

Твердотельная електроника

УДК 621.382.28

Покращення зворотних характеристик діода Шотткі з охоронним кільцем

М.В. Богач², канд.тех.наук, **П.Л. Бежан**¹, **В.М. Литвиненко**¹, канд.тех.наук, **М.О. Самойлов**³,
С.В. Шутов³, канд.тех.наук

¹Херсонський національний технічний університет,
Бериславське шосе, 24, м. Херсон, 73008, Україна.

²Севастопольський національний технічний університет,
вул. Університетська, 33, м. Севастополь, 99053, Україна.

³ІФН НАН України, лабораторія №23, вул. Заводська, 76,
м. Херсон, 73008, Україна.

Діоди Шотткі використовуються в багатьох областях електроніки в якості випрямних та імпульсних діодів. Технологія виготовлення діода Шотткі з охоронним кільцем дає можливість суттєво поліпшити захист переходу метал-напівпровідник від можливого поверхневого пробою.

Існуючі способи гетерування структурних дефектів і домішок в кремнії зазвичай не вписуються в той або інший технологічний маршрут виготовлення напівпровідникового приладу і тому є для нього неефективними. У зв'язку із цим доцільна розробка технологічних прийомів гетерування індивідуальна для кожного типу технологічного маршруту виготовлення напівпровідникового приладу з обліком його індивідуальних особливостей.

Дана робота присвячена дослідженню конструктивно-технологічних особливостей виготовлення діода Шотткі з охоронним кільцем й на основі результатів аналізу проведення оптимізації технології його виготовлення, направленої на підвищення виходу придатних діодів.

Розроблена технології дає можливість суттєво збільшити пробивні напруги р-п переходів областей охоронного кільця та значно зменшити рівень зворотних струмів діодів Шотткі. Бібл. 4, рис. 3, табл. 1.

Ключові слова: гетерування, діод Шотткі, оптимізація, охоронне кільце, структурні дефекти, домішки.

Вступ

Діоди Шотткі широко використовуються в багатьох областях електроніки в якості випрямних

діодів малої та середньої потужності та в якості імпульсних діодів. Технологія виготовлення діода Шотткі з охоронним кільцем [1] дає можливість суттєво поліпшити захист переходу метал – напівпровідник від можливого поверхневого пробою. Однак, незважаючи на використання сучасних технологій і високоякісних матеріалів для обробки структур діода, не вдається істотно підвищити їхній вихід. Причиною цього є неконтрольовані домішки (зазвичай це домішки металів Ni, Fe, Cu, Na, K тощо), що попадають на структури діода Шотткі в процесах високотемпературних обробок та з розчинів хімічних реактивів [2, 3].

Існуючі способи гетерування структурних дефектів і домішок в кремнії зазвичай не вписуються в той або інший технологічний маршрут виготовлення напівпровідникового приладу і тому є для нього неефективними. У зв'язку із цим доцільна розробка технологічних прийомів гетерування індивідуальна для кожного типу технологічного маршруту виготовлення напівпровідникового приладу з обліком його індивідуальних особливостей [2]. Це дозволяє істотно підвищити ефективність гетерування і, значно збільшити вихід придатних діодів. Тому в цьому є й економічна вигода.

Розробка технології гетерування дефектів та небажаних домішок

Досліджуваний діод Шотткі з охоронним кільцем відноситься до імпульсно-випрямних діодів середньої потужності. Із-за відносно великої площі переходу метал-напівпровідник (4 мм²) має місце проблема високого рівня зворотних струмів діодів. Іншою проблемою є низький рі-

вень пробивної напруги р-п переходів областей охоронних кілець.

На рис. 1 представлена структура досліджуваного діода Шотткі з охоронним кільцем після формування омічних контактів.

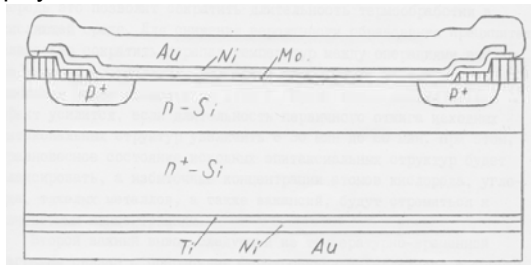


Рис.1. Структура діода Шотткі з охоронним кільцем: р⁺ - область охоронного кільця; Мо – метал, який утворює бар'єр Шотткі; Ti, Ni, Au, – метали, які формують омічний контакт

Дана робота присвячена дослідженню конструктивно - технологічних особливостей виготовлення діода Шотткі з охоронним кільцем й на основі результатів аналізу проведення оптимізації технології його виготовлення, направленої на підвищення виходу придатних діодів.

