

Новая серия биполярных транзисторов производства ЗАО «ГРУППА КРЕМНИЙ ЭЛ»

В. Громов¹, Н. Брюхно², В. Стрекалова³, Т. Паньков⁴, С. Алёхин⁵

УДК 621.38 | ВАК 05.27.01

В 2018 году предприятие ЗАО «ГРУППА КРЕМНИЙ ЭЛ» завершило разработку и освоение серии биполярных транзисторов, в том числе транзисторов Дарлингтона и комплементарных. Новые транзисторы, предназначенные для использования в радиоэлектронной аппаратуре специального назначения, могут заменить 23 типа импортных аналогов.

Огромное количество публикаций посвящено приборам полупроводниковой электроники. Несмотря на возросшую сложность, высокую степень интеграции и жесткие требования к проектным нормам изделий, остается актуальной задача разработки, производства и модернизации базовых элементов, так называемых электронных гвоздей – транзисторов и диодов. Следует отметить, что по мере развития цифровой и аналого-цифровой полупроводниковой электроники уменьшаются проектные нормы изделий, а модернизация дискретных аналоговых электронных компонентов происходит в основном благодаря совершенствованию и освоению новых конструктивно-технологических решений, оптимизации физико-топологических параметров изделий.

В настоящее время при проектировании РЭА используется электронная компонентная база (ЭКБ) для поверхностного монтажа – приборы в корпусных исполнениях типа SOT, SMD, DPAK и др. Эта ЭКБ отличается значительно меньшими габаритными и присоединительными размерами по сравнению с корпусами для навесного монтажа. Миниатюризация корпусов требует уменьшения размеров кристаллов и проектных норм, а также улучшения условий теплоотвода корпусами приборов.

Зарубежные предприятия-изготовители не прекращают модернизацию конструктивно-технологических решений как кристаллов, так и корпусных исполнений. В результате за счет масштабирования кристаллов уменьшаются габаритно-присоединительные размеры ЭКБ. Например, в [1–4] для улучшения характеристик транзисторов предлагается использовать перфорированный эмиттер. На практике это решение было внедрено в серийное

производство фирмами Sanyo [2], ST [3] под торговой маркой «островковая» база и фирмой ON-semiconductor под маркой e2-power [4], что позволило уменьшить габариты кристаллов и улучшить такие параметры транзисторов, как коэффициент усиления, частотные свойства, а также уменьшить потери при работе в ключевых схемах.

Предприятие ЗАО «ГРУППА КРЕМНИЙ ЭЛ» также проводило модернизацию существующих конструктивно-технологических решений, в том числе корпусных исполнений. Так, вместо стандартных рамок типа ФМФЗ были применены полностью медные рамки с серебряным покрытием [5], что позволило значительно улучшить тепловые параметры корпуса, а также снизить статические потери транзисторов.

Еще одно перспективное направление – разработка ЭКБ двойного назначения в металлополимерных корпусах. Несмотря на то, что металлокерамические корпуса полупроводниковых приборов заслужили репутацию надежных элементов конструкции для жестких условий эксплуатации, их габаритные размеры значительно превышают размеры металлополимерных корпусов. И это требует внесения изменений в конструкцию изделия при импортозамещении полупроводниковых элементов (при этом значительно увеличиваются габаритные размеры и масса изделий). Поскольку металлополимерные корпуса из современных материалов являются на самом деле металлокомпозитными и по потребительским качествам почти не уступают и даже превосходят металлокерамические корпуса, то это направление позволяет расширить сферу применения полупроводниковых приборов в металлополимерных корпусах и реализовать возможность замены импортных изделий на отечественные pin-to-pin.

СЕРИЯ НОВЫХ ТРАНЗИСТОРОВ

В процессе создания серии новых транзисторов на предприятии было разработано и освоено 13 типов кремниевых биполярных транзисторов, а именно: пять транзисторов Дарлингтона (из них одна комплементарная пара),

¹ Директор по развитию и новой технике, gromov@sitsemi.ru.

² Главный технолог дизайн-центра, niko@sitsemi.ru.

³ Инженер-конструктор 2 кат., vismiokt@mail.ru.

⁴ Начальник отдела силовых приборов, timpankov@mail.ru.

⁵ Начальник бюро сборки полупроводниковых приборов, salekhin@outlook.com.

комплементарная пара маломощных транзисторов, один мощный транзистор, один цифровой транзистор и четыре маломощных транзистора, в том числе два высоковольтных. Благодаря их серийному производству стала возможной замена 23 импортных аналогов (BCP53-16TIG, BCP56, BCP56-16, BCP56-16TIG, BCP69TIG, BCV47, BCX53, BCX53-16, BCX56-16, BCX56-16, 115, BDP954, BF823.215, FZT658, MJD122, MJD127, MJD31C, MJD32C, MJD32CT4G, TIP110, TIP122, TIP42G). Условные обозначения разработанных транзисторов, зарубежные аналоги, типы корпусных исполнений, основные характеристики приведены в таблице.

