

Новая серия отечественных DMOSFET-транзисторов

ОАО «ОКБ «Искра»» совместно с ОАО «Ангстрем» в период с мая 2007 г. по сентябрь 2008 г. выполнили ОКР по разработке ряда мощных *p*-канальных DMOSFET-транзисторов с напряжениями 30–1200 В и токами 10–80 А. По результатам ОКР разработано свыше 30 типонаименований транзисторов в корпусном и бескорпусном исполнении.

Александр Гордеев
iskragai@mv.ru

Татьяна Крицкая
Алексей Алферов
Павел Машевич
Геннадий Кирсанов
Юрий Обмайкин
Валерий Чукин

В ОАО «Ангстрем» создана серия DMOSFET-кристаллов с проектными нормами 0,8–1,2 мкм на напряжения 30, 60, 100, 200, 600, 800 и 1200 В. Чипы выполнены по планарно-эпитаксиальной технологии, методом тройной односторонней ионной имплантации (диффузии). Затворная DMOS-ячейка имеет подзатворный слой SiO₂ толщиной 0,08 мкм, а в качестве электродной области использован высоколегированный поликремний толщиной до 0,4 мкм, который обеспечивает необходимое фиксированное положение уровня Ферми запрещенной зоны полупроводника на границе раздела Si – SiO₂, высокую проводимость и равномерное распределение заря-

дов на поликремниевой обкладке затвора. Специальная технология ионной обработки границы раздела Si – SiO₂ обеспечивает минимизацию плотности зарядовых состояний на границе раздела, стабильность положения плоских зон, фиксацию и юстировку порогового напряжения на достаточно низком уровне с минимальным разбросом и практически нулевым C-V гистерезисом. Одним из достижений данной технологии является резкое улучшение стойкости новых DMOSFET-структур к спецфакторам. По своим подходам в области радиационностойких DMOS-технологий ОАО «Ангстрем», наряду с фирмой International Rectifier (США), заняло лидирующие позиции в мире.

Периферия высоковольтного планарного *p-n*-перехода выполнена по стандартной схеме: с применением делительных *p*⁺-типа колец и пассивацией, подобной SIPOS. Металлизация кристаллов удобна как для исполнения данных кристаллов в корпусах типа SMD, TO, SO, D²PAK и других, так и для непосредственного поверхностного монтажа на платы из металлокерамики или оксида алюминия мощных силовых микросборок для импульсных источников питания с очень высокой удельной энергоемкостью — до 7–8 кВт/дм³. Конструкторско-технологические итоги разработки бескорпусных *n*-канальных DMOSFET кремниевых кристаллов приведены в утвержденных технических условиях АЕЯД.432140.486ТУ-ЛУ на кристаллы транзисторов 2П831А-5, 2П832А-5, 2П833А-5, 2П834А-5, 2П835А-5, 2П835Б-5, 2П836А-5.

Основным результатом ОКР стало создание серии дискретных DMOSFET-приборов для спецтехники — транзисторов 2П829А-Ж, А9-И9 в различных корпусных исполнениях, которые фактически, наряду с выпускаемыми ОАО «Ангстрем» DMOSFET-устройствами, закрывают почти весь ряд MOSFET дискретных компактных приборов для разработок в области импульсных источников питания и различных видов ВЧ преобразовательной техники.

В таблицах 1, 2 приведены основные статические и динамические параметры транзисторов 2П829А-Ж, А9-И9 и варианты их конструктивного исполнения.

Транзисторы 2П829А-Ж, А9-И9, согласно утвержденным в ноябре 2008 года техническим условиям АЕЯР.432140.469ТУ, выполнены как в металлокера-

