

*Груша А.В., Крутов А.В., Ребров А.С.
АО «НПП «Исток» им. Шокина»*

Ограничители СВЧ мощности М44427

В докладе представлены результаты разработки и экспериментальных исследований быстродействующих ограничителей СВЧ мощности диапазонов 1-18 ГГц и 18-40 ГГц. Ограничители мощности выполнены в виде монолитных схем на арсениде галлия, где в качестве активного элемента использованы диоды Шоттки с вертикальной структурой, постоянная времени которых оценивается в единицы пикосекунд.

Ключевые слова: диод, барьер Шоттки, вертикальная структура, постоянная времени, ограничитель мощности.

Чувствительные элементы входных трактов радиоэлектронной аппаратуры нуждаются в защите от возможного воздействия высокого уровня СВЧ мощности. Для обеспечения такой защиты применяются специальные устройства, такие как ограничители мощности.

Существуют ограничители мощности, действие которых основано на различных физических принципах (газоразрядные, полупроводниковые, ферритовые, сегнетоэлектрические, вторично-электронные, тиратронные, циклотронные).

В данном докладе рассмотрены твердотельные ограничители мощности, в качестве активных элементов использованы диоды с барьером Шоттки с вертикальной структурой. Ограничители мощности выполнены в виде монолитных схем на арсениде галлия. Диод с барьером Шоттки был выбран в качестве активного элемента как наиболее быстродействующий. Эта работа является развитием работы [1].

Конструкция и технология изготовления

Конструкция и технология изготовления ограничителей мощности формировалась из условий выполнения требований технического задания, приведенных в таблице 1.

Таблица 1.

Наименование параметра, единица измерения (режим измерения)	Буквенное обозначение параметра	Норма параметра	
		не менее	не более
Литер 1			
Рабочий диапазон частот, ГГц:	Δf_p		
-нижнее значение частоты	f_H	–	1,0
-верхнее значение частоты	f_B	18,0	–
Входная мощность непрерывная, Вт	$P_{вх}$	2,0	
Максимальная просачивающаяся мощность, Вт	$P_{прос\ max}$	–	0,02
Быстродействие (время включения), пс	$t_{вкл}$	–	20*
Потери, дБ	α_p	–	1,3

Наименование параметра, единица измерения (режим измерения)	Буквенное обозначение параметра	Норма параметра	
		не менее	не более
КСВ входа/выхода	$K_{стUвх/вых}$	–	2
Литер 2			
Рабочий диапазон частот, ГГц:	Δf_p		
-нижнее значение частоты	f_n	–	18,0
-верхнее значение частоты	f_v	40,0	–
Входная мощность непрерывная, Вт	$P_{вх}$	1,0	–
Максимальная просачивающаяся мощность, Вт	$P_{прос max}$	–	0,02
Быстродействие (время включения), пс	$t_{вкл}$	–	20*
Потери, дБ	α_p	–	1,8
КСВ входа/выхода	$K_{стUвх/вых}$	–	2
* Значение параметра обеспечивается конструкцией и должно быть подтверждено расчетным методом.			

Принципиальная схема и расчет ограничителей мощности приведены в работе [2].

Ограничители мощности изготовлены на структурах типа DBS1 выращенных двумя различными поставщиками: ФГБУ Санкт-Петербургский академический университет – НОЦ нанотехнологий РАН и ИФП СО РАН (г. Новосибирск).

Послойная схема структуры приведена на рисунке 1

N
N ⁺
Гетеробуфер
Подложка

Рис. 1. Структура DBS1

Все основные технологические операции осуществляются методами оптической контактной литографии. Анод диода сформирован металлизацией Ti-Pt-Au толщиной 0,4 микрона. Омический контакт – Au-Ge-Ni-Au толщиной 0,2 микрона. Диэлектрик – SiO₂ толщиной 0,6 микрона. Верхняя металлизация – Ti-Au толщиной 2 микрона.

На рисунке 2 показан тестовый диод ограничителя мощности в разрезе.

