

МОЩНЫЕ ДИСКРЕТНЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ

КЛЮЧЕВЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМ ПИТАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ



В.Юдинцев

В последние годы электронные системы стабилизации и распределения энергии, особенно предназначенные для портативных устройств, развивались так стремительно, что некоторые специалисты классифицировали ситуацию как "вторую электронную революцию". Основным фактором, способствующим этому, — достижения в области мощных дискретных полупроводниковых приборов. Сегодня существует множество силовых ключей. Из них самые простые в применении и потому самые популярные — МОП-полевые транзисторы (МОП ПТ), появившиеся в начале 70-х годов, и биполярные транзисторы с изолированным затвором (БИТЗ), созданные в 80-е годы. В некоторых областях применения эти транзисторы взаимозаменяемы, в других — выбор конкретного прибора однозначен.

Портативные устройства меняют мир источников питания. По мере уменьшения габаритов и расширения функциональных возможностей этих устройств меняются требования к источникам питания и их архитектура. В стремлении сохранить конкурентоспособность производители предлагают все большее число моделей портативных систем, оснащенных БИС управления мощностью и выполнения служебных функций. Чтобы придать таким моделям какие-либо отличительные черты, в их конструкцию вводятся мощные дискретные полупроводниковые приборы. Современный рынок этих приборов, несмотря на длительный спад мировой экономики, достигает нескольких миллиардов долларов. Так, по данным аналитической компании iSuppli, доходы от продажи только изделий для систем управления мощностью (в том числе микросхем интерфейса, стабилизаторов напряжения, тиристоров и мощных транзисторов) в четвертом квартале 2001 года должны были составить 3,5 млрд. долл. (против 3,3 млрд. в третьем квартале того же года). Темпы прироста доходов от продаж таких изделий в 2001 году оценивались в 9%. Это совсем неплохой показатель, если принять во внимание, что для конечных систем, в которых они применяются, ожидалось темпы прироста всего в 2,5%. Самые крупные потребители мощных полупроводниковых приборов на напряжение менее 200 В — компьютеры, телекоммуникационные и автомобильные системы; приборов на напряжение выше 200 В — приводы двигателей, системы распределения энергии, а также робототехнические устройства.

МОЩНЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ

МОП ПТ и БИТЗ. Кто кого?

Как правило, к силовым относят приборы, способные переключать ток не менее 1 А. Их можно грубо разделить на два класса — выпря-

мительные устройства и ключи. Ограничимся рассмотрением последних. По мере увеличения уровня мощности и рабочей частоты современных источников питания (конвертеров) растет потребность в усовершенствованных твердотельных ключах. Первыми из них в массовом производстве были освоены биполярные транзисторы. До появления мощных МОП ПТ они оставались единственными "реальными" твердотельными приборами, способными выдерживать блокирующее напряжение до 1–2 кВ и переключать токи до 200–500 А за 10–100 нс. Их основное достоинство — хорошо отработанная технология изготовления и, следовательно, низкая стоимость, благодаря чему биполярные транзисторы и сейчас находят применение в системах развертки телевизоров и схемах балластного сопротивления осветительных ламп. Но эти транзисторы имеют и серьезные недостатки — большой базовый ток включения (равный одной пятой коллекторного тока) и достаточно длительное время выключения (наличие хвоста тока). Кроме того, они подвержены тепловому пробую, что обусловлено их отрицательным температурным коэффициентом. МОП ПТ, напротив, управляются напряжением, и их температурный коэффициент положителен. При параллельном включении сопротивление канала транзисторов в открытом состоянии ($R_{DS(on)}$) может быть бесконечно малым. Поэтому и падение их напряжения в открытом состоянии намного меньше (т.е. эффективность выше), чем у биполярных приборов, у которых этот параметр не может быть меньше коллекторного напряжения насыщения. К тому же, у МОП ПТ отсутствует хвост тока при выключении. Все это способствовало расширению их применения, особенно в ключевых схемах. Однако при высоких значениях пробивного напряжения (>200 В) $R_{DS(on)}$ и, следовательно, падение напряжения МОП ПТ в открытом состоянии больше, чем у биполярного, рассчитанного на то же напряжение пробоя ($R_{DS(on)}$ пропорционально пробивному напряжению в степени 2,7). А поскольку одновременно нельзя уменьшать геометрию прибора и удельное сопротивление его канала, МОП ПТ не может претендовать на звание современного "идеального" мощного транзистора, т.е. транзистора с нулевым сопротивлением (и падением напряжения) при включении, бесконечно большим сопротивлением при отключении и бесконечно высоким быстродействием.

