

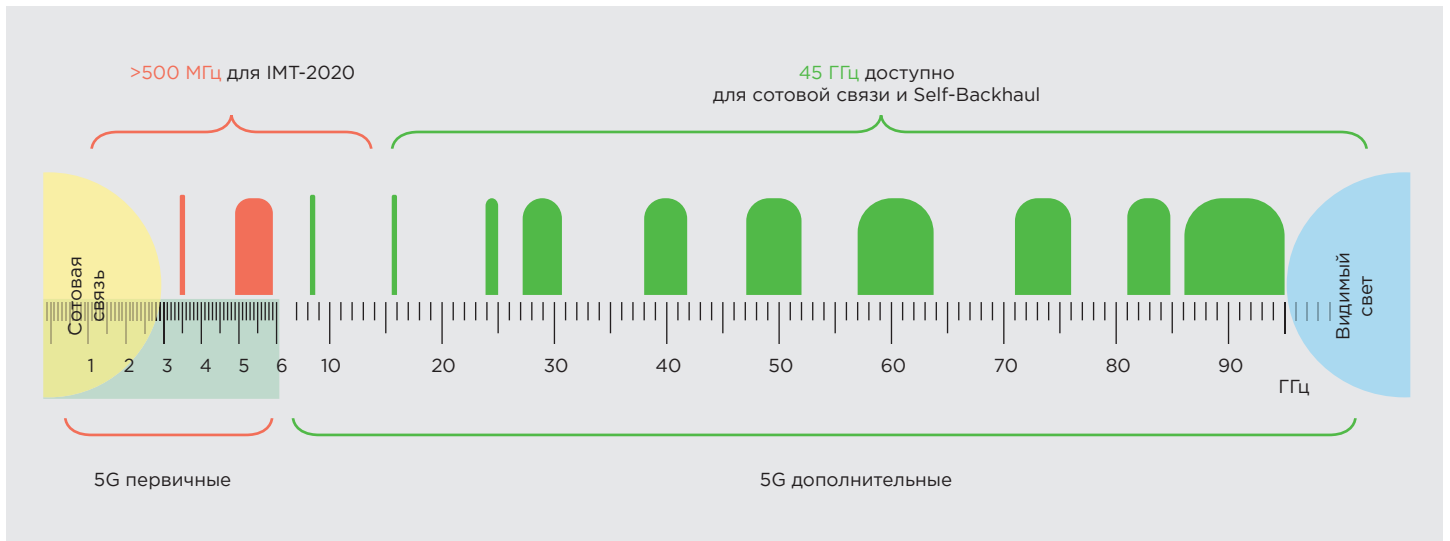
# ТЕХНОЛОГИЯ uWLSI ИЛИ КАК ВЫВЕСТИ ГЕТЕРОГЕННУЮ ИНТЕГРАЦИЮ НА «АРЕНУ» 5G



Текст: Дмитрий Суханов

”

Системы связи поколения 5G предлагают огромные возможности для микроэлектронной индустрии устройств радиочастотного диапазона (РЧ). Они полностью переопределяют взаимодействие между существующими сетями, т.е. взаимодействие между РЧ-интерфейсом, сетью и модемом выйдет на совершенно новый уровень. Новые РЧ-диапазоны, лежащие в области 6 ГГц, а также в миллиметровом диапазоне длин волн, создают множество нетривиальных задач для микроэлектронной отрасли, которые необходимо решать при помощи абсолютно новых технологических подходов.



1 Частотные диапазоны для технологии 5G

Одним из решений этих задач, которое позволит существенно увеличить рынок мобильных устройств, является технология гетерогенной интеграции многоуровневых систем uWLSI (micro wafer-level system integration), благодаря которой открываются новые возможности на рынке и гонка за лидерство выходит на новую ступень.

### Что такое 5G и что от нее ожидать?

5G – это сокращённое название пятого поколения мобильной связи (fifth generation), которое в обозримом будущем придет на смену существующим сейчас стандартам 3G и 4G. 5G включает в себя ряд технологий, многие из которых ещё находятся на стадии разработки. В основу 5G положена технология передачи данных в сети, в которой уровень управления сетью будет отделен от устройств передачи данных и реализован на программном уровне.

