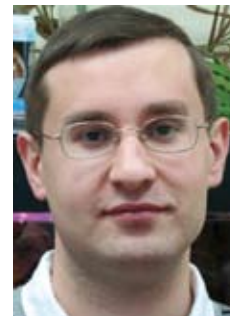


Максим Соломатин (КОМПЭЛ)

## НОВИНКИ MOSFET В СТАНДАРТНЫХ КОРПУСАХ



В течение последнего десятилетия внедрение компанией **International Rectifier TrenchFET-технологии** изготовления **полевых транзисторов** привело к появлению MOSFET, сочетающих в себе как ультранизкое сопротивление открытого канала, так и улучшенные динамические характеристики. В статье рассказывается о новых изделиях, пополнивших линейку MOSFET компании International Rectifier в самое последнее время.

Компания International Rectifier исторически является мировым лидером по производству MOSFET. А в последние несколько лет, особенно после продажи части номенклатуры Vishay, компания уделяет огромное внимание развитию инновационных технологий, среди которых производству новых MOSFET уделяется особое внимание. В нынешней ситуации, когда рост эффективности кремниевого кристалла замедляется, на первое место выходит комплексный показатель работы всей системы «кристалл-корпус». Постоянное совершенствование технологии изготовления кристаллов транзистора и их корпуси-

рования позволяет изделиям компании отвечать современным жестким требованиям эффективности, энергопотребления, условий эксплуатации приборов, а также их цены.

В процессе эволюции технологии изготовления MOSFET происходит постоянное повышение удельной мощности транзисторов, снижение удельного сопротивления канала, а также уменьшение комплексного показателя потерь, учитывающего одновременно потери на проводимость и переключение. Однако устойчивая работа транзисторов зависит и от ряда других важных параметров в зависимости от конкретного их применения в разных устройствах. Линейка

MOSFET International Rectifier отличается тем, что можно выбрать транзисторы, предназначенные для работы только в определенных устройствах, например, в синхронных выпрямителях, DC/DC-преобразователях или приводах двигателей постоянного тока.

Например, совсем недавно IR объявила о выпуске целой линейки новых MOSFET, предназначенных для применения в различных устройствах автомобильной электроники, таких как переключатели, DC/DC-преобразователи, элементы управления двигателем и другие. Эти приборы отличаются высокой надежностью и малым сопротивлением канала  $R_{ds(on)}$ . Данные транзисторы сертифицированы согласно автомобильному стандарту AEQ-101. К примеру, этот стандарт требует, чтобы сопротивление канала транзистора изменялось не более чем на 20% после тысячи температурных циклов тестирования. Однако при расширенном тестировании приборы серии AU демонстрируют мак-

Таблица 1. Новые автомобильные MOSFET в различных корпусах

Наименование	Корпус	V <sub>ds</sub> , В	R <sub>ds(on)</sub> , мОм	Q <sub>g</sub> , нК	I <sub>d</sub> (T <sub>c</sub> = 25°C), А
AUIRF1324S-7P	D2Pak-7P	24	1	180	429
AUIRF1324S	D2Pak	24	1,65	160	340
AUIRF1324	TO-220	24	1,5	160	353
AUIRF2804S-7P	D2Pak-7P	40	1,6	170	320
AUIRF2804S	D2Pak	40	2	160	270
AUIRF2804L	TO-262	40	2	160	270
AUIRF2804	TO-220	40	2	160	270
AUIRF1404ZS	D2Pak	40	3,7	100	180
AUIRF1404ZL	TO-262	40	3,7	100	180
AUIRF1404Z	TO-220	40	3,7	100	180
AUIRF4104S	D2Pak	40	5,5	68	120
AUIRFR4104	DPak	40	5,5	59	119
AUIRFU4104	I-Pak	40	5,5	59	119
AUIRF4104	TO-220	40	5,5	68	120
AUIRF1010ZS	D2Pak	55	7,5	63	94
AUIRF1010ZL	TO-262	55	7,5	63	94
AUIRF1010Z	TO-220	55	7,5	63	94
AUIRF1010EVS	D2Pak	60	8,5	58	84
AUIRF1010EZ	TO-220	60	8,5	58	84
AUIRF3710ZS	D2Pak	100	18	82	59
AUIRFR3710Z	DPak	100	18	69	56
AUIRF3710Z	TO-220	100	18	82	59

