

Максим Соломатин (КОМПЭЛ)

НОВЫЕ MOSFET КОМПАНИИ IR: ШИРОКИЕ ВЫВОДЫ, УВЕЛИЧЕННЫЙ ТОК



В этом году на рынке появилась новая серия **MOSFET** в корпусе **Wide Lead**, имеющем более широкие выводы у стока и истока. За счет этого **сопротивление их выводов уменьшилось на 50% по сравнению с TO-262**, а **максимальный ток транзистора увеличился до 240 А**.

Компания International Rectifier (IR) проводит расширение номенклатуры MOSFET по различным направлениям, одно из которых — достижение совершенных электрических параметров транзисторов: уменьшение сопротивления канала в открытом состоянии, уменьшение паразитных сопротивлений, емкостей и индуктивностей выводов, увеличение рабочих токов, повышение рабочих напряжений, уменьшение заряда затвора, увеличение быстродействия. Другое связано с увеличением эффективности использования приборов в готовых изделиях и обеспечением высоких удельных показателей по току и передаваемой мощности.

Новые MOSFET в корпусе SOT-23

Серия MOSFET в корпусе SOT-23 изначально не была предназначена для мощных применений, поскольку возможности для рассеивания тепла у корпуса очень скромны. Однако значительное уменьшение сопротивления ключа в открытом состоянии позволило значительно расширить диапазон коммутируемых токов. В сочетании с малой ценой этот тип корпуса стал особенно привлекателен для использования в мобильном секторе и для бюджетных маломощных преобразователей напряжения.

Основные требования для MOSFET-транзисторов, используемых в данных приложениях:

- Низкое значение сопротивления в открытом состоянии — $R_{ds(on)}$;
- Температурная стабильность без использования радиатора;
- Низкое пороговое напряжение затвора V_{th} ;
- Конкурентная низкая цена.

Новое семейство р- и п-канальных MOSFET компании IR (см. таблицу 3) в стандартном корпусе SOT-23 имеет ультранизкое сопротивление открыто-

го канала $R_{ds(on)}$ и предназначено для применения в зарядных устройствах аккумуляторных батарей, коммутаторах нагрузки, электроприводах, телекоммуникационном оборудовании, а также для использования в других приложениях. Новая линейка транзисторов перекрывает диапазон напряжений -30...100 В и имеет различные значения $R_{ds(on)}$ и заряда затвора (Q_g), что обеспечивает широкий выбор при разработке компактных, эффективных, в том числе и по цене, решений.

Что отличает новые транзисторы в корпусе SOT-23 от предыдущих? Ответ можно получить, изучив технологию изготовления кристалла для данного корпуса.

На рис. 1 показана эволюция технологий компании International Rectifier, применяемых при изготовлении кристаллов для MOSFET в корпусах SOT-23.

Новые технологии изготовления кристалла обеспечили MOSFET в корпусе SOT-23 преимущество перед основными конкурентами. При сохранении прежних размеров кристалла были получены более низкие значения $R_{ds(on)}$ и температурного сопротивления $R_{th(ja)}$. В результате были достигнуты лучшие температурные параметры для корпуса SOT-23. Компания IR выпускает транзисторы в корпусах SOT-23 с кристаллами, изготовленными по технологиям **Gen 10.7, 10.59, 12.1 и 12.2**.

Параметры новых MOSFET-транзисторов в корпусах SOT-23

Как было отмечено выше, основными преимуществами новых приборов в корпусах SOT-23 являются меньшие $R_{ds(on)}$ и тепловое сопротивление корпуса. Для оценки преимущества новых транзисторов будут использоваться в основном только эти два параметра. Сопротивление канала MOSFET в сильной степени зависит от напряжения на затворе и от рабочей температуры. Для сравнительной оценки сопротивления в таблицах 1-7 приводятся данные для различных уровней напряжений на затворе. Эти данные особенно важны для

