

# TriQuint Semiconductor

## ПРОДВИГАТЬСЯ ДАЛЬШЕ И БЫСТРЕЕ

М.Гольцова

Полупроводниковые СВЧ-приборы играют важнейшую роль в современных радиоэлектронных системах гражданского и военного назначения. Универсальные телекоммуникационные мобильные системы, локальные многоточечные системы распределения сигнала и другие устройства, работающие в РЧ- и СВЧ-диапазонах, требуют принципиально новых решений. А для этого необходимо знать современное состояние технологии и располагать данными о последних ее разработках. Поэтому большой интерес вызывают инициативы, состояние и технологические тенденции мировой радиоэлектронной промышленности, рассмотренные на прошедших в 2013 году европейских конференциях и выставках по СВЧ-технике (European Microwave Conference, EuMC), интегральным схемам СВЧ (European Microwave Integrated Circuits, EuMIC) и технике РЛС (European Radar Conference, EuRAD), которые проводятся в рамках Европейской недели СВЧ-техники (European Microwave Week, EuMW). Внимание привлекают и работы, о которых шла речь на конференции и выставке Satellite 2014 и на Международном симпозиуме по микроволновой технологии (International Microwave Symposium, IMS). Представители профессионального сообщества особо отметили полупроводниковые РЧ- и СВЧ-приборы одного из ведущих их производителей – компании TriQuint Semiconductor. Что же представляют собой последние разработки компании в области СВЧ-устройств?

### РЫНОК ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СВЧ-ПРИБОРОВ: СОСТОЯНИЕ И ПРОГНОЗЫ

В области технологий полупроводниковых приборов и микросхем, перекрывающих частоты от миллиметрового до субмиллиметрового диапазонов длин волн, достигнуты значительные успехи. Согласно ежегодно публикуемому Еврокомиссией Табло инновационного союза (Innovation Union

Scoreboard), в сфере инновационного развития СВЧ-устройств лидируют Южная Корея, США, Япония и государства Европы. Значительного прогресса достигла Бразилия, рекордные темпы характерны для инновационного развития Китая. Вклад игроков стран азиатского тихоокеанского региона способствует быстрому расширению "классических" границ микроволновой технологии. В немалой

степени этому содействуют и "смежные технологии", например, информационно-коммуникационные. Увеличению частоты и полосы пропускания коммуникационных систем способствует развитие новаторских СВЧ-приборов [1].

Как отмечают эксперты компании ABI Research, специализирующейся в области анализа текущей маркетинговой информации, сегодня многие поставщики полупроводниковых РЧ- и СВЧ-устройств ищут новые рынки сбыта продукции, не только для беспроводных мобильных систем, снижение цен на которые стабилизирует доступный рынок. Несмотря на спад в экономике, ожидается устойчивый рост применения мощных радиочастотных приборов в системах безопасности на транспорте и радиолокационной аппаратуре военного назначения, метеорологии, судостроении, а также органами диспетчерского обслуживания воздушного транспорта. Интерес представляют рыночные сегменты приемопередатчиков и систем аэронавигации. Будучи по своей природе менее зависимыми от заказов, эти сегменты не столь чувствительны к неустойчивости экономики, по сравнению с сегментами потребительской продукции.

Вот почему многие производители полупроводниковых приборов стремятся выйти на эти сегменты рынка, даже в условиях усиливающейся конкуренции технологий. До последнего времени здесь господствовали арсенид-галлиевые и кремниевые приборы, хотя на совещаниях и конференциях неизменно обсуждался вопрос "смерти арсенида галлия", поскольку СВЧ GaAs-приборы "подвергаются осаде" со стороны приборов на основе нитрида галлия и кремния-германия. Правда, рыночные позиции арсенида галлия все еще весьма прочные, в 2013 году объем продаж приборов на его основе составил ~6 млрд. долл. Существует экосистема компаний, заинтересованных в дальнейшем инвестировании разработок арсенид-галлиевых РЧ-устройств. Как отмечают эксперты компании ABI Research, в этой области продолжается консолидация компаний, и объединения, выполняющие работы по контрактам с правительственными агентствами и военными ведомствами, конечно, могут рассчитывать на определенный рост доходов и преимущества перед новыми игроками на рынке. Но, несмотря на то, что кремниевые и арсенид-галлиевые РЧ-приборы по-прежнему основные компоненты микроволновых систем, последние достижения в области создания компонентов на кремнии-германии и особенно на нитриде

галлия составляют им серьезную конкуренцию. И теперь рост потребления мощных полупроводниковых СВЧ-приборов будут стимулировать GaN-приборы, работающие при более высоких значениях напряжения и мощности, чем GaAs-устройства [2].

