

Wolfspeed – новое имя на рынке СВЧ-компонентов хорошо знакомой компании Cree

Александр Балакирев, Андрей Туркин (Москва)

Компания CREE – один из лидеров в области силовых и СВЧ-компонентов на основе карбида кремния (SiC) и нитрида галлия (GaN) – объявила о выделении данного направления в независимое подразделение, которое получило название Wolfspeed. В статье дан краткий обзор развития технологий компании Cree, а также представлено новое подразделение силовых и СВЧ-компонентов, выпускаемых с сентября 2015 г. под брендом Wolfspeed.

ВВЕДЕНИЕ

Развитие физики полупроводников в середине XX века, позволившее понять принцип работы p–n-перехода, привело к изобретению транзистора [1]. Дальнейшие исследования показали перспективность структур на основе GaN, в частности, для применения в силовых и СВЧ-устройствах [2]. Технологии улучшения характеристик СВЧ-транзисторов на основе гетероструктур GaN интенсивно развиваются по сей день.

В гетероструктурах на основе GaN и его твёрдых растворов можно формировать слои с различным составом и свойствами, что позволяет конструировать приборы, оптимизированные под определённые задачи [2]. Например, управляя концентрацией двумерного газа носителей, удастся оптимизировать свойства транзисторов уже в ходе роста кристалла [2], что ведёт к повышению качества структуры и эффективности приборов на её основе. Другим важным технологическим способом совершенствования СВЧ-транзисторов на основе гетероструктур GaN и его твёрдых растворов является углубление подзатворной области путём плазмохимического травления, которое обычно совмещается с процедурой травления щели в диэлектрике [2, 3]. Благодаря этому происходит улучшение многих параметров, например, крутизны транзистора из-за уменьшения расстояния затвор–канал; снижение сопротивления истока и стока благодаря отсутствию обеднения областей затвор–исток и затвор–сток транзистора; уменьшение или даже устранение переходных процессов при включении транзистора из-за уменьшения влияния ловушек в области затвор–сток. В связи с этим предлагается выращивать пассивирующий слой диэлектрика непосред-

ственно после выращивания всех слоёв гетероструктуры [2, 3].

Также в последние годы развернулись интенсивные поиски наилучших пассивирующих материалов для транзисторных гетероструктур на основе GaN и его твёрдых растворов. Применение новых материалов позволяет более чем в два раза увеличить импульсный ток транзистора, повысить крутизну характеристики и значительно уменьшить время включения за счёт компенсации поверхностных состояний [2–5].

Американская компания Cree в последние годы стала одним из лидеров в области разработки новых технологических гетероструктур на основе нитрида галлия для СВЧ-электроники.

О КОМПАНИИ CREE И WOLFSPEED

Компания Cree была основана в 1987 г. выпускниками университета Северной Каролины (США) как производитель полупроводниковых материалов на основе карбида кремния (SiC) для электронной промышленности. Американские исследователи взяли за основу открытый ранее советскими учёными «метод ЛЭТИ» – наиболее успешный из известных в мире способов выращивания кристаллов карбида кремния [6]. Первая продукция Cree появилась на рынке в 1989 г. Это были светодиодные кристаллы синего цвета свечения, полученные выращиванием эпитаксиальных структур карбида кремния (SiC) на подложке SiC. Эффективность первых синих светодиодов была невысока, но это были первые полупроводниковые светодиодные кристаллы, длина волны излучения которых лежала в коротковолновой области видимого спектра.

