

# КОМПАНИЯ FARRAN TECHNOLOGY

## КОМПОНЕНТЫ И ПОДСИСТЕМЫ ВПЛОТЬ ДО ТЕРАГЕРЦЕВОГО ДИАПАЗОНА

Сегодня наблюдается тенденция к расширению применения радиосигналов миллиметровых и субмиллиметровых длин волн для интроскопии неметаллических объектов в системах контроля безопасности, в устройствах радиолокационных измерений, в медицинских системах томографии и терапии. В первую очередь это обусловлено тем, что излучение на таких длинах волн, позволяющее обнаруживать плотные объекты в различных средах, безвредно для живых организмов. Не последнюю роль играет и разработка малогабаритных фазированных антенных решеток с управляемой узкой диаграммой направленности. Построение устройств генерирования, канализации и обработки сигналов терагерцевого диапазона требует высокой технологической культуры. Лишь несколько компаний в мире решаются создавать электронные приборы, работающие на частотах этого диапазона. Одна из них – ирландская компания Farran Technology. Каковы достигнутые ею результаты и параметры выпускаемых изделий?

### КОРОТКО О КОМПАНИИ

Компания Farran Technology [1] основана в 1977 году в г. Корк, Ирландия, доктором Жерардом Вриксоном (Gerard Thomas Wrixon). В 1996 году она аккредитована по сертификату ISO 9001, с 1998 года специализируется в области разработки и выпуска компонентов и изделий миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов длин волн на основе монокристаллических СВЧ-микросхем (Monolithic Microwave Integrated Circuits, MMIC) и волноводных изделий. С 2005 года компания входит в состав промышленной группы Smith Group PLC (Англия) [2]. Сегодня Farran Technology – один из основных поставщиков электронной продукции миллиметрового диапазона длин волн для ESA. Компания имеет представительства в Канаде, Китае, Франции, Германии, Великобритании, США, Южной Корее, Италии, Испании, Нидерландах. Одним из продуктов этой компании, получивших широкую известность, является представленное в 2005 году на выставке во Франкфурте экологически чистое оборудование 3-мм диапазона длин волн TADAR, предназначенное для досмотрового конт-

Л. Белов

роля пассажиров в аэропортах и позволяющее обнаруживать на расстоянии до нескольких десятков метров скрытые предметы, в том числе неметаллическую взрывчатку. Компания также поставляет на мировой рынок пассивные волноводные компоненты, смесители и детекторы диапазона частот от 10 ГГц до 3 ТГц, источники колебаний миллиметрового диапазона на диодах Ганна, умножители частоты, конверторы, усилители слабых сигналов, измерители мощности, тестовое и измерительное оборудование. Рассмотрим некоторые из этих изделий подробнее.

### ДЕТЕКТОРЫ И СМЕСИТЕЛИ

Детекторы сигналов с частотами от 18 до 170 ГГц серии WDP выполнены на GaAs-диодах Шоттки планарной конструкции (рис.1) с входом на стандартизованных волноводах от WR-42 до WR-6 и коаксиальным выходом. Детекторы отличаются высокой чувствительностью – от 2 (WR-42) до 0,22 В/мВт (WR-6) с неравномерностью вариаций этого параметра по диапазону частот не более  $\pm 2$  дБ. Они функционируют во всей полосе частот выбранного волновода без внешнего источника питания при входной мощности от -20 до 20 дБмВт на нагрузке 1 МОм и с КСВН подводящего волновода не более 2,0:1. Диоды могут быть установлены в соответствии с выбранной полярностью выходного сигнала.

Детекторы серии WD волноводного исполнения для частот от 60 до 325 ГГц позволяют заменять диоды и выбирать полярность выходного сигнала. Они характеризуются повышенной чувствительностью (до 1 В/мВт в диапазоне 220–325 ГГц) и линейной зависимостью выходного напряжения от уровня детектируемой мощности. Для достижения максимальной чувствительности для смещения рабочей точки диодов, как опция, используется внешний источник питания на напряжение до 15 В.

