

КЕРАМИЧЕСКИЕ КОРПУСА СВЧ-ТРАНЗИСТОРОВ — ТУМАН НЕ РАССЕЙВАЕТСЯ

ДМИТРИЙ БОДНАРЬ, к.т.н., генеральный директор, ЗАО «Синтез Микроэлектроника»

Настоящая статья, являющаяся продолжением публикации «Мощные СВЧ-транзисторы для российского и зарубежных рынков» (см. ЭК1, 2013 г.), посвящена анализу аналогов керамических корпусов мировых производителей мощных СВЧ-транзисторов и некоторых российских корпусов. Такое широкое сравнение аналогов корпусов мировых производителей представлено впервые и ранее в подобном виде за рубежом и в России не публиковалось. Материал будет полезен как разработчикам радиоаппаратуры с использованием СВЧ-транзисторов, так и разработчикам СВЧ-транзисторов за рубежом и в России. Английская версия таблицы сравнения аналогов будет представлена на английских страницах сайтов [1].

Специализация зарубежных и российских производителей на рынке СВЧ-компонентов рассматривалась в первой части этой статьи [2]. В ней также отмечалось отсутствие единой международной унификации обозначений керамических и пластмассовых корпусов для СВЧ-транзисторов, что является серьезным сдерживающим и ограничивающим фактором для производителей и потребителей транзисторов и корпусов. И без того большая номенклатура корпусов СВЧ-транзисторов, рассчитанных на разные типы транзисторов (биполярные, MOSFET, LDMOS), выходные мощности, материалы чипа (Si, GaAs, SiC, GaN и др.) вводит в заблуждение пользователя различными обозначениями одинаковых по конструкции и габаритным размерам корпусов у разных производителей. Кроме того, даже при внешне схожей конструкции размеры корпусов у многих производителей различаются. Некоторые размеры (радиусы закруглений, допуски минимальных и максимальных размеров и др.) не имеют определяющего значения, в то время как другие размеры (монтажные размеры) важны для пользователей.

Существующие две системы линейных габаритных размеров корпусов (метрическая и дюймовая) не вносят существенных неудобств пользователям за исключением корпусов с резьбовым креплением. В таких корпусах (ТО-60, 280 4L и т.д.) необходимо контролировать стандарт резьбы на корпусе и гайке.

В таблице 1 приведена обобщенная информация по основным типам керамических корпусов для кремниевых СВЧ биполярных и

MOSFET-транзисторов с металлизированной керамикой BeO, а также кремниевых LDMOS, GaN HEMT, SiC MESFET без использования металлизированной керамики.

Отметка «близкий» означает, что по конструкции этот корпус максимально близок к корпусам данного ряда, но отличается от них одним или несколькими линейными размерами, выходящими за диапазоны их допусков. В качестве базовых конструкций и габаритных размеров использовались корпуса компании Motorola, а также ее правопреемника Freescale Semiconductor, использующего идентичные обозначения. Эти компании наряду с NXP применяют самую большую номенклатуру СВЧ-корпусов в мире. Приоритетным при сравнении аналогов корпусов всегда выступало сравнение Motorola (Freescale) — NXP. В качестве информационных источников служили чертежи корпусов и технические спецификации СВЧ-транзисторов компаний Motorola, Freescale, NXP, Microsemi, ST и др. [3–12].

В отличие от корпусов ИС и полупроводниковых приборов, среди производителей СВЧ-транзисторов распространены фирменные корпуса, не унифицированные с другими компаниями-конкурентами. Желание производителей СВЧ-транзисторов «привязать» пользователя только к своим компонентам за счет фирменной конструкции корпуса понятно, но еще больше запутывает и усложняет выбор. Но если объемы выпуска и потребления низкочастотных транзисторов в пластмассовых корпусах типа ТО-220, ТО-247 и т.д. составляют десятки, сотни миллионов, то для СВЧ-транзисторов в керамических корпусах

они измеряются в десятках или сотнях тысяч. По этой причине те хитрости, на которые идут производители дорогих СВЧ-транзисторов, по фирменной конструкции корпусов редко проходят на рынке низкочастотных компонентов. Для последних требуется максимальная универсализация не только пластмассовых, но и более дорогих металлокерамических и металлокерамических корпусов (ТО-254, ТО-257, ТО-258, SMD-1 и т.д.).

Существует еще одна очень важная особенность для корпусов низкочастотных металлокерамических и металлокерамических транзисторов. Если для СВЧ-корпусов ведущие производители СВЧ-транзисторов всегда диктовали и продолжают диктовать моду по конструкции корпусов, то для низкочастотных компонентов производители сами являются покупателями металлокерамических корпусов, разработанных специализированными компаниями. Это обстоятельство также упрощает универсализацию корпусов, поскольку их поставщики заинтересованы в максимальных объемах продаж. Производители СВЧ-транзисторов чаще всего сами изготавливали для себя СВЧ-корпуса и конкурентам их не поставляли.

