



Разработка и изготовление микросборок на многослойной керамике

Андрей Щербина (Москва)

Развитие радиоэлектронной промышленности тесно связано с минимизацией изделий и применением высоко интегрированных сборок. Получение максимальной производительности при минимальном занимаемом объёме неизбежно приводит к значительному нагреву электронных компонентов. Данная проблема может быть решена посредством использования подложек с высокой теплопроводностью.

В силовой электронике и микроэлектронике используются керамические подложки, полученные на основе процессов тонких или толстых плёнок. Компанией «ТЕСТПРИБОР» освоены технологии изготовления однослойных и многослойных подложек из керамики на основе оксида алюминия Al_2O_3 , нитрида алюминия AlN и оксида бериллия BeO . Изделия из вышеуказанных материалов характеризуются высокой теплопроводностью, низким коэффи-

циентом теплового расширения, низкими диэлектрическими потерями и высокой механической прочностью.

В качестве примера применения данных технологий рассмотрим процесс разработки корпуса для микросборки, схема которой приведена на рисунке 1. Эта микросборка является частью схемы DC/DC-преобразователя напряжения. Основное требование, которое предъявлялось к корпусу микросборки, – отвод тепла, выделяемого на поле-

вых транзисторах VT2 и VT3, до 4 Вт на каждом. Микросборка должна работать в условиях вакуума. Максимальная температура кристаллов не должна превышать $+125^\circ C$ при максимальной допустимой температуре окружающей среды $+65^\circ C$.

В экспериментальной схеме, предложенной разработчиком, использовались корпусные транзисторы в корпусе КТ-94. В микросборке используются кристаллы транзисторов с параметрами, приведёнными в таблице 1. Размеры кристаллов составляют $5,6 \times 5,0$ мм и $7,33 \times 7,31$ мм.

Для решения поставленной задачи с учётом возможностей производства наиболее подходящими являются два материала: оксид алюминия с чистотой 99,5% или нитрид алюминия. Параметры материалов приведены в таблице 2. Толщина одного слоя керамики после обжига составляет 0,25 мм.