**Балансные смесители** серии ВМС для частот от 26,5 до 220 ГГц (для более высоких частот предусмотрена возможность изготовления заказных изделий) выполнены на GaAs-диодах Шоттки. Смесители этой серии характеризуются низким уровнем собственного шума (7–10 дБ) и высокими для пассивного узла коэффициентами передачи ( $CL_{RF/IF}$  от -7 до -9 дБ). Стандартный уровень опорного сигнала составляет 13 дБмВт; некоторые модели рассчитаны на мощность опорного сигнала от 0 до 3 дБмВт.



Рис. 1. Детектор модели WDP-10

**Гармониковые смесители** серии WHMB с антипараллельными диодами для частот от 40 до 110 ГГц отличаются возможностью использовать опорный сигнал в четыре-восемь раз более низкой частоты, чем рабочая частота. Например, частота опорного сигнала модели WHMB-10 с рабочей частотой 75–100 ГГц, входной мощностью до 10 мВт и коэффициентом передачи  $CL_{RF/IF} = -38$  дБ составляет 9,4–14 ГГц при мощности опорного источника 19 дБмВт. В гармониковые смесители серии WHM для частот до 325 ГГц встроен внутренний диплексер, в них предусмотрен режим отключения. Смесители рассчитаны на минимальный уровень детектируемого сигнала -65 дБмВт в полосе частот до 40 ГГц и -44 дБмВт в полосе частот 110–170 ГГц.

**Смесители с субгармонической подкачкой** серии SPM для частот сигнала 60–350 ГГц функционируют при более низкой частоте опорного сигнала  $f_{LO}$ . Значение частоты  $f_{LO}$  связано с частотой сигнала  $f_S$  и с промежуточной частотой  $f_{IF}$  соотношением  $f_{LO} = (f_S \pm f_{IF})/n$ , где значение кратности  $n=2$  или  $n=4$ . Например, для преобразования информации с полосой частот до 18 ГГц на несущей частоте сигнала 350 ГГц в сигнал постоянного тока ( $f_{IF}=0$ ) применяют источник опорного сигнала с частотой  $f_{LO}=87,5$  ГГц. Для  $f_S=220$  ГГц и  $f_{LO}=110$  ГГц уровень мощности источника опорного сигнала должен составлять 3 мВт, а коэффициент передачи  $CL_{RF/IF} = -5$  дБ. Благодаря мерам по симметрированию антипараллельных диодов удается улучшить подавление собственного шума опорного источника до 15–20 дБ. На рис.2 показаны внешний вид и зависимость шумовой температуры  $T_{ш}$  субгармонического смесителя SPM-05 от частоты сигнала  $f_S$  в полосе частот от 172 до 204 ГГц при опорной частоте  $f_{LO} = 84$ –100 ГГц и промежуточной частоте 4 ГГц (среднее значение коэффициента шума составляет 4,4 дБ). В заказных конфигурациях полоса частот выходного сигнала может превышать 18 ГГц.

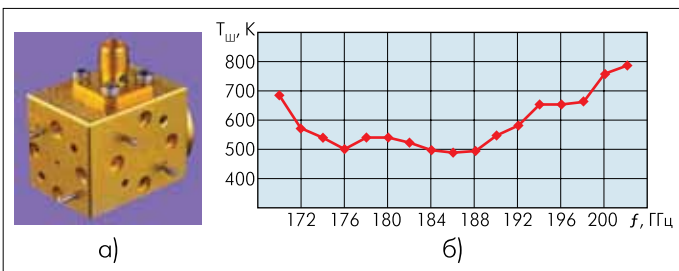


Рис.2. Внешний вид (а) и частотная зависимость шумовой температуры субгармонического смесителя SPM-05 (б)

