

**И.В. Юнусов, А.М. Ющенко, А.Ю. Плотникова,  
В.С. Арыков, А.А. Баров**  
ЗАО «Научно-производственная фирма «Микран»

## **Монолитные интегральные схемы GaAs pin диодных коммутаторов СВЧ**

*В статье приведены результаты разработки серии арсенид галлиевых монолитных интегральных схем (МИС) коммутаторов на основе pin диодов. Представлены результаты измерения сверхвысокочастотных (СВЧ) параметров в диапазоне до 40 ГГц. Изготовленные коммутаторы обладают малыми вносимыми потерями открытого канала и хорошей развязкой закрытого канала. Отработанная в ЗАО «НПФ «Микран» pin диодная технология характеризуется высоким процентом выхода годных приборов.*

**Ключевые слова:** pin диод, монолитная интегральная схема, арсенид галлия, коммутатор СВЧ

Коммутаторы СВЧ мощности на основе GaAs pin диодов являются важной составляющей частью ряда устройств СВЧ для коммерческого и специального назначений, измерительной техники. По сравнению с GaAs полевыми транзисторами с затвором Шоттки (ПТШ), которые также успешно используются в качестве переключательных элементов, pin диоды обладают значительно меньшей удельной емкостью в закрытом состоянии при сравнимом удельном сопротивлении в открытом состоянии, что обуславливает их основное преимущество — возможность эффективной работы на более высоких частотах (вплоть до 100 ГГц и выше, в то время как коммутаторы на основе ПТШ используются практически в диапазоне до 20 ГГц). Кроме того, pin диодные коммутаторы характеризуются, как правило, меньшими вносимыми потерями открытого канала и более высокой коммутируемой мощностью в сравнимой полосе частот.

Цель настоящей работы — разработка серии GaAs pin-диодных коммутаторов, обладающих рабочими характеристиками на уровне современных зарубежных и отечественных разработок [1-3], на основе технологии, обеспечивающей высокую надежность и стабильность параметров приборов, а также высокий процент выхода годных МИС.

На первом этапе были изготовлены тестовые дискретные квази-вертикальные диоды (рис. 1) на структуре, выращенной методом молекулярно-лучевой эпитаксии. Технология изготовления диода включала следующие этапы [4]: формирование несплавного омического контакта Ti/Pt/Au к  $p^+$ -GaAs, жидкостное травление слоев  $p^+$ -GaAs,  $i$ -GaAs, формирование омического контакта Ni/Ge/Au/Ni/Au к  $p^+$ -GaAs; локальную пассивацию периферии  $i$ -слоя нитридом кремния; жидкостное травление  $p^+$ -GaAs для межэлементной изоляции; гальваническое осаждение золота для формирования металлической разводки; финишную пассивацию нитридом кремния; утонение пластины; травление сквозных отверстий в GaAs; металлизацию обратной стороны пластины гальваническим осаждением золота. Технология может включать

также блоки формирования тонкопленочных резисторов, тонкопленочных конденсаторов на основе нитрида кремния и защиту МИС полимерным покрытием.

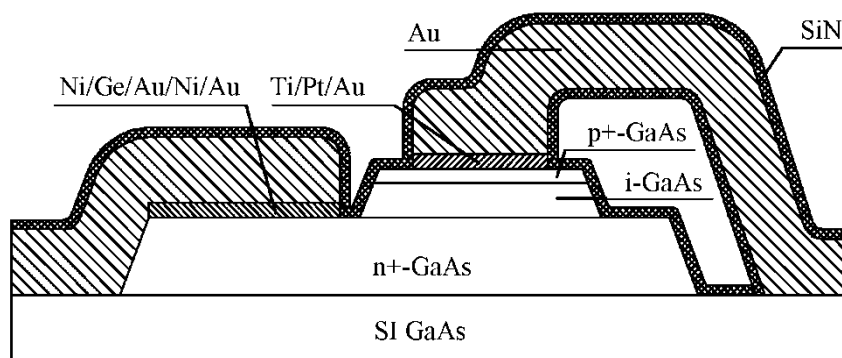


Рис. 1.

Низкочастотные параметры и вольт-амперная характеристика (ВАХ) тестового диода с диаметром анода 15 мкм приведены в табл. 1 и на рис. 2. ВАХ измерена с использованием анализатора параметров полупроводниковых приборов Hewlett Packard 4156А. Емкость измерена посредством LCR-метра QuadTech 7600 Plus.

Табл. 1.

