

Разработка GaAs mHEMT МИС МШУ Ku-диапазона частот на основе технологического процесса компании OMMIC

Алексей Кондратенко (kondratenkoaleks@gmail.com)

В статье представлены результаты разработки двух монокристаллических интегральных схем (МИС) СВЧ, способных функционировать в условиях воздействия специальных факторов, а также их последующее массовое воспроизводство являются актуальными задачами в связи с развитием спутниковых систем на базе активных фазированных решёток (АФАР). Однако для России по-прежнему следует констатировать факт отсутствия перехода к сертификации технологических процессов изготовления МИС СВЧ в целом, что является более целесообразным и экономически выгодным в сравнении с проведением полных испытаний отдельных типов МИС. Европейские фабрики (такие как OMMIC и UMS) уже давно следуют данным курсом и обладают технологическими процессами, сертифицированными Европейским космическим агентством [1, 2].

ВВЕДЕНИЕ

Создание монокристаллических интегральных схем (МИС) СВЧ, способных функционировать в условиях воздействия специальных факторов, а также их последующее массовое воспроизводство являются актуальными задачами в связи с развитием спутниковых систем на базе активных фазированных решёток (АФАР). Однако для России по-прежнему следует констатировать факт отсутствия перехода к сертификации технологических процессов изготовления МИС СВЧ в целом, что является более целесообразным и экономически выгодным в сравнении с проведением полных испытаний отдельных типов МИС. Европейские фабрики (такие как OMMIC и UMS) уже давно следуют данным курсом и обладают технологическими процессами, сертифицированными Европейским космическим агентством [1, 2].

В статье представлены результаты разработки двух МИС Ku-диапазона. Обе МИС разработаны на основе GaAs

mHEMT процесса D0071H компании OMMIC (Франция), выступившей в качестве технологического партнёра.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МИС

Первым приоритетным требованием к МИС МШУ являлось обеспечение основных параметров СВЧ (коэффициент усиления не менее 20 дБ, коэффициент шума не более 1,5 дБ, выходная мощность при сжатии коэффициента усиления на 1 дБ не менее 0 дБм) при общем токе потребления усилителя, не превышающем 25 мА. Исходя из этого был осуществлён выбор суммарной ширины затвора транзистора, а также рабочей точки каждого каскада.

Согласно [3] оптимальным усилителем для использования в сканирующих АФАР (либо в условиях изменения сопротивления генератора сигнала в широком интервале) является усилитель, у которого условия согласования по максимуму коэффициента передачи по мощности

и минимуму коэффициента шума совпадают. Таким образом, вторым приоритетным требованием к разрабатываемым усилителям ставилось обеспечение коэффициента шума не более требуемого при низком коэффициенте отражения от входа. Требование достигалось путём установки необходимой глубины обратной связи и ощущаемого сопротивления нагрузки первого каскада усилителя.

РЕАЛИЗОВАННЫЕ СХЕМОТЕХНИЧЕСКИЕ И ТОПОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

Топология кристалла МИС МШУ с интегрированным ППФ (проект AM501) представлена на рисунке 1. Габаритные размеры кристалла – 2,5×1,8×0,1 мм.

МИС содержит два каскада на метаморфных транзисторах с высокой подвижностью электронов с интегрированными цепями согласования, коррекции амплитудно-частотной характеристики, а также ввода и блокировки питания. В обоих каскадах применено классическое для МШУ решение – последовательная обратная связь в виде высокоомного отрезка линии передачи в истоке транзистора.