Наиболее «туманной» была и остается ситуация с СВЧ-корпусами для биполярных и MOSFET-транзисторов. По конструкции их чипы изолированы от базового держателя металлизированной керамикой (BeO или AlN). Керамика BeO обладает хорошей теплопроводностью, что особенно важно для мощных и очень мощных приборов, но усиливающиеся в последние годы экологические ограничения вынуждают искать

Таблица 1. Аналоги керамических корпусов производителей СВЧ-транзисторов

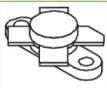
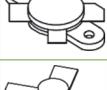
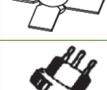
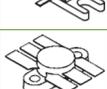
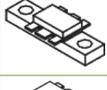
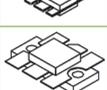
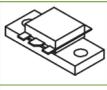
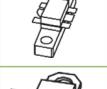
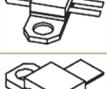
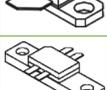
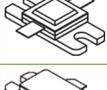
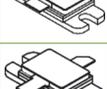
Вид	Размер, мм	Россия	Motorola, Freescale	ST	Microsemi	Toshiba	NXP	Semelab	Cree	TriQuint
<i>Биполярные и MOSFET-транзисторы</i>										
	D-7,24	КТ-16	.280 4L; STUD; 244	M122	M122; 55FT		SOT122A			
	D-9,28	КТ-17	.380 4L STUD; 145A-09	M135	M135	2-10G1A	SOT120A			
	A-25,14; B-6,47; D-9,9	КТ-30	211-07	M113	M113	2-10H1A	SOT123A	DA		
	A-25,14; B-6,47; D-12,96		211-11	M174	M174; 55HT; 55HX	2-13B1A	SOT121B	DM		
	A-28,96; B-6,96; D-14,1			M177	M177			DMX		
	D-7,26		249-06		M123; 55FU		SOT122D	DW		
	A-11,18	КТ-4-2	T0-60	T0-60	T0-60; M137		—			
	A-25,01; B-6,73		412-01	—	—		SOT268A	DK близкий		
	A-25,14; B-6,6; D-12,95	КТ-32 близкий	.500 6L; 316-01	M111	M111; 55HV	2-13C1A	SOT160A	DT		
	A-23,11; B-10,03		744A-01; .400 8FLG	M168	M168; 55JT		SOT161A близкий	DD		
	A-25,01; B-9,52		.230 6LFL; 319-07	M142	M142		SOT273A			
	A-9,27; B-5,96		319A-02	—	—		—			
	A-25,02; B-11,81	КТ-56	333-04	—	55JU близкий		—	DV близкий		
	A-25,02; B-10,41		333A-02	—	—		SOT273A близкий			
	A-24,9; B-5,97		—	—	—		SOT171A	SOT171		
	A-19,05; B-6,6	КТ-44	395B-01; BMA-2	M156	M156		SOT324B	DQ близкий		
	A-19,05; B-6,6		395C-01	—	—		SOT390A			
	A-24,9; B-5,97		—	M229	—		SOT279A			
	A-28,19; B-11,81		398-03; .450 BAL	M173	M173; 55RT		SOT289A			
	A-23,11; B-10,03		355E-01; 55AW	S038; M112	M112; 55AW		SOT473A			
	A-25,05; B-10,03		355J-02	—	близкие 55SM, M198		SOT448A близкий			
	A-23,11; B-10,03		355C-02	—	55KT		близкие SOT473A SOT439A			

Таблица 1. Аналоги керамических корпусов производителей СВЧ-транзисторов (продолжение)

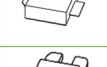
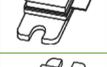
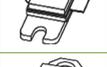
Вид	Размер, мм	Россия	Motorola, Freescale	ST	Microsemi	Toshiba	NXP	Semelab	Cree	TriQuint
	A-38,35; B-25,65	КТ-102 -1	368-03	—	—		—			
	A-23,11; B-10,03	КТ-45	744A-01 близкий	—	—		SOT161A			
	A-20,6; B-6,6	КТ-81	—; 395B-01 близкий	—	—		— SOT324B близкий			
	A-38; B-10,1	КТ-82	—	—	55KV близкий		—			
	A-20,6; B-6,6	КТ-83	—	—	—		—			
	A-34,29; B-10,41		375-04	M208	M208	2-22C2A близкий	SOT262A близкий			
	A-34,17; B-9,91		375-04 близкий	M208 близкий	M208 близкий		SOT262A1 SOT262A1	DR		
	A-42,8; B-11,56		—		M175		—			
	A-34,29; B-10,03		375A-01	M208 близкий	M208 близкий		—			
	A-44,5; B-15,4		—	—	—		SOT800			
	A-23,11; B-10,16		376B-02	—	M112 близкий		SOT443A близкий			
	A-25,53; B-9,91		451-04	—	55QZ близкий		—			
	A-15,88; B-10,41		451A-01	—	—		—			
	A-22,99; B-9,91		—		55AR близкий		SOT391A			
	A-11,54; B-10,93		—				SOT391B			
	A-22,99; B-9,91		—				SOT422A			
	A-22,99; B-9,91		—		55KS близкий		SOT423A			
	A-22,99; B-9,91		—		55LT		SOT437A			
	A-23,1; B-9,9		—		близкие 55AP, M138		SOT443A			
	A-20,46; B-5,18		—				SOT445A			
	A-25,53; B-9,91		—				SOT448A			

