

A SET OF GaAs MMIC DIGITAL PHASE SHIFTERS WITH AN INTEGRATED CONTROL DRIVER

Barov A. A., Kondratenko A. V., Khokhol D. S.
MICRAN, Research & Production Company
47, Vershinin Str., Tomsk, 634034, Russian Federation
Ph.: +7(3822) 413403, e-mail: alkon@micran.ru

Abstract — This report presents results of design and manufacturing of GaAs MMIC digital phase shifters with an integrated control driver based on «0.25 μm Power pHEMT» and «0.5 μm Switch pHEMT» processes of CJSC «Research and Production Company «MICRAN».

СЕРИЯ GaAs МИС ДИСКРЕТНЫХ ФАЗОВРАЩАТЕЛЕЙ С ИНТЕГРИРОВАННЫМ ДРАЙВЕРОМ УПРАВЛЕНИЯ

Баров А. А., Кондратенко А. В., Хохол Д. С.
Научно-производственная фирма «Микран»
ул. Вершинина, д. 47, Томск, 634045, Россия
Тел.: +7(3822) 413403, e-mail: alkon@micran.ru

Аннотация — В докладе представлены результаты разработки и производства монолитных интегральных схем дискретных фазовращателей с интегрированным драйвером управления, выполненных на основе технологических процессов «0.25 μm Power pHEMT» и «0.5 μm Switch pHEMT» ЗАО «Научно-производственная фирма «Микран».

I. Введение

Одним из приоритетных направлений деятельности ЗАО «НПФ «Микран» является разработка и производство GaAs монолитных интегральных схем (МИС) диапазона СВЧ. В данном докладе представлены результаты разработки и изготовления серии GaAs МИС дискретных фазовращателей с интегрированным драйвером управления, выполненных на основе собственных технологических процессов и предназначенных для применения в составе приемопередающих модулей АФАР, производимых предприятием. Показана возможность перехода от электронно-лучевой литографии к контактной ультрафиолетовой фотолитографии при мелкосерийном производстве МИС многоразрядных фазовращателей с интегрированным драйвером управления.

II. Проектирование и изготовление МИС

На протяжении нескольких лет ЗАО «НПФ «Микран» выпускает МИС 2- и 3-разрядных фазовращателей L-, S- и X-диапазона частот [1]. Схемотехническая и конструктивная оптимизация аппаратуры применения привела к необходимости интеграции секций «младших» и «старших» разрядов на один кристалл, а также включение в его состав драйвера управления. В результате были разработаны МИС 6-разрядных фазовращателей L-диапазона (MP305D), S-диапазона (MP308D) и X-диапазона (MP332D).

В качестве коммутационных элементов в схемах фазовращателей выступают нормально открытые полевые транзисторы с затвором Шоттки (ПТШ), работающие в режиме управляемого сопротивления канала. Все три МИС содержат в своем составе шесть секций с номинальным вносимым фазовым сдвигом $5,6^\circ$, $11,2^\circ$, $22,5^\circ$, 45° , 90° и 180° .

МИС MP305D выполнена на основе технологического процесса «0.25 μm Power pHEMT», в котором затворы активных элементов имеют Т-образную форму с длиной у основания 0,25 мкм и выполнены методом электронно-лучевой литографии на установке Raith 150^{two}. Топология кристалла МИС пред-

ставлена на рис. 1, габаритные размеры составляют $3,0 \times 3,5 \times 0,1$ мм [2].

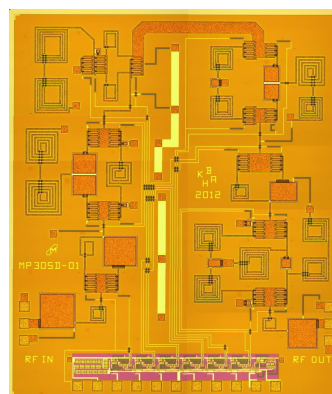


Рис. 1. Топология кристалла МИС MP305D.

Fig. 1. MMIC MP305D topology

Анализ выхода годных на экспериментальных пластинах, а также чувствительности ключевых параметров фазосдвигающих секций и интегрированного драйвера управления к технологическому разбросу позволили сделать вывод о целесообразности перехода от электронно-лучевой литографии к контактной ультрафиолетовой фотолитографии, что позволило существенно сократить время производственного цикла. Таким образом, для создания следующих МИС использовался процесс «0.5 μm Switch pHEMT», в которых затворы транзисторов имеют форму столбика с длиной у основания 0,5 мкм.

В МИС MP308D секция « 90° » выполнена на основе коммутируемых звеньев ФВЧ и ФНЧ третьего порядка. Основным достоинством данного схемного решения является малая неравномерность вносимого фазового сдвига в рабочей полосе частот, а также низкая чувствительность ключевых параметров (вносимого фазового сдвига и паразитной амплитудной конверсии) к технологическим вариациям параметров коммутационных элементов. Основной недоста-

ток данного схемного решения – высокие начальные потери, обусловленные наличием коммутаторов на входе/выходе секции, в сравнении с другими реализациями. Секция «180°» также выполнена на основе коммутируемых фильтров, однако порядок ФВЧ повышен до пятого для уменьшения неравномерности вносимого фазового сдвига, а также минимизации паразитной амплитудной конверсии на границах рабочего диапазона частот. В секциях «5,6°» и «11,2°» коммутация производится между «вырожденными» ФВЧ и ФНЧ – конденсатором и катушкой индуктивности соответственно. Благодаря такому схемному решению удалось снизить вносимые потери в данных секциях. В секциях «22,5°» и «45°» коммутационные элементы являются составными частями фазосдвигающих цепей. Данное решение является компромиссным по таким показателям как чувствительность ключевых электрических параметров к технологическому разбросу параметров активных элементов, уровень начальных потерь и габаритные размеры секции. Эквивалентные схемы секций и топология кристалла МИС MP308D представлены на рис. 2 и рис. 3 соответственно. Габаритные размеры составляют $2,5 \times 2,5 \times 0,1$ мм.