Таблица 1. Основные статические параметры DMOSFET транзисторов 2П829А-Ж, А9-И9

Тип	U _{СИ} , В	U _{ЗИ} , В	U _{пор} , В	I _с , А	R _{СИ ОТК} , Ом	P _{макс} , Вт	Корпус 1 (типа TO)	Корпус 2 (типа SMD)
2П829А 2П829А9	1200	25	2–4	10	1,0	200	2П829А – КТ-105-1 (аналог TO-259AA)	2П829А9 – КТ-106-1 (аналог SHD-6)
2П829Б 2П829Б9	800	25	2–4	15	0,5	200	2П829Б – КТ-105-1 (аналог TO-259AA)	2П829Б9 – КТ-106-1 (аналог SHD-6)
2П829В 2П829В9	600	25	2–4	20	0,15	200	2П829В – КТ-105-1 (аналог TO-259AA)	2П829В9 – КТ-106-1 (аналог SHD-6)
2П829Г 2П829Г9	200	25	2–4	40	0,05	125	2П829Г – КТ-43А-1.01	2П829Г9 – КТ-95-1 (аналог SMD-2)
2П829Д 2П829Д9	100	25	2–4	50	0,01	125	2П829Д – КТ-43А-1.01	2П829Д9 – КТ-95-1 (аналог SMD-2)
2П929Е 2П929Е9	60	25	2–4	60	0,005	125	2П829Е – КТ-43А-1.01	2П829Е9 – КТ-95-1 (аналог SMD-2)
2П829Ж 2П829Ж9	30	25	2–4	80	0,003	125	2П829Ж – КТ-43А-1.01	2П829Ж9 – КТ-95-1 (аналог SMD-2)
2П829И9	200	25	2–4	15	0,05	125		2П829И9 – КТ-94-2 (аналог SMD-1)

Таблица 2. Основные динамические параметры DMOSFET-транзисторов 2П829А-Ж, А9-И9

Тип	t _{зд,вкл} , нс	t _{нр} , нс	t _{зд,выкл} , нс	t _{сп} , нс	C _{вх,тип} , пФ	C _{вых,тип} , пФ	C _{пр,тип} , пФ	Корпус 1	Корпус 2
2П829А 2П829А9	70 25	40 70	190 120	45 80	7000	450	400	2П829А – КТ-105-1 (аналог TO-259AA)	2П829А9 – КТ-106-1 (аналог SHD-6)
2П829Б 2П829Б9	60 25	35 70	175 120	40 80	7000	600	500	2П829Б – КТ-105-1 (аналог TO-259AA)	2П829Б9 – КТ-106-1 (аналог SHD-6)
2П829В 2П829В9	60 25	55 70	220 120	50 80	9200	1000	900	2П829В – КТ-105-1 (аналог TO-259AA)	2П829В9 – КТ-106-1 (аналог SHD-6)
2П829Г 2П829Г9	55 25	50 70	170 120	50 80	11 000	600	500	2П829Г – КТ-43А-1.01	2П829Г9 – КТ-95-1 (аналог SMD-2)
2П829Д 2П829Д9	60 25	75 70	170 120	55 80	11 300	1800	1600	2П829Д – КТ-43А-1.01	2П829Д9 – КТ-95-1 (аналог SMD-2)
2П929Е 2П929Е9	70 25	125 70	160 120	65 80	11 500	3000	2500	2П829Е – КТ-43А-1.01	2П829Е9 – КТ-95-1 (аналог SMD-2)
2П829Ж 2П829Ж9	80 25	80 70	155 120	60 80	12 500	4600	3600	2П829Ж – КТ-43А-1.01	2П829Ж9 – КТ-95-1 (аналог SMD-2)
2П829И9	55 25	50 70	170 120	50 80	11 000	600	500		2П829И9 – КТ-94-2 (аналог SMD-1)