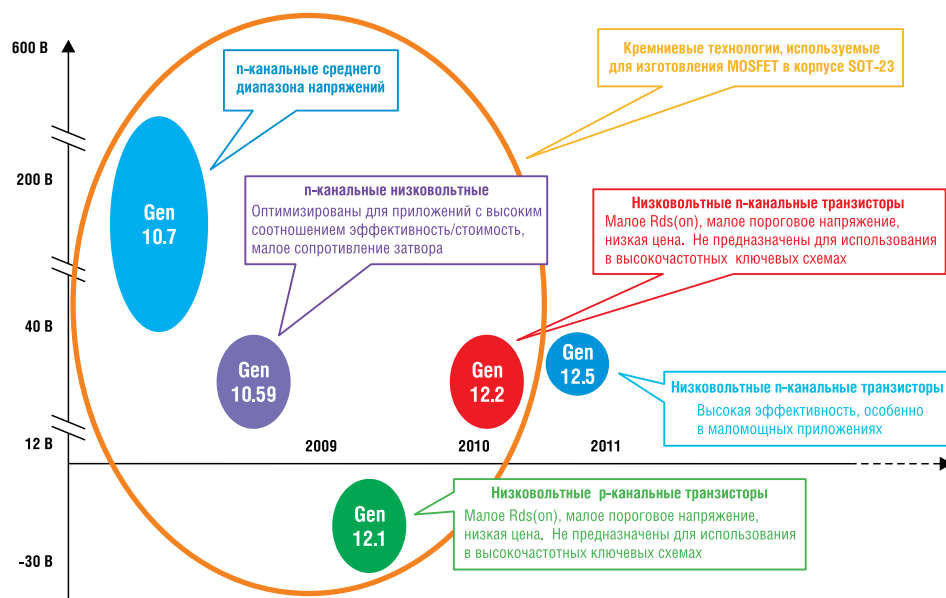


Рис. 1. Эволюция технологий IR для MOSFET в корпусе SOT-23

Таблица 1. Сравнительные характеристики новых транзисторов в корпусе SOT-23 компании IR и Alpha & Omega Semiconductor (AO3400, AO3400A)

Наименование	Тип./Макс. Rds(on) при 4,5 В и 25°C, мОм	Тест. Rds(on) при 4,5 В и 25°C, мОм	Макс. Rth(ja) (C/W)
IRLML6344	22/29	22	100
AO3400	19/33	25	125
AO3400A	19/32	20	125

Таблица 2. Сравнение параметров IRLM6244/6246 с ближайшими аналогами

Наименование	Тип./Макс. Rds(on) при 2,5 В и 25°C, мОм	Макс. тепловое сопротивление Rth(ja), (°C/W)
IRLML6244	22/27	100
IRLML6246	45/66	100
IRLML2502	50/80	100
FDN339	39/50	250

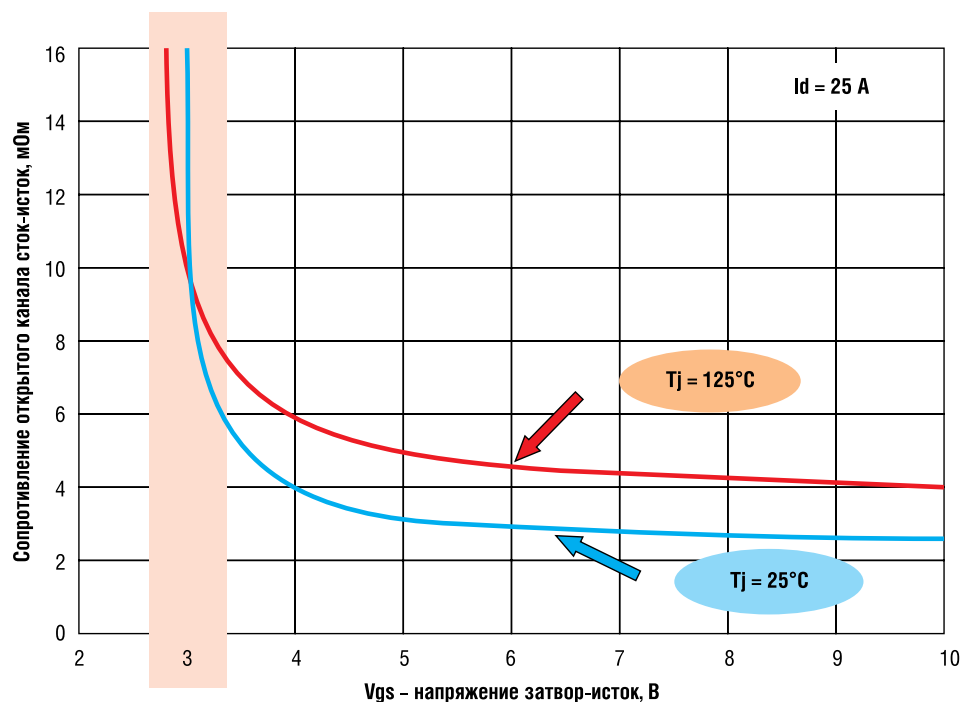


Рис. 2. Типовая зависимость сопротивления MOSFET в открытом состоянии от напряжения на затворе