Рассмотрим, как отводится тепло от кристалла, установленного на керами-

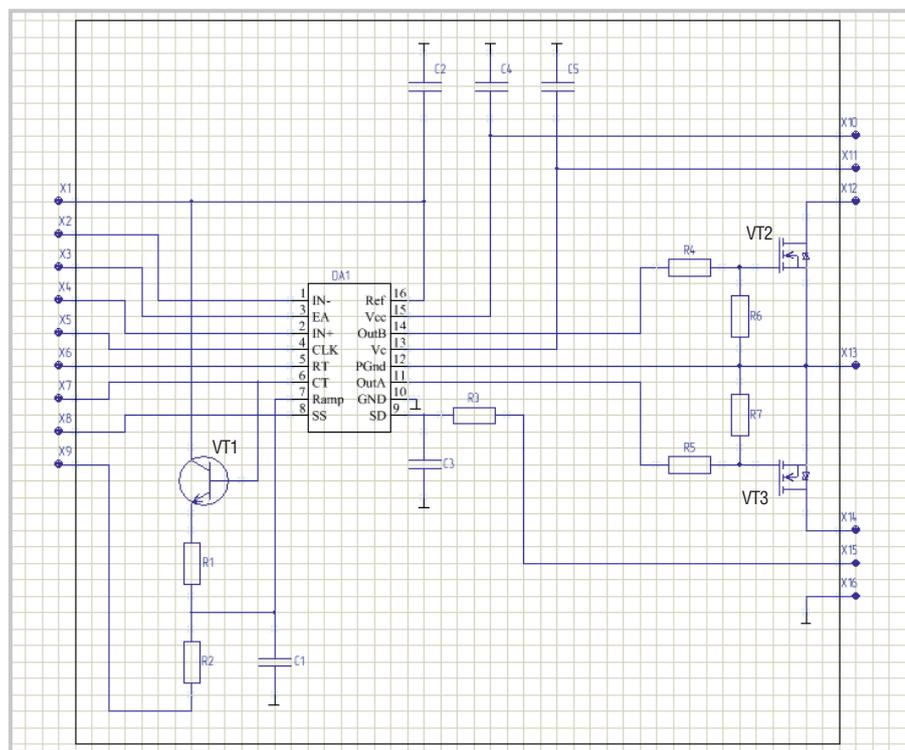


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема микросборки

Таблица 1. Параметры полевых транзисторов

Наименование	$U_{дк}, В$	$I_c, А$	$R_{дп}, Ом$	$C_{111}, нФ$	Корпус	Размер, мм
2П768П92	400	11	0,42	1,9	КТ-94	11,6×16,0
2П768П-5	400	11	0,42	1,9	Кристалл	5,6×5,0
2П794В92	400	18	0,2	3,3	КТ-94	11,6×16,0
2П794В-5	400	18	0,2	3,3	Кристалл	7,33×7,31

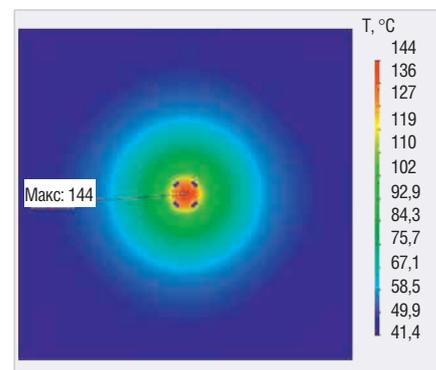


Рис. 2. Распределение тепла на Al_2O_3 размером 80×80 мм

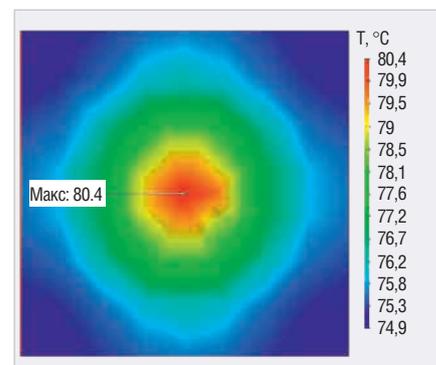


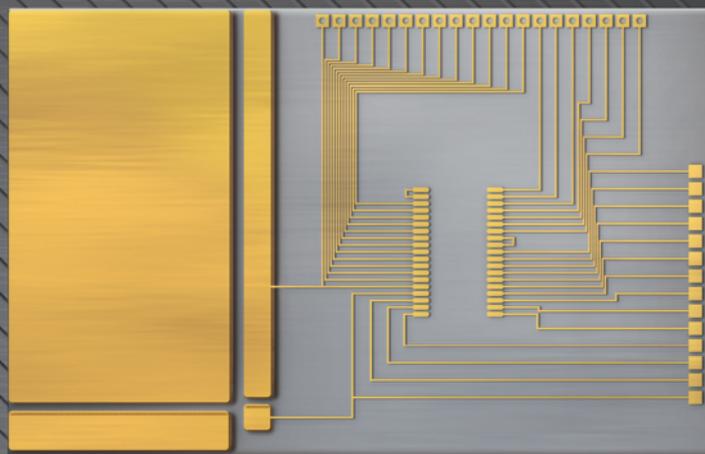
Рис. 3. Распределение тепла на AlN размером 18×18 мм