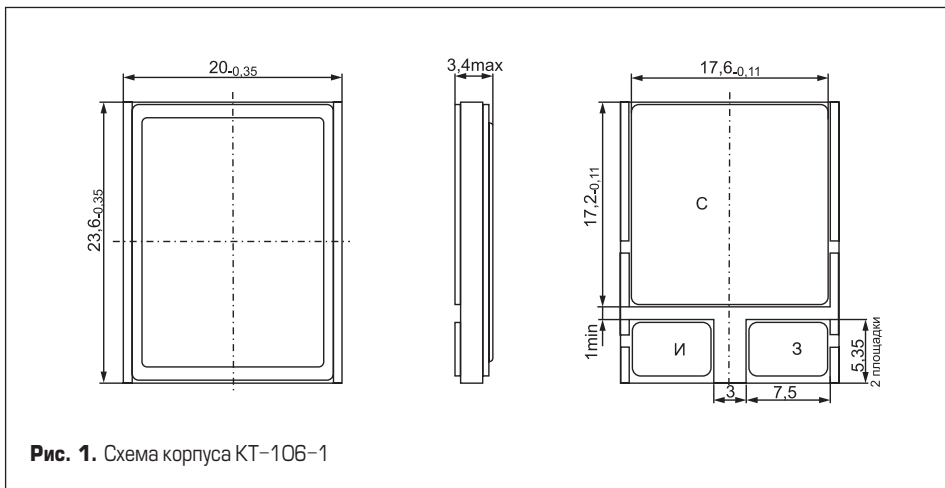


Рис. 1. Схема корпуса КТ-106-1

мических герметичных корпусах КТ-95 (SMD-2), КТ-43 (ТО-247), КТ-97 (ТО-254) в соответствии с ГОСТ 18472-88, так и во вновь разработанных Донским заводом радиодеталей корпусах КТ-106 (SMD-аналог — SHD-6), КТ-105-01 (ТО-259) по заказу ОАО «ОКБ «Искра»» и ОАО «Ангстрем». Сборка и монтаж в корпусах (рис. 1–5) чипов 2П831А-5, 2П832А-5, 2П833А-5, 2П834А-5, 2П835А-5, 2П835Б-5, 2П836А-5 обеспечивают очень высокие механические и климатические свойства, а также исключительную энергоциклостойкость (свыше 10^4 циклов при $\Delta t = 100^\circ\text{C}$). Сборка приборов осуществляется по бессвинцовой технологии.

Исключительное значение имеют результаты испытаний на воздействие специальных факторов, что позволяет рассматривать ук-

занные транзисторы как перспективную элементную базу при модернизации и создании системы «ГЛОНАСС-К» и другого спутникового оборудования. Гарантируется надежная работа в условиях космического пространства до 18–20 лет (свыше 1 Мград).

Надежность транзисторов подтверждена испытаниями в соответствии с требованиями комплекса стандартов «Климат-7» со значениями характеристик по группе унифицированного исполнения 6У:

- пиковое ударное ускорение 4У;
- уровень звукового давления 5У;
- линейное ускорение 4У.

Опыт работы с предприятиями ВПК показывает, что наибольшей популярностью у разработчиков питания при использовании MOSFET-приборов по типу 2П829 пользуются

управляющие драйверы типа IR2110, IR2113, IR2233 и другие. Данные драйверы обеспечивают пиковый ток до $\pm 2\text{--}3\text{ А}$. Быстро перезарядить входные емкости MOSFET от 7 до 12,5 нФ такими устройствами, конечно, сложно. По этой причине для построения ВЧ-коммутиации на частотах вплоть до 500 кГц целесообразно использование более мощных драйверов — аналогов приборов фирмы IXYS по типу IXBD4410/IXBD4411, IXDD408, IXDD414, способных перезаряжать входные емкости затвор-исток MOSFET вплоть до 30 нанофарад за 30 наносекунд. Это позволит существенно снизить зависимость переходных динамических процессов от ключа по типу 2П829 и уделить основное внимание виду нагрузки.

Необходимо также отметить, что специалисты ОАО «ОКБ «Искра»» разработали дополнительное испытательное оборудование, обеспечивающее необходимые условия для квалификационных и последующих периодических испытаний. Это стенды для проведения испытаний на безотказность и долговечность, энергоциклостойкость, измерение теплового сопротивления по параметрам встроенного диодного *p-n*-перехода и пороговому напряжению.

Коллектив разработчиков также благодарит ОАО «Электронстандарт», ФГУП ЦНИИИ22, предприятия Минатома, а также ряд предприятий ВПК, в частности, предприятия ОАО «Концерн ПВО «Алмаз-Антей»» и Роскосмоса, за проявленную оперативность при проведении стыковочных аппаратурных испытаний.