В начале 90-х годов XX века с развитием технологии выращивания гете-

роструктур на основе GaN и его твёрдых растворов специалисты компании Cree, вслед за японскими и европейскими коллегами, начали вести активную работу в данном направлении. При этом отличие технологии, развиваемой компанией Cree, было в том, что её специалисты стали использовать для эпитаксиального выращивания GaN подложки из SiC, тогда как большинство других производителей использовали подложки из сапфира. Дело в том, что технология выращивания GaN на SiC обладает рядом преимуществ перед технологией GaN на сапфире [7–10], связанных с лучшей теплопроводностью SiC по сравнению с сапфиром (3,8 Вт/смК у SiC против 0,3 Вт/смК у сапфира), лучшим по сравнению с сапфиром сродством кристаллической решётки SiC с базовым материалом GaN и так далее. Как следствие, применение указанной технологии упрощает задачу отвода тепла от активной области кристалла – p–n-перехода, а также снижает концентрацию дефектов и дислокаций в структуре GaN, что позволяет повысить квантовый выход кристаллов [7–10]. Примечательно, что Cree выращивает кристаллы карбида кремния на собственной фабрике, являясь полностью вертикально-интегрированным производителем компонентов.

В 1990-х гг. к коллективу разработчиков Cree присоединились несколько учёных российской школы, обладавших большим опытом (известно, что в 1970-х и 1980-х гг. наиболее передовые исследования по карбиду кремния велись именно в Советском Союзе). Их участие помогло снизить плотность дефектов и увеличить размеры кристаллов карбида кремния, тем самым повысив качество подложки и эффективность выращиваемых на ней структур. Эта работа продолжается до сих пор: в настоящее время серийное производство на фабрике Cree переходит с пластин диаметром 100 мм на рекордный для карбида кремния диаметр 150 мм (и это не предел), что снижает стоимость готовых кристаллов.

Специалисты компании Cree одними из первых разработали и вывели на рынок новый класс мощных светодиодов, привлекательных для использова-

ния в качестве источников света в светотехнических изделиях. Выпустив на рынок первую серию мощных светодиодов XLamp® XL7090, а затем и следующую серию XR7090, компания Cree быстро заняла ведущие позиции среди производителей светодиодов и стала одним из лидеров на рынке светодиодных изделий, основной идеей которого является замена традиционных источников освещения на эффективные и экологически чистые светодиодные технологии. Линейка изделий компании Cree включает в себя светодиодные светильники и лампы, кристаллы для светодиодов синего и зелёного цвета свечения, сверхъяркие и мощные светодиоды, которые успешно применяются в светотехнических приборах для различных видов освещения, а также в знакосигнальном оборудовании.

Помимо светодиодной техники компания Cree успешно разрабатывала и выпускала полупроводниковые силовые и СВЧ-компоненты и приборы. С сентября 2015 г. руководство компании решило выделить данное направление в отдельный бренд, который получил название Wolfspeed.

