество контактных площадок	Шаг выводов, мм	Размер монтажной площадки, не менее, мм	Габаритные размеры тела корпуса, не более, мм	Глубина монтажного колодца, мм
МК 4165.64-1	64	99	0,5	14,3×10,4	20,2×20,2×4,1	0,50±0,05
МК 4164.64-1	64	198	1	2МП (14,7×10,2)	40,40×20,20×4,93	0,50±0,05
МК 4150.72-A	72	72	0,508	16,75×16,75	27,27×27,27×4,20	0,75±0,08
МК 4238.108-2	108	108	0,625	12,8×12,8	22,22×22,22×2,90	0,50±0,05
МК 4238.108-3	108	108	0,625	8,6×8,6	22,22×22,22×2,90	0,50±0,05
МК 4238.108-4	108	108	0,625	8,6×8,6	22,22×22,22×2,90	0,50±0,05
МК 4233.112-A	112	112	0,635	12,5×8,9	26,95×26,95×3,07	0,50±0,1
4156.132-A К	132	332	0,508	16,75×32,75	38,38×27,27×6,2	0,75±0,08
МК 4245.240-5	240	240	0,5	10,3×10,3	34,33×34,33×4,21	0,762±0,08
МК 4245.240-6	240	240	0,5	12,8×12,8	34,33×34,33×4,21	0,762±0,08
МК 4245.240-6.01	240	240	0,5	12,8×12,8	34,33×34,33×4,21	0,762±0,08
МК 4244.256-3	256	256	0,5	13,85×12,85	36,36×36,36×3,15	0,50±0,05

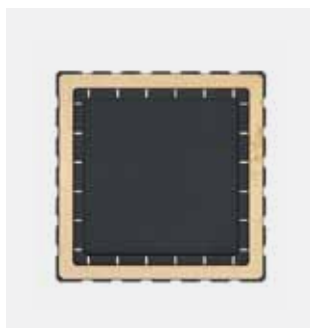


Рис. 12. Корпус
МК 5161.24-А



Рис. 13. Корпус
МК 5125.40-1

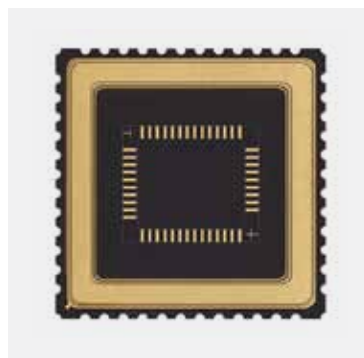


Рис. 14. Корпус 5142.48-В



Рис. 15. Корпус
МК 5157.64-1

Корпуса 5-го типа по ГОСТ Р 54844

К 5-му типу корпусов, выпускаемых АО «ТЕСТПРИБОР», относятся следующие изделия: МК 5119.16-А, МК 5121.20-А, МК 5161.24-А (рис. 12), МК 5123.28-1, МК 5123.28-1.01,

МК 5125.40-1 (рис. 13), МК 5142.48-А, МК 5142.48-В (рис. 14), МК 5157.64-1 (рис. 15) и МК 5163.64-1 (табл. 6).

Корпуса 6-го и 8-го типов по ГОСТ Р 54844

В линейках 6-го и 8-го типов корпусов, выпускаемых АО «ТЕСТПРИБОР», представлены следующие изделия: МК 8306.144-1 (рис. 16), МК 8301.399-1, МК 6120.407-А,

МК 8305.483-1, МК 8305.483-2 (рис. 17), МК 6117.602-А (рис. 18), МК 6117.602-Д, МК 8304.624-1 и МК 8302.675-1 (табл. 7).

