

НИЗКОБАРЬЕРНЫЕ ДИОДЫ ШОТКИ В ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ УСТРОЙСТВ

Егорова Е.И., Козловский Э.Ю.

ЗАО "НПП "Планета-Аргалл", 173004, Россия, Великий Новгород, ул. Федоровский ручей, 2/13.
Телефон: (8162) 69-31-21, факс: (8162) 69-31-22. E-mail: argall@novgorod.net

Аннотация

Представлена технология изготовления низкобарьерных диодов Шоттки на основе металлизации Ge-Au. Приведены экспериментальные ВАХ полученных диодов Шоттки и рассчитанные на их основе параметры барьера металл-полупроводник. Проведен расчет изменения ограничительной характеристики защитного устройства при использовании низкобарьерных диодов Шоттки.

1. Введение.

Диоды с барьером Шоттки (ДБШ) широко используются в качестве детекторов микроволнового излучения. Для прямого детектирования желательнее уменьшить эффективную высоту барьера Шоттки и работать без постоянного рабочего смещения. Это упрощает матричный приёмник и приводит к снижению уровня шумов ($1/f$ и др.) из-за отсутствия тока смещения.

ДБШ используются при реализации защитных устройств (ЗУ), являющихся одним из важнейших электронных элементов СВЧ-тракта. При этом одним из способов уменьшения порогового значения мощности ($P_{пор}$), при котором ЗУ переходит в режим ограничения и просачивающейся мощности ($P_{пр}$) является уменьшение высоты потенциального барьера на границе металл-полупроводник. Использование низкобарьерных ДБШ позволяет существенно улучшить характеристики детекторных диодов и ЗУ. В этой связи, в настоящей работе рассматривается один из возможных способов уменьшения эффективной высоты барьера Шоттки и обусловленное этим улучшение мощностных характеристик ЗУ.

2. Основная часть.

Уменьшение высоты барьера Шоттки (БШ) может быть достигнуто несколькими способами:

- 1) применение узкозонных полупроводников InP, InGaAs и др.;
- 2) химическая или плазменная обработка поверхности GaAs перед формированием барьерной металлизации;
- 3) использование структур с δ -легированием;
- 4) управление уровнем легирования полупроводника в приповерхностной области (непосредственно под барьерной металлизацией).

Первый способ требует наличия соответствующей технологии при работе с узкозонными материалами, что не всегда является доступным.

Второй способ прост в реализации, но имеет крайне низкую воспроизводимость и малый диапазон регулирования высоты БШ. Кроме того, принимая во внимание, что химические и плазменные обработки уменьшают высоту барьера за счет изменения плотности поверхностных состояний, данный способ обладает нестабильностью во времени, что также негативно отражается на параметрах прибора и его надежности в целом.

Использование структур с δ -легированием позволяет изменять высоту БШ в широких пределах. Однако расчет исходных структур сопряжен со сложными математическими вычислениями. Более того, эффект δ -легирования проявляется на структурах с нанометровыми толщинами (2,5-10 нм) активных слоев [1], что предъявляет существенные требования к прецизионности процессов травления при формировании ДБШ.

Наиболее простым и эффективным способом снижения высоты БШ является приповерхностное легирование полупроводника.

В качестве барьерной металлизации была выбрана система Ge-Au. Напыление слоев осуществлялось электронно-лучевым методом на предварительно подогретые до 300°C подложки (в процессе напыления температура не поддерживалась).

После формирования рисунка барьерной металлизации проводился высокотемпературный отжиг пластин. Для оценки стабильности барьера отжиг проводился в три ступени:

- 1) 300°C, 30 мин.;
- 2) 300°C, 20 мин.;
- 3) 330°C, 10 мин.

После каждой ступени осуществлялся замер ВАХ диодных структур в прямом смещении.

Выбор температуры отжига обусловлен требованием стабильности параметров БШ после операции термокомпрессионной сварки при монтаже ЗУ в держатель. Как правило, эта температура не превышает 300°C и в ряде случаев может быть снижена до 290°C. Время операции также не превышает указанного времени отжига.

По экспериментальным данным с использованием методики Фукуи [2] была выполнена экстракция параметров БШ (коэффициента неидеальности n и высоты барьера $\phi_{БШ}$) на участке малых токов (до 2 мА), что позволило исключить влияние сопротивления базы диода.

Усредненные параметры БШ и ВАХ диодных структур представлены в таблице 1 и на рис.1 соответственно. В таблице также приведены параметры БШ для исследованной структуры в случае использования в качестве барьерной металлизации системы V-Au.