Параметр, ед. изм	Значение
Обратное пробивное напряжение $U_{проб}$ , В (при $I_{обр}=10$ мкА)	37
Последовательное сопротивление $R_S$ , Ом (при $I_{пр}=10$ мА)	6
Емкость перехода $C_j$ , фФ (при $U_{обр}=0$ В)	27
Время жизни носителей в базе $\tau$ , нс	2

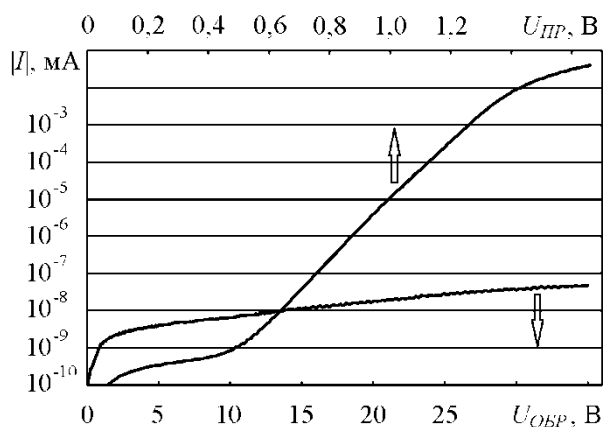


Рис. 2.

На базе полученного диода были спроектированы коммутаторы отражающего типа с коммутацией входа на 2, 3, 4 и 5 каналов, а также ключ. Схемы выполнены без цепей питания по постоянному току. Ближайшими аналогами являются МИС коммутаторов серии MA4AGSW фирмы M/A-com (США).

Управление коммутаторами осуществляется постоянным током: плюс/минус 10 мА (закрытый/открытый канал). Ключ управляется током 10мА. Фотографии изготовленных коммутаторов приведены на рис.3.

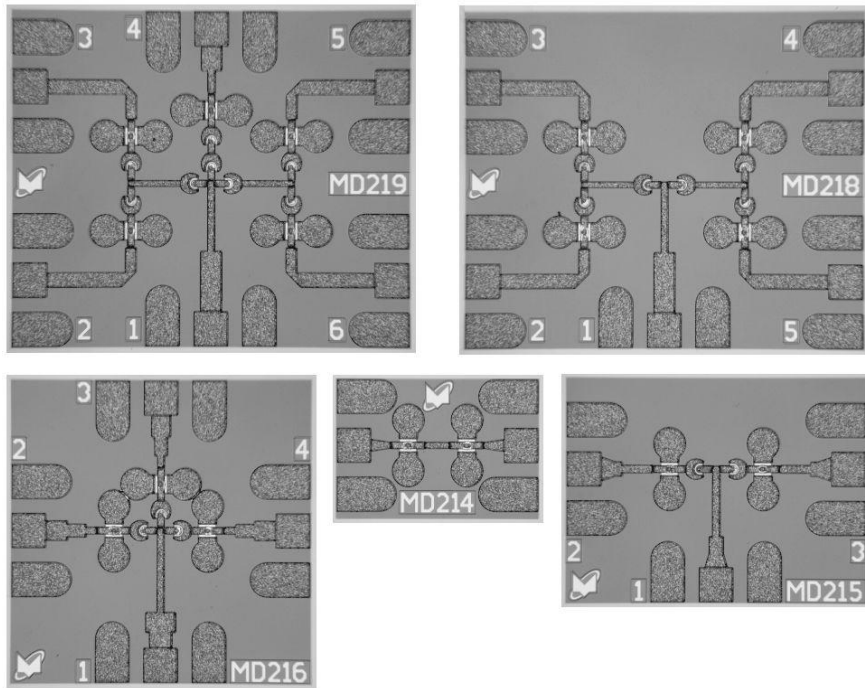


Рис. 3.

Экспериментальные АЧХ параметров рассеяния для коммутаторов 1 на 2 и 1 на 4 канала приведены на рис. 4 и рис. 5, соответственно. СВЧ параметры рассеяния измерены с использованием векторного анализатора цепей Rohde&Schwarz ZVA-40 (НОЦ «Нанотехнологии» ТУСУР, г. Томск).

