

МОНОЛИТНЫЙ СВЧ-ОТКЛЮЧАТЕЛЬ Ka-ДИАПАЗОНА С МАЛЫМИ ПОТЕРЯМИ НА АРСЕНИДЕ ГАЛЛИЯ

Толстолицкий С. И., Ли А. И., Безус С. В.
ФГУП «РНИИРС»
ул. Нансена, 130, Ростов-на-Дону, Россия
тел.: 863-2340133

Аннотация — Проведен анализ путей снижения вносимых потерь твердотельного СВЧ-отключателя Ka-диапазона. Представлены результаты разработки монолитной интегральной схемы СВЧ-отключателя на арсениде галлия с размерами $2,0 \times 1,0$ мм². Кристалл обеспечивает значение вносимых потерь на уровне 1 дБ в широкой полосе частот от 26,5 до 40 ГГц.

I. Введение

Одной из основных проблем при создании монолитных интегральных схем (МИС) устройств управления амплитудой сигнала на структурах арсенида галлия в миллиметровом диапазоне является необходимость обеспечения малых вносимых потерь в режиме пропускания сигнала и высокой изоляции в выключенном состоянии.

Целью работы является поиск конструктивных и технологических путей повышения уровня интеграции и снижения вносимых потерь коммутационных устройств миллиметрового диапазона длин волн, а также разработка и изготовление монолитного СВЧ-отключателя на арсениде галлия для диапазона частот $26,5 \div 40$ ГГц и экспериментальное исследование его характеристик.

II. Проектирование и изготовление

Принципиальная электрическая схема СВЧ-отключателя, приведенная на рисунке 1, является новым вариантом устройства, описанного в работе [1]. С целью повышения уровня интеграции и исключения монтажа навесных дискретных компонентов разделительные конденсаторы по входу и выходу ёмкостью 1,3 пФ введены в состав кристалла. В состав кристалла введен также резистор, обеспечивающий выравнивание потенциала на истоках и стоках транзисторов по цепи управления. Устройство представляет собой набор последовательно включенных коммутационных ячеек с гальванической развязкой по входу и выходу. Каждая ячейка состоит из двух шунтирующих полевых транзисторов Шоттки и отрезков согласующих микрополосковых линий. Управление амплитудой сигнала осуществляется путем подачи напряжения на контактную площадку «Упр». Для обеспечения согласования устройства как в состоянии «включено», так и в состоянии «выключено» оптимизировались топологические параметры транзисторов, конденсаторов и микрополосковых линий.

Расчеты проводились с учетом оптимизации вносимых потерь и изоляции [2-4]. Для снижения вносимых потерь и улучшения равномерности характеристик использованы ячейки с изменяющейся шириной затвора транзистора. Ширина затвора изменяется от 20 мкм в периферийных ячейках до 70 мкм в центральной области. Периферийные и внутренние ячейки отличаются также длиной и шириной согласующих микрополосковых линий.

Устройство реализовано в виде МИС на одном кристалле по технологии, аналогичной [5,6]. Для изготовления выбрана эпитаксиальная структура арсе-

нида галлия с концентрацией носителей в п-слое 3×10^{17} см⁻³. Длина затвора транзисторов – 0,8 мкм. Для снижения индуктивности заземляющих выводов сформированы сквозные металлизированные отверстия. Для увеличения пробивного напряжения емкостей по постоянному току в качестве диэлектрика использован нитрид кремния. Размер кристалла — $2,0 \times 1,0 \times 0,1$ мм³.

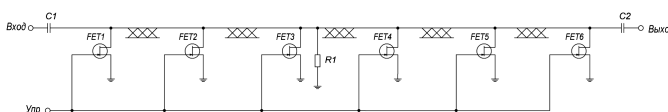


Рис. 1. Электрическая схема СВЧ-отключателя.

Fig. 1. Electrical scheme switch of Single-Pole Single-Throw (SPST)

III. Результаты измерений

Измерение S-параметров на пластине производилось с помощью векторного анализатора цепей в диапазоне частот $26,5 \div 40$ ГГц. Результаты измерений S-параметров представлены на рисунках 2 – 4. На рисунке 2 изображены частотные характеристики СВЧ-отключателя по коэффициенту передачи и изоляции.

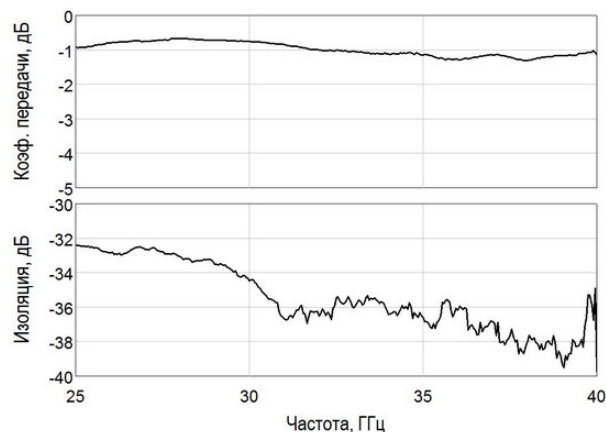


Рис. 2. Измеренные характеристики вносимых потерь МИС отключателя в состоянии «включено» и изоляции в состоянии «выключено».