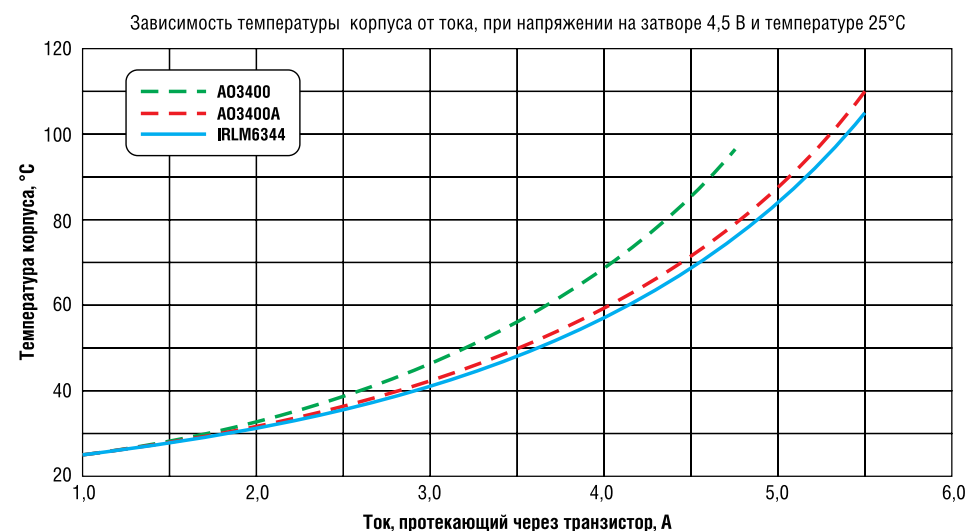


Рис. 3. Зависимость температуры корпуса от протекающего тока

транзисторов с малым пороговым напряжением. На рис. 2 показана зависимость сопротивления MOSFET в открытом состоянии от напряжения на затворе.

Посравнению с AO3400A IRLML6344 имеет меньшую рабочую температуру корпуса при аналогичных режимах работы благодаря лучшему значению

теплового сопротивления Rth(ja). На рис. 3 показана зависимость температуры корпуса от протекающего тока.

IRLML6344, по сравнению с AO3400A, имеет меньшее сопротивление Rds(on), следовательно на нем будет меньше рассеиваться мощность, и корпус будет меньше нагреваться. Rds(on) IRLML6344 немного больше чем у конкурентов. Однако за счет более низкого значения теплового сопротивления Rth(ja) корпус IRLML6344 обеспечивает лучший теплоотвод по сравнению с конкурентами, а это обеспечивает возможность коммутации более высоких токов.

Зависимость температуры корпуса от протекающего тока для новых транзисторов IRLML6244\6246 по сравнению с MOSFET предыдущего поколения IRLML2502 и конкурентами (Fairchild FDN339) показана на рис. 4.

Основная стратегия разработок IR следующая: для каждого семейства приборов обеспечивать лучшие параметры при меньшей цене. Новый транзистор IRLML6246 имеет более привлекательную цену по сравнению с IRLML2502 при аналогичных параметрах. Кроме того, IRLML6244 обеспечивает более низкую (на 40°C) температуру корпуса по сравнению с IRLML2502, работая в идентичных режимах.

В настоящее время для стандартного управления затвором компания IR имеет широкую номенклатуру MOSFET-транзисторов в корпусе SOT-23, производимых по технологиям 10.59, 10.7 и 12.1.

Имея одинаковую с IRLML2030 цену, IRLML0030 в том же корпусе обеспечивает лучшие параметры.

Новые семейства MOSFET в стандартных корпусах SOT-23 в большинстве случаев могут быть использованы в качестве аналогичной замены для приборов предыдущих поколений.

Система обозначений MOSFET в корпусе SOT-23

В обозначении MOSFET в корпусе SOT-23 содержится расшифровка управляющего напряжения на затворе, типа корпуса, технологии кристалла, уровня напряжения на стоке и размер кристалла. Пример обозначения нового транзистора в корпусе SOT-23:

IR L ML 6 2 44 TR PBF.

L — уровни управляющих напряжений (тип управления):

- F — только стандартный или стандартный с возможностью управления логическими уровнями напряжений;
- L — управление логическими уровнями, а также возможность управления низкими логическими уровнями сигналов.