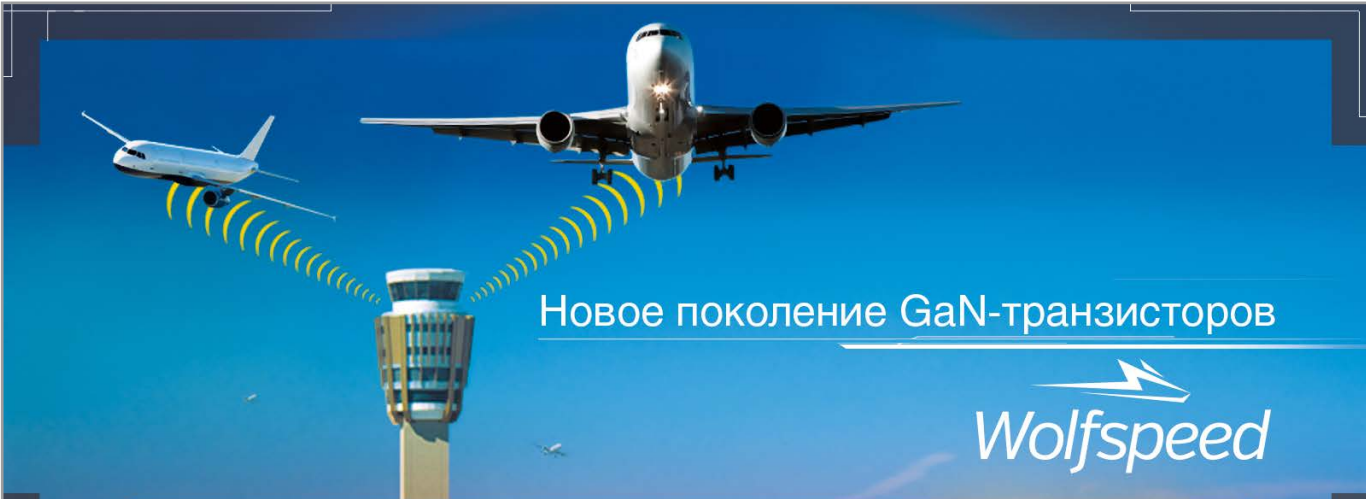
Учитывая предысторию, можно смело утверждать, что Wolfspeed выходит на рынок в качестве надёжной компании с хорошей репутацией: она обладает командой грамотных специалистов с почти 30-летним опытом работы в области технологии широкозонных полупроводников. В новом имени Wolfspeed отражается связь компании с Университетом штата Северная Каролина (США), как технологической и научной базой Cree: волк (англ. wolf) является неофициальным символом данного университета, давший имя его футбольной команде. А командный принцип работы, постоянный поиск лучших решений и разработок, основанный на научных исследованиях, а также скорость, которая отличает Cree во внедрении инноваций, во взаимодействии с заказчиками и партнёрами, нашли воплощение во второй части названия – speed (в пер. с англ. – скорость). По словам одного из руководителей новой компании, сейчас её сотрудники «строят новый бренд на созданной Cree базе и стремятся сделать переход максимально незаметным для заказчиков». В планах компании – стать к 2016 г. полностью независимой.

Модельный ряд СВЧ-компонентов WOLFSPEED

Как уже отмечено, Wolfspeed выходит на рынок силовых и СВЧ-компонентов с коммерчески признанным портфелем изделий на основе SiC и GaN. В настоящее время номенклатура изделий на основе GaN для СВЧ-электроники достаточно широка и включает как СВЧ-транзисторы, так и интегральные микросхемы для СВЧ-применений.




Условно её можно разделить на три группы, разработанные на основе различающейся технологии производства, поэтому, как следствие, отличающиеся характеристиками:

- в группу G28V3 входят компоненты на основе технологии затворной области 0,4 мкм. Их номинальное напряжение составляет 28 В, а рабочий диапазон частот – до 6 ГГц;
- компоненты группы G50V3 также созданы на основе технологии затворной области 0,4 мкм и работают в диапазоне частот до 6 ГГц. В отличие от предыдущей группы, номинальное напряжение изделий составляет 50 В;
- к группе G40V4 относятся компоненты, выполненные по технологии




Новое поколение GaN-транзисторов



		
<p>CGHV14250 Диапазон частот: 1200–1400 МГц Мощность: 250 Вт Коэффициент усиления: 18 дБ</p>	<p>CGHV14500 Диапазон частот: 1200–1400 МГц Мощность: 500 Вт Коэффициент усиления: 17 дБ</p>	<p>CGHV35150 Диапазон частот: 2900–3500 МГц Мощность: 150 Вт Коэффициент усиления: 13,5 дБ</p>