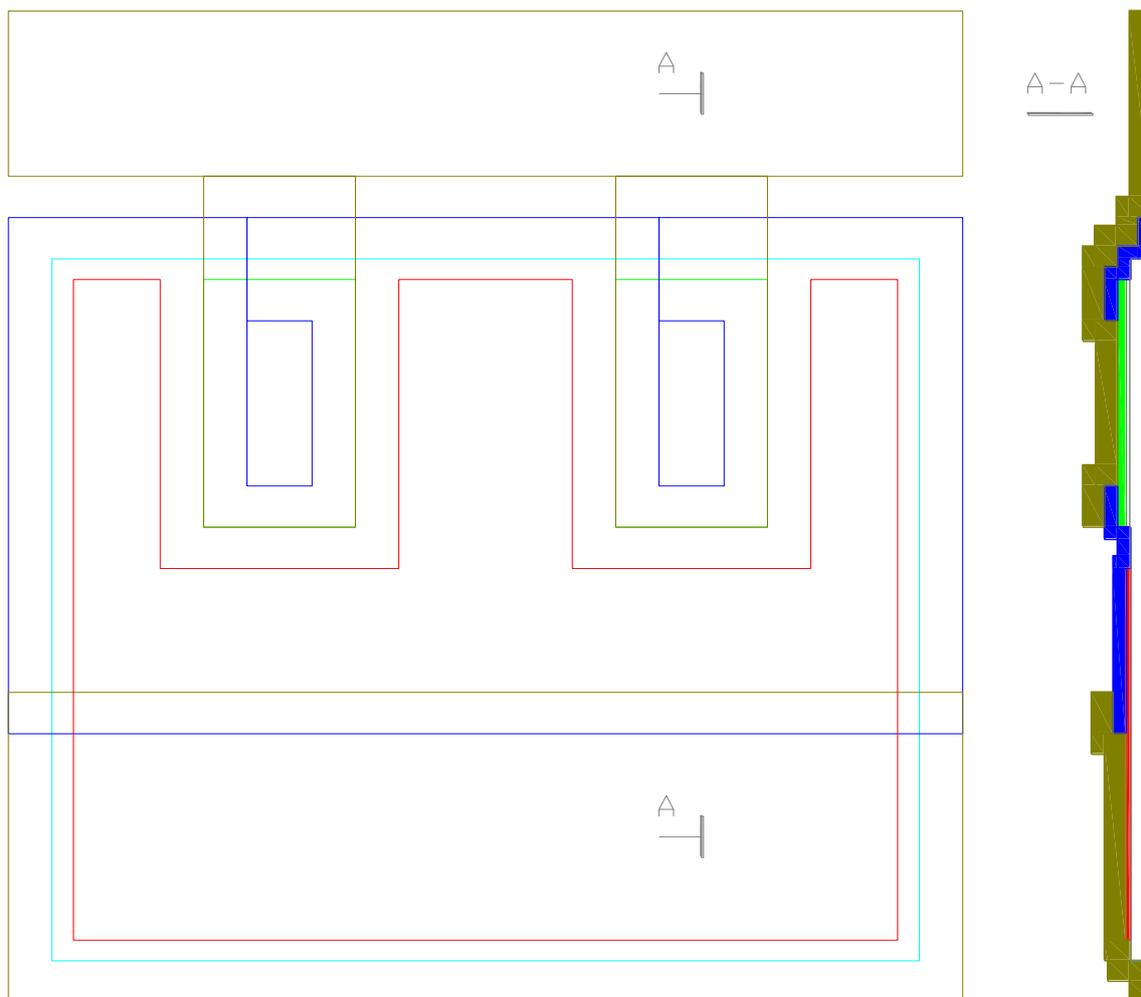
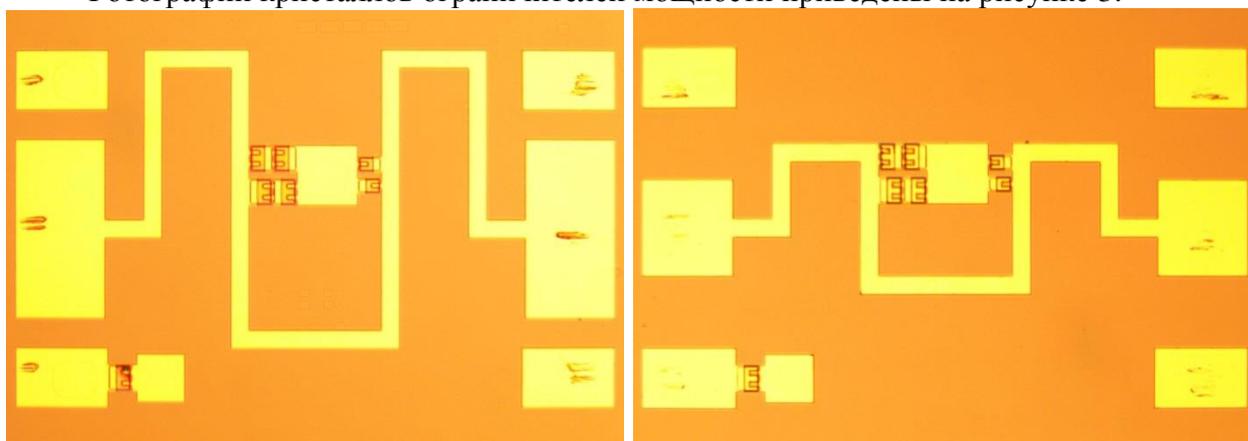


