

МОНОЛИТНАЯ ИНТЕГРАЛЬНАЯ СХЕМА ОГРАНИЧИТЕЛЯ СВЧ МОЩНОСТИ, УПРАВЛЯЕМОГО НАПРЯЖЕНИЕМ

Ющенко А. Ю., Айзенштат Г. И., Монастырев Е. А., Акимов А. В.

ОАО «НИИПП»

г. Томск, 634034, Россия

тел.: 3822-488-248, e-mail: ayzen@mail.tomsknet.ru

Аннотация — Разработана новая монолитная интегральная схема ограничителя СВЧ мощности на рpn-диодах, управляемая напряжением. Экспериментально показано, что в предложенной схеме удаётся понизить уровень просачивающейся мощности до 9 дБм.

I. Введение

Схемы ограничителей мощности на рpn-диодах используются для защиты малошумящих усилителей в приёмных трактах СВЧ-аппаратуры. Монолитные интегральные схемы таких защитных устройств на арсениде галлия имеют низкие вносимые потери в широком частотном диапазоне и характеризуются сравнительно низкой мощностью просачивания (порядка 16...18 дБм) [1]. Несмотря на превосходные характеристики защитных устройств на рpn-диодах, достигнутый уровень просачивающейся мощности не является безопасным для многих малошумящих усилителей. Если, например, для большинства малошумящих усилителей (МШУ) фирмы TriQuint безопасный уровень входной мощности составляет (20...23) дБм [1], то для МШУ других фирм (например, Mimix Broadband, RFMD) максимально допустимая входная мощность не превышает 10-12 дБм [2,3]. Целью настоящей работы явилось исследование возможности создания интегральных схем на арсенидгаллиевых рpn-диодах с более низкими уровнями просачивающейся мощности.

II. Принципиальная схема ограничителя

Известно, что минимальный уровень просачивающейся мощности в существующих схемах ограничителей напрямую зависит от напряжения «включения» диода V_{on} и жестко задан видом вольт-амперной характеристики диода (ВАХ). При использовании GaAs диодов Шоттки, где V_{on} ниже, чем в рpn-диодах, уровень просачивающейся мощности ограничителя примерно в 2 – 3 раза меньше. Низкую мощность просачивания можно также получить, используя рpn-диоды с низкими значениями V_{on} на основе InGaAs [4].

Поскольку невозможно существенно изменить ВАХ рpn-диода без изменения материалов полупроводниковой диодной структуры, в работе была сделана попытка модернизировать известную схему ограничителя [1]. Эта попытка опиралась на данные исследований характеристик созданных GaAs гетероструктурных рpn-диодов на основе структур AlGaAs/GaAs [5].

Эксперимент показал, что при подаче на рpn-диод положительного смещения величиной меньшей V_{on} , ёмкость диода меняется слабо. Так, при изменении смещения от нуля до 0,7 - 0,8 В, значение ёмкости диода возрастает всего на 15-20%. При этом величина тока, протекающего через диод не превышает 30 микроампер.

Исходя из этих результатов, была предложена схема ограничителя, показанная на рис. 1.

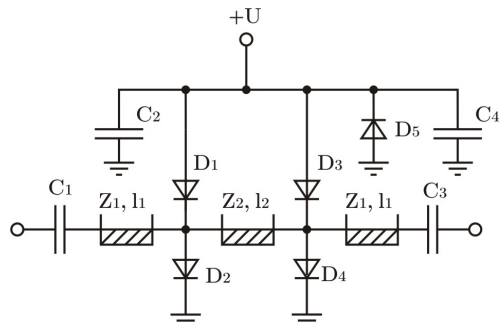


Рис. 1. Принципиальная схема ограничителя мощности, управляемого напряжением.

Fig. 1. The voltage-controlled limiter diagram

Здесь группы входных и выходных диодов, соединенные отрезком микрополосковой линии, подключены через фильтры питания к источнику постоянного напряжения, смещающего их в прямом направлении до напряжений меньших V_{on} . Наличие положительного смещения на диодах обеспечивает более низкую амплитуду СВЧ сигнала переключающего диод, а, следовательно, и более низкий уровень мощности, при котором начинается ограничение входного сигнала.

Отличительной особенностью предложенной схемы является возможность управления уровнем просачивающейся мощности и вносимых потерь.

III. Результаты эксперимента

На рис.2 представлена фотография разработанной МИС.

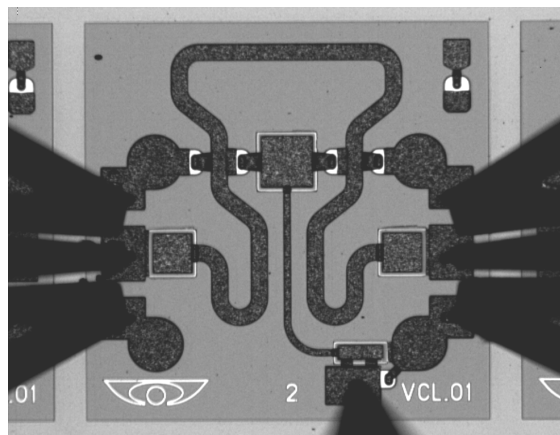


Рис. 2. Фотография кристалла защитного устройства, управляемого напряжением.