ИЗГОТОВЛЕНИЕ КЕРАМИЧЕСКИХ ПЛАТ И ПОДЛОЖЕК

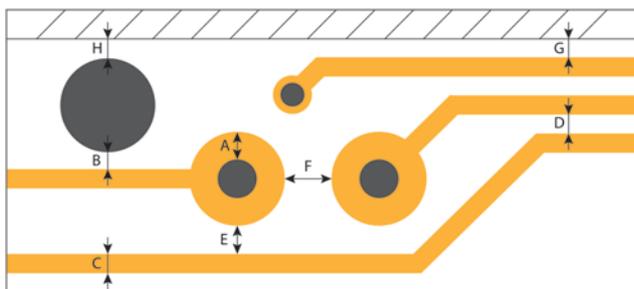
ТЕСТПРИБОР

ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ МАТЕРИАЛЫ

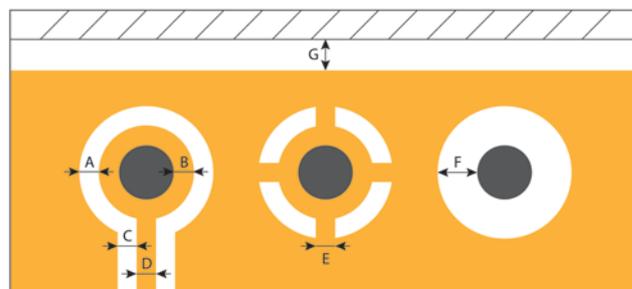
Al₂O₃ 96%
Al₂O₃ 99,6%
AlN



ТОПОЛОГИЧЕСКИЕ НОРМЫ СИГНАЛЬНЫХ СЛОЕВ



ТОПОЛОГИЧЕСКИЕ НОРМЫ СИЛОВЫХ СЛОЕВ



Наименование параметра	Керамические подложки с металлизацией на основе толстопленочной технологии	Керамические подложки с металлизацией на основе тонкопленочной технологии
Материал проводников и металлизации	W/Ni-Au или Mo/Ni-Au (Ni 5 мкм max, Au 0,5 мкм max)	TiW/Au; TaN/TiW/Au; TiW/Ni/Au; TaN/TiW/Ni/Au; TaN/NiW/Au/Cu/Ni/Au
Поверхностное сопротивление проводников	10,0 мОм/□	—
Сопротивление переходных отверстий размером (Ø0,2×0,25) мм	6,0 мОм	—
A	0,20	0,20/020
B	0,60	0,25/025
C	0,20	0,15/0,20
D	0,20/0,25	0,15/0,20
E	0,20/0,30	0,15/0,38
F	0,25/0,65	0,15/0,30
G	0,60/0,60	0,25/0,50
H	0,60/-	0,15/-



ку из оксида алюминия и нитрида алюминия, при условии, что тепло с подложки может рассеиваться только с основания корпуса микросборки на корпус изделия, куда будет установлена микросборка. Одним из критериев определения достаточной площади для отвода тепла от кристалла – это температура в установившемся режиме. Она не должна превышать +80...+85°C при температуре окружающей среды +20°C.

Кристалл размером 5,6×5,0 мм, установленный в центр керамической подложки на основе оксида алюминия размером 80,0×80,0 мм, нагревается до температуры выше +140°C (см. рис. 2). При этом тепло не рассеивается по всей площади подложки. Таким образом, данное решение не удовлетворяет предъявляемым к изделию требованиям. Аналогичные результаты получают и для второго кристалла размером 7,33×7,31 мм.

Кристалл размером 5,6×5,0 мм, установленный в центр керамической подложки из нитрида алюминия размером 18,0×18,0 мм, нагревается до +80,4°C (см. рис. 3), что удовлетворяет требованиям. Расчёт температуры второго кристалла размером 7,33×7,31 мм, установленного на такую же подложку, показал результат +78,9°C, что также удовлетворяет требованиям задания.

На рисунке 4 представлено расчётное распределение температуры кристаллов, установленных на керамическую подложку 36,0×18,0 мм, при работе двух транзисторов одновременно. Максимальная температура нагрева кристалла не изменилась. Исходя из полученных результатов, выбранные габариты корпуса составили 36,0×18,0 мм.

Таблица 2. Параметры керамики

Материал	Оксид алюминия (99,5%)	Нитрид алюминия
Химическая формула	Al ₂ O ₃	AlN
Температура плавления, °C	2072	2397...2507
Максимальная рабочая температура, °C	+1750	+1027...+1727
Коэффициент теплового расширения, 1×10 ⁻⁶ ·°C ⁻¹	7,0...8,4	4,3...9,0
Удельная теплоёмкость, Дж/(кг·K)	880	740–820
Теплопроводность, Вт/м ² ·K	25,5...35,0	60...177
Диэлектрическая проницаемость	9,8	8,3...9,3
Объёмное удельное сопротивление, Ом·см	>10 ¹⁴	>10 ¹⁴