Ввиду высокой крутизны передаточной характеристики транзистора процесса OMMIC D0071H и гарантии обеспечения работоспособности усилителя в условиях технологического разброса

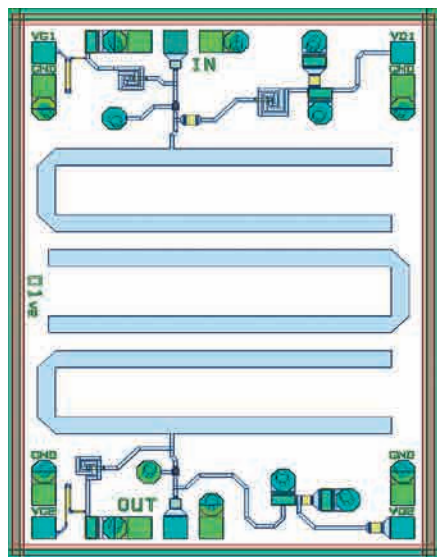


Рис. 1. Топология кристалла МИС AM501

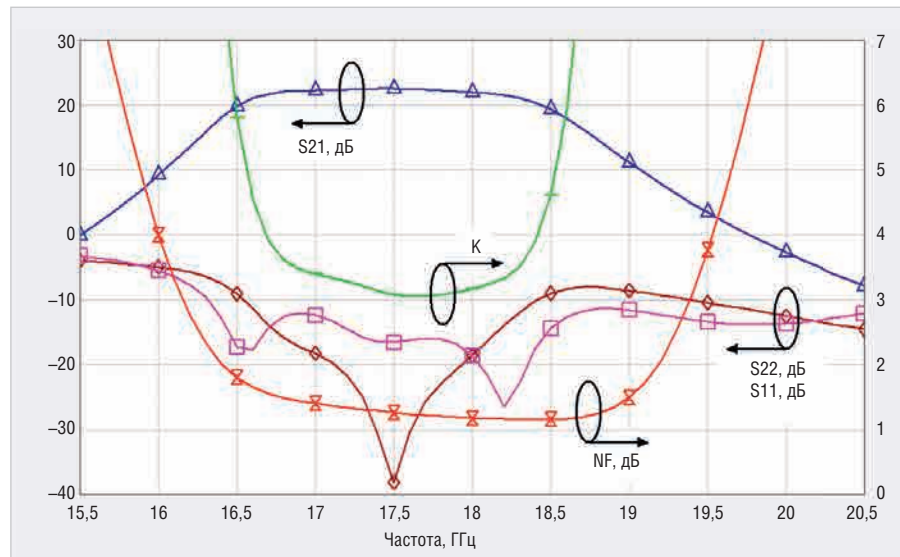


Рис. 2. Частотные характеристики МИС AM501

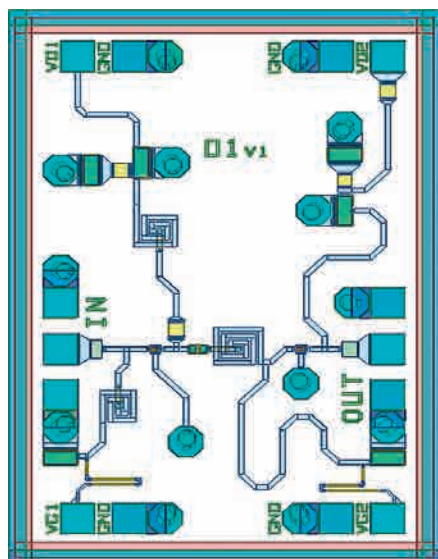


Рис. 3. Топология кристалла МИС AM502

параметров базовых элементов для организации требуемого режима работы по постоянному току в каждом каскаде не использовалась схема автосмещения, а была организована подача внешнего отрицательного напряжения смещения через высокоомный резистор.

Для формирования определённой на системном уровне частотной маски между каскадами усиления сигнала включён ППФ 3-го порядка на основе резонаторов типа «шпилька». Выбор данного типа резонаторов в составе фильтра позволяет обеспечить меньшие габариты кристалла МШУ в сравнении с реализацией ППФ на основе полуволновых резонаторов с боковой или торцевой связью. Использование четвертьволновых резонаторов не рассматривалось для исключения влияния переходных отверстий на АЧХ фильтра.