Таблица 2. Новые транзисторы в корпусе DirectFET и DirectFET2

Наименование	Корпус	Vds, В	Rds(on), мОм	Qg, нК	Id (Tc = 25°C), А
AUIRF7739L2	DirectFET2 L-Can	40	1	220	270
AUIRF7665S2	DirectFET2 S-Can	100	62	8,3	14,4
IRF7739L2	DirectFET2 L-Can	40	1	220	270
IRF7749L2	DirectFET2 L-Can	60	1,5	200	203
IRF6706S2	DirectFET S-Can	25	5,3	12	17
IRF6798M	DirectFET M-Can	25	1,6	50	37

Таблица 3. Транзисторы в корпусе PQFN с медной клипсой

Наименование	Корпус	Vds, В	Rds(on), мОм	Qg, нК
IRFH6200TRPbF	PQFN 5×6mm	20	1,2	155
IRFH5250TRPbF	PQFN 5×6mm	25	1,15	52
IRFH5300TRPbF	PQFN 5×6mm	30	1,4	50
IRFH5301TRPbF	PQFN 5×6mm	30	1,85	37
IRFH5302TRPbF	PQFN 5×6mm	30	2,1	29
IRFH5303TRPbF	PQFN 5×6mm	30	6,8	15
IRFH5304TRPbF	PQFN 5×6mm	30	6,8	16
IRFH5306TRPbF	PQFN 5×6mm	30	13,3	7,8
IRFH5004TRPbF	PQFN 5×6mm	40	2,6	73
IRLH5034TRPbF	PQFN 5×6mm	40	3,2	82
IRFH5006TRPbF	PQFN 5×6mm	60	4,1	74
IRLH5036TRPbF	PQFN 5×6mm	60	5,5	44
IRFH5007TRPbF	PQFN 5×6mm	75	6,1	72
IRFH5010TRPbF	PQFN 5×6mm	100	9	65
IRFH5053TRPbF	PQFN 5×6mm	100	18	24
IRLH5030TRPbF	PQFN 5×6mm	100	9,9	44
IRFH5015TRPbF	PQFN 5×6mm	150	31	33
IRFH5020TRPbF	PQFN 5×6mm	200	55	36

симальное изменение сопротивления менее 10% после 5000 температурных циклов, тем самым подтверждая свое высокое качество и надежность. Эта серия новых транзисторов имеет диапазон напряжений от 24 до 100 В, а минимальное сопротивление открытого канала в этой линейке MOSFET (у транзистора AUIRF1324S-7P) составляет оно всего 1 мОм (см. таблицу 1).

размера (Large Can) имеет сопротивление канала всего 0,7 мОм и демонстрирует исключительно большую плотность мощности и КПД, а заряд затвора транзистора AUIRF7665S2 (в малом корпусе Small Can) составляет всего 8,3 нКл, что позволяет ему иметь прекрасные динамические характеристики.

Стоит также отметить, что уже сейчас доступны для заказа транзисторы

В апреле 2010 года компания **International Rectifier** объявила о выпуске двух новых 25 В DirectFET MOSFET **IRF6706S2PBF** и **IRF6798MPBF** с максимальным КПД для высокочастотных DC/DC-преобразователей. Эти транзисторы сочетают в себе ультранизкие значения заряда затвора и сопротивления открытого канала Rds(on) одновременно, что приводит к значительному уменьшению потерь на проводимость и переключение.