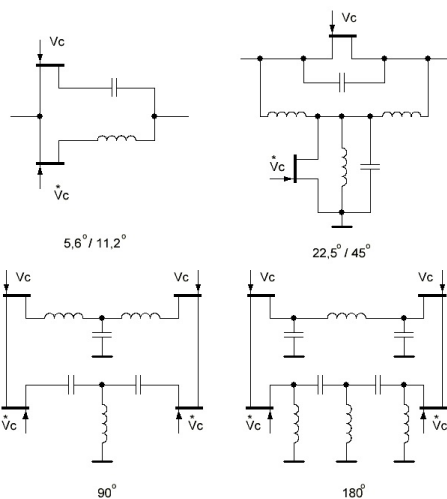


Рис. 2. Эквивалентные схемы секций MP308D.

Fig. 2. Schematics of MP308D sections

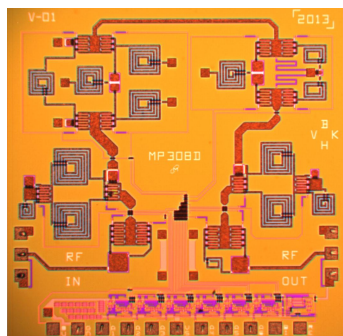


Рис. 3. Топология кристалла МИС MP308D.

Fig. 3. MMIC MP308D topology

МИС MP332D имеет аналогичную схемотехническую реализацию фазосдвигающих секций с учетом особенностей рабочего диапазона частот. Топология кристалла МИС представлена на рис. 4, габаритные размеры составляют $2,75 \times 2,00 \times 0,10$ мм.

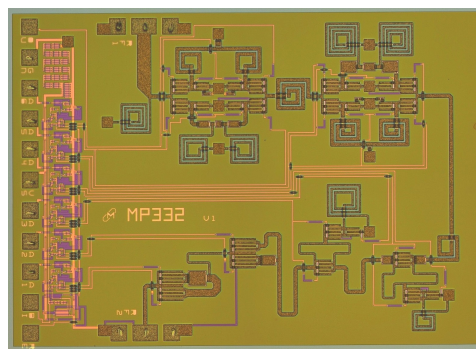


Рис. 4. Топология кристалла МИС MP332D.

Fig. 4. MMIC MP332D topology

Для возможности управления фазовыми состояниями посредством уровней ТТЛ в кристаллы всех трех МИС включены драйверы, построенные на основе дифференциального каскада и требующие одно напряжение питания минус 7,5 В. Ток потребления драйвера менее 10 мА. Управление осуществляется параллельным кодом.

III. Экспериментальные характеристики

Экспериментальные значения основных электрических параметров МИС фазовращателей после первой итерации разработки представлены в табл. 1.

Таблица 1.
Table 1

	Наименование параметра	Значение
MP305D	Диапазон рабочих частот, ГГц	1,2–1,4
	Вносимый фазовый сдвиг (разряд. 6-бит)	355°
	Абсолютная ошибка фазового сдвига	1,5°
	Вносимые потери (опорн. состояние), дБ	<6,0
	Паразитная амплитудная конверсия, дБ	±0,8
MP308D	Диапазон рабочих частот, ГГц	3,4–4,0
	Вносимый фазовый сдвиг (разряд. 6-бит)	355°
	Абсолютная ошибка фазового сдвига	4,0°
	Вносимые потери (опорн. состояние), дБ	<4,5
MP332D	Диапазон рабочих частот, ГГц	8,5–10,5
	Вносимый фазовый сдвиг (разряд. 6-бит)	355°
	Абсолютная ошибка фазового сдвига	6,0°
	Вносимые потери (опорн. состояние), дБ	<9,0
	Паразитная амплитудная конверсия, дБ	±1,0

IV. Заключение

В результате проделанной работы были созданы МИС 6-разрядных фазовращателей L-, S- и X-диапазона частот с интегрированным драйвером управления. Не смотря на достаточно высокую степень интеграции, потребовалась всего одна итерация для получения удовлетворительного результата.

V. References

- [1] Доценко В.В. Разработка и изготовление СВЧ монолитных интегральных схем на основе GaAs / В.В. Доценко, С.В. Ишуткин, Д.С. Хохол и др. // Обмен опытом в области создания сверхширокополосных радиоэлектронных систем: материалы IV общероссийской научно-технической конференции 10-13 октября 2012 г. – Омск: Полиграфический центр КАН, 2012. – с. 54–64.
- [2] Баров А.А. GaAs МИС дискретного фазовращателя L-диапазона частот / А.А. Баров, А.В. Кондратенко, Д.С. Хохол // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2012. – №2, часть 2. – с. 32–35.