



Владимир Башкиров (International Rectifier)

НОВЫЕ СЕМЕЙСТВА ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ НИЗКОВОЛЬТНЫХ MOSFET

International
IR Rectifier

В номенклатуре *International Rectifier* заметную часть составляют **низковольтные силовые МОП-транзисторы**. Они широко востребованы рынком телекоммуникационного и компьютерного оборудования, на долю которого приходится около 50% поставляемой компанией продукции. Непрерывное ужесточение требований по эффективности и цене источников питания этого оборудования побудило IR существенно расширить номенклатуру низковольтных МОП-транзисторов для поверхностного монтажа. Добавлены новые приборы с лучшими на рынке показателями качество/цена.

Технология TrenchFET нового поколения

Кристалл силового МОП-транзистора характеризуют два основных показателя качества — удельное сопротивление канала $R \times AA$ (произведение сопротивления открытого канала на площадь активной зоны ячейки), характеризующее компактность и цену кристалла, и комплексный показатель потерь $R \times Qg$ (произведение сопротивления открытого канала на заряд затвора), учитывающий уровень потерь проводимости и потерь переключения. Эволюция этих параметров во времени у 30-вольтовых N-канальных МОП-транзисторов IR представлена на рис. 1.

С 2000 г. было освоено серийное производство первого поколения Trench FET IR (Gen8), что позволило за короткий срок увеличить компактность кристалла и снизить потери в несколько раз. С 2002 по 2005 гг. компанией внедрены более совершенные технологии нового поколения (Gen 10.52 и 10.55). Разработав к 2007 г. новую низковольтную технологию Trench FET Gen10.59, компания достигла цели создания кристаллов со сниженной ценой при несколько более высоких технических характеристиках. Это позволило создать новые семейства МОП-транзисторов с более высокими характери-

стиками и более низкой ценой чем у аналогов. Благодаря этим преимуществам новые приборы смогли стать универсальной заменой для широкой номенклатуры приборов предыдущих поколений и аналогов других производителей.

Эффективные по цене TrenchFET в стандартных корпусах для поверхностного монтажа

Новые 30-вольтовые транзисторы поколения 10.59 отличаются как низким сопротивлением канала, так и низким зарядом затвора. Эти особенности с учетом пониженной цены (из-за более ком-

пактного кристалла) делают их идеальными ключевыми приборами для применения в синхронных выпрямителях понижающих DC/DC-конверторов, широко распространенных в компьютерном и телекоммуникационном оборудовании. Низкие потери проводимости способствуют повышению КПД и тепловых режимов конвертора при полной нагрузке, а низкие потери переключения помогают достичь высокого КПД даже при малых нагрузках. Новые транзисторы производятся в наиболее популярных корпусах для поверхностного монтажа SO-8 и D-Pak. Их номенклатура представлена в таблице 1.

Транзисторы в корпусе D-Pak имеют логический уровень управления затвором. Благодаря тому, что новые транзисторы превышают по показателю качество/цена транзисторы предыдущих поколений IR и транзисторы других производителей, они являются универсальной заменой для широкой номенклату-