Отдельно необходимо выделить новые автомобильные MOSFET **AUIRF7739L2** и **AUIRF7665S2** в корпусе DirectFET2. Концепция Direct-корпусирования идеально подходит для автомобильных применений, где требуются высокая эффективность, качество, повышенная конструктивная прочность и надежность. AUIRF7739L2, выполненный в корпусе DirectFET2 большого

**IRF7739L2** и **IRF7749L2** в корпусе Large Can DirectFET2 для универсального применения, выгодно отличающиеся от автомобильных DirectFET2 MOSFET по цене. Эти транзисторы имеют малое сопротивление канала и рассчитаны на напряжения 40 и 60 В соответственно. Столь малое значение сопротивления открытого канала транзистора достигается за счет того, что в корпус Large

Can DirectFET2 можно упаковать кристалл размером на 30% больше, чем в корпус D2PAK. И это при том, что площадь корпуса L-Can на 58% меньше, чем площадь D2PAK.

Первые транзисторы в корпусе DirectFET были выпущены в 2002 году, и их линейка продолжает расширяться ускоренными темпами. И это неудивительно, ведь спрос на эти транзисторы продолжает неуклонно расти, а качество упаковки кристалла является самым лучшим среди всех транзисторов IR. В апреле этого года компания объявила о выпуске двух новых 25 В DirectFET MOSFET **IRF6706S2PBF** и **IRF6798MPBF** с максимальным КПД для высокочастотных DC/DC-преобразователей. Эти транзисторы сочетают в себе ультранизкие значения заряда затвора и сопротивления открытого канала RDS(on) одновременно, что приводит к значительному уменьшению потерь на проводимость и переключение. Транзистор **IRF6798MPBF** в корпусе DirectFET среднего размера (Medium Can) с сопротивлением канала в открытом состоянии 0,95 мОм демонстрирует очень высокий КПД во всем диапазоне нагрузки. Он имеет монолитно встроенный диод Шоттки, что приводит к уменьшению потерь, связанных с проводимостью диода «сток-база», и потерь на обратное восстановление. Помимо этого, малое значение сопротивления затвора (0,25 мОм) способствует значительному уменьшению паразитных эффектов. Транзистор **IRF6706SPBF** выполнен в малом DirectFET корпусе (Small Can) и также имеет превосходные динамические и статические характеристики.

Быстрыми темпами начинают завоевывать не только мировой, но и российский рынок производителей электроники транзисторы MOSFET в корпусе PQFN, выполненные по уникальной технологии корпусирования с применением медной клипсы. На поверхность кристалла помещается — «защелкивается» — медная пластина (клипса), обеспечивающая очень плотное прилегание к кристаллу. Контакт позволяет получить сопротивление перехода «кристалл-медная клипса» менее, чем 1 мОм. Эффективность этих транзисторов больше, чем у транзисторов в других корпусах, за исключением DirectFET. Помимо бо-

Таблица 4. HEXFET Trench MOSFET в различных корпусах

Наименование	Корпус	Vds, В	Rds(on), мОм	Qg, нК	Id (Tc = 25°C), А
IRFS3004-7PPBF	D2PAK-7	40	1,25	160	400
IRFP4004PBF	TO-247AC	40	1,7	220	350
IRFB3004PBF	TO-220AB	40	1,75	160	340
IRFS3004PBF	D2PAK	40	1,75	160	340
IRFS3006-7PPBF	D2PAK-7	60	2,1	200	293
IRFB3006PBF	TO-220	60	2,5	200	270
IRFS3006PBF	D2PAK	60	2,5	200	270
IRFS3107-7PPBF	D2PAK-7	75	2,6	160	260
IRFS3107PBF	D2PAK	75	3	160	240
IRFS4010-7PPBF	D2PAK-7	100	4	150	190
IRFS4010PBF	D2PAK	100	4,7	143	180
IRFS4115-7PPBF	D2PAK-7	150	11,8	73	105
IRFS4115PBF	D2PAK	150	12,1	77	99
IRLS3034-7PPBF	D2PAK-7	40	1,7	108	240
IRLB3034PBF	TO-220	40	2	108	195
IRLS3034PBF	D2PAK	40	2	108	195
IRLS3036-7PPBF	D2PAK-7	60	2,2	91	240
IRLB3036PBF	TO-220	60	2,8	91	195
IRLS3036PBF	D2PAK	60	2,8	91	195
IRLS4030-7PPBF	D2PAK-7	100	4,1	87	190
IRLB4030PBF	TO-220	100	4,5	87	180
IRLS4030PBF	D2PAK	100	4,5	87	180

