

SiC JFET от компании Onsemi

Бурное развитие индустрии облачных сервисов и рост количества различных дата-центров требует все большего объема электроэнергии. Очевидно, что в таких условиях наиболее востребованы решения, позволяющие снизить энергозатраты, а также увеличить плотность мощности. Одним из вариантов решения проблемы является увеличение КПД систем питания. В статье представлены перспективные приборы 4-го поколения SiC Cascode JFET от On Semiconductor, повышающие эффективность источников питания в целом и их отдельных узлов, в частности ККМ, использующих топологию Totem pole, что позволяет достичь в пике КПД 99,37% [1]. Рассмотрено применение этих компонентов в других приложениях, таких как твердотельные реле.

Артём Федоровский
artem.fedorovskij@symmetron.ru

Новые карбидокремниевые SiC JFET-приборы Onsemi обладают улучшенными характеристиками проводимости (пониженное сопротивление канала $R_{DS(on)}$) и переключения. Эти транзисторы оптимальны для применения в системах, где требуется управление сильноточной нагрузкой с низкой скоростью коммутации, например, в твердотельных реле и прочих системах коммутации мощности. Их эффективность обусловлена свойствами, присущими карбиду кремния, а также оптимизированной структурой JFET, обеспечивающей низкое сопротивление открытого канала и хорошие тепловые характеристики. Данные транзисторы пригодны для параллельного соединения, позволяющего эффективно управлять большими токами.

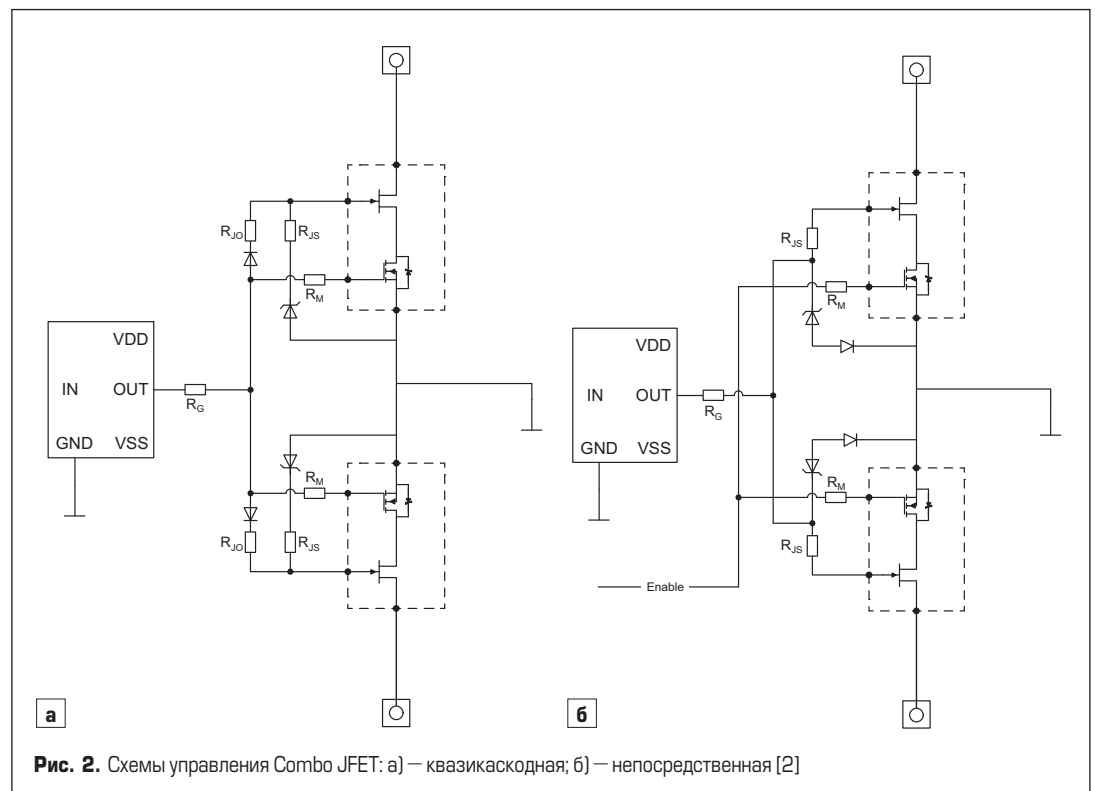
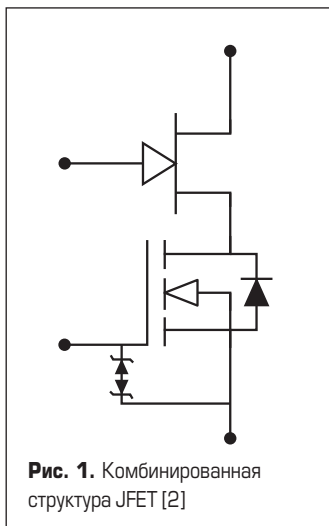
Приборы JFET являются нормально включенными, поэтому управление ими вызывает некоторые