Fig. 2. MMIC limiter photo

Малосигнальные характеристики ограничителей измерялись на зондовой станции. На рис. 3 представлено семейство зависимостей вносимых и обратных потерь от частоты, измеренное при разных смещениях. Эксперимент продемонстрировал работоспособность схемы ограничителя, управляемого

напряжением в широком диапазоне частот (2-20 ГГц). Как следует из рис. 3, при увеличении смещения от нуля до 1,4 В (что соответствует 0,7 В на каждом диоде) происходит сравнительно слабое увеличение потерь (от 0,3 до 0,47 дБ на частоте 12 ГГц).

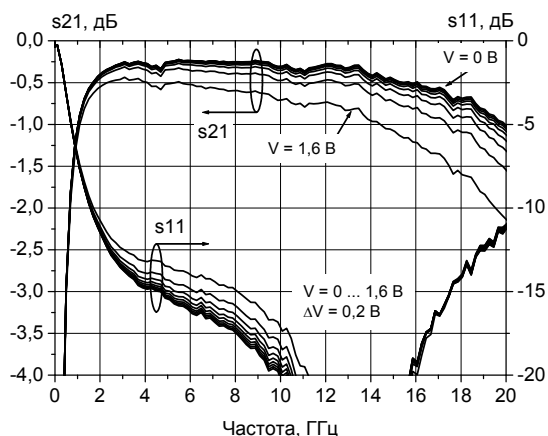


Рис. 3. Вносимые и обратные потери при разных смещениях.

Fig. 3. Insertion and return losses for different voltage biases

Измерения мощностных характеристик проводились на частоте 7 ГГц. Эксперимент показал (рис. 4), что при изменении управляющего напряжения от нуля до 1,4 В, уровень просачивающейся мощности снижается от 17 дБм до 9 дБм. Максимальная входная мощность устройства составляет не менее 37 дБм.

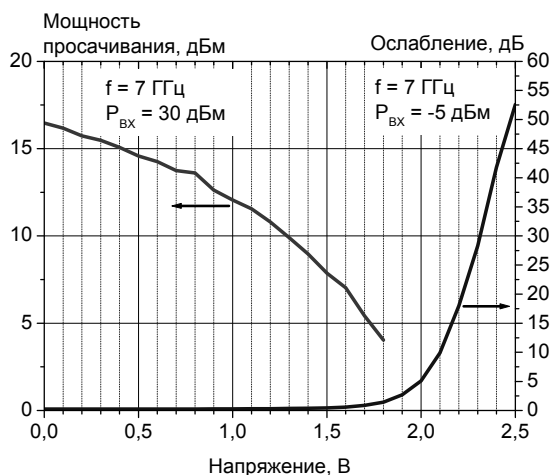


Рис. 4. Зависимости мощности просачивания и вносимых потерь от управляющего напряжения.

Fig. 4. Leakage power and insertion loss vs. bias voltage

Представленная схема может быть также использована в качестве управляемого аттенюатора или «выключателя» (рис. 4). Глубина изоляции МИС составляет не менее 40 дБ при управляющем токе 10 мА в X-диапазоне.

IV. Заключение

Впервые создана монолитная интегральная схема ограничителя СВЧ мощности на pin-диодах, в которой уровень просачивающейся мощности управляется напряжением. В созданной сверхширокополосной схеме ограничителя с низкими потерями получен минимальный уровень просачивающейся мощности равный 9 дБм.

V. Список литературы

- [1] TriQuint Semiconductor. URL: <http://www.triquint.com> (дата обращения: 27.04.2011).
- [2] Mimix Broadband. URL: www.mimixbroadband.com (дата обращения: 27.04.2011).
- [3] RF Micro Devices. URL: www.rfmd.com (дата обращения: 27.04.2011).
- [4] W-band InGaAs/InP PIN diode monolithic integrated switches / E. Alekseev et al. // GaAs IC Symposium. 1996. P. 285—288.
- [5] Гетероструктурные p-i-n-диоды / Г.И. Айзенштат и др. // 20-я Международная Крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо'2010): материалы конф. (Севастополь, 13—17 сент. 2010 г.). Севастополь: Вебер, 2010. С. 169—170.

VOLTAGE CONTROLLED LIMITER MMIC

Yushchenko A. Yu., Ayzenshtat G. I.,
Monastyrev E. A., Akimov A. V.

Research Institute of Semiconductor Devices
Tomsk, 634034, Russia

Ph.: 3822-488-248, e-mail: ayzen@mail.tomsknet.ru

Abstract — A new circuit of voltage controlled limiter based on pin-diodes has been developed. It is experimentally shown that the leakage power level can be decreased up to 9 dBm.

I. Introduction

Achieved leakage power level for limiter based pin-diodes is not suitable for many noiseless amplifiers in spite of their excellent characteristics. The aim of this paper is researching of GaAs IC's based pin-diodes and their creating with the lower leakage power level.

II, III. Main Part

A new circuit of voltage control limiter based pin-diodes has been developed. Here the groups of output and input diodes are linked by a length of microstrip line, they are cut through power filters in a constant voltage source displacing them in a direct way to voltages lower than V_{on} .

The positive voltage bias on diodes ensures the lower microwave signal amplitude which switches the diode and, therefore, gives the lower power level and leads to the input signal limitation.

The distinctive characteristic of this circuit is a voltage control feature by the leakage power level for insertion loss.

IV. Conclusion

It was shown that due to some special features of capacitor-voltage and heterostructural (or homostructural) pin-diodes characteristics, we can create a limiter circuit. The potential of this circuit was experimentally demonstrated. The minimal level of leakage power for limiter MMIC is obtained, it is 9 dBm.