Таблица 3. Параметры новых MOSFET в корпусах SOT-23

Наименование	BVDSS, В	Макс. Vgs, В	Id макс. при 25°С, А	Тип./Макс. Rds(on) при 10 В (мОм)	Тип./Макс. Rds(on) при 4,5 В (мОм)	Технология
IRLML9301	-30	-20	3,6	51/64	82/103	Gen 12.1
IRLML9303			2,3	135/170	220/275	
IRFML8244	25	20	5,8	20/24	32/41	Gen 10.59
IRLML0030	30		5,2	22/27	33/40	
IRLML2030			2,7	80/100	123/154	
IRLML0040	40	16	3,6	44/56	62/78	Gen 10.7
IRLML0060	60		2,7	78/92	98/116	
IRLML2060			1,2	356/460	475/620	
IRLML0100	100		1,6	178/220	190/235	

Стандартный тип — транзистор открыт при уровнях напряжения на затворе 10...20 В.

Логический уровень — транзистор открыт при напряжениях на затворе 4,5 В (max Vgs 16 или 12 В).

Низкие уровни управления — транзистор открыт при низком напряжении на затворе 2,5 В (max Vgs 8 В)

ML — тип корпуса:

- Нет суффикса — SO-8 или DirectFET;
- H — PQFN 5x6;
- HM — PQFN 3,0x3,0 или 3,3x3,3;
- HS — PQFN 2x2;
- R — DPAK;
- T — TSSOP-8;
- TS — TSOP-6;
- ML — SOT-23.

1-я цифра — технология:

- 6 — Gen 12.2 (напряжение на затворе 12 В);
- 8 — Gen 10.59 (напряжение на затворе 20 В);
- 9 — Gen 12.1 (напряжение на затворе 20/25 В);
- 2 — Gen 12.1 (напряжение на затворе 12 В).

2-я цифра — Максимальное напряжение на стоке:

- 3 — 30 В;
- 2 — 25 или 20 В.

3-я и 4-я цифры — размер кристалла:

- Один кристалл в корпусе — от 0 до 49;
- Два кристалла — от 50 до 79 (Single +30).

Внимание! Система обратная: чем выше номер, тем меньше размер кристалла!

MOSFET с широкими выводами в корпусе TO-262 WideLead

Перед тем как перейти к рассмотрению достоинств новых корпусов с широкими выводами WideLead TO-262, рассмотрим ограничения, свойственные стандартному корпусу TO-262.

Стандартный корпус TO-262 отличается от D2Pak более длинными вы-

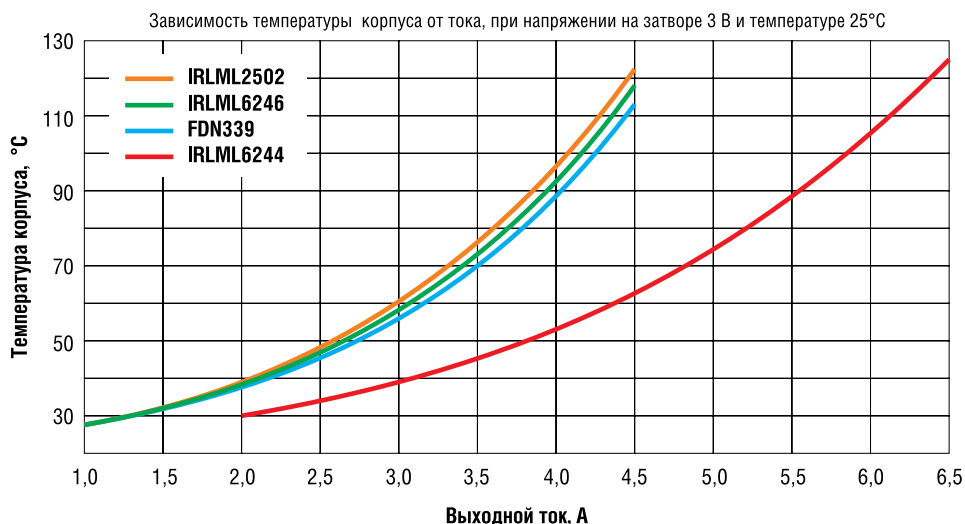


Рис. 4. Зависимость температуры корпуса от протекающего тока для IRLML6244\6246 по сравнению IRLML2502 и FDN339

Таблица 4. Сравнение Rds(on) разных производителей для MOSFET в корпусе SOT-23 (для 30 В MOSFET)

