

ПРИМЕНЕНИЕ САМОСОВМЕЩЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ДИОДОВ НА ОСНОВЕ АРСЕНИДА ГАЛЛИЯ

Юнусов И. В., Гаврилова А. М., Арыков В. С.
Научно-производственная фирма «Микран»
ул. Вершинина, 47, г. Томск, 634034, Россия
тел.: +7-3822-413403, e-mail: yunusov@micran.ru

Аннотация — Рассмотрена технология изготовления диодов квази-вертикальной конструкции, позволяющая улучшить электрические параметры диодов. Особенностью разработанной технологии является применение принципа самосовмещения при формировании базы диода и омического контакта катода. Полученные для диодов с барьером Шоттки результаты показали, что самосовмещенная технология позволяет значительно уменьшить последовательное сопротивление диода и токи утечки при обратном смещении, а также уменьшить коэффициент идеальности ВАХ по сравнению с аналогами, полученными по стандартной технологии без самосовмещения.

I. Введение

Дискретные диоды и монолитные интегральные схемы (МИС) на их основе находят широкое применение в технике СВЧ. Несмотря на достаточную изученность диодной тематики, производство диодов и МИС часто требует решения технологических задач, поставленных в связи с необходимостью улучшения показателей по электрическим характеристикам, их воспроизводимости, надежности и выходу годных приборов. Поэтому поиск способов решения данных технологических задач является актуальной задачей.

В качестве одного из таких способов предлагается замена стандартной технологии изготовления диодов на самосовмещенную, аналогичную той, что используется при формировании эмиттера и омического контакта к базе гетеробиполярных транзисторов (ГБТ) [1]. Технология изготовления диодов квази-вертикальной конструкции имеет много общего с технологией изготовления ГБТ, поэтому можно предположить, что применение самосовмещения при изготовлении диодов даст положительный эффект в виде уменьшения последовательного сопротивления и размеров прибора. С точки зрения диодов Шоттки, использование метода самосовмещения при формировании базы должно также привести к уменьшению вклада периферии барьерного контакта в протекание тока через диод, что, в свою очередь, улучшит коэффициент идеальности ВАХ и уменьшит обратный ток утечки [2].

Настоящая работа посвящена исследованию возможности улучшения электрических параметров диодов Шоттки квази-вертикальной конструкции за счет применения при их изготовлении самосовмещенной технологии.

II. Описание технологий

Для изготовления диодов с барьером Шоттки использовались эпитаксиальные структуры на основе GaAs, представляющие собой полуизолирующую подложку с буферным слоем, низкоомный контактный n+ слой толщиной 3500 нм с концентрацией донорной примеси $3 \times 10^{18} \text{ см}^{-3}$ и базовый p слой толщиной 500 нм с концентрацией донорной примеси $7 \times 10^{16} \text{ см}^{-3}$. Диоды были изготовлены по стандартной технологии («А») и маршруту с использованием методов самосовмещения («В»). Оба технологических маршрута используют стандартные операции изго-

товления диодов с барьером Шоттки, а именно: напыление барьерной металлизации Ti/Pt/Au, формирование базы диода жидкостным травлением, напыление и отжиг металлизации омического контакта Ni/Ge/Au/Ni/Au, пассивацию периферии базы нитридом кремния, формирование межэлементной изоляции жидкостным травлением, гальваническое осаждение металлизации разводки, а также финишную пассивацию нитридом кремния для защиты диода от внешних воздействий. Различия технологий схематично представлено на рис.1. Как видно, технология «В» обладает двумя особенностями: травление для формирования базы диода и напыление многослойной металлизации омического контакта выполняются непосредственно по маске барьерной металлизации, без использования фотолитографических операций, типичных для стандартной технологии «А».

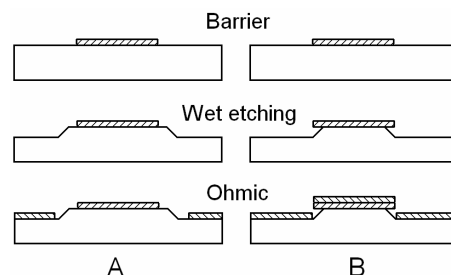


Рис. 1. Различия технологий «А» и «В».

Fig. 1. Differences between technologies “A” and “B”

На рис. 2 приведено изображение скола образца, выполненного по технологии «В», после формирования барьерной металлизации, базы диода и металлизации омического контакта.

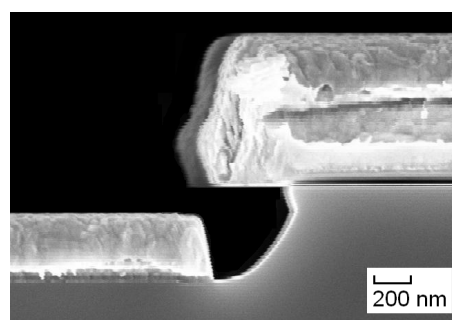


Рис. 2. Изображение скола образца после формирования барьерной металлизации, базы диода и металлизации омического контакта.

