

GaAs МИС PIN ДИОДНОГО ДВУХПОЗИЦИОННОГО КОММУТАТОРА

Баров А. А., Гуцин С.М.
НПФ "Микран", ОАО "НИИПП"
Вершинина, д.47, Томск – 634034, Россия
Тел.: +7(3822) 413403; e-mail: a_barov@micran.ru

Опубликовано в сборнике трудов 16-ой Международной Крымской конференции "СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии" (КрыМиКо'2006). 11-15 Сентября, Севастополь, Крым, Украина.

Аннотация – Описывается разработка GaAs МИС р-і-п диодного коммутатора.

I. Введение

В иерархической структуре электрически управляемых СВЧ полупроводниковых элементов ріп диоды на основе GaAs занимают особое место. Область приложения GaAs ріп диодов обусловлена свойствами полупроводника. По сравнению с кремнием GaAs имеет в несколько раз большую подвижность и теплопередачу, но меньшее эффективное время жизни неосновных носителей ($\tau_{эфф}$). Вследствие этого, нижний рабочий диапазон данного полупроводникового элемента ограничен несколькими сотнями МГц. По настоящему свойства GaAs ріп диода проявляются в монолитно-интегральной технологии, когда на одной подложке возможно объединение нескольких элементов. В зарубежной литературе имеется ряд публикаций по разработке GaAs ріп диодных МИС [см. напр. 1-3], где отмечается их широкополосность и низкий ток управления. Дополнительный интерес к GaAs ріп диодным МИС появился с развитием телекоммуникационного рынка в мм-диапазоне длин волн [4,5], что обусловлено высоким показателем коммутационного качества [6] одиночного ріп диодного элемента.

Разработка GaAs коммутационной МИС обусловлена отсутствием отечественной элементной базы. При разработке GaAs МИС ріп диодного коммутатора возникает ряд взаимосвязанных задач по изготовлению полупроводниковой структуры с требуемыми параметрами, построения технологического маршрута и топологии схемы. В предлагаемом докладе приводятся результаты собственной разработки.

II. Основная часть

Разработку МИС коммутатора условно можно разделить на три этапа: материаловедческая, технологическая и схемотехническая. Под материаловедческой понимается разработка полупроводниковой структуры, которая отвечает заданным требованиям; под технологической – процесс изготовления на полупроводниковой структуре требуемой схемотехнической топологии. Анализ литературных данных по ріп диодным структурам из GaAs позволил сформулировать требования к основным электрофизическим параметрам полупроводникового материала. В качестве определяющего критерия применимости ріп диодной структуры был выбран параметр $\tau_{эфф}$. Ход экспериментальной работы был следующий. На проводящих GaAs:Te подложках методом хлоридной газофазной эпитаксии были выращены различные типы р-і-п диодных структур, которые отличались по толщине слоев, уровню и профилю легирования. Затем, на полученных пластинах изготавливались одиночные ріп диоды "вертикальной" структуры, на

которых проводилось измерение $\tau_{эфф}$. Из-за малого значения $\tau_{эфф}$ измерялось согласно [7]. Результаты измерений показали зависимость $\tau_{эфф}$ от толщины і-слоя, уровня и градиента концентрации носителей заряда в нем. Наибольшее значение $\tau_{эфф} = 50$ нс получено на структуре с толщиной і-слоя 30мкм и концентрацией электронов меньше $2 \times 10^{14} \text{см}^{-3}$. Обратное пробивное напряжение диодов составляло 540В (10мкА).

Для определения модели одиночного ріп диода экспериментальные образцы монтировались в стандартный микрополосковый СВЧ тракт. По измеренным амплитудно-частотным характеристикам в открытом и закрытом состоянии ріп диода определялись его эквивалентные параметры. При площади перехода 0.3мм^2 и прямом токе 10мА эквивалентное сопротивление диода составило 2Ом, а в закрытом состоянии емкость диода составила 0.26пФ. Следует заметить очень слабую зависимость измеренной на ВЧ емкости диода от приложенного обратного напряжения, при этом величина емкости близка к значению, когда і-слой полностью обеднен свободными носителями заряда.

Полученные эквивалентные параметры использовались для моделирования МИС. На рис.1 приведена электрическая схема двухпозиционного коммутатора и топология МИС.

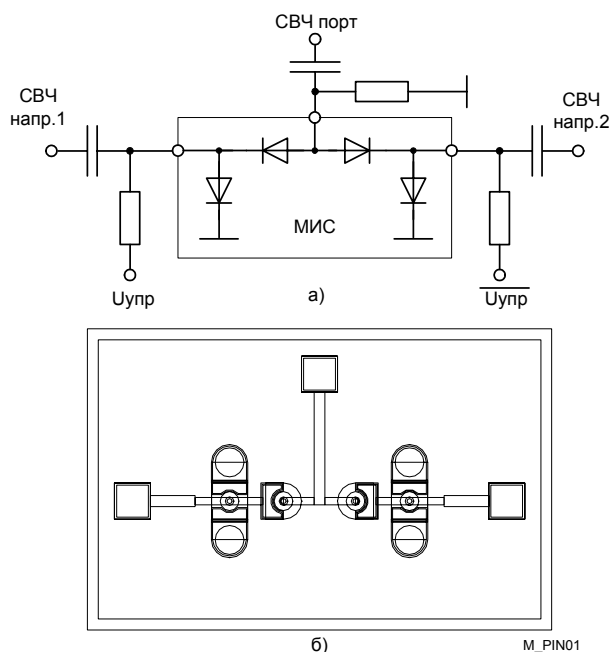


Рис. 1 – Электрическая схема двухпозиционного коммутатора (а) и топология разработанной GaAs МИС (б).