Рис. 2. Диод в разрезе

Топологическое проектирование выполнено с учетом толщины подложки 100 мкм. В качестве линий передачи используются высокоомные линии шириной 30 мкм.

Вход и выход схемы имеет контактные площадки для зондовых СВЧ измерений на кристалле.

Фотографии кристаллов ограничителей мощности приведены на рисунке 3.



1 литер

2 литер

Рис. 3. Фотографии кристаллов ограничителей мощности

Экспериментальные результаты

Амплитудно-частотные характеристики измерялись на пластине с использованием зондовой станции.

На рисунке 4 приведены измеренные амплитудно-частотные характеристики ограничителей мощности.

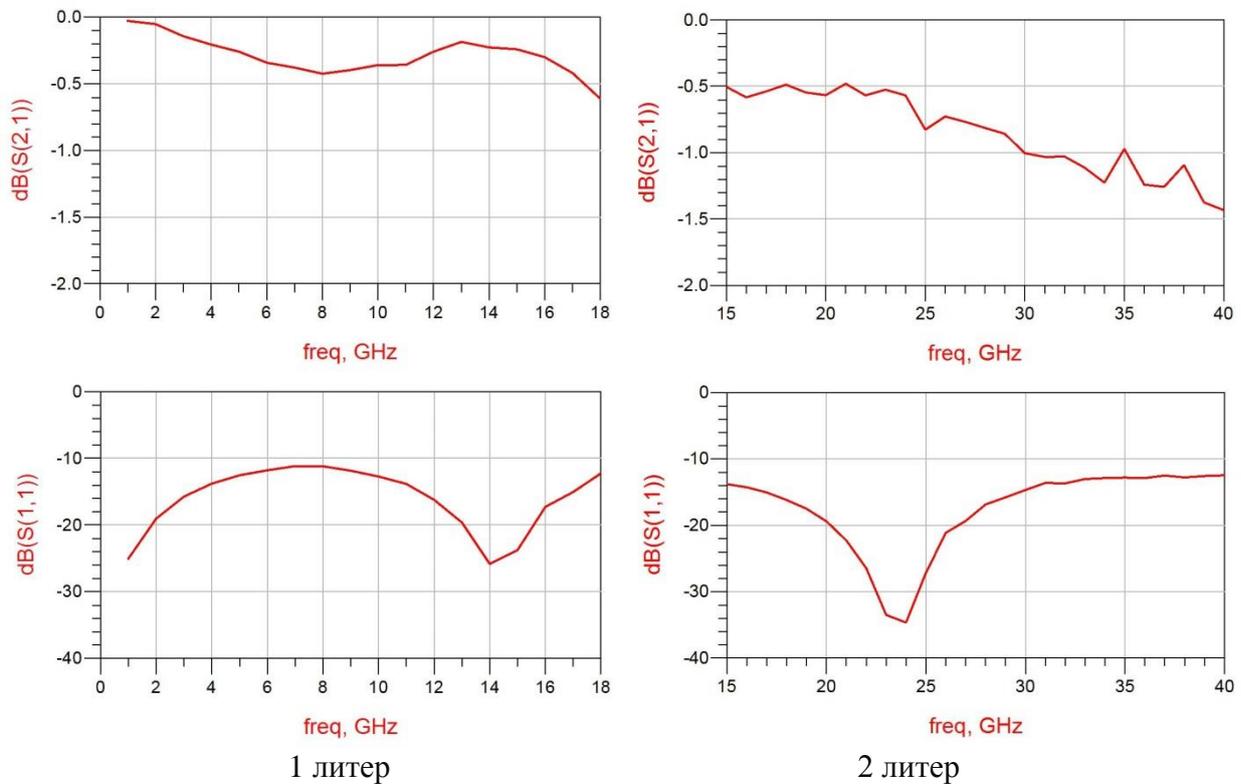


Рис. 4. АЧХ ограничителей мощности

Ограничительные характеристики и пороги сгорания были определены по методике, описанной в работе [3].

На рисунке 5 приведены ограничительные характеристики и пороги сгорания ограничителей мощности.

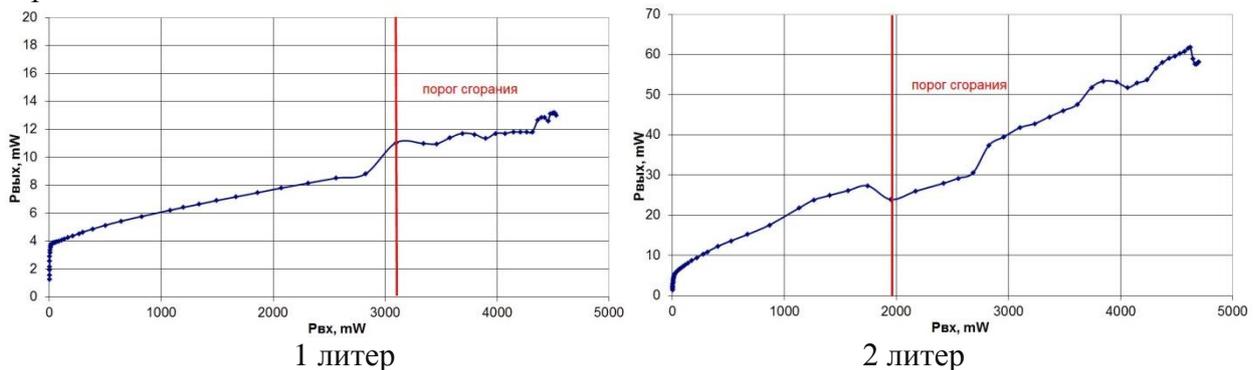


Рис. 5. Ограничительные характеристики и пороги сгорания ограничителей мощности

Были проведены измерения прохождения через ограничители мощности коротких видеоимпульсов. На рисунке 6 показаны осциллограммы входного и выходного видеоимпульса.

