



**Маевский
Юрий Иванович,**
генеральный конструктор
по системе РЭБ, заместитель
генерального директора АО «КРЭТ»,
д.т.н.

Современные радиоэлектронные комплексы (РЭК), как правило, ориентированы на выполнение определенных функций: радиолокации, госопознавания, радио- и радиотехнической разведки, РЭБ, радиосвязи, ретрансляции, передачи данных и др. В зависимости от выполняемых функций каждый из них оптимизирован под решение конкретной задачи, имеет собственную антенно-фидерную систему своего диапазона частот и индивидуальную схему размещения на объектах вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ). При необходимости одновременного выполнения нескольких функций, как это требуется, например, на летательных аппаратах, РЭК реализуется в виде совокупности отдельных функциональных радиоэлектронных средств, в том числе антенных систем. Большое количество антенных систем не только значительно увеличивает массу и габариты радиоэлектронной аппаратуры, но и ограничивает ее основные тактико-технические характеристики, такие как энергетический потенциал и чувствительность. Это связано с тем, что общая выделяемая на носителе площадь под размещение антенн ограничена, а в случае, когда необходимо разместить крупноапертурные антенны, эта задача может быть вообще не решаемой.

Особую актуальность эта проблема приобретает, когда на носителе, например самолете или космическом аппарате, имеется возможность размещения только одной крупногабаритной антенной системы. В этом случае РЭК дол-

Широкополосные крупноапертурные АФАР — основа создания многофункциональных радиоэлектронных комплексов

жен быть многофункциональным, использующим одну и ту же крупноапертурную антенно-фидерную систему для выполнения различных целевых задач.

В многофункциональных РЭК особую важность приобретает возможность антенной системы одновременно формировать несколько независимо управляемых и работающих с различными сигналами лучей. Такую возможность обеспечивают, например, многолучевые активные фазированные антенные решетки (АФАР) с переключаемыми СВЧ-матрицами с числом входов, равным числу различных сигналов (частот) и числом выходов, равным числу лучей АФАР.

При этом обеспечивается подключение произвольного числа сигналов к произвольному числу лучей.

В такой АФАР первостепенное значение приобретает частотная фильтрация принимаемых и излучаемых сигналов, уменьшение или исключение паразитных комбинационных составляющих сигналов. Очевидно, что все усилители, в том числе, выходные в элементах АФАР, должны работать в линейном режиме. Создание и серийное производство широкополосных усилителей СВЧ со средней выходной мощностью единицы-десятки ватт на основе арсенида галлия и нитрида галлия представляет собой актуальную, но непростую задачу [1].

Успехи в разработке и применении сверхширокополосных (с перекрытием по частоте более 2–3 октав) твердотельных АФАР в интересах систем и средств РЭБ, в первую очередь авиационных, создают основу для перехода к проектированию многофункциональных аппаратно-интегрированных РЭК.

Наиболее подходящими для построения многофункциональных РЭК являются многолучевые АФАР с сильными связями между излучателями. В решетках с сильными связями расстояние между излу-

чателями выбирается, как правило, меньше половины длины волны на верхней частоте диапазона ее работы. При этом конструкция излучателя должна обеспечивать функционирование решетки и в нижнем участке диапазона частот с учетом возникновения сильных связей между элементами. В качестве фазирующих элементов используются не традиционные фазовращатели, а специальные устройства, формирующие управляемые временные задержки сигнала между излучающими элементами АФАР. Применение линий задержек для управления лучом АФАР обеспечивает его частотно-независимое положение во всем диапазоне частот. Особенностью таких АФАР является возможность использования большого количества маломощных усилителей в элементах решетки, что обеспечивает схемотехническое решение задачи теплоотвода при одновременном повышении функциональной надежности РЭК.

При проектировании АФАР многофункционального РЭК могут быть оптимизированы ее характеристики для решения отдельных задач в ограниченных участках общего частотного диапазона, например для решения прецизионных задач или повышения помехозащищенности радиолокации, специфических задач госопознавания, радиосвязи и ретрансляции.

Для формирования лучей АФАР могут применяться широкополосные диаграммообразующие устройства (ДОУ), обеспечивающие частотно-независимое положение лучей в пространстве. Такие ДОУ, как правило, используют квазиоптические методы формирования диаграммы направленности и создают на основе линзы Ротмана или матрицы Бласса [2].

Большие перспективы в эффективном формировании диаграммы направленности АФАР и управлении лучами связаны с использо-

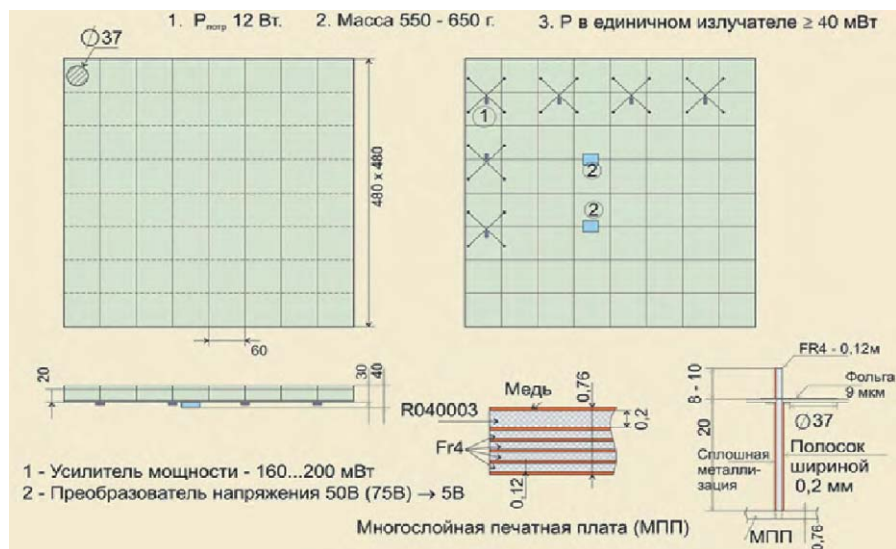


Рис. 1. Технология печатных плат АФАР

ванием радиофотонных технологий [3].