В якості вихідного матеріалу для виготовлення діода використовуються кремнієві n-p⁺ епітаксійні структури з питомим опором 1,1 Ом·см та товщиною 6 мкм. Структури діодів Шотткі виготовлялись з використанням LOCOS – технології [4]. У відповідності з базовою технологією виготовлення діода, область охоронного кільця (рис.1) формувалась за рахунок проведення дифузії бору в дві стадії: 1. Загонка бору при T=1050⁰С на протязі 25 хвилин в суміші аргону (100л/ч) та кисню (5л/ч) з послідуємим витравлюванням шару боросилікатного скла у травнику на основі плавикової та азотної кислот.

2. Розгонка бору (T=1050⁰С, час дифузії 2 години) в окислювальному середовищі. Захисний шар двоокису кремнію на структурах діодів формувався проведенням термічного окислювання при T=1050⁰С в парах води (120±20 хвилин) та послідуємим відпалом діодних структур в середовищі аргону (30 хвилин) при температурі окислення. Товщина вирощеного захисного шару SiO₂: 0,9±0,1 мкм.

Металографічні дослідження дефектних діодних структур показали, що можливою причиною низьких рівнів пробивної напруги р-п переходів областей охоронних кілець являються окислювальні дефекти упакування, які утворюються в процесі проведення розгонки бору [3]. У зв'язку з цим, було проведено коректування базової технології виготовлення діода Шотткі з охоронним кільцем. Відповідно до розробленої технології розгонка бору проводиться без попереднього видалення боросилікатного скла (тобто при наявності на поверхні пластин шару боросилікатного скла) в інертному середовищі (аргон), що практично виключає утворення окисних дефектів упакування в кремнії. У процесі розгонки бору (T=1050⁰С), яку проводять в середовищі аргону, здійснюється ефективне гетерування шаром боросилікатного скла дефектів і забруднюючих поверхню пластин домішок. При цьому істотно поліпшуються електричні характеристики захисного шару SiO₂ і, як наслідок, поліпшуються зворотні характеристики р - п переходів областей охоронного кільця і структур діодів Шотткі.

В таблиці наведені порівняльні результати на партіях пластин, виготовлених з використанням гетерування (розроблена технологія), та пластин, виготовлених по базовій технології.

Таблиця 1. Результати контролю параметрів структур діодів Шотткі з використанням гетерування

Метод виготовлення діода Шотткі з охоронним кільцем	Номер технологічної партії	Середній рівень пробивної напруги р-п переходів областей охоронного кільця в технологічній партії (U _{пр}), В	Вихід придатних діодних структур в технологічній партії, %
Розроблена технологія	1	55	89
	2	53	86
	3	53	88
	4	54	90
	5	52	87
Базова технологія	6	48	83
	7	49	85
	8	45	79
	9	46	82
	10	47	82

Примітка: критерій придатності р – n структур областей охоронного кільця: $U_{\text{пр}} \geq 45\text{В}$ при зворотному струмі $I_{\text{ЗВ}} = 1\text{мА}$.

Як видно з таблиці, розроблена технологія дає можливість підвищити рівень пробивної напруги р-n переходів областей охоронного кільця в середньому на 6,4 В та збільшити вихід придатних діодних структур на 5,8%.

На рис.2 і рис.3 приведені гістограми розподілу зворотного струму досліджуваних діодів Шотткі при використанні статистики вимірювання зворотного струму на 200 діодах.

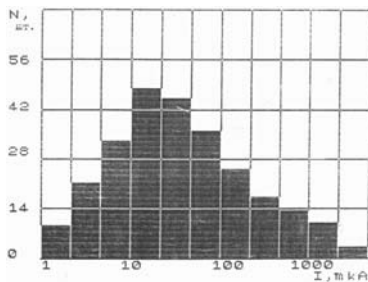


Рис. 2. Гістограма розподілу зворотного струму діодів Шотткі, виготовлених у відповідності з розробленою технологією ($U_{\text{ЗВ}}=40\text{В}$)

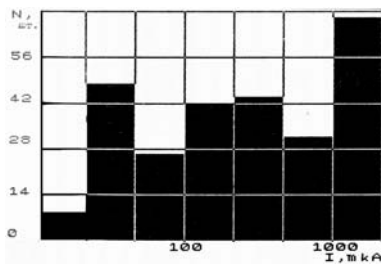


Рис. 3. Гістограма розподілу зворотного струму структур діодів Шотткі, виготовлених по базовій технології ($U_{\text{ЗВ}}=40\text{В}$)

З порівняння гістограм видно, що середня величина зворотного струму діодів, виготовлених у відповідності з розробленою технологією, приблизно у п'ять разів менша по відношенню до діодів, виготовлених по базовій технології, що забезпечить значне підвищення виходу придатних діодів.

Висновки

Таким чином, використання розробленої технології дає можливість суттєво збільшити пробивні напруги р-n переходів областей охоронного кільця та значно зменшити рівень зворотних струмів діодів Шотткі.