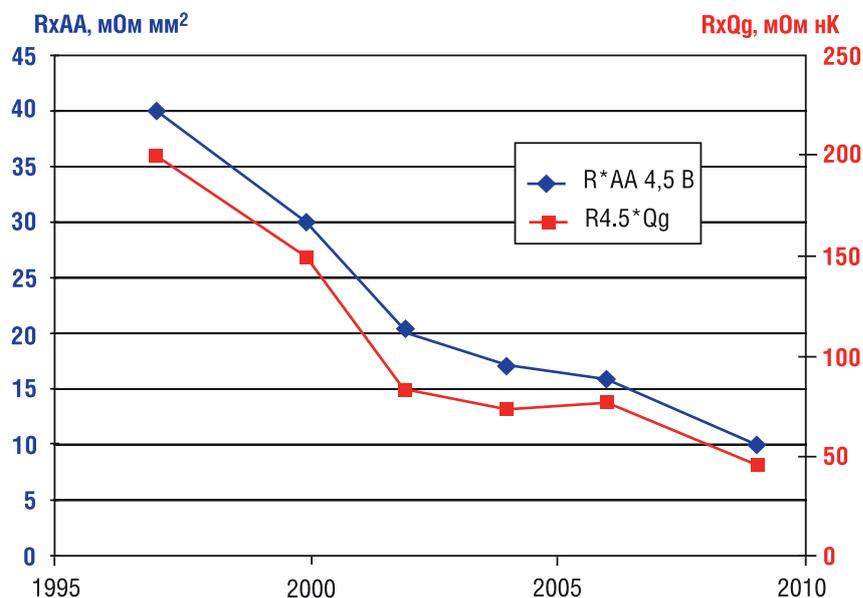


Рис. 1. Эволюция показателей качества 30 вольтового MOSFET

Таблица 1. Номенклатура TrenchFET для поверхностного монтажа

Наименование	Rds(on), МОм		Id, А		Qg, нК	Qgd, нК	Корпус
	Vgs = 4,5 В	Vgs = 10 В	25°C	70°C			
IRF8707PBF	14,2	9,3	8,3	6,6	9,5	2,4	SO-8
IRF8714PBF	13,0	8,7	14,0	11,0	8,1	3,0	SO-8
IRF8721PBF	12,5	8,5	14,0	11,0	8,3	3,2	SO-8
IRF8736PBF	6,8	4,8	18,0	14,4	17,0	5,8	SO-8
IRF7852PBF	4,5	3,7	21,0	17,0	30,0	9,8	SO-8
IRF8788PBF	11,8	8,4	24,0	19,0	44,0	14,0	SO-8
IRLR8721PBF	3,9	3,1	65,0	46,0	8,5	3,4	Dpak
IRLR8743PBF	3,8	2,8	160,0	113,0	39,0	13,0	Dpak

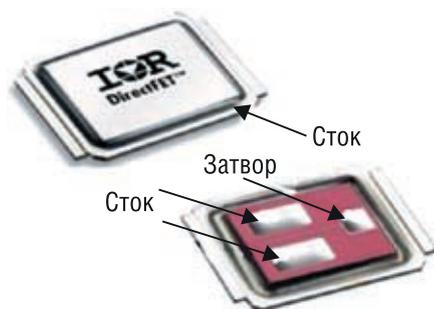


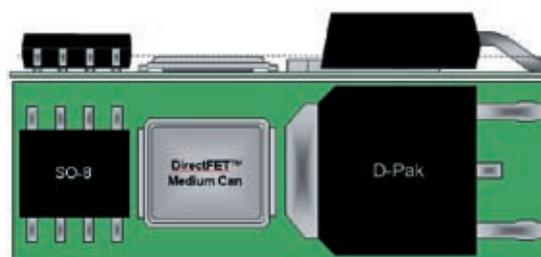
Рис. 2. Конструкция DirectFET

ры аналогов. Например, транзистор **IRF8736PBF** заменяет десять типоминиалов транзисторов IR и около 30 типоминиалов транзисторов STMicroelectronics, Fairchild, Renesas, Infineon, Siliconix Vishay. За счет этого появляется возможность провести эффективную унификацию схем источников питания при модернизации оборудования и сократить перечень применяемых транзисторов.

Второе поколение DirectFET

МОП-транзисторы, изготовленные по этой технологии, имеют столько преимуществ, что они в настоящее время доминируют в устройствах питания компьютерного оборудования и получили широкое распространение в источниках питания телекоммуникационного оборудования. Преимущества транзисторов DirectFET основаны на новой технологии корпусирования с применением металлической крышки-вывода стока и специфического кристалла транзистора с двусторонним расположением выводов затвора, истока и стока (рис. 2).

В транзисторах DirectFET отсутствует разварка кристалла и нет пластмассового корпуса. Благодаря этому преимуществами DirectFET являются:



SO-8	DirectFET™ Medium Can	D-Pak
5,00 x 6,20 x 1,78	5,05 x 6,35 x 0,70	6,73 x 10,42 x 2,38
(0,082г)	(0,085г)	(0,325г)
31,0 мм ²	32,1 мм ²	70,1 мм ²
55,2 мм ³	22,4 мм ³	166 мм ³

Рис. 3. Сравнение размеров корпусов для поверхностного монтажа

Наивысшая эффективность корпуса

Эффективность корпуса транзистора определяется отношением площадей кристалла и корпуса транзистора. При одинаковой площади кристалла транзисторы DirectFET имеют минимальную площадь и высоту. На рис. 3 представлено сравнение размеров корпусов SO-8, DirectFET типоразмера M (средний типоразмер) и D-Pak.