Для осуществления необходимого покрытия сети и ее доступности для абонентов в 5G будут использованы фазированные антенные решетки, способные динамически изменять свои диаграммы направленности. При этом планируется использование всего доступного частотного диапазона, в частности, участка полосы частот 5...6 ГГц, небольшого участка в районе 3,5 ГГц и миллиметрового диапазона длин волн, что потребует большого количества фильтров.

Применение участков частотного диапазона в миллиметровой области позволит существенно увеличить скорость передачи данных на коротких расстояниях, а участков в районе 3,5 ГГц и в области 5–6 ГГц – избавиться от существующих помех для сотовой связи.

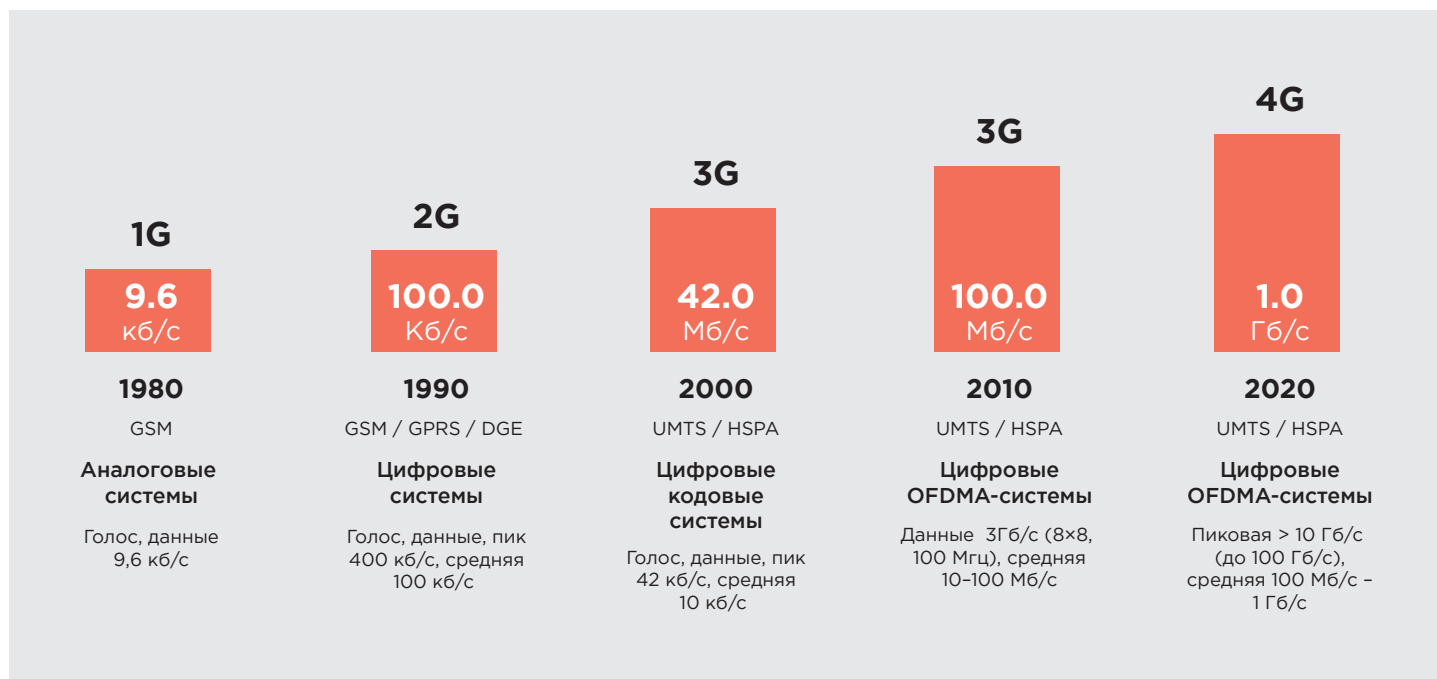
Что касается радиоинтерфейса 5G, то планируется увеличение спектральной эффективности в три раза по сравнению с сетями поколения 4G, что

будет способствовать увеличению передачи данных до трех раз при одной и той же ширине полосы пропускания, то есть около 6 бит/сек на 1 Гц. Новый радиоинтерфейс будет гибким, легко конфигурируемым и обратно совместимым с сетями 4G и 3G.