В 1982 году специалисты фирм RCA и General Electric практически одновременно обнаружили, что если изменить тип проводимости n^+ -области стока в p -канальном МОП ПТ на p^+ -тип, можно получить новый прибор. При подаче положительного напряжения на затвор электроны, эмитируемые в p^+ -область образовавшейся pn^+p^+ -структуры биполярного транзистора, вызывают появление в слаболегированной n -области канала большого дырочного тока и,



соответственно, изменение его сопротивления. При этом ток канала МОП-структуры является и током базы биполярной структуры, т.е. МОП ПТ управляет током биполярного транзистора. Поскольку через область базы биполярной структуры протекает большое число

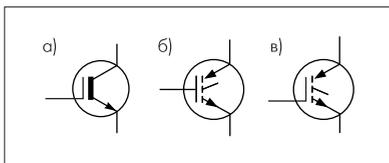


Рис. 1. Обозначения для БТИЗ, предлагаемые фирмами: а) Advanced Power Technology, б) STMicroelectronics, в) Harris Semiconductor

электронов и дырок, проводимость базы возрастает на несколько порядков. По значению полного входного сопротивления новые приборы оказались сопоставимыми с МОП ПТ, а по независимым от тока характеристикам насыщения – с биполярными. Таким образом, эффективность БТИЗ оказалась выше, занимаемая площадь меньше и, следовательно, стоимость ниже, чем у МОП ПТ. Объединение двух структур позволило повысить напряжение пробоя транзисторов до 1500 В при переключении тока до 100 А. Но следует отметить, что *n*-канальные БТИЗ до сих пор не имеют *p*-канальных "партнеров". Новый прибор, в конце концов, получил название биполярного транзистора с изолированным затвором (хотя пока не принято единого, установившегося его обозначения, рис. 1).

У МОП ПТ и БТИЗ одинаковые выводы и требования к схеме возбуждения. Для их включения требуется напряжение 12–15 В, а для выключения не нужно подавать отрицательное напряжение. Для схемы возбуждения затвор обоих типов транзисторов рассматривается как конденсатор, емкость которого в приборах большого размера может достигать нескольких тысяч пикофард. Чтобы время

переключения транзистора было достаточно малым, схема возбуждения должна обеспечивать быструю зарядку и разрядку этого конденсатора. Правда, поскольку БТИЗ с такими же, как у МОП ПТ, параметрами занимает в 2,5 раз меньшую площадь кристалла, емкость его входного конденсатора также меньше. Следует отметить, что производители предпочитают указывать не только значение емкости затвора, но и его заряд, поскольку значение емкости, зависящее от размеров, не позволяет точно оценить характеристики переключения при сравнении двух приборов различных фирм. Зная же заряд на затворе, конструктор может легко рассчитать значение тока, требуемого для переключения транзистора за заданное время.

Но механизмы, определяющие потери мощности двух типов приборов, различны. В МОП ПТ эти потери в основном обусловлены потерями на электропроводность, тогда как потери на переключение на достаточно низких частотах (<50 кГц) в 3,5 раза меньше. В БТИЗ все наоборот: потери на электропроводность значительно меньше, чем у МОП ПТ, тогда как потери на переключение велики, особенно на высоких частотах. Но из-за меньшей площади БТИЗ его рассеиваемая мощность намного больше. Следствие этого – значительный рост температуры *pn*-перехода БТИЗ. Чтобы температура не превышала критического значения, общая рассеиваемая мощность БТИЗ не должна быть выше некоторой заданной величины, рассчитываемой с учетом значений теплового сопротивления теплоотвода, корпуса, *pn*-переходов МОП ПТ и БТИЗ.