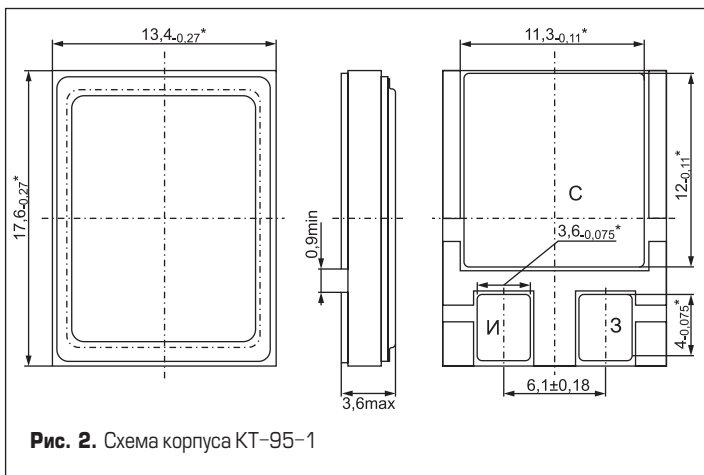


Рис. 2. Схема корпуса КТ-95-1

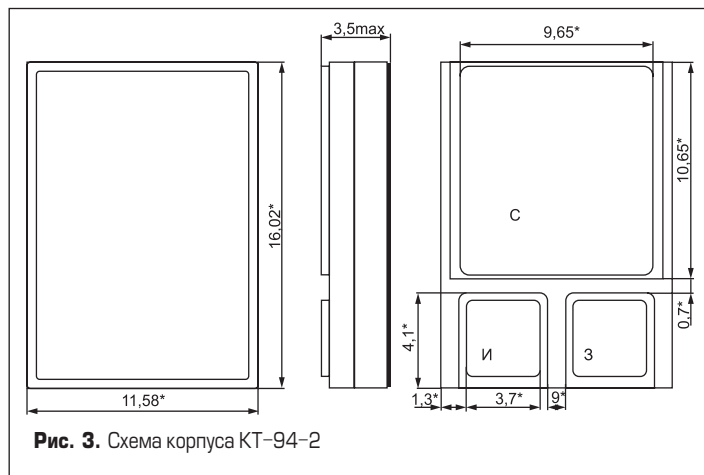


Рис. 3. Схема корпуса КТ-94-2

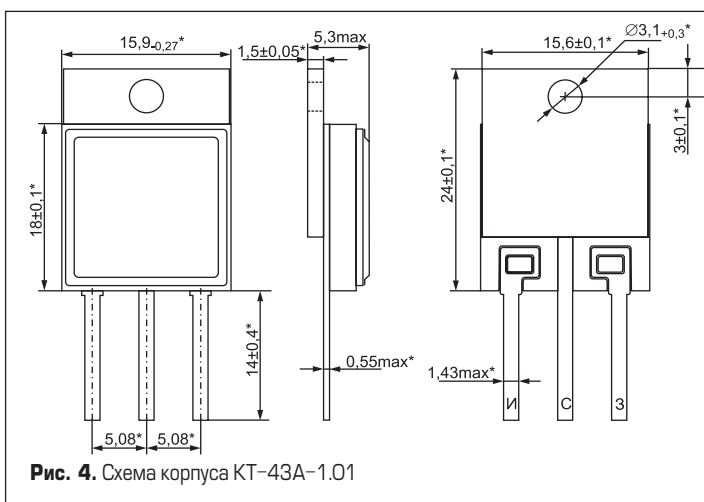


Рис. 4. Схема корпуса КТ-43А-1.01

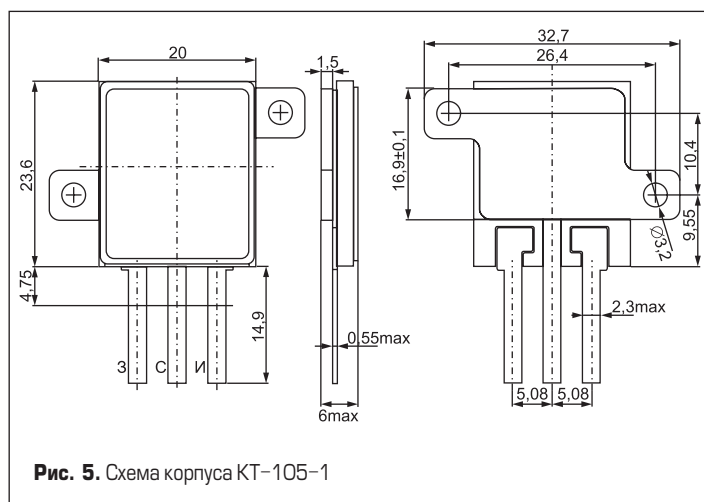


Рис. 5. Схема корпуса КТ-105-1