В целом рынок СВЧ-компонентов, по данным исследовательской компании MarketsandMarkets, с 2013 по 2019 год увеличится на 3,4% до 1,2 млрд. долл. [3]. При этом на долю GaAs-приборов, в основном для монолитных микроволновых интегральных схем (ММИС), в 2018 году придется 31% рынка мощных полупроводниковых СВЧ-приборов. В то же время, доля GaN-устройств в этом сегменте возрастет с нынешних 20 до 24%. Согласно прогнозам ABI Research, к 2019 году объем продаж мощных полупроводниковых СВЧ-приборов превысит 300 млн. долл. Как отмечают аналитики исследовательской компании Strategy Analytics, пока GaN-приборы предназначены в основном для систем военного назначения. Но их рынок расширяется, и продажи для систем спутниковой связи, мощных СВЧ-систем и кабельного телевидения быстро растут. По прогнозам компании, совокупные темпы роста рынка микроэлектронных GaN-приборов к 2015 году составят 34%, и объем их продаж достигнет 186 млн. долл. За рассматриваемый пятилетний период продолжится и рост спроса на SiGe-транзисторы.

Один из лидеров на рынке мощных полупроводниковых СВЧ-приборов, в первую очередь, на основе GaN на SiC, – компания TriQuint Semiconductor (наряду с M/A-COM Technology Solutions, Microsemi, NXP Semiconductors, Cree, Sumitomo Electric Device Innovations и Integra Technologies). В июле 2014 года TriQuint сообщила, что стала первым производителем РЧ GaN ММИС, получившим по разработанной Национальным аэрокосмическим агентством (NASA) США шкале готовности изделий к производству самый высокий девятый уровень (Manufacturing Readiness Level, MRL 9). Это значит, что производственные процессы компании позволяют выполнить требования к эксплуатационным характеристикам, стоимости приборов и к загрузке оборудования, необходимых для обеспечения крупномасштабного производства нитрид-галлиевых транзисторов и ММИС. Оценка готовности производства выполнялась Научно-исследовательской лабораторией ВВС (AFRL), которая отвечала за технические разработки и заключаемые контракты в рамках этапа

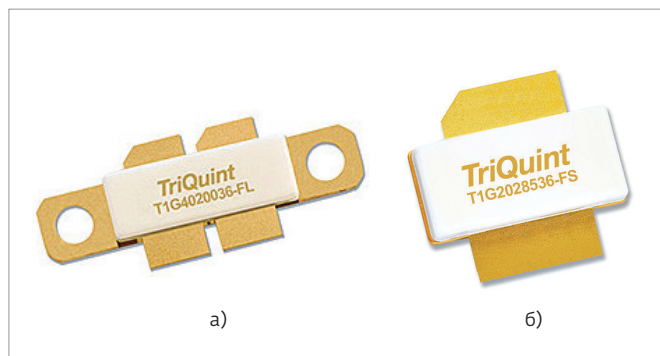


Рис.1. GaN и SiC HEMT TIG4020036-FL (а) и TIG2028536-FS (б)

III программы освоения производства GaN на SiC приборов и интегральных схем Министерства обороны США (Defense Production Act Title GaN on silicon carbide program, DPA).

Цель этапа III программы – развитие гарантируемого экономически оправданного производства продуктов, играющих важную роль в национальной безопасности и укрепляющих экономическую и технологическую конкурентоспособность промышленной базы США. В мае 2014 года при рассмотрении выполнения плана работ по DPA был отмечен вклад TriQuint в национальную безопасность в результате реализации проекта развития мощностей по производству GaN на SiC ММИС для электронных систем РЛС и боевой техники в рамках этапа III DPA.

Для оценки производства GaN на SiC приборов компания поставила более 170 тыс. 0,25-мкм GaN-усилителей мощности для международной программы освоения производства РЛС. При эксплуатационных испытаниях РЛС с фазированной

антенной решеткой примерно 15 тыс. поставленных ММИС безотказно работали более 3,37 млн. часов. Среднее время наработки на отказ (МТТФ) ММИС компании в условиях работы при температуре 200°C превысило 700 млн. ч, (стандартное значение МТТФ для изделий этого класса составляет 1 млн. ч) [4].

Что же сегодня нового предлагает компания TriQuint Semiconductor на рынке мощных микроволновых GaN-приборов?

### НОВИНКИ КОМПАНИИ TriQuint Semiconductor Мощные GaN на SiC-транзисторы и ММИС

На Европейской неделе СВЧ-техники 2013 года компания TriQuint\* Semiconductor представила различные инновационные РЧ- и СВЧ-устройства с высокими эксплуатационными характеристиками, способствующие повышению характеристик и снижению стоимости будущих систем. Это – и GaN на SiC-транзисторы, и новое семейство ММИС-усилителей для малых сот (Small Cell), и усилители мощности Spatium, пригодные для замены вакуумных усилителей на лампах бегущей волны (ЛБВ). К GaN-транзисторам на подложке карбида кремния, о которых компания рассказала на европейской конференции по СВЧ-интегральным схемам, относятся мощные упакованные HEMT двух семейств: TIG4020036-FS/FL и TIG2028536-FS/FL (рис.1, табл.1) [5]. Транзисторы TIG4020036-FS и TIG4020036-FL поддерживают два независимых тракта сигнала мощностью 120 Вт. HEMT обоих семейств выполнены по отработанному компанией 0,25-мкм процессу формирования высоковольтных GaN HEMT на SiC-подложке – TQGaN25HV. Применение дополнительной к электроду затвора пластины возбуждения позволяет оптимизировать мощность прибора и его эффективность при высоких значениях напряжения стока, обеспечивая, тем самым, снижение стоимости системы, в которой используется транзистор. Благодаря усовершенствованной технологии рабочее напряжение стока транзистора на диапазон частот 0–10 ГГц может быть увеличено