DirectFET "M" при сравнении с SO-8 площади занимает на 60% меньший объем. Он имеет на 54% меньшую площадь чем D-Pak, но в него можно поместить кристалл такого же размера. Малый корпус DirectFET "S" занимает такую же площадь, как корпус TSSOP-8 (объем меньше на 44%) и на 40% меньшую площадь, чем корпус SO-8. Перспективный корпус большого типоразмера DirectFET "L" занимает площадь на 10% меньше, чем у D-Pak и на 63% меньше, чем у D2Pak, но при этом в нем можно разместить кристалл большей площади, чем в корпусе D2Pak. Его масса почти вдвое ниже, чем у D-Pak и в 6 раз ниже, чем у D2Pak. Все типы кор-

пусов DirectFET имеют одинаковую и минимальную среди корпусов для поверхностного монтажа высоту 0,7 мм.

Ультранизкое электрическое сопротивление выводов корпуса

В транзисторах DirectFET электрический ток протекает по кратчайшему расстоянию — через кристалл и крышку корпуса (рис. 4). У транзисторов в корпусе SO-8, D-Pak и в разновидностях корпусов на их основе ток, кроме того, протекает через проволоки разварки кристалла и выводы корпуса.

Электрическое сопротивление корпуса DirectFET ниже 0,1 мОм, что более чем в 14 раз ниже, чем у классического SO-8 и в 3,5...12 раз ниже, чем у разновидностей корпусов на основе SO-8, D-Pak. Оно гораздо ниже электрического сопротивления кристалла при открытом канале.

Низкое термосопротивление, высокая рассеивающая способность корпуса

У транзисторов в пластмассовых корпусах из-за большого термосопротивления пластика тепло

Таблица 2. Параметры нового семейства DirectFET

Наименование	BVdss, В	Rds(on), МОм		Id, А		Qg, нК	Qgd, нК	Корпус
		Vgs = 4,5 В	Vgs = 10 В	25°C	70°C			
IRF6715MPBF	25	2,7	1,6	34	27	40,0	12,0	MX
IRF6716MTRPBF	25	2,6	1,6	39	31	39,0	12,0	MX
IRF6714MPBF	25	3,4	2,1	29	23	29,0	8,0	MX
IRF6713STRPBF	25	4,5	3,0	22	17	21,0	6,3	SQ
IRF6712STRPBF	25	8,7	4,9	17	13	12,0	4,0	SQ
IRF6710S2PBF	25	14,0	7,6	12	10	8,5	2,6	S1
IRF6721SPBF	30	8,5	5,1	14	11	11,0	3,7	SQ
IRF6722SPBF	30	8,0	4,7	13	11	11,0	4,1	ST
IRF6722MPBF	30	8,0	4,7	13	11	11,0	4,3	MP
IRF6724MPBF	30	2,7	1,9	27	21	33,0	10,0	MX
IRF6725MPBF	30	2,4	1,7	28	22	36,0	11,0	MX
IRF6726MPBF	30	1,9	1,3	32	25	51,0	16,0	MT
IRF6727MPBF	30	1,8	1,2	32	28	49,0	16,0	MX

Таблица 3. Транзисторы в корпусе PQFN

Наименование	BVdss, В	Rds(on), МОм		Id, А		Qg, нК	Qgd, нК	Корпус
		Vgs = 4,5 В	Vgs = 10 В	25°C	70°C			
IRFH7914TRPBF	30	13,0	8,7	15	12	8,3	2,8	PQFN
IRFH7921TRPBF	30	12,5	8,5	15	12	9,3	3,2	PQFN
IRFH7923TRPBF	30	11,9	8,7	15	12	8,7	2,7	PQFN
IRFH7932TRPBF	30	3,9	3,3	25	20	34,0	11,0	PQFN
IRFH7936TRPBF	30	6,8	4,8	20	16	17,0	5,5	PQFN

эффективно можно отвести от кристалла только через выводы корпуса. У транзисторов в корпусе SO-8 термосопротивление между кристаллом и печатной платой составляет 20°C/Вт, а сопротивление передачи тепла от кристалла на верхнюю поверхность корпуса – 55°C/Вт. У транзисторов в корпусах DirectFET термосопротивление кристалл-печатная плата составляет всего 1°C/Вт, а термосопротивление кристалл-поверхность корпуса 3°C/Вт. Температура корпуса DirectFET работающего транзистора может быть ниже вплоть до разницы в 50°C, чем у корпуса SO-8. Благодаря низкому термосопротивлению корпуса DirectFET способны рассеивать гораздо более высокую мощность, чем корпуса для поверхностного монтажа других типов. Тепло с поверхности DirectFET можно эффективно отвести обдувом, теплопроводящей пленкой или обдуваемым радиатором.