### Кто будет бороться за лидерство на «арене» 5G?

Лидеры интерфейсной части – Broadcom, Qorvo, Skyworks и Murata – уже начали адаптироваться к частотам ниже 6 ГГц. Broadcom подготовились к появлению сверхширокой полосы 5G, объединив среднюю и верхнюю полосы с помощью технологии фильтра FBAR BAW, также компания владеет основным элементом для создания устройств для высоких и сверхвысоких частотных диапазонов. Skyworks недавно анонсировал платформу Sky5TM. Компания уже достигла нескольких побед в сегменте high-end с помощью своей платформы SkyOneR LiTE в дополнение к сегменту low-end и лидирующим позициям среди китайских OEM-производителей (Huawei, Oppo, Vivo, Xiaomi). У Qorvo аналогичный подход: широкий ассортимент продукции охватывает сегменты high-end и low-end на платформах RF FusionTM и RF FlexTM соответственно. Еще одна сильная сторона Qorvo – это возможности внутреннего тестирования и упаковки, которые обеспечивают быстрое время реакции и постоянные улучшения. Сфера рынка Murata в основном охватывает устройства низкочастотного диапазона, что превосходно подходит для растущего и разнообразного рынка модулей.

Qualcomm – это новый участник, который предлагает комплексное решение от модема до антенны. Пробный и успешный выход этого игрока на «арену» был в 2017 году с системами для РЧ-сегмента, и от них следует ожидать дальнейшего завоевания рынка и борьбы



2

Эволюция систем связи

за лидерство в ближайшем будущем, так как Sony XZ2 уже принял полное решение от Qualcomm.

Наряду с частотой ниже 6 ГГц интерфейсный модуль мм-диапазона полностью нарушит интерфейсную отрасль, представляя совершенно другое технологическое мышление, которое создаст новый путь к высокоскоростному доступу к данным. В то время как Qualcomm является одним из новых участников, явно позиционирующих себя в мм-технологии, все ведущие поставщики платформ – Intel, Samsung, HiSilicon и Mediatek – пока изучают эту новую возможность для бизнеса.

Радиочастотный диапазон ниже 6 ГГц всегда будет необходим для радиопокрытия и целостности линии, но с появлением технологии мм-волн будет уходить на второй план, особенно в плотных городских районах.

## Что ожидать от рынка РЧ-мобильных телефонов наряду с сектором Wi-Fi?

По оценкам Yole Développement, данный рынок в 2023 году достигнет 35,2 млрд долларов. Очевидно, что развитие LTE является первой волной, но большая часть рыночных возможностей в среднесрочной перспективе будет предоставлена системам 5G. Необходимость двойного подключения, т.е. подключение нового диапазона радиосвязи 5G к LTE, предполагает развитие архитектуры внешнего интерфейса РЧ и дополнительных компонентов.

Не все компоненты будут демонстрировать одинаковый рост рынка. Фильтры, представляющие крупнейший сегмент интерфейсного РЧ-рынка с 2017 по 2023 год, увеличатся почти втрое. Этот рост будет происходить в основном за счет значительного

уровня проникновения фильтров для сверхвысококачественного диапазона, определяемого стандартом 5G. Другой пример – фильтры для совместного использования разнесенных антенн с Wi-Fi, поскольку полоса отклонения будет иметь решающее значение.

Рынок коммутаторов также будет расти благодаря добавлению нового радиочастотного тракта с реализацией 4x4 MIMO, что приведет к увеличению потребностей в разнесенных коммутаторах. Ожидается значительный рост рынка антенных тюнеров с проникновением технологии 4x4 MIMO. Эта технология будет обязательной для 5G.

Усилители мощности станут единственным рынком, который практически не изменится в течение данного периода. Рост рынка высокопроизводительных усилителей для LTE, особенно в области высоких и сверхвысоких частот, компенсирует сокращение рынка 2G/3G (в настоящее время этот рынок обрабатывается многорежимными и многоканальными усилителями мощности).