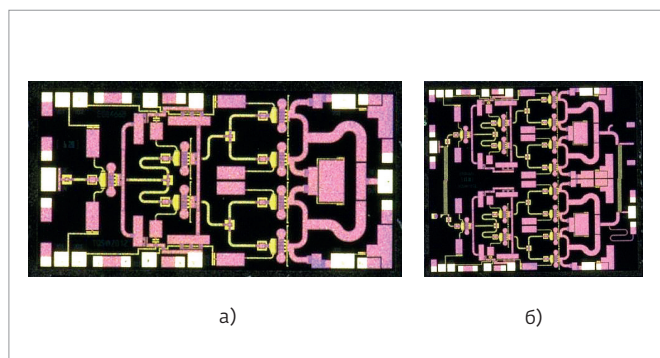


Рис.2. ММИС маломощных усилителей TGA2594 (а) и TGA2595 (б), изготовленных по TQGaN15-технологии

\* При выборе названия компании, основанной в 1985 году, было принято решение отдать должное полупроводниковому материалу, на основе которого будут создаваться ее приборы. В результате компания получила имя Triquint от греческого слова Tri (в переводе "три") и латинского Quint (последовательность из пяти частей или предметов), то есть 3–5. А в таблице Менделеева – это элементы третьей и пятой групп, образующих такие полупроводниковые соединения, как арсенид галлия и нитрид галлия.

**Таблица 1.** Параметры GaN HEMT, представленных компанией TriQuint на Европейской неделе СВЧ-техники

Параметр	Значения	
	T1G4020036-FS/FL (на частоте 2,9 ГГц)	T1G2028536-FS/FL (на частоте 1,2 ГГц)
Диапазон частот, ГГц	0–3,3	0–2,0
Линейное усиление, дБ	16,1	18,7
Выходная мощность при сжатии усиления 3 дБ, Вт	260	264,5
КПД стока при сжатии усиления 3 дБ, %	52	54
Усиление при сжатии 3 дБ, дБ	13,1	15,7
Напряжение питания, В	36	36
Потребляемый ток стока, мА	520	576
Максимальная рабочая температура, °С	275	250
Тепловое сопротивление, °С/Вт	0,4	
Температура хранения, °С	–40...150	
Корпус	Керамический с плоскими выводами	

*Примечание.* Характеристики транзисторов измерялись в импульсном режиме: T1G4020036-FS/FL – длительность импульса 100 мкс, коэффициент заполнения 20%, T1G2028536-FS/FL – длительность импульса 300 мкс, коэффициент заполнения 10%.

до 48 В при повышенных значениях его напряжения пробоя, плотности мощности и усиления. При рассогласовании нагрузки приборы, изготовленные по этой технологии, способны выдерживать возникающий коэффициент стоячей волны напряжения (КСВН). Транзисторы обеих семейств предназначены как для коммерческих, так и оборонных приложений, в том числе для коммуникационных систем, РЛС, авиационного электронного оборудования и тестовых систем РЧ-устройств.

Помимо новых транзисторов TriQuint представила на EuMW 2013 малошумящие GaN-усилители TGA2611 и TGA2612 с высоким усилением и КПД (рис.2, табл.2), также выполненные по технологии TQGaN25HV и предназначенные для РЛС S-диапазона (2–4 ГГц) и систем спутниковой

связи [6]. Поставляются они в бескорпусном исполнении. Помимо высоких электрических характеристик, усилители характеризуются способностью выдерживать входной сигнал мощностью до 2 Вт без ухудшения эксплуатационных показателей. Кроме того, им свойственны гибкая защита приемного тракта, до сих пор не присущая GaAs-устройствам, а также достаточно низкая стоимость и малая занимаемая площадь платы.

На Международном симпозиуме по микроволновой технологии 2013 года компания сообщила о разработке технологии третьего поколения GaN на SiC ММИС усилителей мощности с 0,15-мкм проектными нормами – TQGaN15 [7]. Новая технология позволит "продвинуть" максимальную частоту малошумящих усилителей с высокой плотностью мощности до 40 ГГц. Компания представила два

**Таблица 2.** Характеристики малошумящих GaN-усилителей

Марка	Частотный диапазон, ГГц	Р1дБ, дБм	Усиление, дБ	Коэффициент шума, дБ	Напряжение/ток, В/мА	Размер кристалла, мм
TGA2611	2–6	25	25	1,0	10/100	2,1×1,5×0,10
TGA2612	6–12	25	25	1,5	10/100	2,1×1,5×0,10