Таблица 6. Основные технические характеристики корпусов 5-го типа по ГОСТ Р 54844

Наименование параметра	Количество выводных площадок	Шаг выводных площадок, мм	Размер монтажной площадки, не менее, мм	Габаритные размеры тела корпуса, не более, мм	Глубина монтажного колодца, мм
МК 5119.16-А	16	1,27	3,91×3,91	7,82×7,82×2,42	0,508±0,05
МК 5121.20-А	20	1,27	4,78×4,78	9,09×9,09×2,68	0,635±0,05
МК 5161.24-А	24	2,54	13,25×13,25	18,18×18,18×2,45	0,50±0,05
МК 5123.28-1	28	0,7	3,90×3,90	6,65×6,65×2,11	0,40±0,05
МК 5123.28-1.01	28	0,7	3,90×3,90	6,65×6,65×2,22	0,50±0,06
МК 5125.40-1	40	0,5	4,4×4,4	7,0×7,0×2,0	0,50±0,05
МК 5142.48-А	48	1,016	7,47×7,47	12,85×12,85×2,124	0,508±0,05
МК 5142.48-В	48	1,016	5,37×4,37	14,45×14,45×2,39	0,508±0,06
МК 5157.64-1	64	0,5	5,98×5,98	9,15×9,15×1,94	0,50±0,05
МК 5163.64-1	64	0,7	10,4×10,4	13,20×13,20×1,99	0,50±0,05

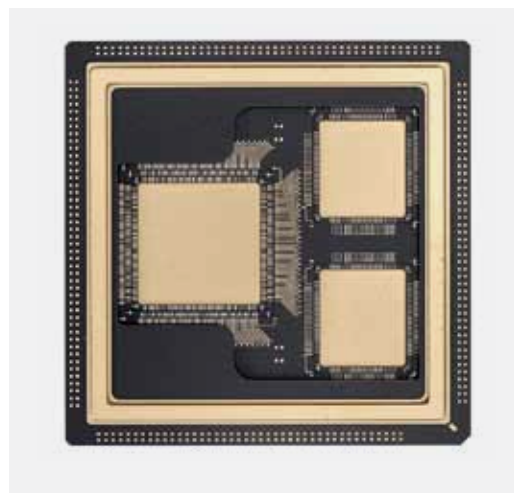
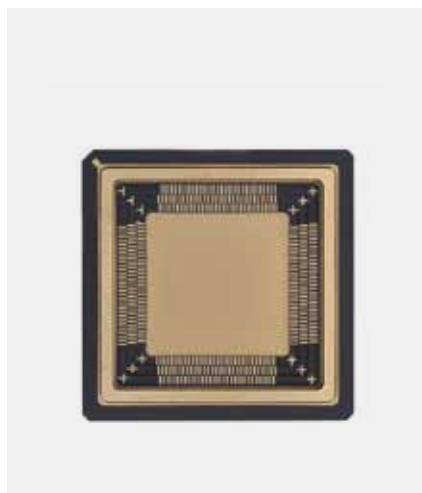


Рис. 16. Корпус МК 8306.144-1

Рис. 17. Корпус МК 8305.483-2

Рис. 18. Корпус МК 6117.602-A

Таблица 7. Основные технические характеристики корпусов 6-го и 8-го типов по ГОСТ Р 54844

Наименование параметра	Количество выводных площадок	Шаг матрицы выводных площадок, мм	Размер монтажной площадки, не менее, мм	Габаритные размеры тела корпуса, не более, мм	Глубина монтажного колодца, мм
МК 8306.144-1	144	1	7,9×7,9	13,64×13,64×2,98	0,60±0,06
МК 8301.399-1	399	1	11,2×11,2	21,21×21,21×3,46	0,60±0,06
МК 6120.407-A	407	1,27	13,85×13,85	30,79×30,79×3,26	0,60±0,06
МК 8305.483-1	483	1	10,8×10,8	23,23×23,23×3,50	0,75±0,08
МК 8305.483-2	483	1	12,0×12,0	23,23×23,23×3,52	0,60±0,05
МК 6117.602-A	602	1338	1' - 12,3×12,3 2' - 9,75×8,65 3' - 9,75×8,65	41,71×41,71×4,52	0,75±0,08
МК 6117.602-D	602	1,27	12,3×12,3	35,35×35,35×4,47	0,75±0,08
МК 8304.624-1	624	1	18,71×18,71	28,20×28,20×4,34	0,75±0,08
МК 8302.675-1	675	1	15,7×13,5	27,27×27,27×3,51	0,60±0,06