## ИСТОЧНИКИ СИГНАЛОВ

Источники сигналов миллиметрового диапазона длин волн для опорных генераторов и измерительных устройств, а также для возбуждения умножителей частоты выполняются на диодах Ганна. Их выходная частота составляет 26–140 ГГц, мощность для диапазона 26–35 ГГц – от 300 мВт (волновод WR-28) до 15 мВт для частот 130–140 ГГц (волновод WR8). Генераторы серии GO подстраиваются по частоте в пределах  $\pm(3-6)$  ГГц микрометрическим винтом, генераторы серии GN перестраиваются в пределах  $\pm(50-75)$  МГц механическим винтом. Генераторы же серии GMB перестраиваются механически во всей полосе частот волновода (для GMB-10 на WR-10 в пределах 90–105 ГГц). Генераторы серии GV, кроме механической перестройки, подстраиваются по частоте варикапом в пределах  $\pm(300-500)$  МГц за счет изменения напряжения от 4 до 20 В. На рис.3 показаны типовые статические модуляционные характеристики управляемого напряжением генератора модели GV-15.

Источники сигналов серий FSD и FST (семь моделей) с каскадами удвоения и утроения частоты, соответственно, перекрывают диапазон частот от 120 до 400 ГГц. Их выходная мощность составляет от 5 до 0,3 мВт, соответственно, с возможностью перестройки частоты механически или электрически в пределах от 5 до 15 ГГц.

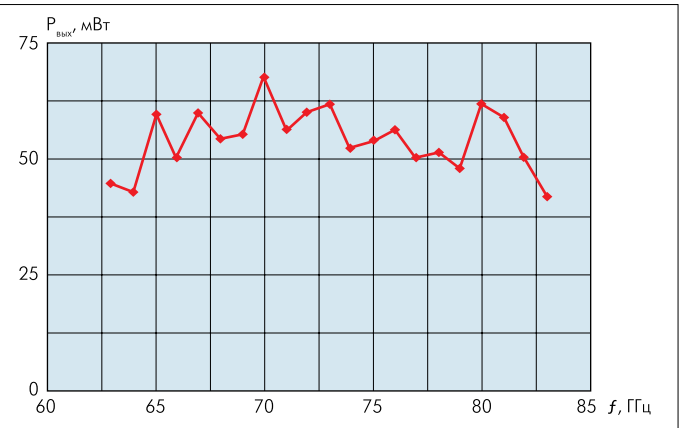
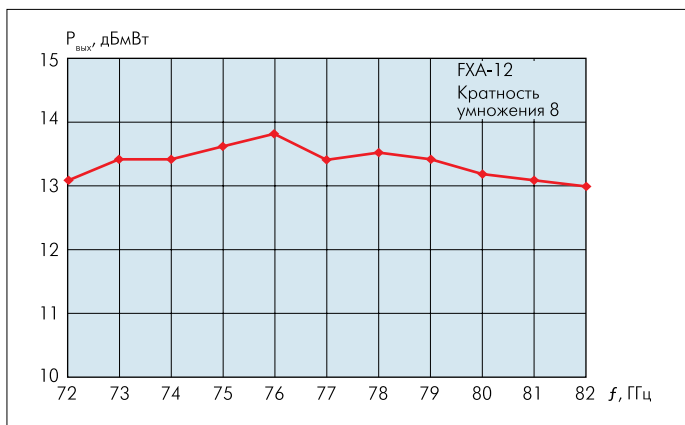


Рис.3. Зависимость выходной мощности  $P_{вых}$  и частоты  $f$  генератора на диоде Ганна модели GV-15 от напряжения  $E_u$  на входе управления частотой

Компания предлагает фазосинхронизированные источники сигналов серии PLO с частотой от 60 до 325 ГГц и относительной нестабильностью частоты не более  $\pm 1 \cdot 10^{-6}$ , выполненные на основе системы фазовой синхронизации и умножителей частоты. Их выходная мощность составляет от 50 до 2 мВт в зависимости от типа волновода при внешнем опорном сигнале с частотой 100 МГц и мощностью 1 мВт.

