

Создание серийного производства транзисторов и МИС СВЧ на ФГУП «НПП «Исток» и разработка субмодулей АФАР на их основе

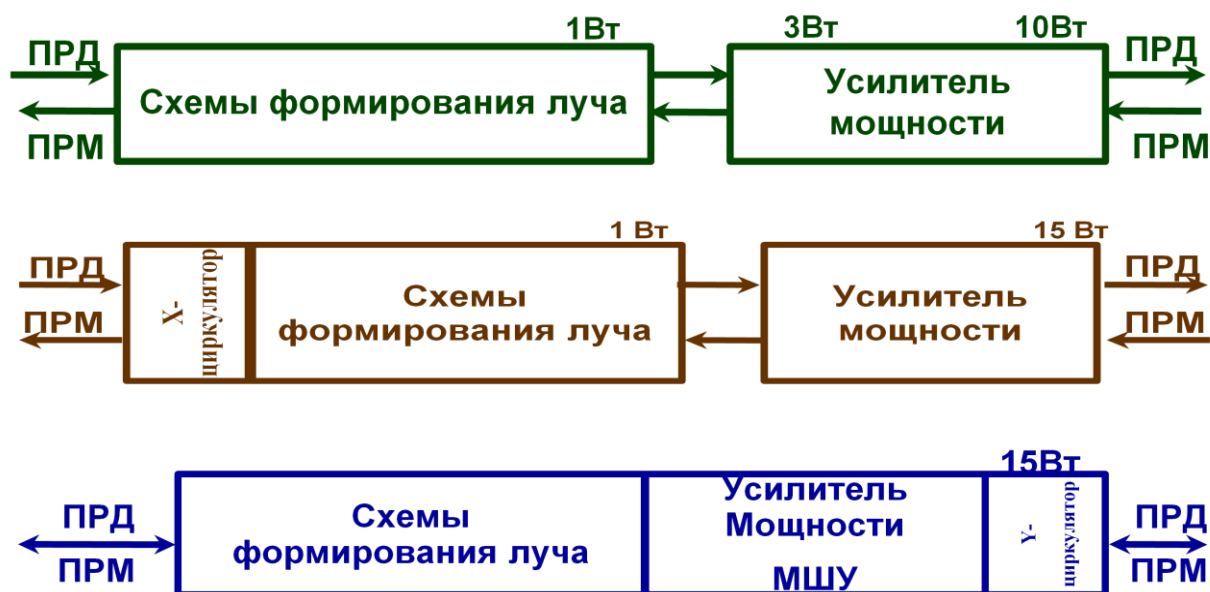
В 2012 году на ФГУП «НПП «Исток» вводится в эксплуатацию пилотная линия кристалльного производства транзисторов и МИС СВЧ с мощностью на первом этапе порядка 1,0...1,5 млн. штук кристаллов в год.

Особенностью МИС СВЧ является изготовление на поверхности и в объеме подложки в едином технологическом цикле всех элементов схемы, включая конденсаторы, резисторы, индуктивные элементы, межсоединения, воздушные мосты, переходные отверстия и контактные площадки навесных компонентов МИС. Транзисторы и МИС СВЧ изготавливаются на эпитаксиальных гетероструктурах арсенида галлия различных отечественных поставщиков. Используются гетероструктуры и собственного производства ФГУП «НПП «Исток», изготовленные по технологии МОС-гидридной эпитаксии (МОСVD). При этом создаются полупроводниковые гетероэпитаксиальные слои на основе твердых растворов элементов группы $A^{III}B^V$ (AlGaAs, InGaAs, InGaP и др.). Технологический комплекс гетероэпитаксии позволяет создавать сложные гетероструктуры (до 50 слоев) с толщиной слоев от 1 до 1000 нм, с разбросом 1,5 %, с подвижностью носителей до $7000 \text{ см}^2/\text{В}$ и с разбросом по концентрации легирования 2...3 %. Технические характеристики используемого оборудования, эффективный контроль, управляемость ростовыми процессами и прецизионное дозирование газовых компонентов и МОС-соединений обеспечивают хорошую воспроизводимость технологических процессов и повторяемость физико-технических параметров структур от партии к партии. Производительность технологического комплекса гетероэпитаксии при двухсменной работе составляет 6000 пластин диаметра 3 или 4 дюйма в год.

К настоящему времени на ФГУП «НПП «Исток» разработаны и серийно изготавливаются полевые СВЧ транзисторы с барьером Шоттки на основе гетероструктур, конструкция и технология изготовления которых защищены рядом патентов на изобретения. Для достижения лучших параметров транзисторов по коэффициенту шума, выходной мощности, усилению и КПД используется особая конструкция затвора Т-образной или Г-образной формы. А для увеличения пробивного напряжения $U_{зс}$ затвор в канале смещают к истоку. Лучшие полученные характеристики у мощных транзисторов Х-диапазона – это 2,1...2,2 Вт с секции (при длине затвора 0,25 мкм), у маломощных транзисторов – $K_{ш} \leq 0,8...0,9$.