Vgs макс., В	Тип./Макс. Rds(on), мОм		Наименование	Производители
	при 10 В	при 4,5 В		
20	22/27	33/40	IRLML0030	IR
20	24/28	33/42	DMN3404L	Diodes
20	35/42	45/54	PMV45EN	NXP
20	36/45	45/58	Si2318DS	Vishay
20	26/46	32/60	FDN359BN	Fairchild
20	38/47	52/65	Si2306BDS	Vishay
20	33/38	54/64	DMN3051L	Diodes
12	45/55	50/70	NTR4170N	OnSemi
20	42/53	50/70	RQK0303MGDQA	Renesas
20	53/60	81/90	FDN357N	Fairchild
20	55/70	80/105	Si2304BDS	Vishay
20	65/85	105/125	NDS355AN	Fairchild
20	80/100	123/154	IRLML2030	IR
20	80/100	125/145	MGSF1N03LT1	OnSemi
20	92/110	120/160	FDN361BN	Fairchild
20	130/156	160/192	Si2308BDS	Vishay
20	92/160	120/250	NDS351AN	Fairchild
20	195/250	—	Si2328DS	Vishay
20	—/250	—/400	IRLML2803	IR

водами. Он используется для монтажа через отверстия печатной платы. Сопротивление выводов определяется суммой сопротивлений проволочных соедине-

ний «кристалл — рамочные выводы» и сопротивлений объемных выводов стока и истока. Сопротивление выводов корпуса довольно высокое и сравнимо

Таблица 5. Новые MOSFET с логическим уровнем управления затвором в корпусе SOT-23

Наименование	BVDSS, В	Макс. Vgs, В	Id макс. при 25°C, А	Тип./Макс. Rds(on) при 4,5 В, мОм	Тип./Макс Rds(on) при 2,5 В, мОм	Технология
IRLML2244	-20	-12	-4,3	42/54	71/95	Gen 12.1
IRLML2246			-2,6	90/135	157/236	
IRLML6244	20	12	6,3	16/21	22/27	Gen 12.2
IRLML6246			4,1	30/46	45/66	
IRLML6344	30		5,0	22/29	27/37	
IRLML6346			3,4	46/63	59/80	

Таблица 6. Сравнительная таблица параметров новых MOSFET в корпусе SOT-23 с логическим уровнем управления затвором для напряжений 20 и 30 В

Vdss, В	Vgs max, В	Тип./Макс. Rds(on), мОм		Наименование	Производитель
		при 4,5 В	при 2,5 В		
20	12	16/21	22/27	IRLML6244	IR
	8	18/22	21/26	AO3416	AOS
	12	22/27	45/42	AO3420	AOS
	8	25/31	30/37	Si2312BDS	Vishay
	12	29/43	45/63	IRLML6246	IR
	12	35/45	50/80	IRLML2502	IR
	8	41/50	52/63	AO3414	AOS
	8	45/60	70/115	Si2302ADS	Vishay
	8	45/60	56/75	Si2302CDS	Vishay
	12	50/65	65/90	APM2324AA	ANPEC
	8	56/85	77/115	PMV56XN	NXP
	12	65/85	88/115	AP2302GN	APEC
30	12	70/80	88/105	NTR4501N	OnSemi
	12	22/29	27/37	IRLML6344	IR
	12	25/32	34/48	AO3400A	AOS
	12	27/33	43/52	AO3400	AOS
	12	46/63	59/80	IRLML6346	IR
	12	51/65	64/87	SSM3K316T	Toshiba
	12	52/71	64/87	SSM3K302	Toshiba
	8	54/65	70/82	FDN337N	Fairchild
	12	55/68	70/85	Si2300DS	Vishay