трудности, что снижает их привлекательность и препятствует широкому распространению на рынке. Для решения этой проблемы специалисты компании предложили новую структуру, в которой JFET- и MOSFET-транзисторы соединены последовательно, особенности этой конструкции рассмотрены ниже.

Структура SiC Cascode JFET

Схема последовательного соединения JFET и низковольтного MOSFET показана на рис. 1, где видно, что выводы управления обоих ключей доступны. В затворе MOSFET установлен супрессор TVS для защиты изолирующего слоя затвора от внешних воздействий.

Такая комбинация обладает рядом преимуществ, что обусловлено доступностью затворов JFET и низ-

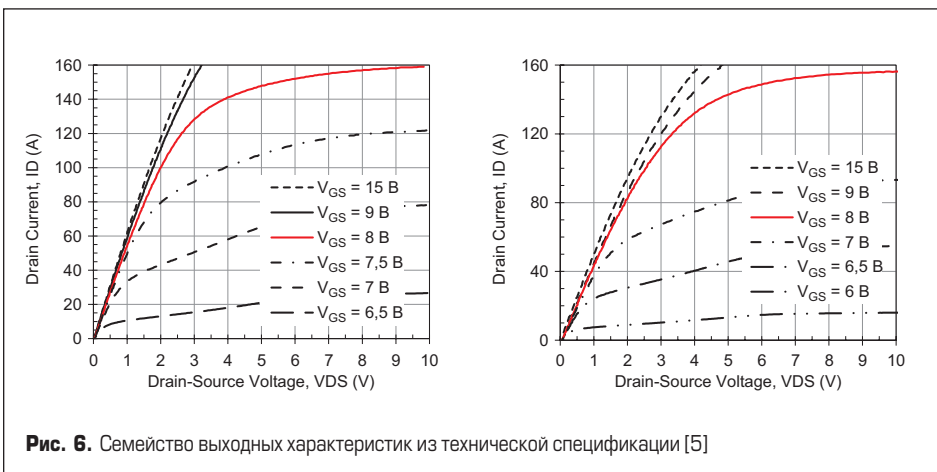


Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Test Conditions	Value	Units
Drain-source voltage	V_{DS}		750	V
Gate-source voltage	V_{GS}	DC	-20 to +20	V
Continuous drain current ¹	I_D	$T_C = 25\text{ }^\circ\text{C}$	81	A
		$T_C = 100\text{ }^\circ\text{C}$	60	A
Pulsed drain current ²	I_{DM}	$T_C = 25\text{ }^\circ\text{C}$	205	A
Single pulsed avalanche energy ³	E_{AS}	$L = 15\text{ mH}, I_{AS} = 3.6\text{ A}$	97.2	mJ
Power dissipation	P_{tot}	$T_C = 25\text{ }^\circ\text{C}$	385	W
Maximum junction temperature	$T_{J,max}$		175	$^\circ\text{C}$
Operating and storage temperature	T_J, T_{STG}		-55 to 175	$^\circ\text{C}$
Max. lead temperature for soldering, 1/8" from case for 5 seconds	T_L		250	$^\circ\text{C}$

1. Limited by $T_{J,max}$
 2. Pulse width t_p limited by $T_{J,max}$
 3. Starting $T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$

Рис. 5. Таблица (скриншот) максимально допустимых параметров из технической спецификации [5]



пользоваться как замена SiC MOSFET. Далее рассмотрим динамические характеристики новых компонентов для более полного понимания возможности использования их вместо «классических» кремниевых приборов.