## УМНОЖИТЕЛИ ЧАСТОТЫ

Компания выпускает несколько моделей активных умножителей частоты (в том числе усилителей выходного сигнала) в два, три, четыре и восемь раз для входных частот 10–20 ГГц и выходных частот до 90 ГГц. Выходная мощность удвоителей частоты



**Рис. 4. Зависимость выходной мощности  $P_{\text{вых}}$  от выходной частоты  $f_{\text{вых}}$  для умножителя частоты в восемь раз модели FXA-12**

серии FDA с выходной частотой 20–44 ГГц составляет от 22 до 31 дБмВт; утроителей частоты серии FTA с выходной частотой 30–90 ГГц – от 18 до -5 дБмВт в зависимости от модели; учетверителей частоты серии FQA с выходной частотой 26–64 ГГц – от 10 до 15 дБмВт; умножителя частоты в восемь раз модели FXA-12 при выходной частоте 72–82 ГГц – 13 дБмВт. Частотная зависимость выходной мощности модели FXA-12 приведена на рис. 4.

КПД преобразования входной мощности в выходную в диапазоне выходных частот 28–95 ГГц при выходной мощности от -26 до 13 дБмВт для утроителей частоты серии FTN достигает 25%.

### ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЧАСТОТЫ ВНИЗ И ВВЕРХ

Модули преобразования полосы частот вниз из диапазона 26–110 ГГц в промежуточную частоту 4,5–18 ГГц серий BDC и FBC содержат балансные смесители серии BMC, генераторы опорных сигналов серии GN и цепи подавления зеркальных частотных составляющих. Полоса частот сигнала промежуточной частоты равна 15 ГГц и выше, нестабильность частоты генератора опорной частоты не превышает  $\pm 35$  МГц в интервале рабочих температур 15–25°C. Коэффициент собственного шума преобразования NF SSB не превышает 10–18 дБ. Модуль получает электропитание от источника с напряжением 15 В и током 2 А. Он функционирует при максимальном КСВН входного волновода 1,4:1 и обеспечивает коэффициент передачи по мощности  $G_{\text{RF/IF}}$  не менее 10 дБ.

Модели BDC-K-26 и BDC-K-40 предназначены для применения совместно с перестраиваемым приемником сигналов с полосой 2–20 ГГц. В их конструкции предусмотрен вход опорного сигнала с частотой 14,5 ГГц и мощностью от -3 до 0 дБмВт. Модель BDC-K-26,5 преобразует полосу частот входного сигнала 18–26,5 ГГц в полосу 2,5–11 ГГц (с использованием второй гармоники частоты опорного сигнала). При этом коэффициент шума не превышает 13 дБ, а уровень паразитных дискретных составляющих – -40 дБ. Модель BDC-K-40 преобразует полосу частот входного сигнала 26,5–40 ГГц в полосу 3,5–17 ГГц (с использованием третьей гармоники частоты опорного сигнала) при тех же показателях по шуму и дискретным составляющим. Во встроенном генераторе опорного сигнала используется стабилизирующий диэ-

лектрический резонатор. Он синхронизирован по фазе внешнего источника с частотой 10 МГц.

Преобразователь частоты вверх модели BUC-22S с помощью встроенных источника опорного сигнала с частотой 1,3 ГГц (опционально, с генератором опорного сигнала с частотой 9,275–9,531 ГГц на основе диэлектрического резонатора) и умножителя частоты в четыре раза преобразует полосу частот 6,4–7,4 ГГц сигнала промежуточной частоты с выходной мощностью -20...15 дБмВт в полосу частот 43,5–45,5 ГГц. В этой модели смеситель выполнен как гармониковый, его мощность достигает 27 дБмВт. В устройство BUC-22S встроены волноводные цепи фильтрации и подавления паразитных спектральных компонент.