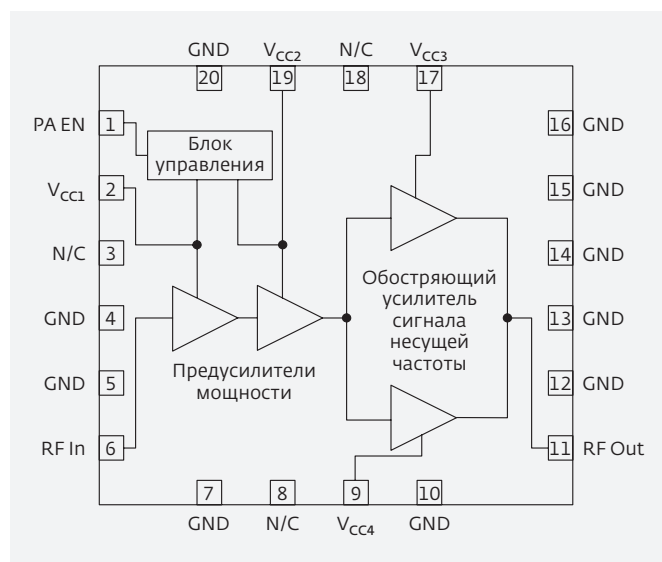


Рис.3. Функциональная блок-схема усилителя мощности TGA2450-SM

усилителя для малых наземных станций спутниковой связи Ка-диапазона (26,5–40 ГГц), изготовленных с помощью этой технологии, – TGA2594 и TGA2595 (рис.3) на диапазон 27–31 ГГц с коэффициентом усиления в режиме малого сигнала 23 дБ, КПД 35% и выходной мощностью в режиме насыщения 5 и 10 Вт соответственно [8]. Размер усилителей в три раза меньше, чем у аналогичных GaAs-устройств – 3,24×1,74×0,10 (TGA2594) и 3,60×3,24×0,10 мм (TGA2595).

По утверждению разработчиков, на момент создания усилителей ими были получены наиболее высокие значения выходной мощности, эффективности и размеров в сравнении с современными GaAs ММИС усилителей мощности Ка-диапазона.

### Семейство мощных усилителей для малых сот

Интерес участников EuMW 2013 вызвал первый мощный усилитель TGA2450-SM семейства ММИС, предназначенных для малосотовых базовых станций действующих частотных диапазонов [9]. Сегодня малые соты – ключевая структура мобильных 3G/4G-сетей, в первую очередь, LTE-стандарта\*, которые чаще всего используются в тех местах, где применение "больших" базовых станций (макросот) нецелесообразно.

\* По данным компании EJI Wireless Research, в 2014 году рынок внешних малосотовых LTE-сетей значительно увеличивается, и к 2017 году достигнет 1,8 млрд. долл.

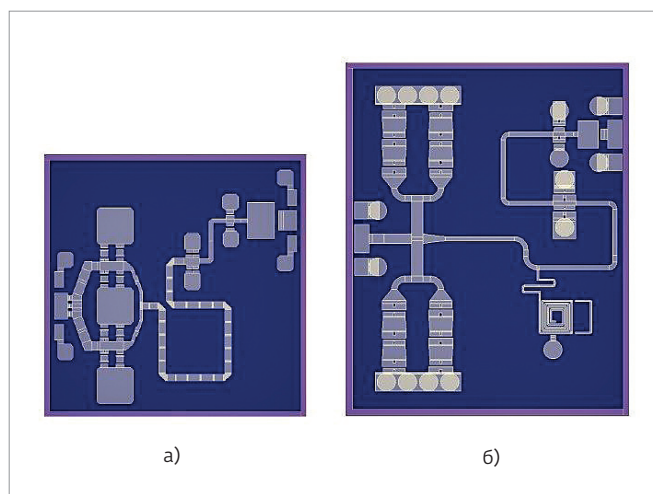
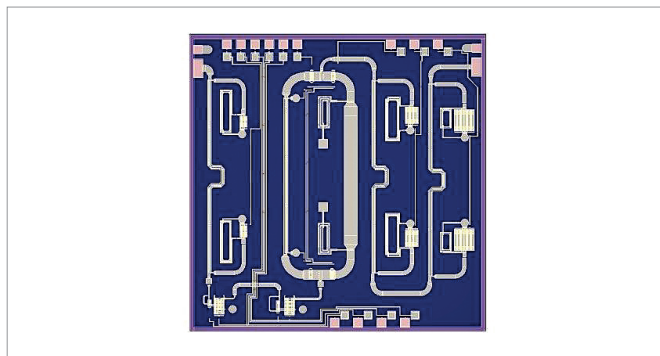


Рис.4. ММИС PIN-ограничители TGL2205 (а) и TGL2207 (б)

TGA2450-SM представляет собой модуль трехкаскадного усилителя мощности на основе InGaP/GaAs HBT на частоту 2,11–2,17 ГГц. Он предназначен для 3G и 4G малосотовых базовых станций со среднеквадратическим значением мощности сигнала антенны 1 Вт. Значения его входного и выходного сопротивления составляют 50 Ом. Третий каскад модуля представляет собой усилитель Догерти, обеспечивающий КПД 35% при средней мощности модуля 2,5 Вт. Коэффициент усиления модуля составляет 35 дБ, максимальная мощность – 18 Вт. Поставляется в монтируемом на поверхность корпусе размером 20×20×1,5 мм и занимает значительно меньшую площадь печатной платы, чем усилители на дискретных компонентах.