Fig. 2. SEM image of a diode sample after anode metal, wet etching and ohmic metal

III. Результаты эксперимента

На рис.3 и рис.4 в полулогарифмическом масштабе представлены ВАХ дискретных диодов, изготовленных по технологиям «А» и «В», при прямом и обратном смещении, соответственно. Значение коэффициента идеальности ВАХ n у диодов группы

«В» меньше, чем у диодов группы «А», в среднем на 0,05 ед. Последовательное сопротивление R_s диодов группы «В» ниже на 30% по сравнению с диодами группы «А». Обратная ветвь ВАХ диодов группы «В» (рис. 4) характеризуется меньшей величиной тока во всем диапазоне напряжений. Величина обратного напряжения $U_{ПРОб}$ при значении обратного тока, равном 10 мкА, у диода «В» значительно выше и характеризуется меньшим разбросом. Как показали измерения выборок диодов групп «А» и «В», разброс значений $U_{ПРОб}$ для диодов группы «А» составил от 8 до 10 В, для диодов группы «В» — от 14 до 14,3 В. Барьерная емкость C_J для диодов группы «В» составила 87 фФ, что на 5% ниже барьерной емкости диодов группы «А». В результате использования самосовмещенной технологии достигнуто увеличение частоты отсечки диода $f_{отс}$ в 1,6 раза. В табл. 1 приведены измеренные и вычисленные параметры диодов групп «А» и «В».

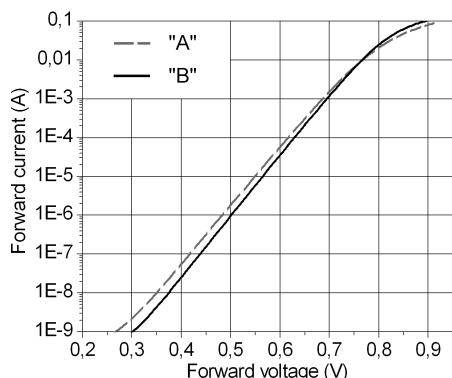


Рис. 3. ВАХ диодов в прямом включении, выполненных по технологиям «А» и «В».

Fig. 3. Typical forward I-V characteristics of Schottky diodes produced with use of technologies "A" and "B"

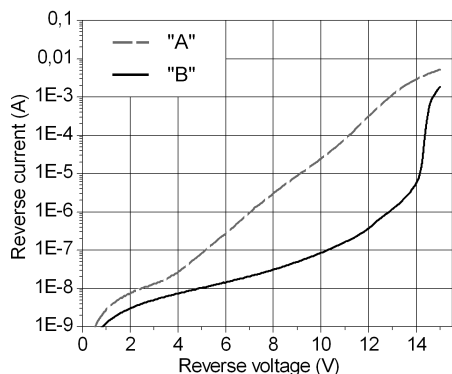


Рис. 4. ВАХ диодов в обратном включении, выполненных по технологиям «А» и «В».

Fig. 4. Typical reverse I-V characteristics of Schottky diodes produced with use of technologies "A" and "B"

Табл. 1. Параметры диодов
Table 1. Parameters of diodes

Параметр (условие)	Ед. изм.	«А»	«В»
$U_{ПРОб}$ ($I_{ОбР}=10$ мкА)	В	9,1	14,2
n ($I_{ПР}=10/100$ мкА)	-	1,12	1,07
R_s	Ом	1,10	0,75
C_J (0 В)	фФ	92	87
$f_{отс}=(2\pi R_s C_J)^{-1}$	ТГц	1,5	2,4

Улучшение коэффициента идеальности и увеличение обратного напряжения $U_{ПРОб}$ для диодов группы "В" достигается за счет формирования более оптимальной конструкции базы диода при травлении полупроводника под металлизацию барьера, что приводит к уменьшению значения напряженности электрического поля на периферии контакта Шоттки по сравнению с диодами группы "А". Снижение последовательного сопротивления, в свою очередь, объясняется уменьшением сопротивления металлизации омического контакта к базе диода при использовании технологии самосовмещения.

IV. Заключение

Диоды, изготовленные по самосовмещенной технологии, обладают следующими преимуществами по отношению к диодам, изготовленным по стандартной технологии: меньшим последовательным сопротивлением R_s , меньшим коэффициентом идеальности ВАХ n , увеличенным обратным напряжением $U_{ПРОб}$ и меньшим значением барьерной емкости C_J . С технологической точки зрения, при переходе на самосовмещенную технологию уменьшается количество операций фотолитографии и снижаются требования к точности их выполнения. Самосовмещенная технология перспективна для изготовления дискретных GaAs СВЧ диодов, а также монолитных интегральных схем на их основе.

V. Список литературы

- [1] Baca A. G., Ashby C. I. H. Fabrication of GaAs Devices. UK: The Institution of Electrical Engineers, 2005. 350 p.
- [2] Зу С. Физика полупроводниковых приборов. М.: Мир, 1984. 456 с.

USE OF SELF-ALIGNED TECHNOLOGY IN GaAs DIODE FABRICATION

Yunusov I. V., Gavrilova A. M., Arykov V. S.
Research and production company Micran
47, Vershinina Str., Tomsk, 634034, Russia

Abstract — The technology of quasi-vertical diodes which allows improving diode parameters is developed. The main feature of this technology is use of self-aligned principle in diode base and ohmic contact production. The results of experiment show that self-aligned technology has advantages in fabrication and improves diode's series resistance, reverse leakage current and ideality factor.

I. Introduction

Diodes and diode-based MMIC's are widely used in microwave technology. Diode fabrication often needs to find the way to improve technology and electrical characteristics, yield and quality. As one of these ways the use of HBT-like self-aligned technology instead of standard technology is considered.

II, III. Main Part

Self-aligned technology has two features (Fig.1): first mesa is etched without photo-resist mask, anode metal serves as a mask for the first mesa etching; cathode metal (ohmic contact) is formed by direct evaporation on anode metal. Measurements and calculations show that for self-aligned diodes ideality factor decreased for 0.05, breakdown voltage increased from 8-10 to 14-14.3 V, series resistance decreased for 30% and junction capacitance decreased for 5% comparing with standard diodes.

IV. Conclusion

Self-aligned technology has two main advantages: first, electrical parameters improvement and, second, technology simplifying. This technology can be available for diode MMIC fabrication.