Строение кристалла и основные особенности

Ключевые отличия структур SiC MOSFET и каскодного SiC JFET Onsemi показаны на рис. 7.

Использование структуры SiC JFET устраняет необходимость в окисном слое затвора SiC MOSFET, что снижает сопротивление канала и приводит к уменьшению размера чипа. Меньший размер кристаллов SiC JFET является их ключевой особенностью, и его лучше всего продемонстрировать с помощью так называемого показателя качества (FOM) R_{dsA} , представляющего собой произведение сопротивления канала на активную площадь чипа: $R_{DS(on)} \times A^2$. Этот параметр показывает, что SiC JFET имеет меньшее сопротивление во включенном состоянии для определенного размера чипа. Другими словами, для получения заданного сопротивления канала $R_{DS(on)}$ в приборах SiC JFET используется SiC-кристалл меньшего размера. Лидерство Onsemi в отрасли по показателю FOM R_{dsA} нашло отражение в продуктах с низким сопротивлением $R_{DS(on)}$ в относительно небольших стандартных корпусах, таких как TOLL и D2PAK (табл. 1).

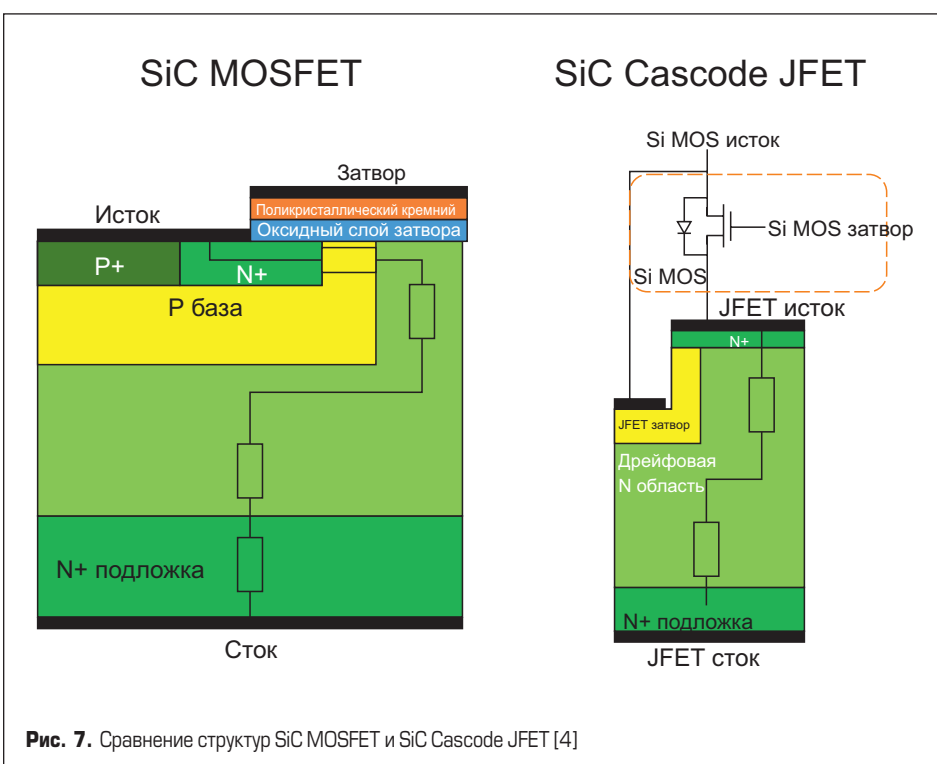


Таблица 1. Статические характеристики дискретных приборов [2]