Низкая паразитная индуктивность корпуса

Из-за отсутствия проволок разварки кристалла корпуса DirectFET имеют самую низкую среди корпусов паразитную индуктивность. Она не превышает 5 нГн на частотах до 5 МГц, что втрое ниже, чем у SO-8, в 5

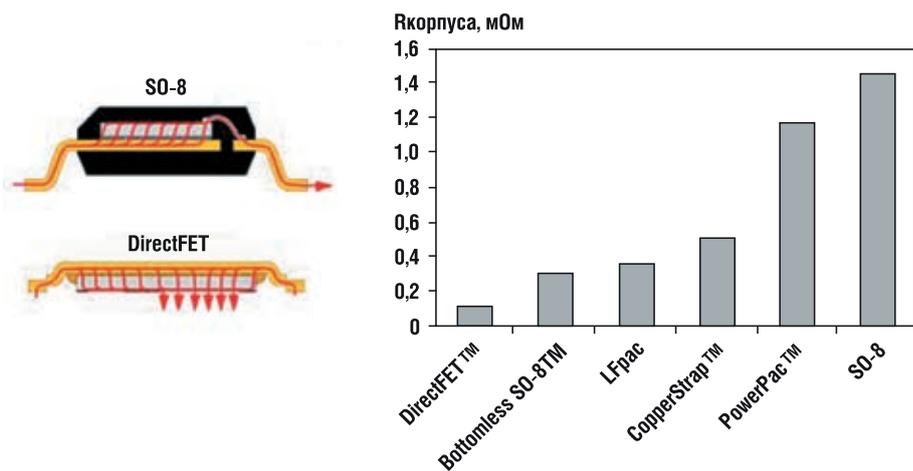


Рис. 4. Сравнение электрического сопротивления корпусов транзисторов

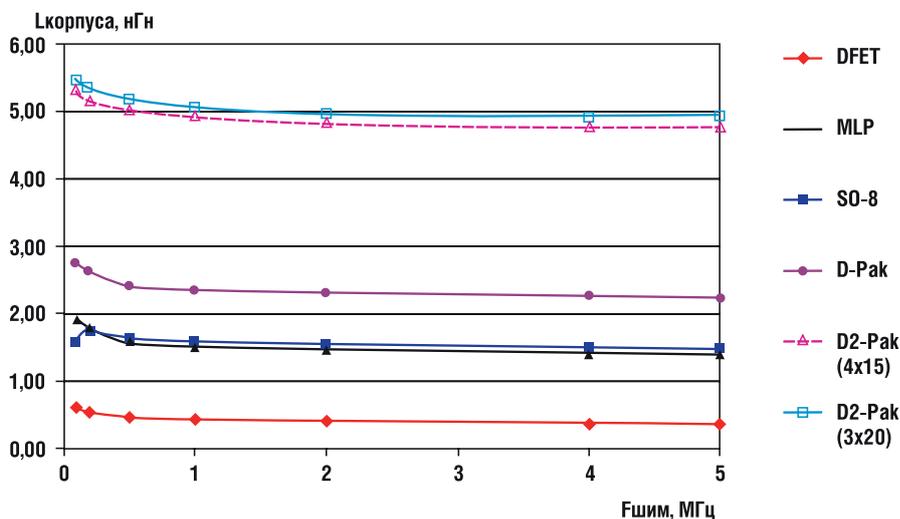


Рис. 5. Сравнение паразитной индуктивности корпусов

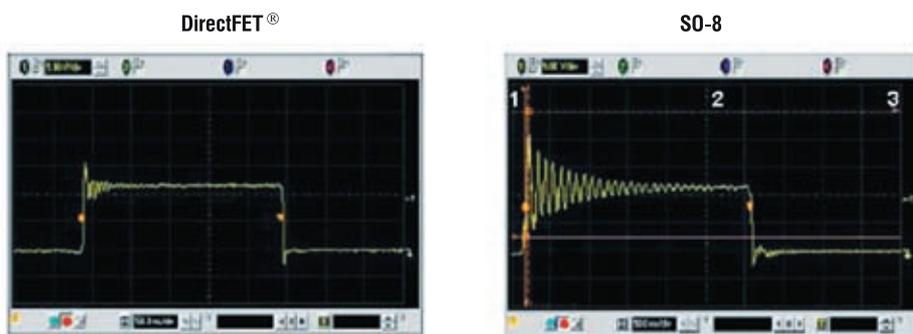


Рис. 6. Влияние паразитной индуктивности на качество переходных процессов

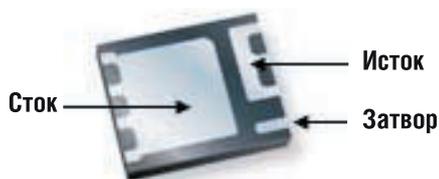


Рис. 7. Корпус PQFN

раз ниже, чем у D-Pak и в 10 раз ниже, чем у D2Pak (рис. 5).

Низкая паразитная индуктивность обеспечивает высокое качество переходных процессов в режимах переключения транзистора и возможность работы на высоких частотах ШИМ.

На рис. 6 для сравнения представлены осциллограммы напряжения «сток-исток» транзисторов в корпусе DirectFET и SO-8 при коммутации тока 30 А на частоте 500 кГц. Применение транзисторов в корпусах DirectFET дает возможность заменить до трех параллельно включенных транзисторов в корпусе SO-8 или до двух транзисторов в корпусе D-Pak, вдвое поднять объемную плотность энергии, резко снизить температуру в преобразователе. Номенклатура выпускающихся транзисторов в корпусах DirectFET перекрывают диапазон напряжений

20...200 В. Это позволяет применять их в преобразовательных устройствах со всеми номиналами напряжения батарейного питания и напряжений телекоммуникационных шин. Объединив преимущества технологии корпусирования DirectFET и технологии TrenchFET Gen10.59, компания IR приступила к началу производства нового поколения МОП-транзисторов DirectFET-2. Обновление номенклатуры коснулось диапазона напряжений «сток-исток» 25...30 В. Параметры новых транзисторов DirectFET представлены в таблице 2. Транзисторы нового поколения производятся в тех же корпусах, что позволяет произвести модернизацию и поднять КПД преобразования без изменения печатной платы.