С другой стороны, с увеличением мощности (и, следовательно, с ростом температуры прибора) потери на электропроводность МОП ПТ растут быстрее, чем потери на переключение БТИЗ. При значении переключаемой мощности 300 Вт потери обоих типов

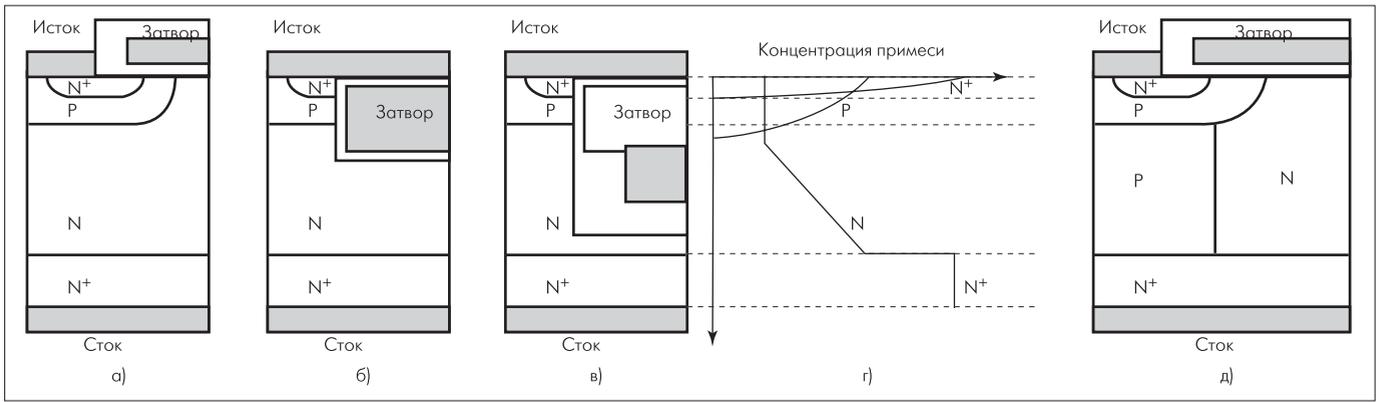


Рис.2. Структуры современных МОП ПТ: а) ДМОП-структура, б) структура с формируемым в канавке затвором, в) структура с плавным изменяемым профилем легирования области дрейфа, г) профиль легирования, д) структура COOLMOS

транзисторов сопоставимы, а при 500 Вт БТИЗ получают преимущество. Но с ростом частоты переключения БТИЗ это преимущество теряют.

Таким образом, не существует какого-то "железного" разграничения между областями применения МОП ПТ и БТИЗ, их можно лишь приблизительно разграничить для конкретных приборов. Согласно рекомендациям крупнейшего производителя полупроводниковых приборов для систем распределения мощности и управления двигателями – фирмы International Rectifier, сегодня БТИЗ целесообразно применять в системах, работающих при высоких уровнях напряжения (>1000 В) на низких частотах, с малым рабочим циклом и при незначительных колебаниях сети или нагрузки. А МОП ПТ предпочтительно применять в высокочастотных (>20 кГц) системах, предназначенных для работы при относительно невысоких напряжениях (<250 В) с большим рабочим циклом и при достаточно больших колебаниях сети или нагрузки. В соответствии с этими рекомендациями можно определить типичные области применения каждого типа транзистора:

- для БТИЗ – это системы управления двигателями, работающими на частоте менее 20 кГц и требующими защиты от короткого замыкания/выбросов пускового тока; низкочастотные источники бесперебойного питания, работающие с постоянной нагрузкой; НЧ-сварочное оборудование на большие значения среднего тока; маломощные низкочастотные системы (<100 кГц) регулировки осветительных ламп;
- для МОП ПТ – импульсные источники питания, рассчитанные на частоты выше 20 кГц или на переключение при нуле напряжения и мощности менее 1000 Вт, зарядные устройства.