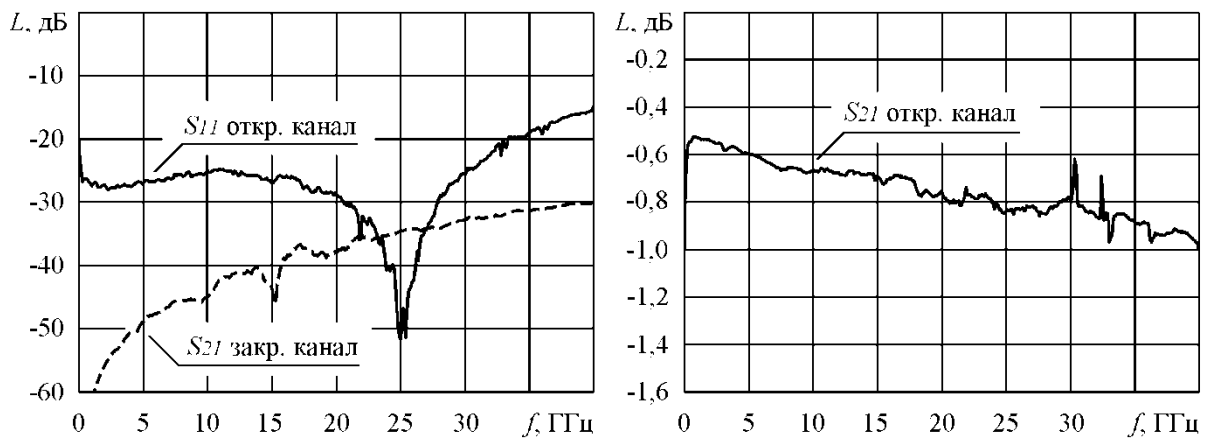


Рис. 4.

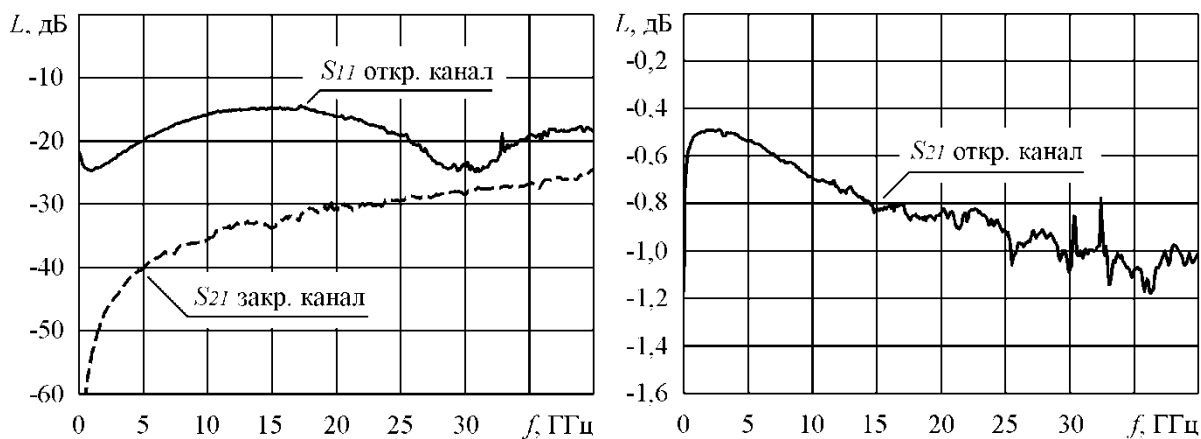


Рис. 5.

Для характеристики разработанной технологии были проведены исследования на надежность: исследовалась выборка из 36 одинаковых каналов (в составе коммутаторов 1 на 2 и 1 на 4 канала): каждый канал находился под постоянным воздействием тока питания 10 мА при температуре 125°C в течение 1000 часов. Отказов и деградации рабочих параметров выявлено не было.

Выход годных приборов составил более 90%. Отмечена высокая повторяемость параметров и характеристик по пластине.

#### Библиографический список

1. Баров А.А., Гушин С.Н. GaAs МИС PIN диодного двухпозиционного коммутатора. Труды 16-ой Международной Крымской конференции «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо'2006). 11-15 сентября, Севастополь, Крым, Украина. С.191-192.
2. Multithrow Heterojunction PIN Diode Switches / James J. Brogle et. al. // Proceedings of the 4th European Microwave Integrated Circuits Conference. Rome, 28-29 September 2009. Pp. 9-12.
3. Разработка монолитных интегральных схем коммутаторов на р-і-п диодах для С- и Х-диапазонов частот / А.Ю. Ющенко, Г.И. Айзенштат, В.Г. Божков, Е.А. Монастырев, А.И. Иващенко, С.С. Кузнецов // Изв. вузов. Физика. - 2010. - №9/2 — С. 320-323.
4. Васа А.Г., Ashby С.І.Н. Fabrication of GaAs Devices. UK: The Institution of Electrical Engineers, 2005. 350 p.