Основные функциональные назначения указанных приборов – ключевые элементы в импульсных схемах, в том числе с широтно-импульсной модуляцией; активные элементы в линейных регуляторах напряжения, линейных усилителях мощности, предусилительных каскадах. Диапазон рабочих температур в диапазоне от -60 до 125 °С.

Для всех типов транзисторов были разработаны поведенческие модели, доступные для потребителя; приведено полное описание логики их функционирования в системах автоматизированного проектирования радиоэлектронной аппаратуры на языке Spice. Данные модели позволят проверить правильность работы схемотехнических решений аппаратуры у потребителя на этапе проектирования.

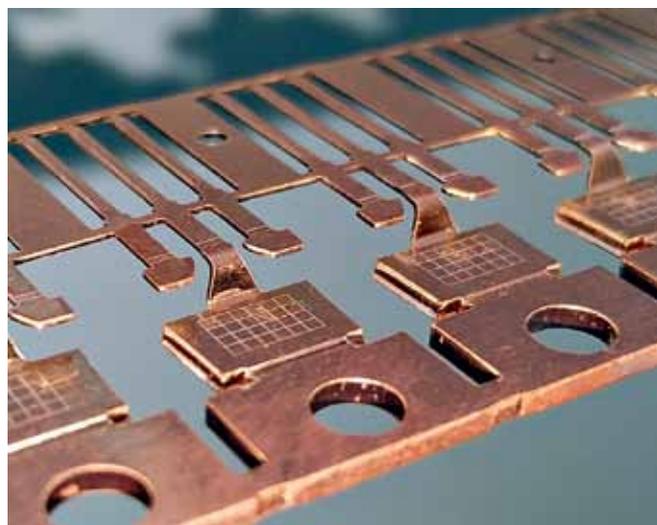
КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗДЕЛИЙ

Одной из основных задач на этапе выбора конструктивно-технологического решения серии транзисторов было обеспечение соответствия высоким требованиям к электрическим и климатическим характеристикам, а также к габаритным и присоединительным размерам изделий с возможностью импортозамещения транзисторов pin-to-pin. Для каждого типа транзисторов было выбрано два корпусных исполнения: металлокерамическое (КТ-99-1, КТ-93-1, КТ-28А-2.02) и металлополимерное (КТ-28-2, КТ-47, КТ-89). Кроме того, предусмотрено бескорпусное исполнение всех изделий серии.

С учетом высоких требований к габаритам и напряжению насыщения в конструкцию кристаллов мощных транзисторов включен перфорированный эмиттер [1–4] с отрицательной обратной связью по току базы для уменьшения напряжения насыщения на транзисторе и повышения коэффициента усиления. Высоковольтные транзисторы выполнены с полевым электродом по периферии базы и эмиттера.

Транзисторы 2Т226А9 представляют собой цифровые NPN-транзисторы, которые кроме рабочей структуры содержат два поликремниевых резистора. Это позволяет управлять данными приборами непосредственно от ТТЛ или КМОП логических уровней.

Все мощные транзисторы в металлокомпозитных корпусах имеют профилированную двухтолщинную медную



Двухтолщинная профилированная рамка для корпусов типа КТ-28 (ТО-220)

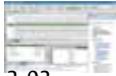
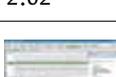
рамку (см. рисунок), благодаря которой обеспечивается оптимальное соотношение (равновесие) между снижением электрического сопротивления выводов и технологичностью производства по сравнению со стандартными металлополимерными корпусами, выполненными на составной рамке.

СТОЙКОСТЬ ТРАНЗИСТОРОВ К ТЯЖЕЛЫМ ЗАРЯЖЕННЫМ ЧАСТИЦАМ

В настоящее время важно обеспечить высокие показатели эксплуатационной надежности приборов и аппаратуры в условиях воздействия космического излучения. Стойкость приборов к такому виду излучения предопределяет, в частности, срок активного использования и безотказной работы изделий. Поэтому на предприятии проводились исследования по определению уровней стойкости изделий на основе не только карбида кремния, но и кремния. В результате испытаний были получены уровни стойкости для транзисторов с $U_{кэ0гр} < 280$ В – 67 МэВ·см²/мг, для транзисторов с $U_{кэ0гр} < 340$ В – 40 МэВ·см²/мг и для транзисторов с $U_{кэ0гр} < 400$ В – 16 МэВ·см²/мг. С основными механизмами и особенностями воздействия на изделия тяжелых заряженных частиц можно ознакомиться в отдельной статье [8].