МОЩНЫЕ МОП ПТ

Совершенствования характеристик

До последнего времени большинство выпускаемых в массовом производстве мощных МОП ПТ имели ДМОП-структуру (структуру, изготавливаемую методом двойной диффузии, рис.2а). Позднее была предложена структура с формируемым в канавке затвором (рис.2б), позволившая уменьшить не только сопротивление полевого транзистора, присущее ДМОП-структуре, но и его размеры, и распределенное сопротивление стока (до 1 мОм/см² для приборов на напряжение пробоя 60 В и 0,25 мОм/см² для 30-В транзисторов), что привело к снижению удельного (в пересчете на единицу площади) сопротивления канала в открытом состоянии. Так, $R_{DS(on)}$ недавно выпущенных фирмой Ixys мощных МОП ПТ с такой структурой на напряжение пробоя 55 В составляет 7,7 и 4,0 мОм (IXUC100N055 и IXUC200N055, соответственно) и 6,5 мОм для транзистора на напряжение 75 В (IXUC160N075) .

Существенно уменьшить удельное сопротивление МОП ПТ (до 0,05 мОм/см² при напряжении пробоя 60 В, что в три раза меньше считавшегося ранее предельным значения удельного сопротивления мощных кремниевых МОП ПТ), можно за счет плавного изменения профиля легирования области дрейфа и увеличения толщины оксида канавки в два раза (рис.2в, г).

Но помимо уменьшения $R_{DS(on)}$ необходимо увеличивать пробивное напряжение МОП ПТ. Эти два требования противоречивы, поскольку для увеличения пробивного напряжения необходимо одновременно уменьшать уровень легирования области дрейфа и увеличивать ее толщину. В результате в высоковольтных МОП ПТ до 95% значения $R_{DS(on)}$ формирует сопротивление дрейфовой области. Решить задачу создания высоковольтных МОП ПТ с достаточно низкими значениями $R_{DS(on)}$ удалось в конце 90-х годов специалистам фирмы Infineon Technologies, предложившим структуру с зарядовой компенсацией, названную COOLMOS ("холодной МОП-структурой"). В такой структуре в однородно сильнолегированной дрейфовой *n*-области формируются вертикальные области *p*-типа (рис.2д). При обратном смещении транзистора носители заряда под действием возникшего поперечного электрического поля направляются к контактам. Вдоль физического раздела *pn*-перехода формируется область объемного заряда, которая при напряжении ~50 В оказывается "вытянутой" вдоль всей *pn*-полоски. Благодаря зарядовой связи между этими областями в вертикальном направлении создается однородное электрическое поле, что приводит к уменьшению длины дрейфовой области. В результате эта область оказывается полностью обедненной носителями заряда. С дальнейшим ростом напряжения электрическое поле линейно увеличивается, не вызывая расширения области объемного заряда, через которую к контактам протекает ток. Причем ток в пределах полосок различной проводимости формируют разнополярные носители заряда. Путем оптимизации уровня легирования вертикальных областей можно создать МОП ПТ на 600 В, значение $R_{DS(on)}$ которых в три раза меньше, чем у обычных приборов. Сегодня МОП ПТ с такой структурой выпускают и другие производители МОП ПТ. Так, сопротивление канала таких транзисторов третьего поколения фирмы Ixys на напряжение 600 В составляет 35 мОм (IXKN 75N60C, ток 75 А). В ближайшее время фирма планирует выпустить 800-В COOLMOS с $R_{DS(on)} = 75$ мОм.

Другой путь уменьшения $R_{DS(on)}$, как указывалось ранее, – параллельное включение МОП-ячеек. Мощные МОП ПТ могут содержать множество параллельно включенных малых структур. В ряде случаев $R_{DS(on)}$ таких транзисторов может быть значительно меньше сопротивления дорожек печатной платы. Созданы МОП ПТ на напряжение пробоя 50 В с $R_{DS(on)} = 10$ мОм и плотностью элемен-



тов $2 \cdot 10^3 \text{ см}^2$ (в корпусе TO-247) или $3,3 \cdot 10^3 \text{ см}^2$ (в корпусе TO-220).