Таблица 1– Параметры БШ диодных структур с приповерхностным легированием

Параметр	Барьерная металлизация				
	V-Au	Ge-Au			
		до отжига	ступени отжига		
		1	2	3	
n	1,49	1,48	1,85	2,03	2,19
$\phi_{БШ}$, эВ	0,64	0,52	0,32	0,31	0,28

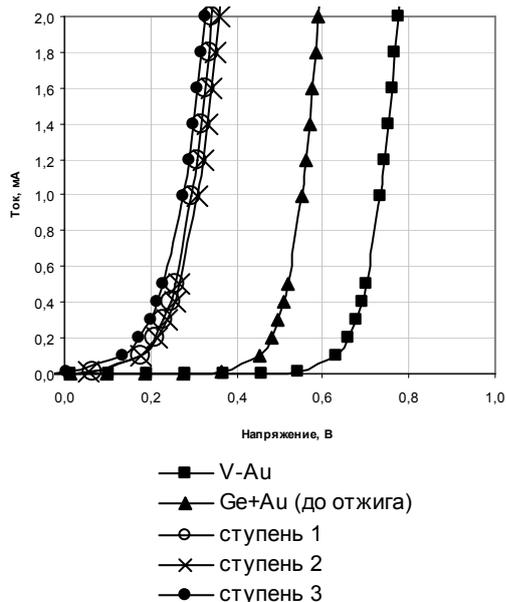


Рис.1 - Вольтамперные характеристики диодных структур с приповерхностным легированием

Fig.1 – Current-voltage curves of diodes with surface doping

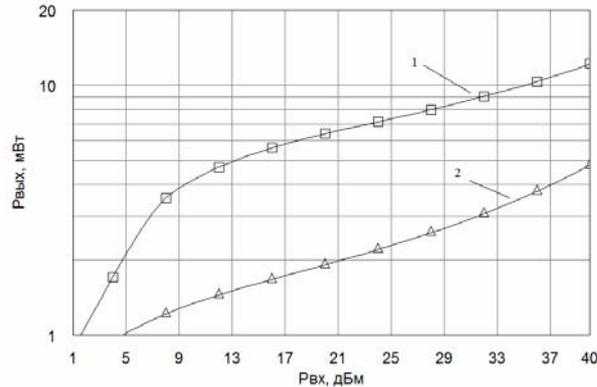
Данные таблицы 1 указывают, что приповерхностное легирование германием с последующим отжигом является эффективным способом уменьшения высоты БШ. При этом в приповерхностной области полупроводника возникает существенно более высокий уровень легирования, чем у исходного материала, усиливая эффект экранирования поля контакта еще больше, чем в случае сильного ($>10^{18} \text{см}^{-3}$) объемного легирования. Однако, как показывают данные таблицы 1, параметры барьера изменяются при температурном воздействии. Высота барьера уменьшается, вероятнее всего из-за увеличения содержания германия в приповерхностном слое за счет диффузии, а коэффициент неидеальности увеличивается в результате усиления туннельной составляющей тока.

Длительный отжиг на 2 ступени приводит к незначительному изменению высоты БШ, что указывает на стабильность барьера при 300°C.

В случае, когда ширина потенциального барьера становится критически малой (температура более 330°C) в результате обогащения области под барьером германием, эффект туннелирования становится преобладающим и БШ утрачивает выпрямляющие свойства. Кроме эффекта туннелирования имеет место также химическое взаимодействие Au и Ge (температура эвтектики Au-Ge составляет 356°C), что также способствует возникновению омического контакта.

На рис.2 представлено смоделированное изменение ограничительной характеристики ЗУ при использовании вместо ДБШ с барьерной металлизацией V-Au низкобарьерных диодов на основе металлизации Ge-Au с одноступенчатым отжигом. Как видно из рисунка, использование технологии низкобарьерных ДБШ позволит

существенным образом улучшить мощностные характеристики ЗУ.



1 – ЗУ на ДБШ с барьерной металлизацией V-Au
2 – ЗУ на ДБШ с барьерной металлизацией Ge-Au

Рис.2 – Расчетные ограничительные характеристики ЗУ на ДБШ с различной барьерной металлизацией

Fig.2 – The calculated limiter's characteristics for limiters based Schottky diodes with different barrier metallization

3. Заключение.

Анализ полученных данных подтверждает, что использование Ge в качестве легирующей примеси при формировании барьерной металлизации Ge-Au позволяет эффективно уменьшить высоту барьера Шоттки с 0,64 эВ до 0,32 эВ при увеличении коэффициента неидеальности с 1,5 до 2. Применение высокотемпературного отжига подтверждает возможность использования термокомпрессионной сварки при монтаже ЗУ без существенного изменения барьерных свойств ДБШ. Расчет ограничительной характеристики ЗУ указывает на возможность получения просачивающейся мощности менее 5 мВт при входной мощности 40 дБм. Использование в технологии ЗУ низкобарьерных диодов позволит существенно улучшить мощностные характеристики устройства.

4. Список литературы.

[1] Шашкин В.И., Мурель А.В., Данильцев В.М., Хрыкин О.И. Управление характером токопереноса в барьере Шоттки с помощью δ -легирования: расчет и эксперимент для Al/GaAs. Физика и техника полупроводников, 2002, том 26, вып. 5, с. 537-542.

[2] Fukui H. "Determination of the Basic Device Parameters of a GaAs MESFET". Bell System Technical Journal, March 1979, p. 771-797.

LOW BARRIER SCHOTTKY DIODES IN THE TECHNOLOGY OF LIMITER'S PRODUCTION

Egorova E.I., Kozlovsky E.Y.

CJSC «SMF «Planeta-Argall»

Fedorovsky ruchey str.2/13, Novgorod the Great, Russia

Ph.: (8162)693121,

e-mail: argall@novgorod.net

Abstract – The technology of low barrier Schottky diodes based on Ge-Au metallization is presented. Experimental current-voltage curves of obtained diodes and the calculated parameters of metal-semiconductor barrier are shown. The calculation of limiter's characteristic is realized.