КОРПУСА ДЛЯ МОЩНЫХ ДИСКРЕТНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ

Кроме корпусов для интегральных цифровых и аналоговых микросхем АО «ТЕСТПРИБОР» развивает направление корпусов для мощных дискретных полупроводниковых приборов. В настоящее время компания завершила ряд работ, целями которых были разработка и освоение промышленного производства серии корпусов типов КТ (рис. 19) и SMD (рис. 20) категории качества «ВП», соответствующих требованиям ГОСТ РВ 20.39.412-97, ГОСТ РВ 5901-004-2010 и ГОСТ Р 57439-2017, с улучшенными показателями теплопроводности оснований (табл. 8 и 9).

При проектировании корпусов для мощных дискретных полупроводниковых приборов особое внимание следует уделять выбору материала теплоотвода, поскольку от его характеристик зависят надежность прибора и его способность сохранять заданные параметры в течение всего срока эксплуатации.

Достаточно много материалов отличается хорошими показателями теплопроводности, однако многие из них невозможно применять в конструкции корпуса из-за несовместимости физико-механических свойств с керамикой. В табл. 10 приведены основные свойства материалов,

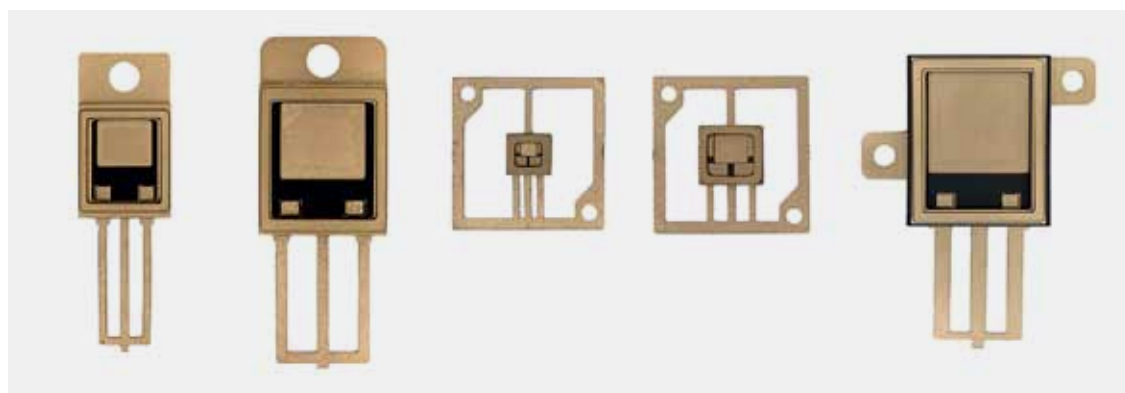


Рис. 19. Серия корпусов типа КТ: основания корпусов (слева-направо) МК КТ-28В-1, МК КТ-43С-1, МК КТ-98А-1, МК КТ-99С-2 и МК КТ-105-3



Рис. 20. Серия корпусов типа SMD: основания корпусов (слева-направо) МК КТ-93-3, МК КТ-94-5, МК КТ-95-3 и МК КТ-106-2

Таблица 8. Основные технические характеристики корпусов типа КТ

Наименование параметра	Количество выводных площадок	Шаг выводов, мм	Размер монтажной площадки, не менее, мм	Габаритные размеры тела корпуса, не более, мм	Глубина монтажного колодца, мм
МК КТ-28В-1	3	2,54	5,0×6,1	10,70×19,05×3,97	0,35±0,05
МК КТ-43С-1	3	5,08	10,0×9,0	24,90×15,90×5,07	0,95±0,10
МК КТ-98А-1	3	0,85	0,8×0,8	3,10×3,40×1,26	0,30±0,05
МК КТ-99С-2	3	1,5	0,8×0,8	4,60×4,25×1,47	0,40±0,05
МК КТ-105-3	3	5,08	13,0×13,0	32,80×23,60×5,07	0,95±0,05