Таблица 1. Аналоги керамических корпусов производителей СВЧ-транзисторов (продолжение)

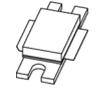
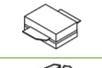
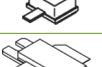
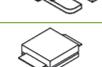
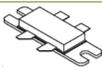
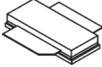
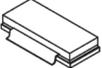
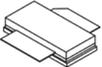
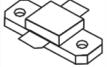
Вид	Размер, мм	Россия	Motorola, Freescale	ST	Microsemi	Toshiba	NXP	Semelab	Cree	TriQuint
	A-22,99; B-6,43		—				SOT460A			
	A-25,53; B-9,91		—		55QZ		S0468A			
<i>Si LDMOS, SiC MESFET, GaN HEMT-транзисторы</i>										
	A-20,45; B-5,97		360B-05	M243	55CT; 55CX		SOT467C		440095	Flanged EF1
	A-9,78; B-5,97		360C-05; 360C-03	M250	—		—		440206	Unflanged EU1
	A-20,57; B-6,09		360B-01	M243	55CT; 55CX		SOT467A		440193	Flanged EF2
	A-34,16; B-9,91	KT-103 A-1	375G-04	M252	—		SOT540A	D1		
	A-34,29; B-10,41		375-04	M244	M208		SOT1214A			
	A-32,38; B-10,29		375E-04	—	—		SOT539B			
	A-41,28; B-10,29		375D-05; 375D-04	—	—		SOT979A SOT539A			Flanged EF4(20275)
	A-29,1; B-5,97		375F-04	M246	—		SOT1228A		440199	
	A-4,58; B-3,81		458B-03	—	—		SOT1227B		440109	
	A-34,16; B-9,91		465-06	M265	55QX		SOT502A	D2		
	A-20,7; B-9,91		465A-06	—	—		SOT502B		440177	
	A-20,44; B-9,9		465E-04	—	55AR близкий		SOT608A		440162	
	A-10,29; B-10,29		465F-04	—	—		SOT608B		440161	
	A-34,16; B-13,8		465B-03	—	55QM		SOT634			Flanged EF3
	A-23,24; B-13,8		465C-02	—	—		—			Unflanged EU3
	A-27,3; B-9,91		465D-05	—	—		SOT541A			Flanged EF5
	A-34,16; B-9,91		465M-01	—	—		SOT1121A близкий			
	A-20,7; B-9,91		465H-02	—	—		SOT1121B близкий			
	A-23,24; B-9,91		2194	—	—		—			
	A-23,24; B-9,91		2279	—	—		—			
	A-9,78; B-5,97		—	—	—		SOT467B			

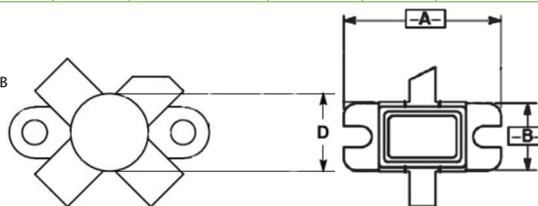
Таблица 1. Аналоги керамических корпусов производителей СВЧ-транзисторов (окончание)

Вид	Размер, мм	Россия	Motorola, Freescale	ST	Microsemi	Toshiba	NXP	Semelab	Cree	TriQuint
	A-20,5; B-6,2	КТ-55С-1	—	—	55СТ; 55СХ близкий		SOT504A			
	A-23; B-11	КТ-57А-1	—	—	—		—			
	A-13,97; B-4,06						SOT1227A		Style101 440166	
	A-5,08; B-4,06						SOT1227B		Style001 440196	Unflanged EU6

Примечание. 1. При использовании и перепечатке просьба ссылаться на источник.

2. При обнаружении ошибок и несоответствий просьба сообщить по эл. почте bodnar@syntezmicro.com.