Fig. 2. Measured Insertion Loss in “ON” state and isolation in “OFF” state of SPST MMIC

Минимальные вносимые потери составляют (0,8...1,3) дБ в исследуемом диапазоне частот $26,5 \div 40$ ГГц. Неравномерность коэффициента передачи в состоянии пропускания сигнала не превышает 0,5 дБ. В состоянии запираения сигнала на частотах $26,5 \div 28$ ГГц изоляция не более -33 дБ. В диапазоне частот $28 \div 40$ ГГц — не более -35 дБ.

На рисунках 3 и 4 приведены графики зависимости КСВН СВЧ-отключателя от частоты в состояниях «включено» и «выключено». Из графиков следует, что КСВН устройства для состояния «выключе-

но» не превышает 2,1 в диапазоне частот от 26,5 до 40 ГГц. КСВН СВЧ-отключателя в состоянии «включено» не более 1,6. Ток потребления отключателя – не более 1 мА.

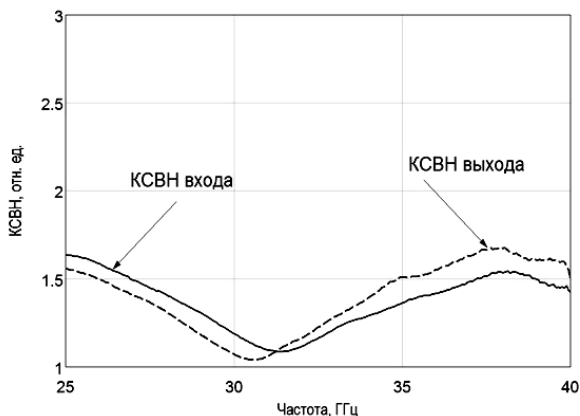


Рис. 3. Измеренные характеристики КСВН МИС отключателя в состоянии «включено».

Fig. 3. Measured VSWR of SPST MMIC in "ON" state

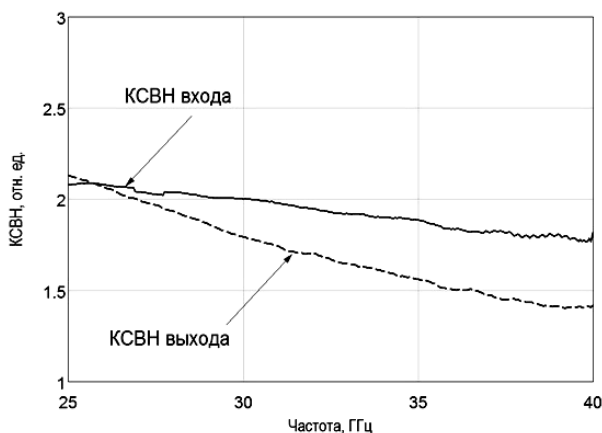


Рис. 4. Измеренные характеристики КСВН МИС отключателя в состоянии «выключено».

Fig. 4. Measured VSWR of SPST MMIC in "OFF" state

IV. Заключение

Разработана и изготовлена монолитная интегральная схема СВЧ-отключателя (SPST), обеспечивающая в Ka-диапазоне вносимые потери на уровне 0,8 – 1,3 дБ и изоляцию не хуже 33 дБ, использующая в качестве коммутационных элементов полевые транзисторы с барьером Шоттки с длиной затвора 0,8 мкм. Экспериментально исследованы характеристики СВЧ-отключателя в диапазоне частот 26,5 ÷ 40 ГГц.

V. Список литературы

- [1] Твердотельный СВЧ-отключатель с малыми потерями на арсениде галлия для диапазона 18—40 ГГц / А. И. Ли, С. И. Толстолуцкий, В. В. Казачков, А. В. Толстолуцкая // 20-я Междунар. Крымская конф. «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо'2010): материалы конф. (Севастополь, 13—17 сент. 2010 г.). Севастополь: Вебер, 2010. С. 179—180.
- [2] Modeling and performance of a sub-nanosecond high isolation DC-18 GHz monolithic SPST with driver / A. Mallet-Guy, D. Ariel, J. L. Lacombe, D. Levy, P. Marsot, T. Thibout // IEEE MTT-S Digest. 1991. P. 193—196.
- [3] Nam S., Raynes D. L., Robertson I. D. A programmable high-isolation monolithic millimeter-wave SPST switch // IEEE Trans. on MTT, 2000.
- [4] Low-loss high-isolation 60-80 GHz GaAs SPST PIN switch / T. Baber, N. Kinayman, Y. Yong-Hoon, J. Brogle // IEEE MTT-S Digest. 2003. P. 1307—1310.
- [5] Robertson I. D. RFIC and MMIC design and technology // The Institution of Electrical Engineers. 2001.
- [6] Твердотельный четырехбитный СВЧ аттенуатор на арсениде галлия с малыми начальными потерями для диапазона 0 - 4 ГГц / С. И. Толстолуцкий, А. И. Ли, В. В. Казачков, М. А. Попов, А. В. Толстолуцкая // Электромагнитные волны и электронные системы. 2007. Т. 12. № 6. С. 59—62.

Ka-BAND LOW LOSS MONOLITHIC MICROWAVE GAAS SPST

Tolstolutsky S. I., Lee A. I., Bezus S. V.
Rostov Scientific Research Institute of
Radiocommunications
130, Nansen str., Rostov-on-Don, Russia

Abstract — Results of designing the GaAs SPST MMIC with dimensions of 2.0x1.0 mm² are presented. The IC provides maximum insertion loss at level 1 dB within 26.5-40 GHz frequency range.