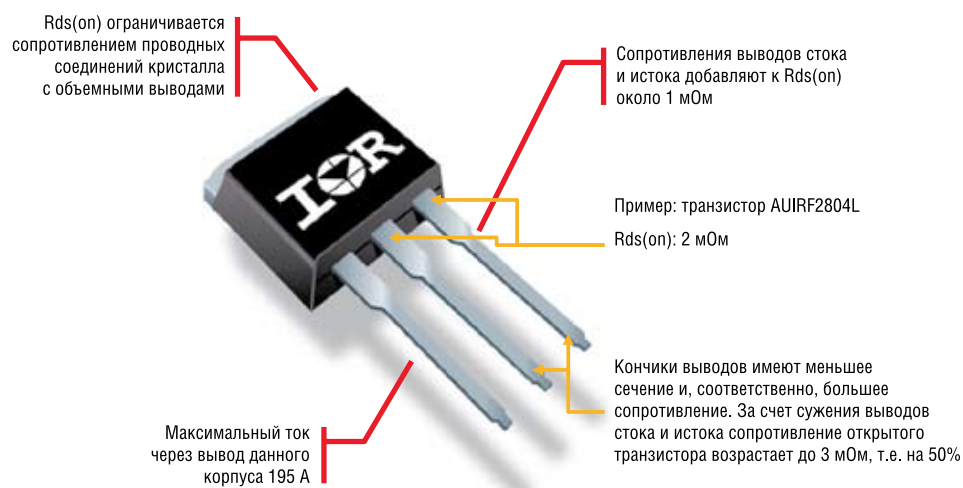


Рис. 5. Ограничения корпуса TO-262

с Rds(on) самого кристалла. Очевидно, что при больших значениях тока на выводах будет рассеиваться значительная мощность, что приведет к их нагреву. Таким образом, сопротивление выводов ограничивает рабочий диапазон тока транзистора и снижает эффективность силового прибора.

Преимущества новых корпусов WideLead TO-262

Новый корпус с широкими выводами WideLead TO-262 разрабатывался компанией IR последние несколько лет. Первое, что отличает этот корпус от обычного — это более широкие выводы у стока и истока, что и определяет название корпуса — Wide Lead. За счет большей ширины выводов их сопротивление умень-

Таблица 7. Параметры транзисторов в корпусах SOT-23 предыдущих поколений

Наименование	BVDSS, В	Макс. Vgs, В	Макс. Rds(on) при 10 В, мОм	Макс. Rds(on) при 4,5 В, мОм	Макс. Rds(on) при 2,7 В, мОм	Макс. Rds(on) при 1,8 В, мОм
IRLML2803	30	20	250	400	—	—
IRLML2402	20	12	—	250	350	—
IRLML2502			—	45	80	—
IRLML6401	-12	8	—	50	85	125
IRLML6302	-20	12	—	600	900	—
IRLML6402			—	65	135	—
IRLML5103	-30	20	600	1000	—	—
IRLML5203			98	165	—	—

Таблица 8. Основные параметры HEXFET MOSFET в корпусе TO-262 WL

Наименование	BVDSS, В	VGs макс., В	Rds (on) макс. при 10 В, мОм	Id при T – 25°C, А	Id при T – 100°C, А	Qg Тип, нКл	Qgd Тип, нКл	Rth(JC), кОм/Вт	Мощность рассеяния при T – 25°C, Вт
AUIRF1324WL	24	20	1,3	382	270	120,0	36,0	0,50	300
AUIRF3004WL	40	20	1,4	386	273	140,0	49,0	0,40	375

Таблица 9. Сравнение характеристик семейств транзисторов 1324 и 3004 в корпусах TO-262 и TO-262WL

	Семейство 1324		Семейство 3004	
Корпус	TO-262	WideLead TO-262	TO-262	WideLead TO-262
Наименование	AUIRF1324L	AUIRF1324WL	AUIRFSL3004	AUIRF3004WL
Vdss, В	24	24	40	40
Rds(on) max, мОм	1,65	1,3	1,75	1,4
Id max, А	195	240	195	240

шилось на 50% по сравнению с TO-262. Изменилась и технология проволочных соединений кристалла с объемными выводами внутри корпуса. Для соединения используются несколько микропроволочек вместо одной, что позволило значительно уменьшить сопротивление соединения и, в целом, снизить сопротивление Rds(on) на 20%. При этом используется тот же самый кристалл, что и для монтажа в корпусе обычного TO-262. Более широкие выводы и улучшенная система соединения позволили довести максимально допустимый ток транзистора до 240 А. Размер корпуса и его посадочное место для монтажа на печатной плате остались прежними.

Есть только одно различие — размеры кончиков выводов стока и истока, вставляемые в монтажные отверстия, шире, чем для обычного TO-262, т.е. топология отверстий посадочного места несколько иная. Это необходимо учесть при разработке новых модификаций приборов, где предполагается замена