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ WOLFSPEED



POWERED BY PROSOFT

Активный компонент вашего бизнеса

ТЕЛ.: (495) 232-2522 / ФАКС: (495) 234-0640 / INFO@PROCHIP.RU / WWW.PROCHIP.RU

Реклама

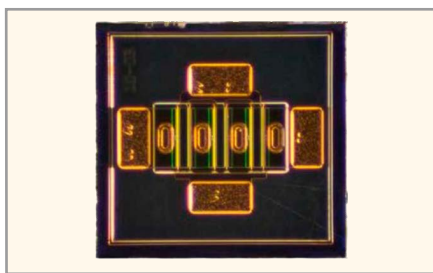


Рис. 1. Кристалл СВЧ-транзистора CGHV1J006D

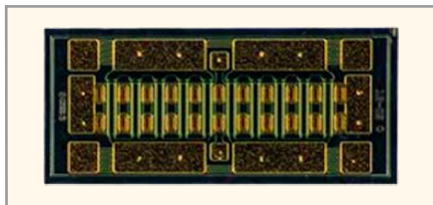


Рис. 2. Кристалл СВЧ-транзистора CGHV60040D

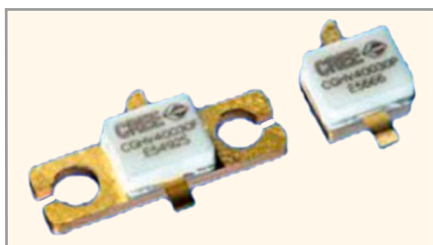


Рис. 3. Внешний вид СВЧ-транзисторов CGHV40030 и CGHV4005. Слева – корпус типа Flange (обозначение F), справа – типа Pill (обозначение P)

затворной области 0,25 мкм. Номинальное напряжение компонентов данной группы – 28 и 40 В, а диапазон рабочих частот увеличен до 18 ГГц.

Кроме того, в разработке находится новая группа транзисторов, которая будет реализована на основе технологии затворной области 0,15 мкм, что предполагает расширение рабочего диапазона частот до 45 ГГц. Номинальное напряжение компонентов этой группы составит 40 В. Запуск новой серии планируется завершить до конца 2015 г.

В описанных группах выпускаются как кристаллы, так и корпусные транзисторы, собранные на основе этих кристаллов (как одного, так и нескольких) с разными схемами согласования по входу и выходу. В зависимости от количества кристаллов и схемы согласования транзисторы и кристаллы могут

несколько различаться по характеристикам. Основные типы транзисторов и используемых в них кристаллов представлены в таблице 1.

Стоит сказать несколько слов о наиболее интересных и востребованных на рынке СВЧ-компонентах Wolfspeed. Если говорить о кристаллах, можно отметить CGHV1J006D (см. рис. 1) и CGHV60040D (см. рис. 2). Кристалл CGHV1J006D может применяться в частотном диапазоне до 18 ГГц, мощность его составляет 6 Вт, напряжение исток–сток – 40 В. Мощность кристалла CGHV60040D составляет 40 Вт. Он рассчитан на работу в диапазоне частот до 6 ГГц. Максимальное напряжение исток–сток равно 50 В.

Из транзисторов стоит отметить CGHV40030 и CGHV40050. Оба они рассчитаны на напряжение исток–сток до 50 В и могут выпускаться в корпусах двух типов (см. рис. 3). Транзистор CGHV40030 рассчитан на диапазон частот до 6 ГГц, его мощность составляет 30 Вт. Мощность транзистора CGHV40050 – 50 Вт. При этом он рассчитан на диапазон частот до 4 ГГц.

Также стоит сказать несколько слов о более мощных транзисторах. Транзистор CGHV35150 (см. рис. 4) также может выпускаться в корпусах двух разновидностей. Выходная мощность – 150 Вт, рабочий диапазон частот – 2,9...3,5 ГГц. Коэффициент усиления равен 13,5 дБ.

Транзисторы CGH14250 и CGH14500 (см. рис. 5) рассчитаны на диапазон частот 1,2...1,4 ГГц. Мощность CGH14250 равна 250 Вт, коэффициент усиления составляет 18 дБ. Мощность CGH14500 – 500 Вт, а коэффициент усиления – 17 дБ. Оба транзистора также выпускаются в корпусах типа Flange и Pill.