Таблица 9. Основные технические характеристики корпусов типа SMD

Наименование параметра	Количество выводных площадок	Количество контактных площадок	Размер монтажной площадки корпуса, не менее, мм	Габаритные размеры тела корпуса, не более, мм	Глубина монтажного колодца, мм
МК КТ-93-3	3	2	3,6×5,0	10,20×7,60×3,00	0,55±0,05
МК КТ-94-5	3	2	8,33×8,33	15,93×11,50×3,42	1,30±0,15
МК КТ-95-3	3	2	9,28×9,28	17,60×13,40×2,82	0,55±0,05
МК КТ-106-2	3	2	13,0×13,0	23,60×20,00×3,17	0,50±0,05

которые наиболее часто используются для изготовления теплопроводящих подложек в электронной промышленности. Из перечня материалов, представленных в таблице, самое широкое применение в конструкции корпусов нашли молибдено-медные и вольфрам-медные псевдосплавы.

Например, сплав WCu представляет собой комбинацию вольфрама (W) с низким значением ТКЛР и меди (Cu), которая отличается высокой теплопроводностью. Значение ТКЛР сплава WCu, в зависимости от процентного содержания в нем вольфрама и меди, может быть подобрано таким образом, чтобы оно соответствовало значениям ТКЛР алюмооксидной керамики и коvara. Кроме того, данный

материал хорошо обрабатывается, из него можно изготавливать детали сложной формы.

В настоящее время псевдосплавы WCu и MoCu – основные коммерческие материалы для изготовления теплоотводов корпусов как для полупроводниковых приборов, так и для ИМС.

Теплопроводность структур теплоотводов на основе «слоистых композитов» Cu/MoCu/Cu и Cu/WCu/Cu (рис. 21) почти в 1,5 раза больше по сравнению с типовыми значениями теплопроводности материалов WCu и MoCu, однако и стоимость их более высокая.

Графитовый материал TPG отличается превосходными теплопроводящими свойствами и его применение

Таблица 10. Основные физико-механические свойства теплопроводящих материалов

Тип материала	Наименование материала	Состав	ТКЛР, 10 ⁻⁶ /°К			Теплопроводность, Вт/(м·К)		Удельный вес, г/см ³	
			0–100 °С	100–400 °С	400–800 °С	25 °С	100 °С		
Металл	W		4,6	–	4,7	167	159	19,3	
	Mo		5,2	–	5,7	142	138	10,2	
	Cu		17,1	–	19,4	394	–	8,93	
	Al		24,3	26,5	–	238	–	2,7	
	WCu	W94Cu6		5,9	6,0	6,4	141	137	17,6
		W89Cu11		6,5	7,1	7,9	174	167	17
		W85Cu15		7,0	7,4	8,6	184	178	16,4
		W80Cu20		7,9	8,6	9,8	200	197	15,65
	MoCu	Mo85Cu15		6,8	7,3	7,6	148	144	10,01
		Mo70Cu30		7,7	7,6	7,5	195	190	9,8
		Mo65Cu35		8,2	8,1	7,8	210	205	9,7
		Mo60Cu40		8,8	8,5	8,2	220	215	9,6
	MoCu	Mo40Cu60		11,5	10,8	10,5	275	268	9,4
		Cu/PCM/Cu		7,7	7,8	7,6	200	195	9,5
		Cu/PCM/Cu		10,6	8,8	8,4	235	230	9,3
		Cu/PCM/Cu		11,6	9,5	9,8	260	–	9,2
		Cu/PCM/Cu		14,4	11,5	12,1	300	–	–
	Cu/PCM/Cu	Cu/PCM/Cu		13,8	11,5	12,1	300	–	9,1
	Керамика	AlN		–	4,5	–	200	180	3,26
Металло-керамика	Al-SiC	SiC70Al30	8,0	–	–	140	–	2,6	
		SiC65Al35	9,0	–	–	130	–	2,6	
		SiC45Al55	14,0	–	–	160	–	2,6	
Графит	TPG		–1	–	–	1700	1500	2,3	
	Медь-графит		8,3	–	–	370	–	5,0	