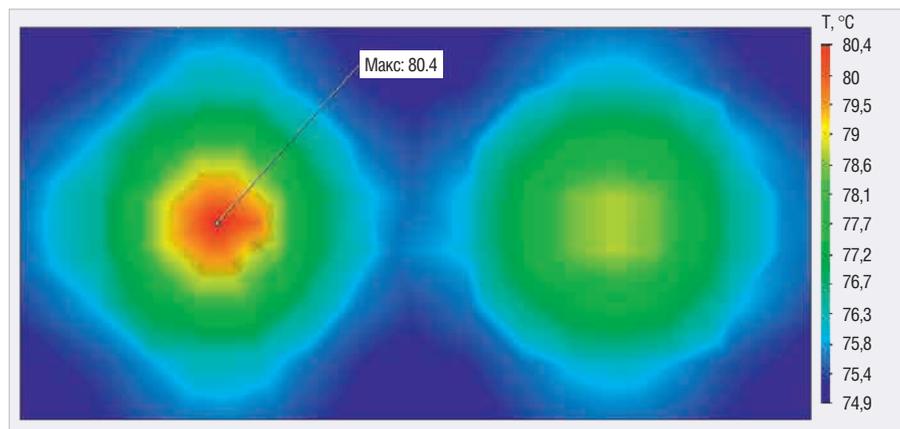


Рис. 4. Распределение тепла на AlN размером 36×18 мм от двух кристаллов

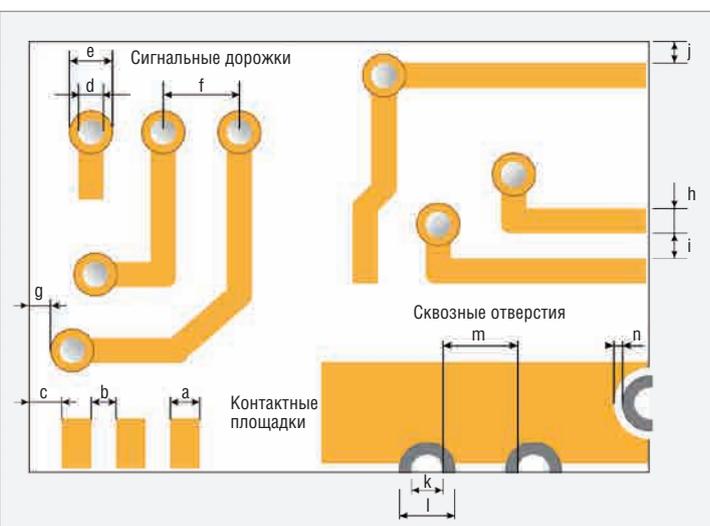
Одной из технологий производства, которой обладает компания АО «ГЕСТПРИБОР», является производство высокотемпературной керамики НТСС. Отличительная особенность данной керамики от низкотемпературной заключается в более высокой температуре спекания слоёв керамических плат – +1500...+1600°C (в технологии LTCC температура спекания не превышает +1000°C). Достоинствами керамики НТСС являются:

- малые допуски на размеры – благодаря низкому коэффициенту теплового расширения обеспечивается повышенная стабильность размеров корпусов;

- коэффициент теплового расширения (КТР) высокотемпературной керамики достаточно близок к КТР кремния, что позволяет монтировать кристаллы непосредственно на керамическое основание;
- высокие диэлектрические и тепловые характеристики корпусов: в зависимости от используемой марки керамики электрическая прочность варьируется от 45 до 60 кВ/мм, тангенс угла диэлектрических потерь (tg δ) – от 0,006 до 0,021, а диэлектрическая проницаемость (ε) – от 6 до 10 в гигагерцовом диапазоне частот;