К сожалению, не все перечисленные компоненты доступны на рынке. Согласно законам США, для экспорта так называемых «компонентов двойного назначения», пригодных для применения как в гражданской, так и в военной продукции, требуется оформление специального разрешения. Данное

правило распространяется почти без исключений на все страны.

К указанным компонентам относятся следующие:

- все транзисторы на основе GaN мощностью более 60 Вт и рабочей частотой выше 6 Гц;
- транзисторы на основе GaN мощностью выше 10 Вт с диапазоном частот 8...12 ГГц (X-диапазон) и выше;
- все интегральные СВЧ-микросхемы на основе GaN с мощностью выше 10 Вт в любом диапазоне частот;
- кристаллы СВЧ-компонентов на основе GaN, изготовленные по технологии затворной области 0,25 мкм.

Указанные выше ограничения влекут за собой дополнительные трудности в оформлении и утверждении заказа, которые могут быть весьма существенными при реализации того или иного проекта. Надо сказать, что из-за сложившегося в мире положения в Россию сейчас могут поставляться далеко не все компоненты Wolfspeed. Примерный список доступных позиций показан в таблице 2. Из неё видно, что для мощности 6 Вт на наш рынок поставляются почти все транзисторы Wolfspeed для работы в L-, S-, C- и X-диапазонах, а с повышением мощности наблюдается, скажем так, снижение диапазонов покрытия. Так, для мощности 15...30 Вт доступны компоненты L-, S- и C-диапазона, а в X-диапазоне доступных позиций, к сожалению, сейчас нет. Для мощности от 50 до 240 Вт представлены компоненты L- и S-диапазона, а для мощности 500 Вт доступны только компоненты L-диапазона.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итог, можно сказать, что вывод на рынок нового направления Wolfspeed компании Cree может стать очень многообещающим ходом, который приведёт к существенному шагу вперёд на рынке СВЧ-компонентов. Даже учитывая то, что компания Wolfspeed выходит на рынок силовых и СВЧ-компонентов одним из лидеров, применение новейших решений делает доступной более высокую плотность мощности и частоту переключения в изделиях, при этом размеры и масса устройств заметно снизятся. Указанные преимущества позволят значительно уменьшить габариты устройств и систем, применяемых на транспорте, в промышленности, электронике, энергетике и связи, а также снизить их стоимость и улучшить характеристики. А значит, позиции Wolfspeed как

Таблица 1. СВЧ-транзисторы и используемые в них кристаллы Wolfspeed

Мощность, Вт	Граничная частота, ГГц	Транзисторы	Кристаллы
2...6	6	CGH40006P	CGH60006D
10...25		CGH40006S	
25		CGH40010P/F	
25...35	4	CGH40025P/F	CGH60030D
35...60		CGH40010P/F	
90...120		CGH40045P/F	
120	2,5	CGH40090PP	CGH60060D (2 шт.)
180...250		CGH40120F	CGH60120D
		CGH40180PP	CGH60120D (2 шт.)

мирового лидера в области технологии широкозонных полупроводников и разработки силовых и СВЧ-компонентов на их основе будут неуклонно укрепляться.

ЛИТЕРАТУРА

1. Туркин А.Н., Юнович А.Э. Лауреаты Нобелевской Премии 2014 года по физике – И. Акасаки, Х. Амано, С. Накамура. Природа. 2015. №1. С. 75–81.
2. Фёдоров Ю. Широкозонные гетероструктуры (Al,Ga,In)N и приборы на их основе для миллиметрового диапазона длин волн. Электроника НТБ. 2011. №2. С. 92–107.
3. Балакирев А., Туркин А. Развитие технологии нитрида галлия и перспективы его применения в СВЧ-электронике. Современная электроника. 2015. №4. С. 50–53.
4. Балакирев А., Туркин А. Перспективы нитрида галлия в СВЧ-электронике. Решения компании RFHIC. Электроника НТБ. 2015. №4 (00144). С. 64–68.
5. Фёдоров Ю.В., Гнатюк Д.Д. и др. Усилители мощности КВЧ-диапазона на гетероструктурах AlGaIn/GaN/AlN/GaN/сапфир. Материалы IX Научно-технической конференции «Твердотельная электроника, сложные функциональные блоки РЭА». Звенигород. 2010. С. 44–46.