## Какая сложность ожидает РЧ-интерфейсы?

Эволюция LTE привела к появлению сложной архитектуры в современных мобильных телефонах, в основном это произошло из-за агрегации операторов. Площадь антенны и доступное пространство под РЧ-плату были уменьшены, что повлекло за собой уплотнение компоновки элементов и уменьшение топологических норм. Наряду с этим все больше производителей мобильных телефонов переходили на более мощные усилители мощности и внедряли новое техническое исполнение



3 Перспективы рынка РЧ-мобильных телефонов наряду с сектором Wi-Fi

для совместного использования антенн между LTE и Wi-Fi. Включение полосы 600 МГц в низкочастотный диапазон стало еще одним вызовом для производителей, так как это повлекло изменение конструкций антенн и антенных тюнеров.

Поколение 5G открывает новые степени свободы для завоевания лидирующих позиций на рынке из-за появления новых радиодиапазонов на сверхвысоких частотах. Реформирование полосы частот с двойным подключением также будет способствовать росту ограничений для интерфейса связи между РЧ-устройством, сетью и модемом. Для интеграции новой полосы потребуется еще большее уплотнение в интерфейсных модулях.

Еще одним новым требованием 5G станет реализация 4x4 MIMO, которая превратится из «роскоши, которую приятно иметь» на дорогих мобильных телефонах LTE, в «обязательный элемент» для каждого телефона 5G. Это добавит значительное количество радиочастотных потоков в трубку, а в сочетании с требованиями к агрегации несущих приведет к более сложным спецификациям для антенных тюнеров и мультиплексоров.

Последнее, но не менее важное требование – внедрение модуля мм-диапазона в телефонную трубку, которое потребует новой интеграции антенной решетки (с учетом эффективности излучения и блокировки) и увеличения эффективности усилителя мощности, поскольку усиление антенны не может быть слишком высоким, учитывая малое количество элементов антенной решетки, допустимое в формате телефона.

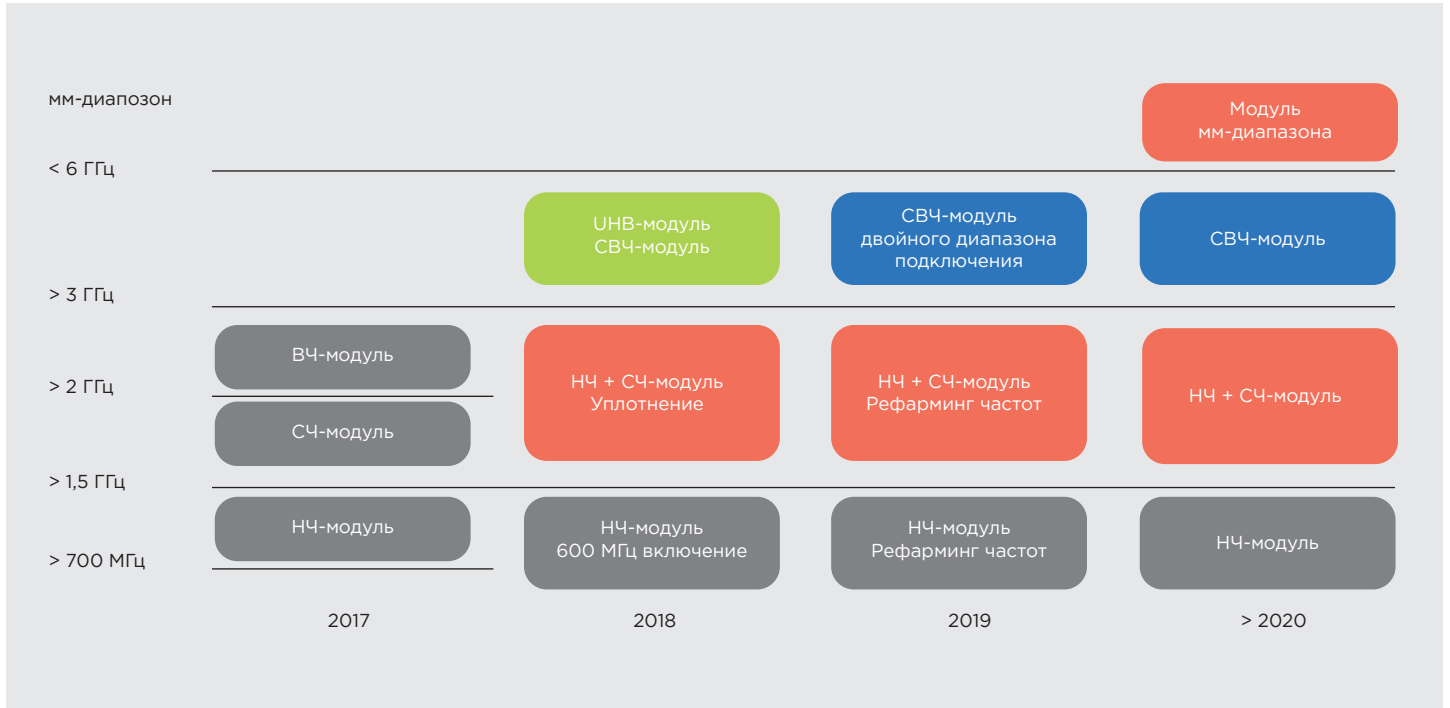
Несмотря на то, что кремниевые платформы с интерфейсом миллиметрового диапазона все еще находятся на уровне НИОКР, достигнут существенный прогресс, демонстрирующий рекордную энергоэффективность и улучшения в части уровня шума. CMOS массового производства является предпочтительной для Qualcomm с 28-нм платформой TSMC. Другие возможные платформы включают SiGe и RFSOI, например, с возможностями GLOBALFOUNDRIES.