Фирме Vishay Siliconix в транзисторе Si4430DY с плотностью параллельно соединенных МОП-ячеек $49,6 \cdot 10^3 \text{ см}^2$ удалось снизить $R_{DS(on)}$ до 4 мОм. Чтобы исключить вклад внутренних соединений корпуса SO-8, в котором смонтирован транзистор, в последовательное сопротивление, кристалл непосредственно крепится на медной выводной рамке, что позволяет отказаться от традиционных проволочных сварных контактов. Транзистор рассчитан на токовые нагрузки до 28 А и рассеивает мощность 3,75 Вт. По последним сообщениям, фирме Vishay Siliconix в новых транзисторах Si4862 и Si4864 удалось снизить $R_{DS(on)}$ до 3,3 и 3,5 мОм, соответственно. По утверждению разработчиков, Si4862 – первый в промышленности прибор на напряжение питания 5 В и напряжение пробоя 16 В, в котором предусмотрена защита от перегрузок и увеличения сопротивления в открытом состоянии. Оба прибора рассчитаны на переключения тока 17 и 25 А в установившемся и импульсном режимах, соответственно, при рассеиваемой мощности 1,6 и 3,5 Вт и температуре 25°C. Приборы поставляются в варианте корпуса SO-8 с уменьшенной площадью основания. Цена 1,33 долл. при закупке партии в 100 тыс. шт.

Работы фирмы STMicroelectronics привели к уменьшению максимального значения $R_{DS(on)}$ мощных МОП ПТ типа STV60NF02L и STV60NF03L до 2,5 и 2,8 мОм, соответственно. Транзисторы серии NF изготовлены по запатентованной фирмой планарной технологии с полосковой структурой ячеек STripFET. В отличие от обычной ячейки структуры, максимальная плотность элементов которой зависит от размеров ячейки, в приборах с полосковой структурой этот параметр определяется лишь шириной полоски. Благодаря оптимальному использованию возможностей степперов и специально разработанному процессу быстрой термической диффузии при изготовлении второго поколения транзисторов серии периметр канала был увеличен на 60%, что позволило снизить сопротивление $R_{DS(on)}$. Транзисторы рассчитаны на напряжение 20 и 30 В и токовую нагрузку 160 А. Монтируются они в корпус POWERSO-10 и предназначены для применения в DC-DC преобразователях телекоммуникационной аппаратуры и в компьютерах.

Всего в серию NF входят 20 транзисторов. И низкое значение сопротивления $R_{DS(on)}$ – не единственное их достоинство. Фирме удалось добиться оптимального сочетания динамических и статических характеристик МОП ПТ (зависящих от заряда на затворе Q_g и $R_{DS(on)}$, соответственно). С увеличением рабочей частоты роль Q_g возрастает. Для транзисторов STB70NF03L и STB36NF03L с $R_{DS(on)}$, равным 10 и 20 мОм, $Q_g = 35$ и 18 мКл, соответственно. Оба транзистора рассчитаны на напряжение пробоя 30 В и переключают ток 70 и 36 А, соответственно. Монтируются они в корпус типа D²Pak и предназначены для неизолированных обратныхходовых преобразователей

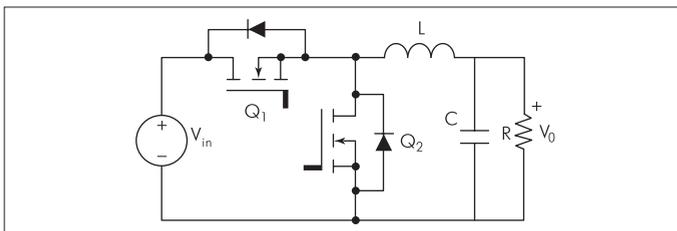


Рис.3. Схема неизолированного обратногоходового преобразователя с синхронным выпрямлением: Q_1 – управляющий транзистор, определяющий скорость переключения, вследствие чего его входная емкость должна быть мала; Q_2 – синхронный транзистор, в котором преобладают потери, обусловленные проводимостью канала

с синхронным выпрямлением, которым отдается предпочтение в преобразователях постоянного тока портативных ПК (рис.3).

Впечатляют и достижения фирмы Ixys. Заряд затвора транзистора IXFN340N07 (70 В, 340 А) в открытом состоянии равен 900 нКл, что соответствует емкости затвора 90 нФ. А заряд затвора транзистора IXFX55N50 (500 В, 55 А) в корпусе ISOPPLUS247 в открытом состоянии равен 330 нКл, что на 25% меньше заряда затвора транзисторов с аналогичными характеристиками ($R_{DS(on)} = 80$ мОм при токе нагрузки 50 А), поставляемых в корпусах больших размеров TO-264 или SOT-227.