Таблица 3. Технологические возможности производства керамики НТСС

Технологический элемент	Размер, мкм	Обозначение
Контактные площадки	Ширина площадки	≥250 a
	Расстояние между площадками	≥200 b
	Расстояние от площадки до края подложки	≥150 c
Сигнальные дорожки	Диаметр отверстия	≥150 d
	Диаметр площадки	≥400 e
	Шаг отверстия	≥650 f
	Расстояние от площадки до края подложки	≥650 g
	Ширина дорожки	≥150 h
	Расстояние между дорожками	≥100 i
	Расстояние от дорожки до края подложки	≥500 j
Сквозные отверстия	Диаметр отверстия	≥400 k
	Диаметр площадки	a + 300 l
	Расстояние между вырезами	≥600 m
	Расстояние от площадки до проводящего слоя	≥200 n



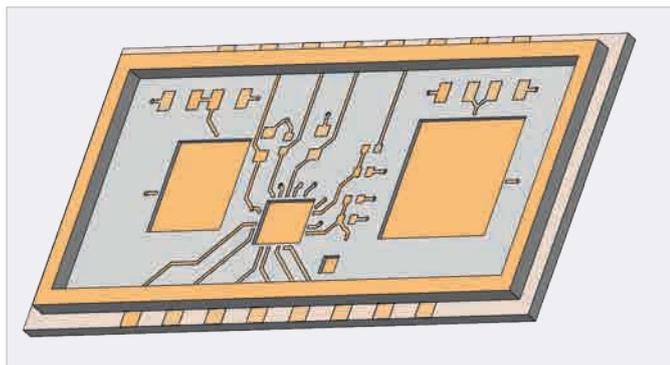


Рис. 5. Корпус микросборки

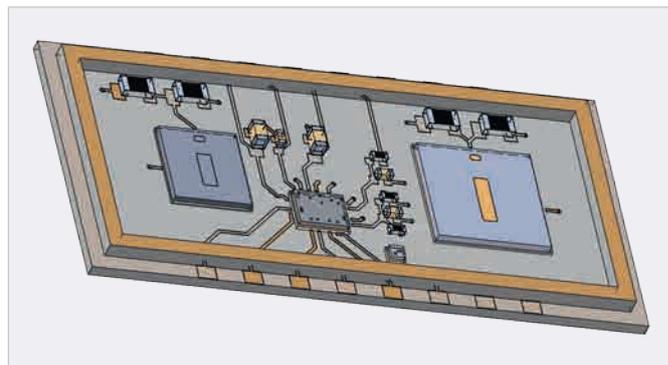


Рис. 6. Внешний вид микросборки

- возможность создания многослойных герметичных керамических плат: высокотемпературная керамика имеет плотную структуру, а после спекания многослойные керамические модули становятся монолитными;
- хорошее заполнение переходных отверстий и линий металлизации в плате вольфрамовой или молибденовой пастой;
- высокая твердость используемых керамических материалов.

Гарантированные технологические возможности производства данной керамики приведены в таблице 3.

Исходя из имеющихся технологических возможностей был разработан корпус микросборки (см. рис. 5). Так как площадь для отвода тепла под кристаллом довольно большая, то плотность микросборки получилась относительно низкой. Внешний вид микросборки (корпуса с установленными компонентами) представлен на рисунке 6.

Данная микросборка содержит 4 кристалла и 12 SMD-компонентов. Преимущества данной микросборки, и вообще микросборок, в том, что она занимает меньше места, имеет меньшую массу по сравнению с этой же схемой, сделан-

ной на отдельных элементах в корпусах. Это особенно важно для изделий, предназначенных для использования в космической технике.

В более сложных схемах и больших сборках при многоуровневом расположении компонентов проще не делать экран на всю сборку, а реализовать защиту отдельных элементов от радиации, что уменьшает массу изделия.

АО «ТЕСТПРИБОР» имеет возможность разработки и изготовления микросборок на многослойной керамике из Al_2O_3 и AlN согласно требованиям заказчика. ©

Надежные тестовые решения требуют лучших технологий

- РАЗРАБОТКА**
Получайте полностью работоспособные опытные образцы
- ПРОИЗВОДСТВО**
Сделайте производственную линию совершенной с технологиями JTAG
- СЕРВИСНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ**
Ремонтируйте цифровые платы даже при отсутствии CAD-данных на них

JTAG 25 TECHNOLOGIES

We are boundary-scan.®

www.jtag.com • www.jtaglive.com • +7 812 602 09 15 • russia@jtag.com