С появлением мм-диапазона в сотовых телефонах мы вступим в новую эру технологической конкуренции и революционной производительности. Это серьезно повлияет на конструкцию РЧ-части и может быть полезным для снижения общих затрат на подключение.

Так кто же станет первым OEM-поставщиком, который внедрит эту технологию, когда она будет готова?

### От задач – к их решениям. Технология uWLSI или как вывести гетерогенную интеграцию на «арену» 5G

Системы связи поколения 5G, РЧ-часть которых включает в себя множество компонентов, где ключевыми являются усилители мощности, антенные переключатели, аттенюаторы, фазовращатели и фильтры, заставляют производителей решать поставленные задачи при помощи новых технологий. Одна из основных задач – это миниатюризация компонентной базы с условием увеличения выходной мощности и повышения чувствительности приемного тракта. Многоуровневая

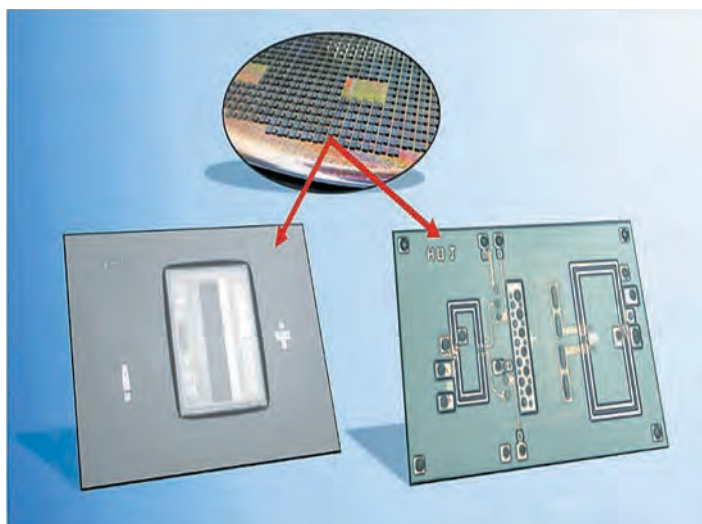


4

Эволюция радиочастотного интерфейса

гетерогенная интеграция (uWLSI) как раз и является той самой технологией, которая способна решить данную задачу. 3D-гетерогенная интеграция материалов высокой плотности с различными свойствами, GaAs и кремний, эффективна для обеспечения улучшенных характеристик усиления, линейности и мощности для РЧ-тракта устройств 5G.