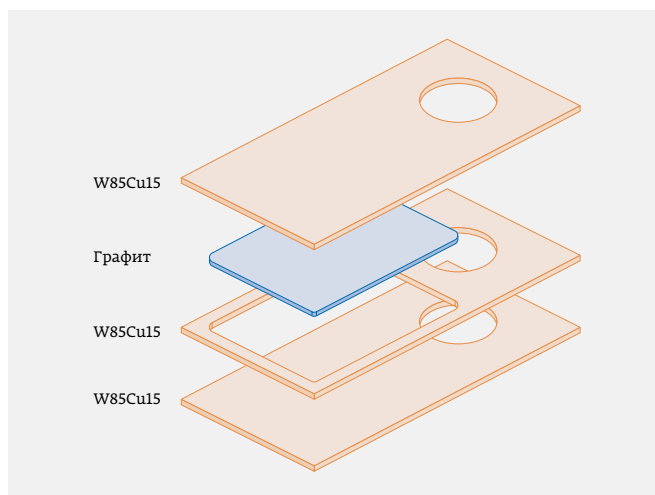
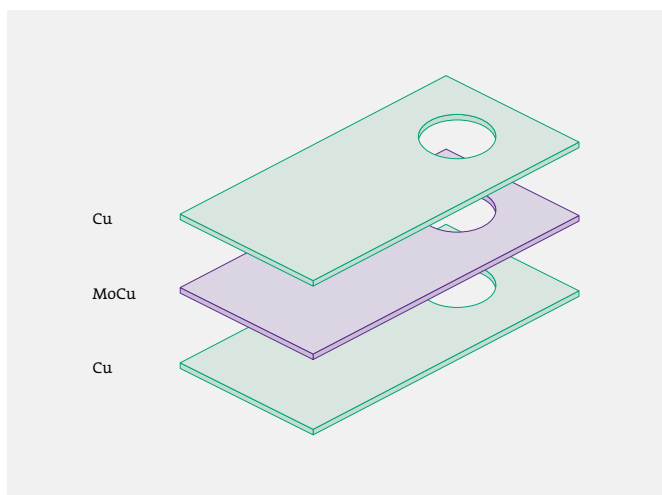


Рис. 21. Пример структуры теплоотвода на основе «слоистых композитов»

в структурах теплоотводов (один из вариантов реализации приведен на рис. 22) позволяет снизить тепловое сопротивление переход-корпус более чем на 30%. Однако массовое промышленное применение этого перспективного материала ограничивается из-за сложности технологического процесса производства и высокой стоимости.

Следует отметить также относительно недавно появившийся на рынке материал Al-SiC, который представляет собой спеченный теплопроводящий материал, удельный вес которого в три раза меньше Cu, а значение теплопроводности составляет 160 Вт/(м·К). Показатель ТКЛР

Рис. 22. Пример структуры теплоотвода с графитовой вставкой

этого материала определяется процентным соотношением Al и SiC, однако его применение ограничено из-за ряда недостатков.

В качестве перспективного материала, оптимально подходящего для решения задач повышения теплопроводности оснований корпусов для мощных дискретных полупроводниковых приборов, можно рассматривать новый композиционный материал медь-графит (Cu-Graphite). Его теплопроводность близка к теплопроводности чистой меди – 370 Вт/(м·К), а удельный вес (5,0 г/см³) в два раза меньше меди и более чем в три раза меньше сплава W85Cu15.

ГАЛЬВАНИЧЕСКОЕ ПРОИЗВОДСТВО

В целях обеспечения непрерывного технологического цикла производства корпусов и металлизированных керамических подложек для изделий микроэлектроники в АО «ТЕСТПРИБОР» создан и введен в эксплуатацию участок гальванических покрытий (рис. 23). В настоящее время

компания предлагает также услуги по химическому никелированию (толщиной до 11 мкм), химическому золочению (до 0,5 мкм) и гальваническому золочению (до 3 мкм) металлизированных поверхностей и поверхностей металлических деталей изделий микроэлектроники. ●



Рис. 23. Участок гальванических покрытий АО «ТЕСТПРИБОР»