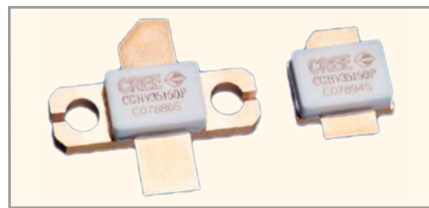


Рис. 4. Внешний вид СВЧ-транзистора CGHV35150 Слева корпус типа Flange, справа – типа Pill

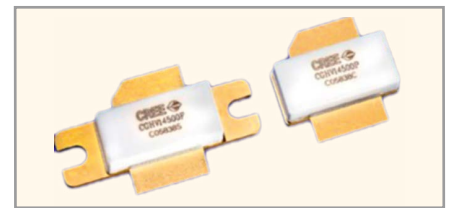


Рис. 5. Внешний вид СВЧ-транзисторов CGH14250 и CGH14500

Таблица 2. Компоненты Wolfspeed, доступные на российском рынке

Мощность, Вт	L-диапазон	S-диапазон	C-диапазон	X-диапазон
6	CGH40006P/S	CGH40006P/S	CGH40006P/S	CGHV1F006S
15	CGH40010F/P	CGH40010F/P	CGH55015F2/P2	–
30	CGH40025F/P	CGH40030	CGH55030F2/P2	–
50	CGH40045F/P	CGH40045F/P	–	–
120	CGH40120F/P	–	–	–
240	CGHV14250	CGHV35150	–	–
500	CGHV14500	–	–	–

6. Туркин А.Н., Дорожкин Ю.Е. Новое поколение мощных светодиодов Cree: особенности, преимущества, перспективы. Полупроводниковая светотехника. 2012. №5. С. 36–41.
7. Полищук А.Г. Новая серия светодиодов XR-E7090 компании Cree для общего освещения. Светотехника. 2007. №3. С. 20–23.
8. Полищук А.Г., Туркин А.Н. Новое поколение светодиодов компании Cree для освеще-

9. Туркин А.Н. Мощные светодиоды Cree для освещения: основные преимущества и перспективы применения. Полупроводниковая светотехника. 2009. №2. С. 14–17.
10. Туркин А.Н. Применение светодиодов в светотехнических решениях: история, реальность и перспективы. СТА. 2011. №2. С. 6–21.



WIND RIVER

VxWorks — 20 лет в космосе — полет нормальный!



Особенности и преимущества VxWorks:

- Настраиваемые домены защиты памяти
- «Жесткое» реальное время: переключение контекста / реакция на прерывание – единицы микросекунд
- Поддержка POSIX API
- Ресурсоемкость: ОЗУ / ПЗУ – сотни килобайт
- Поддержка многопроцессорности (SMP/AMP) и многоядерных процессоров
- Расширенная поддержка сетей TCP/IP (IPv4, IPv6)
- Функции управления энергопотреблением
- Мощный графический пакет Tilcon Graphics Suite
- Мощная интегрированная среда разработки на базе Eclipse
- Поддерживаемые процессоры: x86, ARM, MIPS, PowerPC, ColdFire
- Сертификация МЭК 15408 («Общие критерии») EAL 4/4+/6+, DO-178B уровень А, МЭК 61508 SIL 3, CENELEC EN 50128 и FDA 510(k)
- Открытый исходный текст, возможность построения ОС из исходных текстов

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ WIND RIVER



Москва Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • info@prosoft.ru • www.prosoft.ru
 С.-Петербург Тел.: (812) 448-0444 • Факс: (812) 448-0339 • info@spb.prosoft.ru • www.prosoft.ru



Реклама