В конструкциях конвертеров зачастую необходимо предусматривать достаточно большой резерв мощности, с тем чтобы минимизировать отказы из-за единичного выгорания. Вот почему в конвертерах космических и бортовых силовых преобразователей рабочее напряжение мощных МОП ПТ обычно должно составлять 50% напряжения пробоя. И не только в них. Сегодня это условие распространяется и на наземные системы, требования к надежности которых ужесточаются. Во многих силовых преобразователях применяются МОП ПТ на 500 и 1000 В. Дальнейшее повышение резерва мощности требует перехода к более высоковольтным приборам, что приводит к увеличению $R_{DS(on)}$ и потерь проводимости. В этой связи уместно отметить семейство высоковольтных МОП ПТ серии NK фирмы STMicroelectronics, выполненных по запатентованной технологии SuperMESH. $R_{DS(on)}$ транзистора STP13NK60Z на напряжение пробоя 600 В равно 460 мОм, транзистора STP14NK50Z на 500 В – 330 мОм. Оба прибора монтируются в корпус TO-220.

Интерес представляют и высоковольтные МОП ПТ фирмы Ixys на напряжение 1100 и 1200 В (IXT_3N120 и IXT_3N110). Их $R_{DS(on)}$ равно 4,0 и 4,5 Ом, соответственно, рассеиваемая мощность – 150 Вт. Значения времени нарастания и спада сигнала достаточно малы – 15 и 18 нс. Эти характеристики наряду с малым зарядом затвора (39 нКл) делают новые приборы перспективными для высоковольтных ключей, работающих в мегагерцевом диапазоне. Поставляются МОП ПТ в монтируемом на поверхность корпусе TO-263 или в корпусе для "штырькового" монтажа TO-220.

Как отмечалось выше, одно из преимуществ МОП ПТ перед БТИЗ – наличие как *n*-, так и *p*-канальных приборов. Традиционно, значение сопротивления $R_{DS(on)}$ *p*-канальных МОП ПТ в два раза выше, чем у *n*-канальных приборов. Но вот $R_{DS(on)}$ транзистора IRF7210 в корпусе SO-8 фирмы International Rectifier равно 7 мОм и уже сопоставимо с значениями сопротивления большинства *n*-канальных приборов в корпусе этого типа. Пробивное напряжение транзистора равно -12 В, благодаря чему он перспективен для устройств управления нагрузкой, применяемых в портативном оборудовании.

А *p*-канальный МОП ПТ типа FST9055P фирмы Intersil с оптимальным сочетанием напряжения пробоя и сопротивления канала $R_{DS(on)}$ (60 В и 16 мОм) характеризуется и высокой стойкостью к воздействию единичного события в открытом космосе.

ПРОБЛЕМЫ КОРПУСИРОВАНИЯ

До сих пор усилия поставщиков мощных МОП ПТ были направлены на совершенствование структур ячеек, повышение плотности их упаковки и оптимизацию технологических процессов с тем, чтобы добиться снижения сопротивления канала $R_{DS(on)}$. Несомненно, это дало ощутимые результаты, но сегодня разработчики все чаще упираются в непреодолимую стену: вклад конструкции корпуса (сопротивление выводов, адгезива, используемого для присоединения кристалла к основанию корпуса, золотых проволочных соединений) в сопротивление $R_{DS(on)}$ оказывается сопоставимым с вкладом кремния. Этот вклад может достигать нескольких миллиом, а ино-

гда потери, обусловленные сопротивлением корпуса, выше потерь на проводимость транзистора. Кроме того, выводы и герметики стандартных корпусов, таких как TSSOP и SOIC, приводят к увеличению площади, объема и массы транзистора. Поэтому сейчас усилия разработчиков направлены не только на улучшение характеристик мощных приборов, но и на совершенствование их корпусов. Одна из основных тенденций здесь – отказ от проволочных выводов (для снижения сопротивления и индуктивности корпуса) и монтаж МОП ПТ непосредственно на теплоотвод (для улучшения тепловых характеристик).