Ультранизкое сопротивление открытого канала и низкий заряд затвора обеспечивают достижение КПД преобразования выше 90% в одно- и многофазных DC/DC-конверторах, применяемых в компьютерной технике. Благодаря компактности и ультранизким потерям перечень приложений транзисторов DirectFET постоянно расширяется. Помимо перечисленных выше приложений они нашли

применение в высококачественных аудиоусилителях, в инверторах солнечных батарей, приводах с батарейным питанием, применяемых в электроинструменте.

МОП-транзисторы в корпусе PQFN

Транзисторы в корпусе PQFN (силовой QFN) занимают промежуточное положение по эффективности между транзисторами в стандартных корпусах и в корпусах DirectFET. Корпус PQFN (рис. 7) занимает такую же площадь, как и SO-8, но имеет ряд преимуществ.

В нем можно разместить более крупный кристалл. Выводы стока и истока имеют большую площадь. Термосопротивление между кристаллом и выводами существенно ниже, чем у SO-8 (2,8°C/Вт). При этом цена корпуса ненамного выше. Поэтому транзисторы в этом корпусе могут быть использованы в преобразовательных устройствах с более высокими характеристиками, чем при применении транзисторов в корпусе SO-8 и с более низкой ценой, чем при применении DirectFET. Характеристики транзисторов в корпусе PQFN с кристаллами поколения Gen10.59 представлены в таблице 3.

Применение транзисторов в корпусе PQFN в синхронных выпрямителях понижающих DC/DC-конверторов обеспечивает понижение температуры ключа синхронного выпрямления на величину до 30°C и температуры управляющего ключа на 10°C, а также повышение КПД на 2%. Дальнейшее развитие номенклатуры полевых транзисторов IR предусматривает дополнение ее новыми транзисторами на диапазон напряжений 40...200 В с кристаллами новых поколений, в новых типоразмерах корпусов PQFN и DirectFET а также транзисторами, предназначенными для применения в автоэлектронике и промышленных приложениях.

Ответственный за направление в КОМПЭЛе – Людмила Горева

Получение технической информации, заказ образцов, поставка – e-mail: power.vesti@compel.ru

International IR Rectifier

Низковольтный MOSFET IRF8736PBF

Универсальная замена для десяти типов транзисторов IR и тридцати типов транзисторов STM, Fairchild, Renesas, Infineon, Vishay

30V