### Монолитные микроволновые интегральные схемы

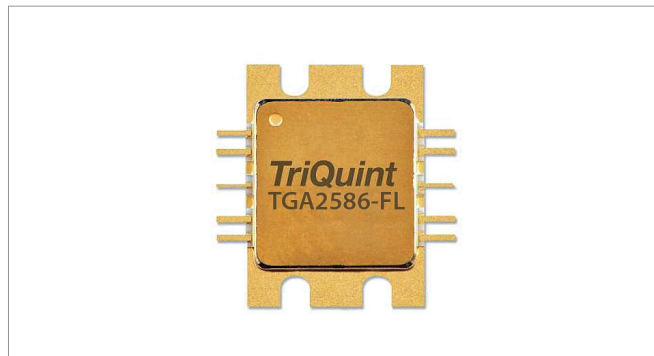
В декабре 2013 года на конференции производителей оборонной техники (Defense Manufacturers Conference, DMC) TriQuint представила новые ММИС детекторов/регуляторов фазы и ограничителей мощности, позволяющих улучшить эксплуатационные характеристики разнообразных систем военного и гражданского назначения, увеличить их эффективность и уменьшить число требуемых компонентов [10, 11]. Три новые ММИС PIN-ограничители мощности (TGL2205–TGL2207) (рис.5) не требуют прямого смещения и обеспечивают защиту чувствительных компонентов канала приема от входных импульсных сигналов мощностью до 100 Вт при уровне просачивающейся мощности плоской части импульса не более



**Рис.5.** Детектор/регулятор фазы TGP2105-SM

16 дБм. Рабочая полоса ММИС составляет 1–5 ГГц. Вносимые потери не превышают 0,5 дБ. Размер ограничителя TGL2205 в бескорпусном исполнении – 2,0×2,0×0,1 мм. TGL2206 и TGL2207 поставляются в QFN-корпусе с воздушной полостью размером 5×5 мм и с пластиковой крышкой, присоединяемой к основанию эпоксидной смолой. Благодаря пассивации поверхности они устойчивы к воздействию среды и пригодны для применения в военных и гражданских РЛС.

Демонстрировавшиеся детекторы/регуляторы фазы с шестиразрядным управляющим



**Рис.6.** Усилитель мощности TGA2586-FL

блоком на основе логического ключа (TGP2105-SM и TGP2107-SM) рассчитаны на полосу 6–18 ГГц. Выполнены они на основе 0,15-мкм GaAs р-канальных НЕМТ с высокими эксплуатационными характеристиками. Обеспечивают перекрытие фазы в 360°. Среднеквадратическое значение погрешности фазы не превышает 4° при вносимых потерях 8 Б. Поставляются в 32-выводном QFN-корпусе размером 5,0×5,0×1,45 мм. Предназначены для широкополосных РЛС с фазированными антенными решетками гражданского и военного

назначения, спутниковых коммуникационных систем и средств РЭБ.

Новые GaN ММИС усилителей мощности, выполненные по технологии TQGaN25, – TGA2586-FL (рис.6) и TGA2312-FL на плосу 7,9–8,4 и 9–10 ГГц соответственно, – о которых компания сообщила на конференции DMC, отличаются высокой выходной мощностью в режиме насыщения (до 50 Вт) при КПД 36 и 38% соответственно. Коэффициент усиления ММИС в режиме малого сигнала составляет 14 и 13 дБ соответственно. Поставляются усилители во фланцевом корпусе с CuW-основанием. Размер корпуса – 17,4×24,0×3,9 мм.

### Твердотельные усилители мощности для замены усилителей на ЛБВ

По мере увеличения выходной мощности и ширины полосы ММИС усилителей

и уменьшения их размеров возникла потребность в повышении мощности с помощью компактного модуля, позволяющего суммировать мощность большого числа ММИС. Компания CAP Wireless, занимавшаяся разработкой и производством широкого ассортимента РЧ- и СВЧ-усилителей и систем на их основе для средств безопасности, оборонной техники и коммерческих СВЧ-устройств, решила проблему суммирования мощности ММИС-усилителей за счет применения коаксиально-волноводной структуры пространственного суммирования. Выходная мощность первых запатентованных компанией усилителей СНРА0618-2 под торговой маркой Spatium, содержащих 16 GaAs ММИС мощностью 2 Вт каждая, составила 35 Вт в полосе частот 6–18 ГГц при эффективности суммирования мощности 70–75%.