Таким образом, в ЗАО «ГРУППА КРЕМНИЙ ЭЛ» разработано 13 типов транзисторов, которыми можно заменить 23 типа импортных аналогов. Корпусные исполнения транзисторов – металлокерамическое и металлополимерное – обеспечивают высокие электрические и надежность характеристики, допускают импортозамещение изделий pin-to-pin. Продолжением этой работы

Новая серия биполярных транзисторов

Обозначение: керамические/ полимерные	Аналог	Тип прово- димости	$U_{кэ0гр. макс}$, В	$I_{к,}$ А	$h_{21э}$	Корпус металло- керамический	Корпус металло- полимерный
2Т745А/ 2Т745А1	Т1Р42G	PNP	40	6	20-200	 КТ-28А-2.02	 КТ-28-2
2Т226А9	BCR133W	NPN	50	0,1	50-70	 КТ-99-1	 КТ-46А
2Т8308А9/ 2Т8308А91	BCX56	NPN	80	1	63-250	 КТ-99-1	 КТ-47
2Т8309А9/ 2Т8309А91	BCX53	PNP	80	1,5	100-250	 КТ-99-1	 КТ-47
2Т746А9/ 2Т746А91	MJD32C	PNP	100	3	10-50	 КТ-93-1	 КТ-89
2Т747А9/ 2Т747А91	MJD31C	NPN	100	3	20-180	 КТ-93-1	 КТ-89
2Т227А9	BF823.215	PNP	250	0,05	50-150	 КТ-99-1	 КТ-46А
2Т8310А9/ 2Т8310А91	FZT658	NPN	400	0,5	40	 КТ-99-1	 КТ-89
2ТД101А9/ 2ТД101А91	MJD122 (D)	NPN	100	8	1000-12000	 КТ-93-1	 КТ-89
2ТД102А9/ 2ТД102А91	MJD127(D)	PNP	100	8	1000-12000	 КТ-93-1	 КТ-89
2ТД103А/ 2ТД103А1	Т1Р122 (D)	NPN	100	5	1000-10000	 КТ-28А-2.02	 КТ-28-2
2ТД104А/ 2ТД104А1	Т1Р110 (D)	NPN	60	2	1000-12000	 КТ-28А-2.02	 КТ-28-2
2ТД105А9	BCV47 (D)	NPN	60	0,5	2000-12000	 КТ-99-1	 КТ-46А

станет освоение номенклатуры транзисторов исключительно в малогабаритных корпусах типа SOT-23 и его производных.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Блихер А.** Физика силовых биполярных и полевых транзисторов / Под ред. И. В. Грехова; пер. с англ. – Л.: Энергоатом-издат. Ленингр. отд-ние, 1986. 134 с.
2. Рекламный материал фирмы Sanyo Ultra-high Quality Output Devices [Электронный ресурс]. – URL: <https://electronics.stackexchange.com/questions/189236/what-does-it-mean-when-adoption-of-mbit-processes-is-listed-as-a-feature-of-a/189243-9c>.
3. Спецификация транзистора фирмы ST BD239C [Электронный ресурс]. – URL: http://www.tutorialspoint.com/microwave_engineering/microwave_engineering_components.htm
4. e²PowerEdge™ Economic Energy using Low V_{CEsat} BJT's [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.onsemi.com/pub/Collateral/TND333-D.PDF>
5. Топология интегральной схемы мощного биполярного транзистора на основе кремния. RU2019630015 от 10.01.2019. Правообладатель ЗАО «ГРУППА КРЕМНИЙ ЭЛ».
6. **Lorenz L.** Key Power Semiconductor Devices and Development Trends // International Workshop on Physics of Semiconductor Devices. 2007. P. 743–750.
7. **Lauenstein J-M.** et al. Recent Radiation Test Results for Power MOSFETs // Proceeding of 2013 Nuclear and Space Radiation Effects Conference. 2013.
8. **Брюхо Н., Громов В., Паньков Т.** Устойчивость карбидокремниевых диодов Шоттки к воздействию тяжелых заряженных частиц // Компоненты и технологии. 2019. № 1. С. 68–70.

КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ТЕХНОСФЕРА»



Цена 1188 руб.

КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СУБМИКРОННЫХ МОП-ТРАНЗИСТОРОВ

М.: ТЕХНОСФЕРА,
2011. — 800 с.,
ISBN 978-5-94836-289-2

Г. Красников

В книге рассмотрены особенности работы субмикронных МОП-транзисторов, описаны направления развития и ограничения применения методов масштабирования транзисторов, представлены требования к подзатворным диэлектрикам технологии их формирования, различные конструкции сток-истоковых областей МОПТ и технологические процессы создания мелкозалегающих легированных слоев. Рассмотрены проблемы влияния масштабирования размеров элементов в субмикронную область и особенностей технологических процессов на надежность и долговечность субмикронных МОП-транзисторов.

Книга предназначена для специалистов в области проектирования и разработки технологии изготовления КМОП СБИС, а также для студентов старших курсов, аспирантов и преподавателей технических вузов.

КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

✉ 125319, Москва, а/я 91; ☎ +7 495 234-0110; 📠 +7 495 956-3346; knigi@technosphera.ru, sales@technosphera.ru