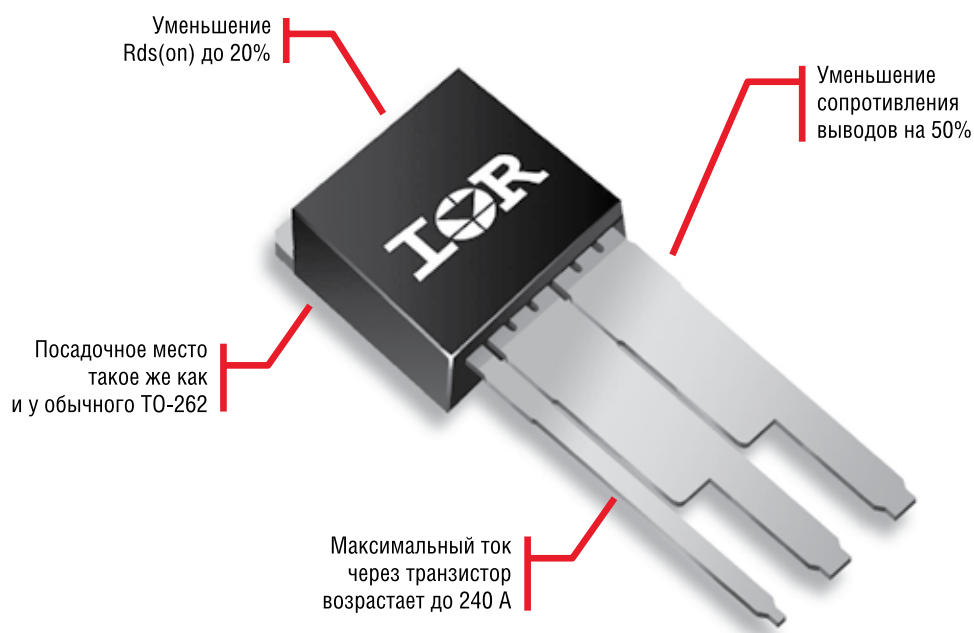


Рис. 6. Преимущества корпуса WideLead по отношению к обычному TO-262

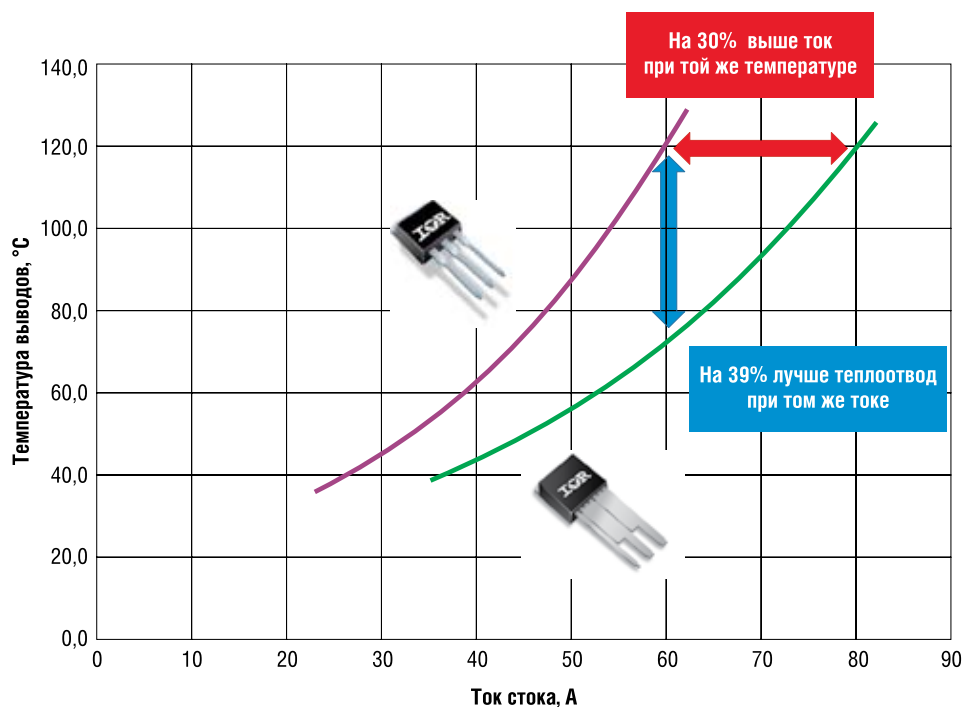


Рис. 7. Температура выводов корпусов TO-262 и TO-262WL при различных токах

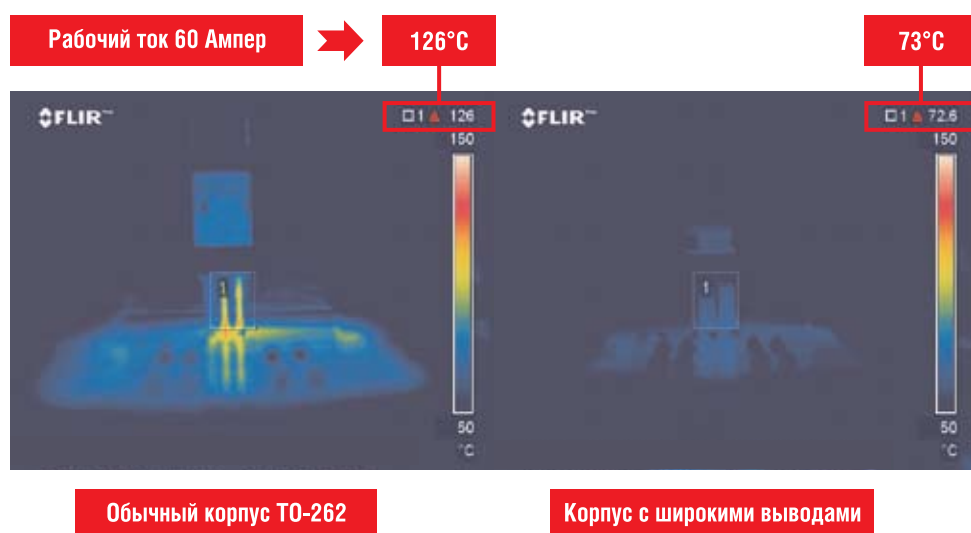


Рис. 8. Корпус WideLead обеспечивает лучшие условия охлаждения кристалла

TO-262 на аналогичные транзисторы, но в корпусах WideLead.

Впервые IR использовала корпуса WideLead для того, чтобы, улучшить параметры MOSFET, предназначенных для работы в тяжелых условиях эксплуатации, например, в автомобилях, в том числе в электромобилях и в электроприводах «гибридов». «Автомобильное» семейство имеет в названии префикс AU. В новых транзисторах **AUIRF1324WL** и **AUIRF3004WL** использовались те же самые кристаллы, что и в транзисторах **AUIRF1324L** и **AUIRFSL3004**, выпускаемых ранее в обычных корпусах TO-262.

В таблице 8 приведены основные параметры новых транзисторов в корпусах **TO-262WL**.

Таблица 9 показывает преимущества транзисторов в корпусах WideLead — низкое сопротивление в открытом состоянии и расширение токового диапазона.

На рисунке 7 показаны результаты сравнительного тестирования MOSFET семейства **1324** в обычном и WideLead корпусах. При тестировании проводился мониторинг температуры выводов корпусов транзисторов при различных значениях тока в нагрузке. Зеленая линия — температура на выводах WideLead, фиолетовая — на стандартном корпусе TO-262. Разница впечатляющая — достаточно обратить внимание на точку 60 А.

Из рисунка видно, что WideLead обеспечивает теплоотвод на 40% лучше