Таблица 3. Характеристики ММИС усилителей мощности S-диапазона

Параметр	TGA2597	TGA2583	TGA2585	TGA2814	TGA2813
Полоса частот, ГГц	2,0–6,0	2,7–3,7	2,7–3,7	3,1–3,6	3–3,5
Выходная мощность, дБм	>32 ( $P_{вх}=18$ дБм)	40,5 ( $P_{вх}=16$ дБм)	42,8 ( $P_{вх}=18$ дБм)	4,95 ( $P_{вх}=27$ дБм)	50,7 (100 Вт в режиме насыщения)
КПД, %	31 ( $P_{вх}=18$ дБм)	54 ( $P_{вх}=16$ дБм)	53 ( $P_{вх}=18$ дБм)	56 ( $P_{вх}=27$ дБм)	55
Коэффициент усиления, дБ	>24 (малый сигнал)	33 (малый сигнал)	33 (режим насыщения)	>24 (режим насыщения)	22 (малый сигнал)
Потери на отражение, дБ на входе на выходе	>19 >5	>18 >12	>15 >12	–10 –7	– –
Напряжение питания, В	23	25–32 (непрерывный и импульсный режимы)	25–32 (непрерывный и импульсный режимы)	30	30
Потребляемый ток, мА	49	175	225	125	150
Корпус	Литой QFN	–	–	–	–
Размер, мм	4,0×4,0×0,85 (литой QFN-корпус)	3,0×1,9×1,0	3,0×1,9×1,0	5,41×5,19×0,10	5,4×6,7×0,10
Средний срок службы при 25°C, ч	$10^{18}$				



Рис.7. Мощные усилители Spatium

В августе 2013 года TriQuint объявила о приобретении компании CAP Wireless и запатентованной ею технологии суммирования мощностей ММИС Spatium, которая позволяет получать уровень мощности твердотельного усилителя (Solid-State Power Amplifier, SSPA), характерный для широкополосных вакуумных усилителей на базе ЛБВ непрерывного режима (100–400 Вт). К 2015 году объем продаж таких ММИС, по оценке экспертов компании TriQuint, составит 600 млн. долл. [12].

К основным достоинствам твердотельных усилителей мощности, выполненных по технологии Spatium, относятся:

- сверхширокая полоса пропускания – до декадной полосы частот;
- возможность суммирования мощности 8, 10, 16 и 32 ММИС усилителей;
- эффективность суммирования мощности 93% и, следовательно, высокий КПД;
- меньшие, чем у ЛБВ с аналогичными параметрами, размеры (482×236×145 мм);
- высокая надежность: на семь лет больший срок службы, чем у ЛБВ;
- длительный период неизменных эксплуатационных характеристик;
- отклонение коэффициента усиления от номинального значения на ±1,5 дБ в зависимости от частоты;
- напряжение питания не более 40–48 В.

На конференциях DMC и Satellite 2014 TriQuint доказала, что технология Spatium позволяет получать недостижимые до сих пор значения мощности, широты полосы и эффективности.

Таблица 4. Характеристики ММИС усилителей мощности X-диапазона

Параметр	TGA2624	TGA2625	TGA2590	TGA2622	TGA2623	TGA2312-FL
Полоса частот, ГГц	9–10	10–11	6–12	9–10	10–11	9–10
Мощность в режиме насыщения, Вт	18	20	30	40	35	60
Коэффициент усиления, дБ	>35 (малый сигнал)	37 (малый сигнал)	>22 (большой сигнал)	28 (большой сигнал) 32 (малый сигнал)	27,5 (большой сигнала) 35 (малый сигнал)	13 (малый сигнал)
КПД, %	>40	>42	25	>46 ( $P_{вх} = 18$ дБм)	>45 ( $P_{вх} = 18$ дБм)	38
Потери на отражение, дБ	>11	>11	–	>11 (на входе) >8 (на выходе)	>15 (на входе) >10 (на выходе)	14
Напряжение питания, В	28	28	29	28	28	24
Потребляемый ток, мА	365	365	2000	290	290	2400
Размер кристалла, мм	5,0×2,62×0,10	5,0×2,62×0,10	5,4×7,0×0,10	5,0×4,86×0,10	5,0×4,86×0,10	17,4×24,0×3,9*

\* Поставляется во фланцевом корпусе с CuW-основанием



### Новый лидер в области РЧ-техники: компания Qorvo

В феврале 2014 года компании RF Micro Devices, ведущий разработчик и производитель РЧ-приборов с высокими эксплуатационными характеристиками, и TriQuint Semiconductor, ведущий поставщик РЧ-решений и технологических инноваций, объявили о заключении окончательного соглашения о слиянии. Характер слияния двух равных партнеров отражен в названии новой компании – Qorvo (читается "кор-во"). Chorus, или chor us – дружная работа или core – основа, сосредоточение, технологии. Vo, voyage – воздушное или космическое путешествие. Таким образом, название новой компании отражает ее задачи – разработка ключевых технологий и инновационных решений, которые ускорят появление следующих поколений радиоэлектронных систем. Способствуя освоению крупномасштабного производства результатов перспективных НИОКР, компания будет стимулировать реализацию самых значительных проектов заказчиков на рынках мобильных систем, средств производственной инфраструктуры и оборонной техники. Qorvo – полупроводниковая компания, разрабатывающая, выпускающая и поставляющая РЧ-модули с высокими характеристиками, а также предоставляющая услуги контрактного производителя. Выбран логотип компании – **qorvo**.

