

**Ф.Е. Щербаков, Ю.М.Богданов, К.В.Дудинов, В.Е.Земляков,
В.А. Красник, В.Г.Лапин, К.И.Петров.**
ФГУП "Научно-производственное предприятие "Исток"

Многофункциональная МИС с малым энергопотреблением на основе 2-х уровневых рНЕМТ для перспективных модулей АФАР

В ФГУП «НПП «Исток» впервые в РФ успешно разработана сложная многофункциональная МИС на основе FET с двумя уровнями порогового напряжения, содержащая полный набор управляющих и коммутирующих схем и 4 усилительных каскада. Недостаток решений на основе FET - относительно высокое энергопотребление. Решением проблемы является замена FET на рНЕМТ. С этой целью разработан проект многофункциональной МИС («Core-chip» - кристалл – ядро по зарубежной классификации) на основе двух типов рНЕМТ – нормально открытых и нормально закрытых.

Ключевые слова: АФАР, многофункциональные МИС, core-chip

1. Введение.

В настоящее время в модулях АФАР успешно применяются однофункциональные МИС разработанные в ФГУП «НПП «Исток» - фазовращатели, аттенуаторы, переключатели, усилители. Всего в составе одного модуля АФАР содержится более 20 МИС. Применение такого количества кристаллов сопряжено с преодолением серьезного недостатка – количество межсоединений составляет несколько сотен. Как следствие страдает надежность, повышается трудоемкость и стоимость модуля АФАР. Еще один серьезный недостаток – большие габаритные размеры модуля. Невозможно на однофункциональных кристаллах создать так называемый «плоский» модуль, поперечные размеры которого не превышают половину рабочей длины волны.

За рубежом для решения перечисленных проблем рядом фирм разработаны Core-chip - многофункциональные кристаллы, объединяющие в своем составе все функциональные узлы модуля АФАР, за исключением входного малошумящего и выходного мощного усилителей. Причем одни и те же элементы схемы работают на прием и на передачу. В ФГУП «НПП «Исток» в сотрудничестве с МИЭТ г. Зеленоград и Санкт - Петербургским АУ – НОЦ Нанотехнологий РАН создан кристалл подобного типа (рис.1).

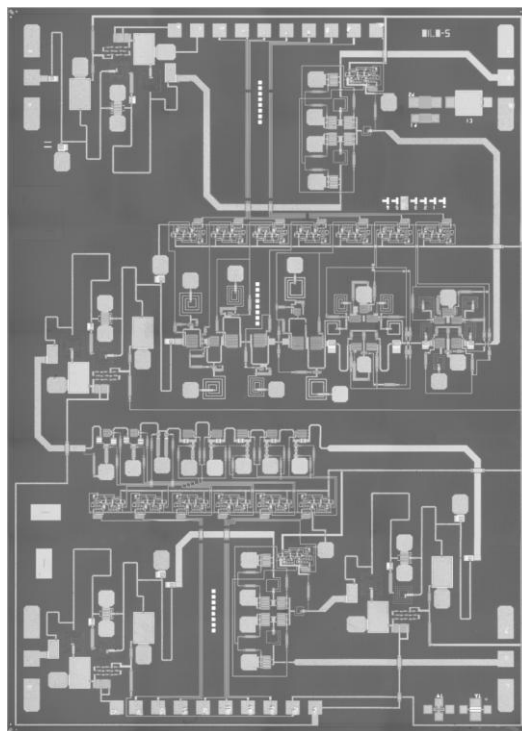


Рис. 1

Разработка проведена на базе уже разработанных однофункциональных МИС, основанных на технологии FET.

Разработанный кристалл не уступает набору из отдельных МИС по точности управления амплитудой и фазой, но проигрывает по величине потребляемого тока. Дело в том, что МИС буферные однокаскадные усилители, изготовленные по технологии FET, уступают по эффективности усилительным каскадам на рНЕМТ, а управляющие схемы имеют более высокие потери.

Очевидно, что следующим шагом должна быть разработка Core-chip по технологии рНЕМТ.

Проблемам решения этой задачи посвящен представленный доклад.

2. Основная часть.

Разработка Core-chip проводится за счет собственных средств ФГУП «НПП «Исток». Технологическая база разработки – технология НО и НЗ рНЕМТ на гетероструктурах GaAs. Длина затвора транзисторов 0,2 мкм.

В состав Core-chip входят:

- фазовращатель 8 бит;
- аттенюатор 10 бит;
- 4 усилителя мощности;
- 2 переключателя;
- 20 драйверов.

Комплекс параметров кристалла по их количеству и требованиям практически соответствует требованиям, предъявляемым к модулям АФАР, за исключением коэффициента шума, общего коэффициента передачи и выходной мощности.

Разработку сложного многофункционального кристалла можно разделить на две части – 1) разработка входящих функциональных узлов и 2) интеграция их в единую схему и топологию.

Следует отметить, что вторая задача не менее сложна и процесс разработки имеет итеративный характер.

Основное требование к входящим устройствам – уровень согласования входа и выхода на уровне обратных потерь 20 дБ и более. Вторая проблема – паразитные электромагнитные связи между токоведущими элементами разных устройств. Поэтому важнейший элемент проектирования – расчет полной топологии Core-chip. Ситуация усложняется тем, что число амплитудно-фазовых состояний кристалла составляет более 500 000. Машинное время на одну итерацию составляет несколько часов и может достигать до нескольких суток. Невозможность оптимизации топологии в режиме реального времени препятствует созданию предельно плотной компоновки. Еще одно следствие из этой проблемы – большая трудоемкость и длительность этапа проектирования.

Усилительные каскады кристалла термокомпенсированы за счет оригинальной схемы подачи смещения на затвор и сток рНЕМТ. Термокомпенсация позволила на 2 дБ уменьшить температурный разброс K_u в режиме приема и обеспечить требуемый уровень выходной мощности при минимальном токе потребления в режиме передачи.

2.1. Основные результаты.

В настоящее время разработан проект и находятся в стадии изготовления Core-chip на основе НО и НЗ рНЕМТ с параметрами:

- диапазон рабочих частот	8...12 ГГц;
- коэффициент усиления	10...14 дБ;
- неравномерность K_u	не более 2 дБ;
- Кш в режиме приемного канала	не более 5 дБ;
- P1дБ в режиме передающего канала	не менее 15 дБм;
- среднеквадратичная ошибка фазовращателя	не более 4 гр.;
- среднеквадратичная ошибка аттенуатора	не более 0,3 дБ;
- размеры	4,5x4,5x0,1 мм;
- питание	± 5 В;
- потребляемая мощность	не более 0,7 Вт.

3. Заключение

Наряду с законченной разработкой первой отечественной многофункциональной МИС на GaAs на основе FET в ФГУП «НПП «Исток» разработан проект Core-chip на основе рНЕМТ.

Изделие отличается низким энергопотреблением и прецизионным уровнем параметров.

После изготовления таких кристаллов (срок изготовления июнь 2012 г.) можно будет говорить о том, что в распоряжении разработчиков модулей АФАР есть элементная база, которая переводит эти важнейшие изделия на качественно новый уровень.

По совокупности электрических и эксплуатационных параметров разрабатываемые Core-chip находятся на уровне лучших зарубежных аналогов.