

GaAs МИС ДИСКРЕТНЫХ ФАЗОВРАЩАТЕЛЕЙ X-ДИАПАЗОНА ЧАСТОТ

С.Н. Аржанов, А.А.Баров, В.Я.Гюнтер.

НПФ Микран, г.Томск, тел.(3822)413-403, a_barov@micran.ru

Приводится обоснование принятых схемных решений и описание разработки GaAs монолитно-интегральных схем (МИС) управляемых дискретных фазовращателей X-диапазона частот для приемо-передающих модулей (ППМ) бортовой РЛС с АФАР.

Введение

Для систем РЛС с активными антенными решетками традиционным становится применение дискретных фазовращателей (ДФВ) в структуре ППМ. Плотность упаковки в апертуре антенны, массовость однотипных блоков, высокие требования к надежности и времени наработки на отказ обуславливают выполнение указанных функциональных узлов в виде МИС. ДФВ представляют собой каскадное соединение элементарных ячеек ДФВ на величины приращения фаз согласно выражению $360/2^n$, где $n=[1...N]$, N – разрядность (дискрет) фазовращателя, и относятся к так называемым коммутационным схемам СВЧ. Каскадное соединение элементарных ДФВ влечет за собой увеличение степени интеграции МИС и увеличение начальных потерь функционального узла по сравнению с аналоговыми фазовращателями [1], однако эксплуатационные требования к работе в составе ППМ, такие как стабильность параметров в диапазоне температур, повышенные требования к рабочему динамическому диапазону, отсутствие периферийных управляющих устройств (ЦАП и пр.) делают реализацию функционального узла фазовращателя по схеме ДФВ предпочтительной.

Основная часть

Полная классификация возможных вариантов построения ДФВ в СВЧ диапазоне приводится в [1]. Основные технические требования к функциональному узлу фазовращателя в составе ППМ заключаются в следующем: полоса рабочих частот не менее 20%; работа с уровнями мощности до 100мВт; цифровое управление состоянием фазовращателя; минимизация потребляемой мощности по цепям управления. При проектировании ДФВ осуществлялся комплексный подход в выборе и обосновании схемных, конструктивных решений основанных на имеющихся технологических возможностях. Одним из простых способов построения функционального узла с высокой интеграцией, к которым относятся коммутационные схемы, является изготовление его в виде МИС с применением полевого транзистора (ПТШ) в качестве электрически управляемого коммутационного элемента. Требования к электрическим параметрам ПТШ и уровню сигнала управления определяются максимальной коммутируемой мощностью [2] и для указанных мощностей довольно просто

выполнимы. В качестве коммутационного ПТШ используется нормально открытые транзисторы. Проблема реализации цифрового управления (проблема драйвера уровней управления) решена путем смещения общего потенциала схемы на величину положительного уровня логической единицы внешнего сигнала управления [3].

Схемотехнические варианты построения ДФВ в указанной полосе частот определены тремя основными типами [1]: на основе коммутируемых фильтров; отражательные, с использованием гибридных мостов; отражательные, на основе шлейфов. Учитывая имеющийся технологический уровень изготовления считаем обосновано, на данном этапе, решение построение ДФВ в виде двух независимых МИС с единым, конструктивно технологическим подходом на основании отражательных схем. МИС условно разделены на трехразрядную «больших» фаз $180^\circ/90^\circ/45^\circ$ и трехразрядную «малых» фаз $5.6^\circ/11.25^\circ/22.5^\circ$ (см.рис.1).

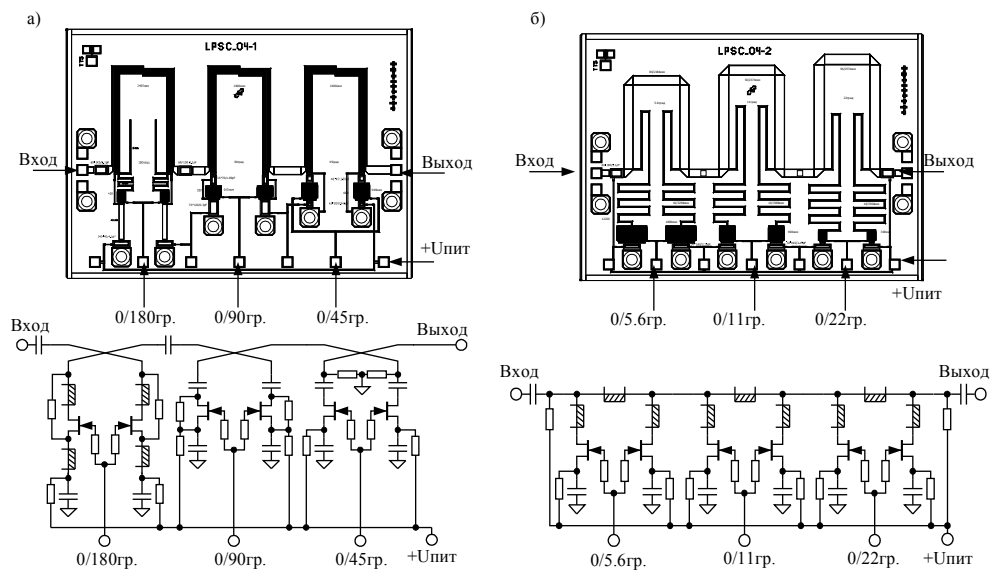


Рисунок 1 - Топология и схема электрическая принципиальная МИС ДФВ «больших» (а) и «малых» (б) фаз.

«Большие» фазы реализованы по отражательной схеме на основе квадратурных мостов Ланге. Схемы, фотографии топологии и экспериментальные характеристики разработанных МИС приводятся в докладе. Следует отметить несколько большие начальные потери МИС ДФВ на основе квадратурных мостов, что обусловлено полосой рабочих частот и жестким требованием к фазо-амплитудной конверсии при коммутации разрядов. Принятое схемотехническое решение позволяет использовать всего одну линию управления на разряд. «Малые» фазы реализованы по отражательной схеме на основе четверть волновых шлейфов. Такое решение дает выигрыш по начальным потерям в указанной полосе рабочих частот. Кристаллы имеют одинаковые контактные площадки и размеры $3.2 \times 2.3 \times 0.1$ мм.

Заключение

Практическим результатом проведенной работы явилось создание комплекта фазовращателей X-диапазона частот, которые были применены в опытной партии ППМ при комплектовании полотна бортовой РЛС с АФАР. Полученные опытные данные при серийном производстве МИС позволяет скорректировать требования к технологическому процессу при переходе на промышленный выпуск.

Представленная работа проведена в рамках совместной деятельности НПФ "Микран" и ОАО "НИИПП".

Литература

1. Вендик О.Г., Парнес М.Д. Антенны с электрическим сканированием (Введение в теорию)/ под ред. чл.-корр. РАН Л.Д.Бахраха. -М.: САЙНС-ПРЕСС, 2002, с.232, с ил.
2. Y.Ayasli, R.Mozzi, L.Hanes and L.D.Reynolds. An X-band 10W Monolithic Transmit-Receive GaAs FET Switch. IEEE GaAs Integrated Circuit Symposium, Oct.27, 1981, San Diego, California.
3. Аржанов С.Н., Баров А.А., Гусев А.Н., Гюнтер В.Я. Комплект управляющих СВЧ GaAs МИС для систем АФАР. В кн.: 17-я Международная Крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо'2007). Материалы конференции. [Севастополь, 10-16 сентября 2007 г.]. — Севастополь: Вебер, 2007.