### УСИЛИТЕЛИ РАДИОСИГНАЛОВ

#### МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА ДЛИН ВОЛН

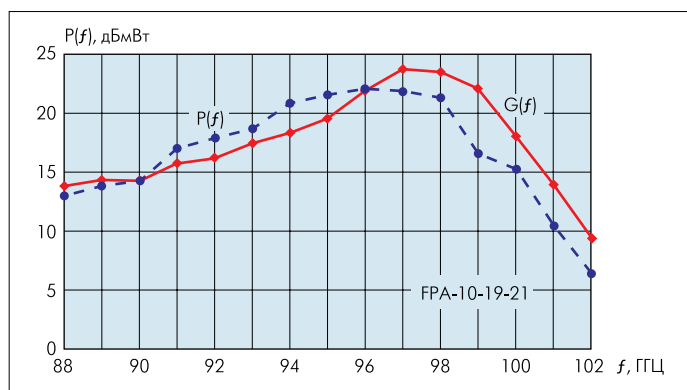
У маломощных усилителей серии FLNA со средней частотой 18–96 ГГц мгновенная полоса частот в зависимости от модели составляет 4–13,5 ГГц, усиление – не менее 15–30 дБ, коэффициент шума – не хуже 3,5–6 дБ. Напряжение источника питания – 8 В, ток – от 50 до 200 мА. Коэффициент усиления малых сигналов  $G_0$  модулей серии FPA для сигналов с частотой от 18 до 96 ГГц при мгновенной полосе от 4 до 10 ГГц составляет 19–27 дБ, выходная мощность достигает 1 Вт при коэффициенте стоячей волны напряжения КСВН не хуже 2,0:1. Так, выходная мощность модели FPA-22-40-30 достигает 1 Вт в полосе частот 43–46 ГГц, коэффициент линейного усиления  $G_0$  – 27 дБ, мощность насыщения – 33 дБмВт. Напряжение и ток источника питания составляют 8 В и 4,6 А соответственно. Коэффициент шума модели FLNA-10-30 в полосе частот 92–96 ГГц равен 6 дБ, усиление  $G_0$  – 30 дБ, потребляемый ток – 100 мА, напряжение источника питания – 8 В. Частотная характеристика усилителя мощности FPA-10-19-21 приведена на рис. 5.

### КОМПОНЕНТЫ СУБМИЛЛИМЕТРОВОГО (ТЕРАГЕРЦЕВОГО) ДИАПАЗОНА

Детекторы серии CD предназначены для систем плазменной диагностики, мониторинга электромагнитной обстановки и демодуляции сигналов с частотой от 300 ГГц до 3 ТГц (длина волны от 1 до 0,1 мм). Они расположены в фрезерованной кубической конструкции с квазиоптическими антенной и отражателем с шириной диаграммы направленности гауссовского типа 24–28 град (рис. 6), соединенными с детектором на основе GaAs-диода Шоттки.

Полоса частот стандартного видеовыхода детектора в зависимости от модели составляет от 10 кГц до 100 МГц; максимальная входная мощность – 60–30 мВт, чувствительность – 200–15 В/Вт. Диоды, встроенные в детекторы серии CD, снабжены СВЧ-ключами для защиты от пробоев из-за статических зарядов.