Особенностью МИС коммутатора является то, что цепи питания вынесены за пределы кристалла. Это

позволило значительно упростить технологический маршрут изготовления МИС. Переключение направления передачи осуществляется с помощью двух противофазных, биполярных управляющих сигналов.

МИС изготавливается на эпитаксиальной GaAs структуре, выращенной на полупроводниковой подложке. На рис.2 приводится фрагмент конструкции кристалла.

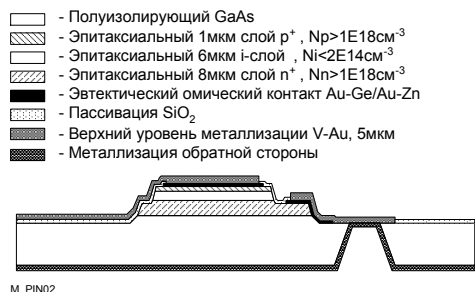


Рис. 2 – Фрагмент конструкции кристалла GaAs МИС pin диодного коммутатора.

Выделение активных областей под pin диоды проводится с помощью двухуровневой мезы. Далее формировались омические контакты и топологический рисунок МИС. Габариты кристалла МИС 1.3×0.8×0.1мм. Заземляющие отверстия получены путем химического травления с обратной стороны и магнетронного напыления металла.

На рис.3 приводятся расчетные электрические характеристики разработанной МИС коммутатора.

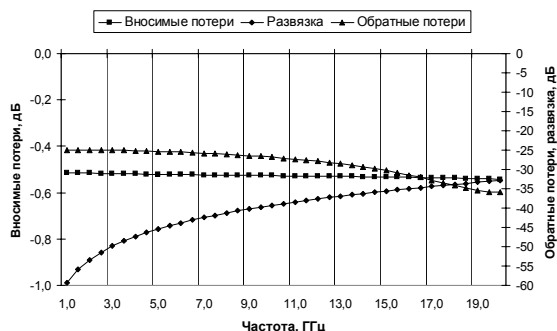


Рис. 3 – Расчетные характеристики разработанной GaAs МИС двухпозиционного коммутатора в режиме пропуска и запирания.

III. Заключение

Анализ результатов экспериментальных работ по изготовлению GaAs полупроводниковых pin диодных структур позволил выявить зависимости основных электрических характеристик pin диодов, изготовленных на этом материале, от электрофизических параметров эпитаксиального материала. Полученные зависимости позволяют управляемо выращивать эпитаксиальные структуры с требуемым $\tau_{эфф}$ в диапазоне 4÷50нс. В результате проведенной работы изготовлены дискретные GaAs pin диоды "вертикальной" структуры, пригодные для использования в ограничительных и коммутационных узлах гибридно-интегральных схем. На базе экспериментальных данных уточнена эквивалентная схема pin диода и разработана топология МИС двухпозиционного коммутатора.

IV. Список литературы

- [1] D.J. Seymour, D.D. Heston and R.E. Lehmann. "Monolithic MBE GaAs Pin Diode Limiter." 1987 Microwave and Millimeter-Wave Monolithic Circuits Symposium Digest 87.1 (1987 [MCS]): 35-37.
- [2] D.D. Heston, D.J. Seymour and D. Zych. "100 MHz to 20 GHz Monolithic Single-Pole, Two-, Three-, and Four-Throw GaAs PIN Diode Switches." 1991 MTT-S International Microwave Symposium Digest 91.2 (1991 Vol. II [MWSYM]): 429-432.
- [3] J.-L. Lee, D. Zych, E. Reese and D.M. Drury. "Monolithic 2-18 GHz Low Loss, On-Chip Biased PIN Diode Switches." 1995 Transactions on Microwave Theory and Techniques 43.2 (Feb. 1995 [T-MTT]): 250-256.
- [4] Hideki Takasu, Fumio sasaki, Mitsuo Kawano, and Susumi Kamihashi. "Ka-Band Low Loss and High Power Handling GaAs PIN Diode MMIC Pase Shifter for Reflected-Type Phased Array Systems." Asia-Pacific Microwave Conference, 1999.
- [5] J.V. Bellantoni, D.C. Bartle, D. Payne, G. McDermott, S. Bandla, R. Tayrani and L. Raffaelli. "Monolithic GaAs p-i-n Diode Switch Circuits for High-Power Millimeter-Wave Applications (Short Papers)." 1989 Transactions on Microwave Theory and Techniques 37.12 (Dec. 1989 [TMTT] (1989 Symposium Issue)): 2162-2165.
- [6] СВЧ устройства на полупроводниковых диодах. Проектирование и расчет. Под ред. Мальского И.В., Сестрорецкого Б.В. –М.: Сов.радио, 1969, -579с
- [7] ГОСТ 18986.7-73 Методы измерения эффективного времени жизни неравновесных носителей заряда.

GAAS MMIC PIN DIODES SPDT SWITCHER

Barov A. A., Gushchin S.M

Micran Co., 47, Vershinina, Tomsk - 634034, Russia
phone: +7(3822) 413403, e-mail: a_barov@micran.ru

Abstract – There is a description of GaAs MMIC PIN diodes switch design. The process included experimental part of pin diodes parameters determination. Epitaxial wafers substance was produced with VPE.