Переход на беспроводную технологию 5G вызывает потребность в новых широкополосных РЧ-устройствах с большим количеством фильтров в них, что, в свою очередь, может повысить стоимость и увеличить занимаемую площадь всего пакета микросхем



5

Технология uWLSI

в РЧ-модуле. Включение интеграции гетерогенной системы на уровне пластин обеспечивает экономически эффективный подход для достижения большей плотности набора микросхем при минимальном увеличении занимаемой площади.

uWLSI – это технологическая платформа для уникального процесса изготовления пластин, находящаяся между процессами front-end и back-end производства. Она разработана компанией NSI при помощи технологических возможностей оборудования компании EV Group. Данная платформа является эволюцией в технологии WLP (wafer level packaging) и обеспечивает интеграцию гетерогенных систем с разнородными типами кристаллов на одной пластине – это ключевая особенность и отличие от всем известной технологии WLSI, которая применима исключительно к кремниевым технологиям с использованием устройств с высокой плотностью переходных отверстий в кремниевых пластинах (технология TSV – through silicon via). Еще одной особенностью и отличием является появившаяся возможность тестирования систем на уровне пластины, исключая при этом процесс монтажа кристаллов с переворачиванием, который применяется в обычных изделиях типа «система в корпусе» (SiP – System in Package). Компания NSI разработала технологическую платформу uWLSI, чтобы удовлетворить растущую потребность в интеграции гетерогенных систем с высокой плотностью различных микросхем и микросистем посредством более сложной обработки на уровне пластины.



6  
Применение 5G

Ключевую роль в обеспечении гетерогенной интеграции, а особенно при использовании составных полупроводников группы АІІІВV с кремниевыми устройствами, играют как системы и процессы монтажа и демонтажа на временный носитель, так и системы сварки пластин. Такие системы должны обеспечивать надежную обработку очень тонких пластин, которые, в свою очередь, могут быть интегрированы в многоуровневые (вертикальные) сборки (пакеты) более высокой плотности. Аналогичным образом ключевое влияние на процесс гетерогенной интеграции оказывают установки совмещения и экспонирования пластин, обеспечивающие обработку утонченных и структурированных подложек, установленных на промежуточный носитель.

Перечисленные аспекты являются основой гетерогенной интеграции и важны для процесса uWLSI, который позволит создавать самые компактные РЧ-интерфейсные модули для систем поколения 5G.

### Для чего все это необходимо?

По мнению экспертов, в ближайшие два года произойдет всеобщее подключение к стандарту связи поколения 5G, что приведет к росту экономического прогресса и улучшению качества жизни.

Переход на 5G обеспечит для пользователей следующие улучшения по сравнению со стандартом связи 4G:

- увеличение средней скорости передачи данных до 1 Гб/с, что позволит смотреть и транслировать видео в формате 4K, а в перспективе и в

формате 8K, а также полноценно использовать технологию дополненной реальности;

- возможность подключения миллионов устройств на 1 км<sup>2</sup>, что так необходимо для полноценного функционирования интернет-вещей;
- возможность дистанционного управления беспилотными транспортными средствами и автоматизация производств за счет снижения задержек передачи данных в 10 раз (до 1 мс), что позволит искусственному интеллекту реагировать и принимать решения на одном уровне с человеком;
- повышение энергоэффективности устройств до 100 раз, что снизит энергопотребление и продлит срок службы батарей, а это, в свою очередь, является важнейшим требованием к мобильным устройствам, относящимся к классу носимой электроники;
- повышение скорости до 500 км/час, на которой будет поддерживаться передача данных, что крайне актуально для высокоскоростных поездов, беспилотных летающих средств и других объектов, движущихся с высокой скоростью.

*В статье использованы материалы «5G's Impact on RF Front-End Module and Connectivity for Cell Phones report, Yole Développement, 2018» и «Enable First Wafer-Level Heterogeneous Integration of GaAs on Silicon for RF Front-End Module Manufacturing, EV Group, March 20, 2019»*