по сравнению с TO-262. Выводы корпуса имеют меньшую температуру, поскольку обладают меньшим сопротивлением. Следовательно, при таком же токе можно сократить расходы на теплоотвод или использовать более дешевый материал для печатной платы, от которого не требуется работа на повышенных температурах. Если взглянуть с другой стороны, то новый корпус при сохранении той же рабочей температуры и конструкции охлаждения обеспечивает передачу больших токов в нагрузку, что расширяет возможности силового прибора.

На рис. 8 показаны термопрофили транзисторов серии 1324 в обычном корпусе TO-262 и в WideLead TO-262. Рабочие режимы сравниваемых транзисторов одинаковые — ток 60 А. А вот температуры переходов транзисторов и сам профиль существенно отличаются. Корпус WideLead обеспечил более низкую температуру перехода транзистора — всего 73°C (против 126°C у обычного TO-262). Также следует отметить, что распределение температуры системы «корпус — печатная плата» для WideLead более плавное и не содержит резких температурных переходов. Наличие резких температурных переходов приводит к возникновению перегрева участков платы и может привести к деформации и деградации печатных проводников, а также к деградации паяного соединения.

Применение корпуса WideLead обеспечивает:

- Уменьшение сопротивления $R_{ds(on)}$ на 20%;
- Уменьшение сопротивление выводов на 50%;
- Температура выводов меньше на 39%;
- Увеличение максимального тока до 240 А.

На системном уровне это способствует уменьшению потерь проводимости, снижению цены и улучшению эффективности преобразования энергии.

Литература

1. Новинки MOSFET в стандартных корпусах. Максим Соломатин (КОМПЭЛ). Новости Электроники №7 2010 г.

2. Next Generation Automotive. Compact and efficient power electronics enablers. By Benjamin Jackson, Product Manager, Automotive MOSFETs, International Rectifier. Power Systems Design Europe July/August 2010.

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