Обозначение размеров корпусов



ей замену. Для некоторых применений удастся использовать керамику AlN. Некоторые компании применяют технологию сборки без BeO, хотя для этих категорий приборов BeO остается основным применяемым материалом.

Современные кремниевые LDMOS и GaN MESFET не используют керамику BeO, благодаря чему в последние годы керамические корпуса таких транзисторов существенно универсализированы по конструкции и габаритным размерам, но не по условным обозначениям. Каждый производитель СВЧ-транзисторов по-прежнему использует свое обозначение типа корпуса, хотя он идентичен корпусам других производителей. Парадоксально, но некоторые производители СВЧ-транзисторов даже не пытаются присвоить им свое обозначение. Так, компания Mitsubishi ограничилась банальными обозначениями корпусов: Ceramic (Large) и Ceramic (Small). Компания TriQuint Semiconductor, также следуя этой тенденции, называет свои корпуса Flanged (с фланцами) Unflanged (без фланцев). Но поскольку у TriQuint имеются 4–5 типов фланцевых и бесфланцевых корпусов каждого типа и разных размеров, автор был вынужден присвоить им номера 1–6, чтобы окончательно не запутать пользователей. Надеюсь, TriQuint не сочтет эти действия покушением на их интеллектуальную собственность.

К сожалению, в России ситуация с корпусами СВЧ-транзисторов еще более «туманная». При создании в СССР корпусов для биполярных транзисторов (СВЧ MOSFET и LDMOS тогда еще просто не было) тем более не ставилась цель унифицировать конструкцию и размеры в соответствии с изделиями мировых компаний. Современные корпуса КТ-81, КТ-82, КТ-83 для СВЧ MOSFET также не имеют полностью унифицированных

аналогов ни с одним мировым производителем, хотя близки к некоторым зарубежным корпусам. Корпуса КТ-55, КТ-57, КТ-59, КТ-61, КТ-62 и др., используемые заводом «Пульсар», еще более далеки от международной унификации, поэтому автор даже не включил их в итоговую таблицу. Очевидно, что подобный «советский» подход делает такие корпуса продуктами только внутренне-го применения и полностью закрывает экспортные перспективы даже гражданских транзисторов в этих корпусах.

Существует еще одна созданная автором расширенная версия файла с типами аналогов данных корпусов, дополненная шифрами ведущих мировых изготовителей и поставщиков СВЧ-корпусов из США, Европы и Азии. Эта версия постоянно расширяется и используется только для внутренних нужд в коммерческих целях.

Автору хотелось уделить больше внимания российским корпусам, но отечественные производители не дали ему для этого достаточно оснований, постоянно сбиваясь с нестройного шага мирового СВЧ-рынка и продолжая «идти не в ногу». Вполне возможно, со временем они поймут этот шаг, что, однако, достигается только путем за счет «трудовых мозолей».

А пока что могу порекомендовать российским клиентам, желающим идти в ногу с современным рынком, обращаться в нашу компанию за выбором нужного типа СВЧ-корпуса и получением сервисного предложения на поставку или разработку в короткие сроки новых типов корпусов как для СВЧ-транзисторов, так и для низкочастотных компонентов, датчиков, светодиодов, гибридных модулей и БИС.

Хорошо зная проблемы рынка и производства, мы сразу предлагаем российским пользователям поставку

контактирующих устройств (socket) для тестирования и испытаний (burn-in) под запрашиваемые типы корпусов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Международная унификация условных обозначений керамических корпусов СВЧ-транзисторов отсутствует, что осложняет взаимодействие разработчиков и поставщиков корпусов, транзисторов и аппаратурных блоков.
2. Корпуса российских производителей СВЧ-транзисторов, включая современные СВЧ LDMOS, продолжают многолетнюю отечественную тенденцию несоответствия даже немногим имеющимся международным нормам унификации.
3. Впервые представленный широкий анализ сравнения аналогов керамических корпусов СВЧ-транзисторов ведущих мировых производителей окажет помощь разработчикам, производителям и потребителям в России и зарубежом.

ЛИТЕРАТУРА

1. www.syntezmicro.ru, www.syntezmicro.com.
2. Дмитрий Боднар. Мощные СВЧ-транзисторы и корпуса для российского и зарубежных рынков. Электронные компоненты. №1. 2013.
3. Motorola Wireless Semiconductor Solutions. Rev.19. 2000.
4. Freescale Semiconductor Device Data. RF Product. Rev.16. 2006.
5. www.freescale.com.
6. www.nxp.com.
7. www.microsemi.com.
8. www.st.com.
9. www.toshiba.co.jp.
10. www.sem-elab.com.
11. www.cree.com.
12. www.triquint.com.