Акционеры обеих компаний собирались одобрить соглашение о слиянии 5 сентября 2014 года, которое должно вступить в силу в конце года. По-видимому, Qorvo будет оперировать на фондовой бирже NASDAQ под символом "QRVO".

[ir.rfmd.com/releasedetail.cfm?releaseid=827663](http://ir.rfmd.com/releasedetail.cfm?releaseid=827663)

Так, мощность в режиме насыщения GaN SSPA Ka-диапазона (26,5–40 ГГц) KU400W-1316, о котором компания сообщила на конференции Satellite 2014, составляет 400 Вт в полосе частот 13,75–16 ГГц при коэффициенте усиления 22 дБ и эффективности 20% (напряжение питания 30 В). А мощность в режиме насыщения SSPA модели KA120W-2731 в полосе частот 27,5–31 ГГц равна 120 Вт при коэффициенте усиления 19 дБ и эффективности 25% (напряжение питания 20 В).

Благодаря широкой полосе пропускания на высокой частоте SSPA-модули Spatium перспективны для применения в бортовых системах радиосвязи, оборонных средствах связи, видео-системах беспилотных летательных аппаратов.

### НОВЕЙШИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ БУДУЩИХ ПОКОЛЕНИЙ

По утверждению вице-президента и генерального директора отделения средств интерфейса и систем оборонного назначения Джеймса Клейна, отделение планировало в первой половине 2014 года поставить на рынок 75 новых изделий (в 2013 году отделением было реализовано 130 изделий). О последних разработках GaN на SiC СВЧ-устройств сообщалось в докладе ответственного руководителя производства ММИС-изделий Гранта Вилкокса "РЧ-решения TriQuint, обеспечивающие создание следующих поколений систем РЭБ, РЛС и средств связи" на Международном симпозиуме по микроволновой технологии 2014 года, состоявшемся в июне в Тампе (штат Флорида). Что же предлагает компания TriQuint Semiconductor?

#### ММИС усилителей мощности S-диапазона

Представленные усилители мощностью от 2 Вт в полосе частот 2–6 ГГц и до 100 Вт в полосе частот 3,1–3,6 ГГц выполнены по TQGaN25-технологии (табл.3). Компания также анонсировала два усилителя – TGA2818 (мощность 30 Вт в полосе 2,8–3,5 ГГц) и TGA2817 (60 Вт в полосе 2,8–3,6 ГГц), – которые на момент проведения симпозиума находились в разработке. ММИС предназначены для гражданских и военных РЛС, систем связи, РЭБ.

TGA2597 – недорогой предусилитель, способный работать при том же напряжении, что и GaN усилитель мощности, поставляется в литом QFN-корпусе. Остальные ММИС усилителей выпущены в бескорпусном исполнении. Оба РЧ-порта рассматриваемых изделий имеют интегрированные блокирующие постоянный ток конденсаторы и согласованы с 50-Ом нагрузкой. TGA2813 благодаря хорошим тепловым характеристикам ММИС может работать при подаче коротких и длинных импульсов.

#### ММИС усилителей мощности X-диапазона

Усилители этого диапазона (табл.4), также выполненные по TQGaN25-технологии, предназначены в основном для метеорологических и корабельных РЛС, систем связи. К последним разработкам ММИС усилителей мощности X-диапазона относится и выпущенный в середине октября 2014 года двухтактный GaN-предусилитель TGA2627-SM на полосу частот 6–12 ГГц, также выполненный по TQGaN25-технологии. Его выходная мощность составляет 32 дБм при коэффициенте усиления в режиме большого сигнала 18 дБ и КПД более



20%. Подавление гармоник при значении выходной мощности в режиме насыщения превышает 40 дБ. Потери на отражение на входе – более 15 дБ, на выходе – 10 дБ. Напряжение питания составляет 25 В, потребляемый ток – 200 мА.

Поставляется ММИС в керамическом QFN-корпусе с воздушной полостью, AlN-основанием и крышкой из жидкокристаллического полимера, выдерживающего температуру свыше 300°C. Размер корпуса 5×5 мм [14].

На симпозиуме IMS Грант Вилкоккс сообщил также о следующих разработках TriQuint:

- однополюсные переключатели на два направления, работающие в полосе частот от 0,5 до 18 ГГц. Предельно допустимая входная мощность переключателя TGS2355, выполненного по TQGaN25-технологии, в полосе 0,5–6 ГГц составляет 100 Вт при вносимых потерях практически во всей рабочей полосе менее 1 дБ и изоляции более 40 дБ. Ток управления переключателя мал, что облегчает интеграцию в систему без нарушения ее энергетических характеристик. Поставляется переключатель в керамическом QFN-корпусе размером 5,0×5,0 мм или в бескорпусном исполнении размером 2,14×2,50 мм;
- GaAs-pin-диоды-ограничители мощности до 100 Вт в полосе частот от 0,5 до 6 ГГц;
- GaAs-детекторы/регуляторы фазы с шестирядным управляющим блоком на полосу от 2 до 6 и от 6 до 18 ГГц;
- аттенюаторы на основе GaAs HEMT на полосу частот от 0,5 до 20 ГГц с коэффициентом ослабления 15,5 дБ и вносимыми потерями 2 дБ, поставляемые в QFN-корпусе размером 3,0×3,0 мм.