Большой объем НИОКР в области корпусирования мощных полупроводниковых приборов ведется на фирме International Rectifier. К числу ее разработок относится мощный двунаправленный МОП ПТ в исполнении FlipFET, представляющий собой два включенных с общим стоком транзистора на подложке со столбиковыми выводами, монтируемой на поверхность платы методом перевернутого кристалла (рис.4). В сравнении с мощным транзистором в корпусе TSSOP-8, FlipFET занимает вдвое меньшую площадь платы, на 30% ниже его, а вклад корпуса в значение $R_{DS(on)}$ на 40% меньше. Следует отметить, что в широко распространенном корпусе типа SO-8, рассчитанном на монтаж двух кристаллов, общая площадь, занимаемая кремнием, равна 3–4 мм², тогда как площадь, занимаемая корпусом на плате, достигает 30 мм², т.е. отношение площади кремния к площади основания корпуса составляет всего 10–15%.

Транзисторы типа FlipFET могут монтироваться на керамические и полимерные подложки. Испытания на термоциклирование в диапазонах -55...150°C и -40...125°C показали, что они выдерживают до 1000 циклов термоциклирования. Сами транзисторы изготавливаются по TrenchFET технологии фирмы International Rectifier, обеспечивающей чрезвычайно низкие значения $R_{DS(on)}$ и высокую плотность ячеек структуры (до $17 \cdot 10^4$ см⁻²). Первыми МОП ПТ типа FlipFET были *p*-канальные приборы на напряжение 20 В с $R_{DS(on)}$ до 23 мОм при напряжении затвор-сток (V_{GS}) 4,5 В и 39 мОм при $V_{GS} = 2,5$ В. Транзисторы этого типа предназначены для схем зарядки батарей и переключения нагрузки портативных систем, таких как сотовые телефоны и “дорожные” компьютеры. Выполнение схемы защиты батарей сотовых телефонов на базе FlipFET позволяет увеличить длительность разговора на 10 мин, а продолжительность работы в режиме ожидания – на 4,6 часа.

Чтобы обеспечить токи и напряжения, требуемые для будущих источников питания, в частности неизолированных обратныхходовых конвертеров с синхронным выпрямлением, предназначенных для следующего поколения микропроцессоров, на фирме International

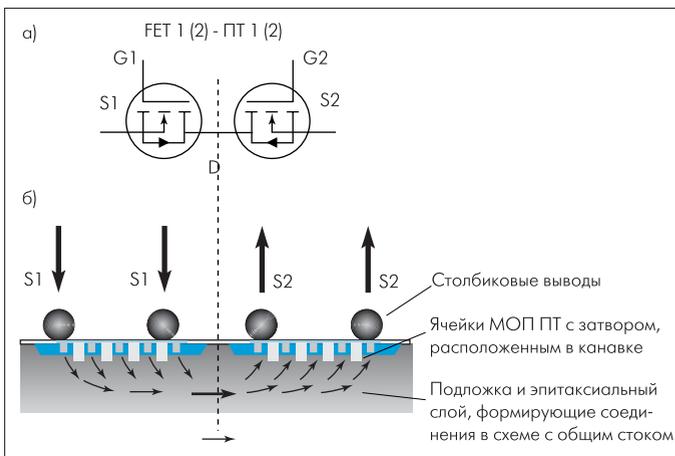


Рис.4. Соединение транзисторов в двунаправленном FlipFET(а) и вид кристалла со столбиковыми выводами (б)