Название	$R_{DS(on)}$, мОм	Корпус	Номинальное напряжение
UG4SC075006K4S	6	TO-247-4	750
UG4SC075005L8S	5	TOLL	750
UG4SC075009K4S	9	TO-247-4	750
UG4SC075011K4S	11	TO-247-4	750
UG3SC120009K4S	9	TO-247-4	1200

Таблица 2. Сравнение динамических характеристик

Тип прибора	$R_{DS(on)}$, мОм	Общий заряд затвора, нКл	Входная емкость, пФ	Выходная емкость, пФ	Время включения, нс	Время выключения, нс	Материал	Производитель
IPW65R019C7	19	215	9900	160	30	106	Si	Infineon
UJ4C075018K4S	18	37,8	1422	217	13	146	SiC	Ons
IMZA75R020M1HXKSA1	20	67	2217	149	13	29	SiC	Infineon
WMJ99N60F2	22	174	10480	317	121	618	Si	Wayon

Каскодная структура SiC JFET Elite имеет меньшую выходную емкость C_{oss} по сравнению с SiC MOSFET. Приборы с меньшей выходной емкостью быстрее переключаются при малом токе нагрузки и имеют меньшие времена задержки, обусловленные зарядом C_{oss} .

Миниатюризация размера кристаллов позволила улучшить и некоторые динамические характеристики. Для их более наглядной оценки выберем несколько приборов, близких по статическим характеристикам — сопротивлению открытого канала и максимальному напряжению сток-исток, и выполненных в одинаковом корпусе TO-247 с тремя и четырьмя выводами. Проведем сравнение компонентов нескольких производителей (Infineon, Wayon), изготовленных на основе разных полупроводниковых технологий — Si и SiC, с референтным транзистором UJ4C075018K4S.

Из таблицы 2 видно, что рассматриваемый прибор имеет лучшие показатели по входной емкости, заряду затвора и сопротивлению канала. Несколько большее время задержки выключения и выходная емкость обусловлены особенностями структуры. Однако преимуще-

ства карбидокремниевых приборов относительно кремниевых очевидны.

Совместимость характеристик управления приборов SiC Cascode JFET с традиционными кремниевыми, а также карбидокремниевыми позволяет заменять их на новые ключи в существующих системах. При правильном подходе к проектированию это может заметно снизить потери на переключение, тепловыделение и, соответственно, повысить КПД всего устройства в целом.

Выводы

Анализ характеристик нового класса приборов от компании ON Semiconductor позволяет выделить две ключевые особенности этого класса приборов.

1. Улучшение показателя R_{dsA} кристаллов SiC Cascode JFE позволяет использовать более мощные чипы в корпусе меньшего размера. Примером этого является один из рассмотренных приборов — транзистор UG4SC075005L8S в корпусе TOLL, имеющий $R_{ds(on)}$ 5 мОм при напряжении V_{ds} 750 В. Такие приборы могут успешно применяться

в твердотельных реле большой мощности и других подобных устройствах.

2. Применение комбинированной каскодной структуры чипа позволило улучшить ряд важных характеристик, в частности входной емкости и заряда затвора. Это в свою очередь обеспечивает им хорошую управляемость и совместимость со стандартными драйверами затвора. Новые приборы могут надежно заменить традиционные кремниевые и карбидокремниевые ключи с минимальными изменениями в схемотехнике.

Литература

1. www.onsemi.com/download/application-notes/pdf/and90324-d.pdf
2. www.onsemi.com/download/application-notes/pdf/and90336-d.pdf
3. www.onsemi.com/download/application-notes/pdf/and90329-d.pdf
4. www.onsemi.com/company/news-media/blog/silicon-carbide-sic/en-us/why-are-sic-cascode-jfets-an-easy-si-to-sic-transition
5. www.onsemi.com/download/data-sheet/pdf/uj4c075018k4s-d.pdf