\* \* \*

Компания TriQuint, занимающая ведущее положение в области разработки и производства РЧ-устройств, с высокими эксплуатационными показателями, поставяет заказчикам активные и пассивные радиочастотные и микроволновые изделия для мобильных систем, сетевой инфраструктуры и систем военного и космического назначения. Компания принимает активное участие в исследовательских и опытно-конструкторских программах Управления перспективных исследований и разработок МО США (DARPA), Научно-исследовательской лаборатории ВВС и Научно-исследовательского управления ВМС, задавая темпы развития РЧ- и СВЧ-систем военного назначения на основе широкополосных мощных и эффективных GaN-компонентов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Richard Mumford.** Microwaves in Europe: Vision 2020. – [www.microwavejournal.com/articles/22948-microwaves-in-europe-20-20-vision](http://www.microwavejournal.com/articles/22948-microwaves-in-europe-20-20-vision).
2. Pulsed RF Power Semiconductor Device Markets Will Exceed \$US300M by 2019 with Gallium Nitride Driving Growth, Says ABI Research. – [www.abiresearch.com/market-research/service/high-power-rf-active-devices](http://www.abiresearch.com/market-research/service/high-power-rf-active-devices).
3. Microwave Devices Market worth \$1.2 Billion by 2019. – [www.marketsandmarkets.com/PressReleases/microwave-devices.asp](http://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/microwave-devices.asp).
4. TriQuint Becomes First Manufacturer To Achieve MRL 9 For GaN. – [www.triquint.com/newsroom/news/2014/triquint-first-manufacturer-to-achieve-mrl-9-for-gan](http://www.triquint.com/newsroom/news/2014/triquint-first-manufacturer-to-achieve-mrl-9-for-gan).
5. TriQuint introduces new GaN solutions at EuMW. – [www.microwavejournal.com/articles/20746-triquint-introduces-new-gan-solutions-at-eumw](http://www.microwavejournal.com/articles/20746-triquint-introduces-new-gan-solutions-at-eumw).
6. TriQuint Expands Gallium Nitride Offerings. – [www.compoundsemiconductor.net/article/TriQuint-expands-gallium-nitride-offerings.html](http://www.compoundsemiconductor.net/article/TriQuint-expands-gallium-nitride-offerings.html).
7. Richardson RFPD Introduces Two Ka-Band GaN On SiC Power Amplifiers From TriQuint. – [www.rfglobalnet.com/doc/richardson-rfpd-ka-band-gan-on-sic-power-amplifiers-triquint-0001](http://www.rfglobalnet.com/doc/richardson-rfpd-ka-band-gan-on-sic-power-amplifiers-triquint-0001).
8. TriQuint introduces industry's most integrated small cell PA. – [www.microwavejournal.com/articles/20671-triquint-introduces-industrys-most-integrated-small-cell-pa-reduces-board-space-50](http://www.microwavejournal.com/articles/20671-triquint-introduces-industrys-most-integrated-small-cell-pa-reduces-board-space-50).
9. TriQuint's new GaN and GaAs solutions improve efficiency, reduce part counts. – [www.triquint.com/newsroom/news/2013/triquint-new-gan-gaas-rf-solutions-improve-efficiency-reduce-part-counts](http://www.triquint.com/newsroom/news/2013/triquint-new-gan-gaas-rf-solutions-improve-efficiency-reduce-part-counts).
10. TriQuint launches GaN amplifiers and GaAs phase shifters and high-power limiters. – [www.semiconductor-today.com/news\\_items/2013/DEC/TRIQUINT\\_031213.shtml](http://www.semiconductor-today.com/news_items/2013/DEC/TRIQUINT_031213.shtml).
11. TriQuint acquires CAP Wireless and its Spatium Technology. – <file:///C:/Users/%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%B3/Downloads/High-Efficiency-80W-X-Band-Power-Amplifier-using-Coaxial-Waveguide-Spatial-Power-Combining-Technique.pdf>.
12. **Wilcox G.** TriQuint Product Solutions Enable Next-Generation EW, Radar & Communication Systems. – [apps.richardsonrfpd.com/Mktg/pdfs/TriQuint-2014IMS.pdf](http://apps.richardsonrfpd.com/Mktg/pdfs/TriQuint-2014IMS.pdf).
13. [www.richardsonrfpd.com/Pages/Product-Details.aspx?productId=1142351](http://www.richardsonrfpd.com/Pages/Product-Details.aspx?productId=1142351).
14. [www.richardsonrfpd.com/Pages/Product-Details.aspx?productId=1149056](http://www.richardsonrfpd.com/Pages/Product-Details.aspx?productId=1149056).