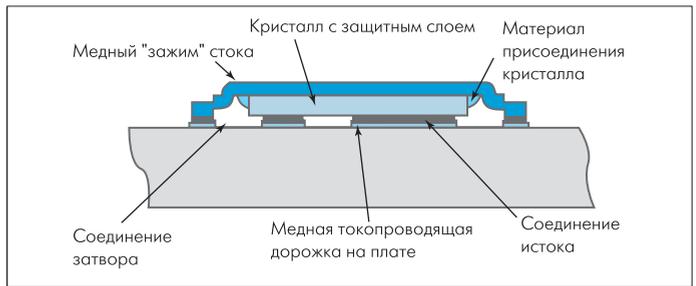


Рис.5. Структура транзистора типа DirectFET

Rectifier создан прочный, монтируемый на поверхность корпус, выполненный по технологии DirectFET. Эта технология также предусматривает монтаж перевернутого кристалла: к печатной плате привариваются контакты истока и затвора, а соединения стока выполняются на обратной стороне кристалла с помощью медного “зажима”, на котором размещен кристалл (рис.5). Транзисторы типа DirectFET предназначены для замены приборов в распространенном корпусе SO-8 и его усовершенствованном варианте с медной шиной Copperstrap SO-8. Благодаря отсутствию проводящих дорожек и непосредственному контакту кристалла с платой сопротивление самого корпуса было уменьшено до менее 200 мкОм (меньше на 86%, чем у SO-8, и на 76%, чем у усовершенствованного варианта Copperstrap SO-8). Это значит, что при габаритных размерах корпуса SO-8 типичное значение $R_{DS(on)}$ прибора может составлять всего 2 мОм. Снижение общего сопротивления – не единственное достоинство нового корпуса. Тепловое сопротивление между *pn*-переходом транзистора и крышкой корпуса составляет 3°C/Вт против 25°C/Вт для приборов в корпусе SO-8, а тепловое сопротивление *pn*-переход–плата снижено с 20 до 1°C/Вт. Испытания на воздействие неблагоприятных условий среды показали безотказную работу транзисторов в течение 1 тыс. часов.

Не отстают от International Rectifier и другие игроки на рынке мощных полупроводниковых приборов. Фирма Ixys в середине 2002 года получила патент на технологию сборки мощных транзисторов с высокими характеристиками в корпус с электрически изолированным монтажным выводом типа ISOPLUS. Стандартная выводная рама корпуса заменена керамической подложкой. Отсутствие отверстия под винт оставляет место для кристалла больших размеров, рассчитанного на большие токи, чем транзисторы в стандартных TO-корпусах. Развязка монтажного вывода, достигающая 2500 В, позволяет монтировать несколько приборов на теплоотвод без какой-либо промежуточной изолирующей фольги. Теплопроводность приборов в таких корпусах лучше, чем у обычных транзисторов, и они легче их. Благодаря малой паразитной емкости между переходом и теплоотводом уменьшается рост вносимых помех с увеличением рабочей частоты, представляющий собой серьезную проблему современных импульсных источников питания.

Принцип непосредственного присоединения кристалла с МОП ПТ к теплоотводу использован и в корпусе “без дна” фирмы Fairchild Semiconductor, выполненном по технологии формирования столбиковых выводов для пайки, впервые разработанной для монтажа МОП ПТ в BGA-корпус. Площадь основания корпуса – 30 мм² (против 155 мм² для D²PAK), а тепловое сопротивление между *pn*-переходом и корпусом – 0,5°C/Вт. Корпус предназначен для монтажа МОП ПТ на напряжение 20–200 В.

Electronic Design, July, 1999.

Материалы фирм International Rectifier, Ixys, STMicroelectronics, Advanced Power Technology



Планы фирмы Intel

Под лозунгом "На одно поколение
вперед!"

В конце 2002 года фирма Intel провела совещание, посвященное планам развития технологии, включая обсуждение долгожданной микросхемы Pentium 3 на частоту 3 ГГц, проблемы создания 5-ГГц чипа с минимальными размерами элементов 0,09 мкм и возрождения проекта реализации Интернета-на-чипе. По словам президента фирмы Поля Отеллини, уже в четвертом квартале 2002 года тактовая частота процессора Pentium 3, выполненного по технологии HyperThreading, должна достичь 3 ГГц, а во втором квартале 2003 года дебютирует процессор под кодовым названием Prescott, выполненный по 0,09-мкм технологии и рассчитанный на частоту 5 ГГц. Он отметил также, что тактовая частота второго поколения процессоров с такими топологическими нормами составит уже 6 ГГц.

Появление в конце 2003 года чипа GSM-стандарта, названного Manitoba и реализующего технологию беспроводного доступа в Интернет, позволит фирме "внедриться" на рынок сотовых телефонов. По словам Отеллини, уже изготовлен первый чип, в котором объединены средства немодулированной передачи, логические устройства процессора, флэш-память типа StrataFlash и протокол линии передачи данных.

Отмечалось также, что Intel не прекращает работы по освоению 0,13-мкм технологии изготовления флэш-памяти. К концу 2002 года с такими нормами будут выпускаться 20% схем памяти этого типа, а к концу 2003-го – 80% таких схем.

Electronic News, 2002, Oct. 23.