Позитивний ефект досягнуто за рахунок гетерування дефектів і неконтрольованих домішок металів з активних областей діодів у процесі відпалу кремнієвих пластин при наявності на їх поверхні шару боросилікатного скла.

Література

1. *Богач Н.В., Гусев В.А., Литовченко П.Г.* Геттерирование дефектов упаковки и примесей тяжелых металлов в кремнии. – Пролупроводниковая техника и микроэлектроника. – Киев, 1981. Вып. 34. - С. 3-20.
2. *Зи С.* Физика полупроводниковых приборов: В 2-х книгах. Кн. 1. – М.: Мир, 1984. – 456с
3. *Рейви К.* Дефекты и примеси в полупроводниковом кремнии. – М.: Мир, 1984. - 475с.
4. *Родерик Э.Х.* Контакты металл – полупроводник. – М.: Радио и связь, 1982. – 208с.

УДК 621.382.28

Улучшение обратных характеристик диода Шоттки с охранным кольцом

М.В. Богач², канд.тех.наук, **П.Л. Бежан**¹, **В.М. Литвиненко**¹, канд.тех.наук, **Н.А. Самойлов**³,

С.В. Шутов³, канд.тех.наук

¹Херсонський національний технічний університет,
Бериславське шоссе, 24, г. Херсон, 73008, Україна.

²Севастопольський національний технічний університет,
ул. Университетская, 33, г. Севастополь, 99053, Україна.

³ИФН НАН України, лабораторія № 23,
ул. Заводська, 76, г. Херсон, 73008, Україна.

Диоды Шоттки используются во многих областях электроники в качестве выпрямительных и импульсных диодов. Технология изготовления диода Шоттки с охранным кольцом позволяет существенно улучшить защиту перехода металл-полупроводник от возможного поверхностного пробоя.

Существующие способы геттерирования структурных дефектов и примесей в кремнии обычно не вписываются в тот или иной технологический маршрут изготовления полупроводникового прибора и поэтому является для него неэффективными. В связи с этим целесообразно разработка технологических приемов геттерирования индивидуальна для каждого типа технологического маршрута изготовления полупроводникового прибора с учетом его индивидуальных особенностей.

Данная работа посвящена исследованию конструктивно-технологических особенностей изготовления диода Шоттки с охранным кольцом и на основе результатов анализа проведения оптимизации технологии его изготовления, направленной на повышение выхода годных диодов.

Разработанная технологии позволяет существенно увеличить пробивные напряжения р-п переходов областей охранный кольца и значительно уменьшить уровень обратных токов диодов Шоттки. Библиограф. 4, рис. 3, табл. 1.

Ключевые слова: геттерирования, диод Шоттки, оптимизация, охранный кольцо, структурные дефекты, примеси.

UDC 621.382.28

Improving the return performance of Schottky diode with a security ring

N.V. Bohach², Ph.D, **P.L. Bezhan**¹, **V.N. Lytvynenko**¹, Ph.D, **M.O. Samoylov**³, **S.V. Shutov**³, Ph.D,

¹Kherson National Technical University,

Beryslavske Highway 24, Kherson, 73008, Ukraine.

²Sevastopol National Technical University,

Str. University 33, Sevastopol, 99053, Ukraine.

³ISP NAS of Ukraine, Laboratory number 23, str. Plant 76,

Kherson, 73008, Ukraine.

Schottky diodes are used in many fields of electronics as pulse rectifier diodes. Manufacturing Schottky diode with a guard ring allows to significantly improve the protection of the metal-semiconductor transition from a possible flashover.

Existing methods of gettering structural defects and impurities in silicon typically do not fit into a particular technological path of manufacturing semiconductor devices and so are ineffective. In this connection it is appropriate to develop technological methods of gettering individual for each type of technological route of manufacturing a semiconductor device, taking into account its specific features.

This work is devoted to the study of design and technological features of making Schottky diode with guard ring and on the basis of the analysis of optimizing its manufacturing technology aimed at improving the diodes' yield.

The developed technology makes it possible to significantly increase the breakdown voltage p-n transitions protective ring areas and significantly reduce reverse current Schottky diodes. References 4, figures 3, tables 1.

Keywords: *gettering, diode Schottky, optimization, safety ring, structural defects, impurities.*

References

1. *Bogach N.V., Gusev V.A., Litovchenko P.G.* (1981), "Gettering of packing defects and heavy metal impurities in silicon". Semiconductor technology and microelectronics. Kiev, MY. 34. Pp. 3-20. (Rus)
2. *Zi S.* (1984), "Physics of Semiconductor Devices: In the 2 books. Book 1". Mir, p. 456. (Rus)
3. *Rayvi K.* (1984), "Defects and impurities in semiconductor silicon". Mir, p. 475. (Rus)
4. *Roderick E. H.* (1982), "Contacts metal-semiconductor". M. Radio and communication, p.208. (Rus)

Поступила в редакцию 25 мая 2013 г.