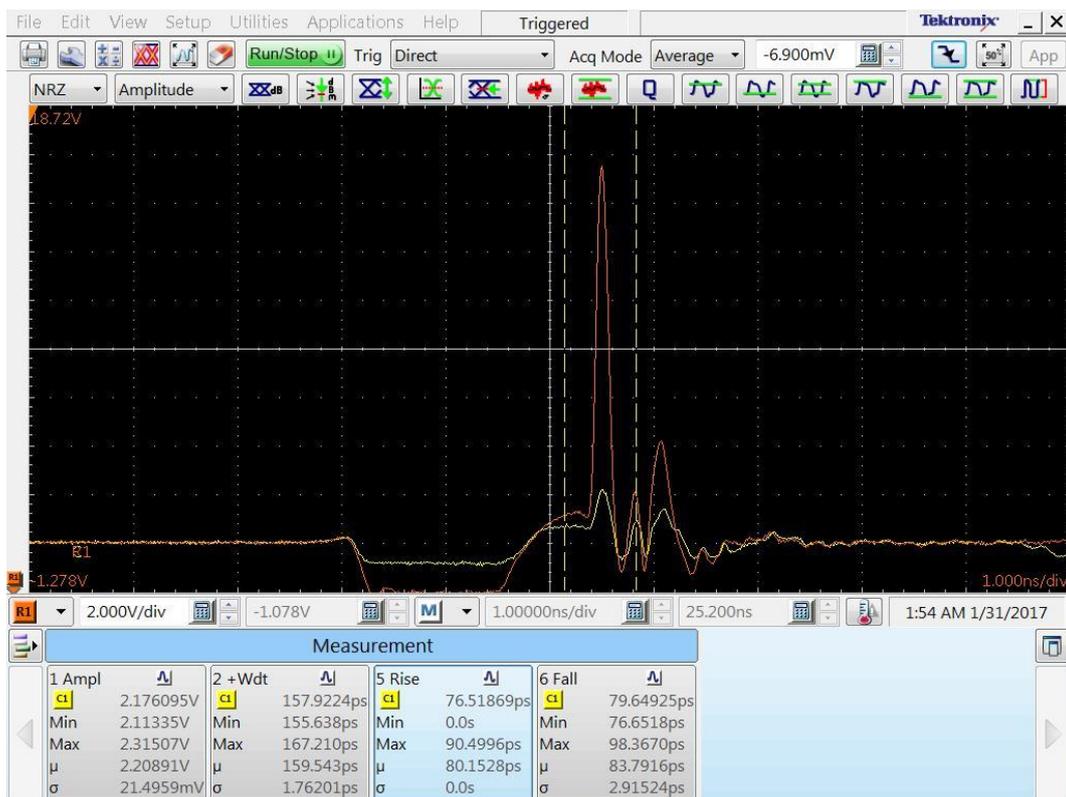


Рис. 6. Результаты импульсных измерений

Заключение

Ограничители мощности M44427 выполнены в виде монолитных схем на арсениде галлия, где в качестве активного элемента использованы диоды Шоттки с вертикальной структурой, постоянная времени которых оценивается в единицы пикосекунд.

Приведены конструкция и технология разработанных ограничителей мощности. Разработанные ограничители мощности отличаются малыми габаритами (менее 1 мм²) и имеют контактные площадки для проведения зондовых СВЧ измерений на пластине.

Показаны результаты экспериментальных исследований ограничителей мощности, включающие в себя измеренные амплитудно-частотные характеристики, ограничительные характеристики, характеристики порога сгорания ограничителей и импульсные характеристики.

Ограничители мощности имеют широкую полосу рабочих частот (до 40 ГГц) при невысоких начальных потерях (1-1,5 дБ). Допустимая входная мощность превышает 2 Вт в непрерывном режиме, при уровне просачивающейся мощности не более 20 мВт.

Благодарим коллег из АО «Светлана-Электронприбор» за помощь в проведении импульсных измерений.

Библиографический список.

1. Krutov A. V., Rebrov A. S. X-band MMIC limiter // 2005 15th Int. Crimean Conf. "Microwave & Telecommunication Technology (CriMiCo'2005). Sevastopol, 2005, pp.218-220.
2. Крутов А. В., Ребров А. С. Быстродействующие ограничители СВЧ мощности диапазона частот до 40 ГГц. // 2016 26th Int. Crimean Conf. "Microwave & Telecommunication Technology (CriMiCo'2016). Sevastopol, 2016, pp.221-225.
3. Krutov A. V., Rebrov A. S. Experimental definition of power handling level for MMIC limiter // 2010 20th Int. Crimean Conf. "Microwave & Telecommunication Technology (CriMiCo'2010). Sevastopol, 2010, pp.143-144.