Расчётные частотные зависимости коэффициента усиления, коэффициента шума, модулей коэффициентов отражения от входа и выхода, а также инвариантного коэффициента устойчивости для МИС AM501 приведены на рисунке 2.

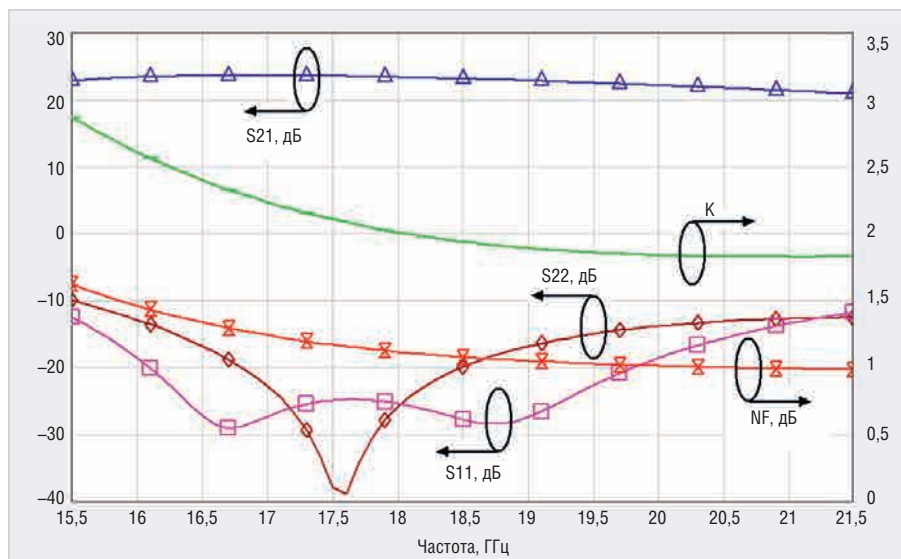


Рис. 4. Частотные характеристики МИС AM502

Для реализации МИС МШУ широкого применения (проект AM502) использованы те же основные принципы и схемотехнические решения, что и для проекта AM501, за исключением того, что объединение каскадов проведено посредством согласующей цепи, на которую частотно-селективные функции не возлагаются.

Топология кристалла МИС AM502 представлена на рисунке 3. Габаритные размеры кристалла составляют 1,25×1,8×0,1 мм.

Расчётные частотные зависимости коэффициента усиления, коэффициента шума, модулей коэффициентов отражения от входа и выхода, а также инвариантного коэффициента устойчивости для МИС AM502 приведены на рисунке 4.

Основные параметры обеих МИС МШУ приведены в таблице.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проектирование МИС малошумящих усилителей выполнено в системе автоматизированного проектирования NI AWR Design Environment. Качество библиотек модельных элементов процессов фабрики OMMIC, проверенные в

Основные параметры МИС МШУ

Наименование параметра	AM501	AM502
Диапазон рабочих частот, ГГц	17...18	16...21
Коэффициент усиления, дБ	>22	>21
Коэффициент шума, дБ	<1,5	<1,5
Выходная мощность P1dB, дБм	>4	>4
Коэффициент отражения от входа, дБ	<-12	<-10
Коэффициент отражения от выхода, дБ	<-17	<-10
Напряжение питания, В	1,6	1,6
Ток потребления, мА	23	23

процессе предыдущих проектов подходы к проектированию, а также стабильность выбранного технологического процесса позволяют рассчитывать на удовлетворительный результат после первой итерации изготовления МИС.

ЛИТЕРАТУРА

1. www.ommic.com
2. www.ums-gaas.com
3. *Текшеев В.Б.* Минимизация изменения коэффициента шума усилителя сканирующей приёмной активной фазированной антенной решётки. Электронная техника. Сер. СВЧ-техника. 1994. Вып. 2(462). С. 19–22.



НОВОСТИ МИРА