Разработан и серийно выпускается полный набор МИС СВЧ для диаграмообразующих устройств АФАР Х-диапазона. В комплект МИС входят защитное устройство, переключатель, 6-разрядный фазовращатель, 5-разрядный аттенюатор, маломощный усилитель, усилитель мощности. На их основе создан ряд конструкций субмодулей АФАР Х-диапазона для различных применений, структурные схемы построения которых приведены на рисунке 1. МИС СВЧ в схемах формирования луча размещаются методами плотной упаковки на платах из керамики

низкотемпературного обжига, усилители мощности выполняются по гибридно-интегральной технологии на основе полевых транзисторов с выходной мощностью 1, 2, 4 и 6 Вт.



а) варианты двухмодульных конструкций



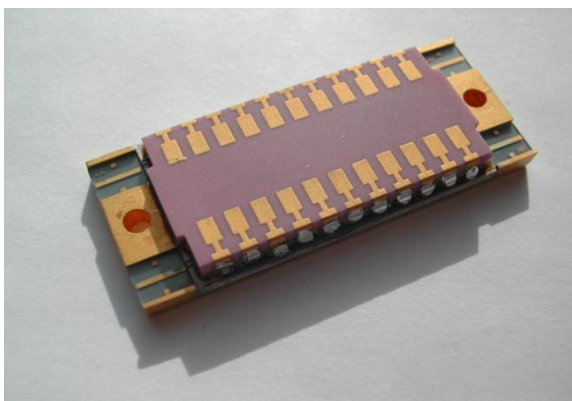
б) одномодульная конструкция для цифровой АФАР

Рисунок 1 – Структурные схемы построения submodule АФАР X-диапазона для различных применений

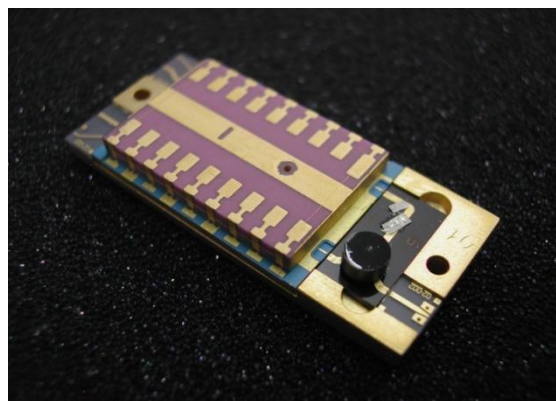
На рисунке 2 приведен внешний вид типовых диаграммообразующих submodule X-диапазона, на рисунке 3 – внешний вид усилителей мощности.

К настоящему времени выпущено более 10 тыс. комплектов submodule для АФАР X-диапазона различного назначения.

Завершается разработка полного комплекта МИС СВЧ для приемопередающих каналов АФАР $K_{\text{ц}}$ -диапазона и начата работа по разработке комплекта МИС СВЧ для АФАР $K_{\text{а}}$ -диапазона, где длина затвора транзисторов должна быть 0,13...0,15 мкм. Интенсивно ведутся работы по созданию монолитных усилителей мощности.



а) без циркулятора



б) с циркулятором

Рисунок 2 – Внешний вид диаграммообразующих submodule X-диапазона



а) $P_{\text{ВЫХ}} \geq 3$ Вт



б) $P_{\text{ВЫХ}} \geq 10$ Вт

Рисунок 3 – Внешний вид усилителей мощности X-диапазона

В перспективе планируется создание монолитных СВЧ электронных компонентов E- и W-диапазонов для систем беспроводной связи, систем цифрового телевидения высокой четкости и высокоточных радиолокационных измерителей для автомобильного и железнодорожного транспорта. Для реализации таких МИС потребуется формирование длины затвора транзистора 50...70 нм.

Четкая организация работы существующих и модернизируемых в настоящее время на ФГУП «НПП «Исток» технологических комплексов по разработке и серийному производству полупроводниковых гетероструктур, кристаллов МИС СВЧ и модулей СВЧ различного функционального назначения и всей обеспечивающей инженерной инфраструктуры позволит разрабатывать и серийно выпускать широкую номенклатуру востребованной СВЧ продукции, сократить габариты и массу законченных изделий, повысить их технологичность и эксплуатационную надежность. Дальнейшее развитие центра дизайн-проектирования, совершенствование и стабилизация технологических процессов электронной и проекционной литографии, теххимии, изготовления меза-структур, плазмохимического травления, формирования контактов, резки пластин, изготовления корпусов, измерений и испытаний приборов позволит значительно повысить выход годных и снизить себестоимость продукции в серийном производстве.