Среди перспективных решений управления несколькими независимыми лучами в АФАР можно считать цифровые ДООУ. В таких решетках во входные и выходные элементы устанавливаются малогабаритные аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи (АЦП/ЦАП), а вся обработка сигналов, включая одновременное формирование нескольких лучей под различные задачи, осуществляется в цифровом виде [4]. В настоящее время широкое применение цифровых ДООУ ограничивается серийно выпускаемыми АЦП/ЦАП с тактовой частотой до 4–5 ГГц.

При создании многофункциональных сверхширокополосных РЭК на авиационных и космических носителях высокой значимостью приобретает конструктивно-технологическое построение АФАР. К примеру, применение многослойных СВЧ-печатных плат, как для размещения излучателей, так и для реализации ДООУ, является одним из таких технических решений. Технология многослойных печатных плат для АФАР проиллюстрирована на рис. 1. Максимальный размер платы определяется возможностями современного технологического оборудования (в настоящее время это размер платы 500x500 мм). Из таких апертурных сегментов может быть сформирована плоская либо конформная (повторяющая поверхность носителя) АФАР практически любого размера. Удельный вес такой АФАР (не считая каркаса крепления к носителю) может составить 2–5 кг/м².

В качестве излучателей сверхширокополосных АФАР могут использоваться специальные дипольные излучатели, плоские печатные спиральные антенны, печатные синусные антенны [5]. Одним из самых перспективных видов сверхширокополосных излучателей (с перекрытием по частоте, достигающим 10 и более) являются излучатели Вивальди, которые также могут изготавливаться методом СВЧ-печати [2].

Особенно важно, что на основе излучателей Вивальди наиболее удобно создавать АФАР с одновременной работой на двух линейных ортогональных поляризациях, что позволяет обеспечить управление поляризацией АФАР на прием и передачу в сверхширокой полосе частот и широким угловом секторе.

За рубежом созданию многофункциональных широкополосных АФАР уделяется большое внимание. Так, в рамках программы АСТ Northrop Grumman проводится научно-исследовательскую работу по созданию твердотельных широкополосных самолетных АФАР, способных выполнять задачи радиолокации и РЭБ в сантиметровом диапазоне волн [4].

В рамках создания станции помех нового поколения (NGJ) для самолета-постановщика помех EA-18G «Growler» по заказу ВМФ США фирма Raytheon проводит разработку твердотельных широкополосных АФАР дециметрового и сантиметрового диапазонов волн.

Применение сверхширокополосных твердотельных АФАР позволяет решить некоторые принципиаль-

ные задачи радиолокации, такие как сверхширокополосная перестройка несущей частоты, одновременная работа на нескольких частотах, работа с перестраиваемой поляризацией излучения и приема. В радиосвязи и ретрансляции становится возможной многочастотная работа, использование направленных высокопотенциальных лучей, выбор оптимальной поляризации и т. п.

Построение многофункциональных РЭК на основе сверхширокополосных твердотельных АФАР позволяет:

- снизить массу аппаратуры в 2–3 раза;
- уменьшить энергопотребление в 1,5–2 раза;
- упростить схемотехнические решения по отводу тепла с энергоемких элементов;
- улучшить характеристики по внутриобъектовой электромагнитной совместимости;
- создать большой модернизационный потенциал при переходе на новую элементную базу;
- создать конформные решетки, встроенные в обшивку носителя РЭК;
- расширить возможность унификации радиоэлектронной аппаратуры.

Разработка и применение многофункциональных сверхширокополосных РЭК позволит существенно сократить номенклатуру выпускаемой и эксплуатируемой ВВСТ, повысить ее эксплуатационные характеристики за счет унификации и увеличения серийности. Последнее особенно актуально при разработке и серийном производстве современных образцов техники РЭБ.

Список использованной литературы

1. Шахнович И. В. Твердотельные СВЧ-приборы и технологии. Состояние и перспективы. — ЭЛЕКТРОНИКА — НТБ, 2005, №5, С. 58–64.
2. Устройства СВЧ и антенны. Проектирование фазированных антенных решеток: Учеб. Пособие для вузов / Под ред. Д. И. Воскресенского. Изд. 4-е, перераб. и доп. — М.: Радиотехника, 2012. — 744с.
3. Зайцев Д. Ф. Аналоговая фотоника в антенной технике. М.: Радиотехника, «Антенны», №7, 2009, С. 59–67.
4. Active advance. Aviation week & Space Technology, 16–29 March 2015, p. 46
5. Saini K. S., Bradley R. F. The sinuous antenna — a dual polarized element for wideband phased array feed application. Electronics division internal report NO, 301. February 13, 1996.