Смесители серии SM для сигналов с частотой от 300 ГГц до 3 ТГц имеют квазиоптическую конструкцию, подобную показанной на рис. 6. Их коэффициент передачи по мощности составляет



**Рис.5. Частотные характеристики усиления  $G(f)$  и выходной мощности  $P(f)$  усилительного модуля FPA-10-19-21**

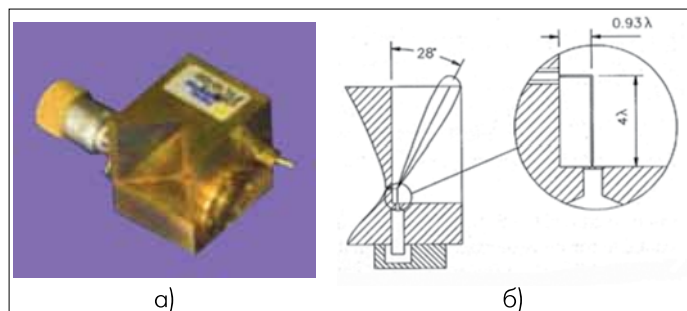
-9 дБ для частот 300–600 ГГц и -18 дБ для частот 2–3 ТГц; собственная шумовая температура варьируется от 3 до  $40 \cdot 10^3$  К; необходимая мощность опорного сигнала – 5–30 мВт; промежуточная частота – 0,5–15 ГГц при полосе 100–1000 МГц. Выпускаются варианты конструкции с фиксированной настройкой отражателя на входную частоту и с управляемой его настройкой.

Квазиоптические смесители серии СММ предназначены для радиосигналов с частотой 0,3–3 ТГц и опорного сигнала с частотой 100 ГГц с использованием от пятой до двенадцатой гармоник этой частоты. Рекомендуемая мощность опорного сигнала составляет 5–15 мВт, коэффициент передачи  $C_{LRF-IF}$  – -35...55 дБ, отношение сигнал/шум 53–40 дБ.

### БЛОКИ РАСШИРЕНИЯ ЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Компания Farran Technology выпускает устройства, расширяющие до 140 ГГц частотный диапазон имеющихся у потребителя измерительных приборов диапазона 26–40 ГГц (генераторов, анализаторов цепей, анализаторов спектра) (рис.7). По заказу могут быть поставлены блоки расширения частотного диапазона до 3 ТГц.

В качестве вспомогательных узлов измерительных устройств компания предлагает ферритовые вентили и циркуляторы (серии ISO и CIRC) для частот 8–110 ГГц, пропускающие мощность от 5 до 1 Вт с коэффициентом изоляции 23–18 дБ (серия ISFB до 30 дБ) с полосой пропускания 1–3 ГГц. Измерительные источники шума с частотой 26–170 ГГц выполнены на GaAs ЛПД, что позволяет работать с низкими напряжениями питания.



**Рис.6. Квазиоптический детектор сигналов серии CD с частотой до 3 ТГц (а) и разрез его конструкции (б)**

Наряду с компонентами и субблоками, Farran Technology предлагает устройства миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов (радиометры, интерферометры, радиолокаторы) с частотой сигналов от 89 до 300 ГГц для бесконтактных систем контроля безопасности на расстояниях порядка 100 м, систем предотвращения столкновений, контроля перемещений и других приложений.

Благодаря развитию техники генерирования, преобразования и усиления сигналов терагерцевого диапазона частот (миллиметрового и субмиллиметрового – инфракрасного – диапазонов) становятся доступными узлы, позволяющие создавать перспективные радиотехнические устройства и системы. Основные технические направления освоения этих диапазонов – умножение частоты, преобразование занимаемой сигналом полосы частот вниз, применение гар-



**Рис.7. Блок расширения частотного диапазона FEV10-TR для преобразования сигналов из полосы частот 110–170 ГГц в полосу частот 4,5–18 ГГц**

мониковых режимов нелинейных узлов, на наиболее высоких частотах – реализация квазиоптических конструкций. Компания Farran Technology существенно продвинулась в освоении полосы частот 0,1–3 ТГц. Приобрести ее изделия можно через ее официального дистрибьютора в России – ООО "Радиокомп" [3].

### ЛИТЕРАТУРА

1. [www.farran.com](http://www.farran.com)
2. [www.smithsinterconnect.com](http://www.smithsinterconnect.com)
3. [www.radiocomp.net](http://www.radiocomp.net)