Таблица 5. Новые HEXFET MOSFET в корпусе SOT-23

Наименование	Корпус	Vds, В	Rds(on), мОм	Qg, нК	Id (Tc = 25°C), А
IRLML0030TRPBF	Micro 3/SOT-23	30	27	2,6	5,3
IRLML2030TRPBF	Micro 3/SOT-23	30	100	1	2,7
IRLML0060TRPBF	Micro 3/SOT-23	60	92	2,5	2,7
IRLML2030TRPBF	Micro 3/SOT-23	60	480	0,67	1,2
IRLML0100TRPBF	Micro 3/SOT-23	100	220	2,5	1,6

лее низкого активного сопротивления выводов, данный корпус обладает улучшенными тепловыми характеристиками. Таким образом, можно существенно повысить плотность мощности или снизить температуру транзистора при его работе. Например, при использовании данных транзисторов в качестве синхронных выпрямителей можно снизить температуру корпуса на 28°C, а при их использовании в качестве силового ШИМ-коммутатора – примерно на 9°C. За последнее полугодие IR представила довольно широкую линейку данных транзисторов, рассчитанных на напряжения от 20 до 250 В (таблица 3) и предназначенных для применения в устройствах синхронного выпрямления, приложениях типа OR'ING (силовая схема «ИЛИ» соединения источников питания), электроприводах постоянного тока и многих других. Файл с рекомендуемыми заменами транзисторов других компаний на новые MOSFET в корпусе PQFN с медной клипсой от International Rectifier находится на сайте компании КОМПЭЛ по адресу: [http://catalog.compel.ru/\\_media/brands/ir\\_mosfet\\_crossref.pdf](http://catalog.compel.ru/_media/brands/ir_mosfet_crossref.pdf).


Компания постоянно расширяет также и номенклатуру HEXFET Trench

MOSFET (таблица 4), производимых в корпусах, уже давно ставших популярными, которые еще долго будут востребованы рынком – TO-220, D2PAK, D2PAK-7, TO-247 и других. Эти транзисторы имеют наименьшее в отрасли сопротивление открытого канала и обеспечивают токи стока до 400 А. Среди них стоит выделить, например, транзистор в корпусе D2PAK-7 с семью выводами, который имеет Rds(on) на 16% ниже по сравнению с аналогом в корпусе D2PAK. Помимо потерь на проводимость, всегда следует учитывать потери на переключение. Часто транзисторы из этой линейки (IRL) имеют логический уровень управления затвором и соответствуют требованиям скоростного включения и выключения современных устройств, например, тех, в которых требуется максимальная эффективность в режиме небольших нагрузок и питание которых осуществляется от микроконтроллеров или маломощных аккумуляторов.

Наконец, несколько слов о новых HEXFET MOSFET в корпусах SOT-23 (Micro3). Эти транзисторы характеризуются очень малым зарядом затвора Qg и малой паразитной миллеровской емкостью, благодаря чему имеют сверхбыстрое время переключения.

## Закключение

Компания International Rectifier сосредоточила свои основные усилия именно на тех направлениях, где она имеет преимущества перед другими производителями. Это внедрение новых технологий корпусирования и изготовления кристалла (например, TrenchFET). Кроме того, в линейке МОП-транзисторов особым образом выделены Benchmark MOSFET – транзисторы с эталонными характеристиками, то есть лучшими в отрасли по соотношению цена/качество. Полный обновленный список Benchmark MOSFET вы можете найти на странице: [http://catalog.compel.ru/\\_media/brands/benchmarkmosfets.pdf](http://catalog.compel.ru/_media/brands/benchmarkmosfets.pdf). Все новинки выделены красным цветом.

International Rectifier объявила о появлении в текущем 2010 году на рынке более 150 новых MOSFET в стандартных корпусах, что еще раз подтверждает мировое лидерство компании в производстве компонентов силовой электроники. 

Получение технической информации,  
заказ образцов, поставка –  
e-mail: [power.vesti@compel.ru](mailto:power.vesti@compel.ru)