1. На вершинах зношених (по середині) зубів диску вирізаються плазмолізом пази розміром 40×30мм.

2. З листів ресор вирізаються пластини 50×40мм.

3. Поверхні вирізів та пластині зачищають.

4. Потім пластини вставляють у пази диску і приварюють в кругову з обох сторін, відновлюючи зовнішній діаметр диску.

Таким чином відновлюється зовнішній діаметр диску, його зовнішній вид «Ромашка» та функції робочого органу.

Список використаних джерел

1. Дудак С.М. Дискові ґрунтообробні знаряддя, основні параметри та особливості. / *Механізація та електрифікація сільського господарства*. Вип. 91. 2007. С. 368-371.

2. Войтюк Д.Г.. Гаврилюк Г.Р. Сільськогосподарські машини. Підручник. К.: Урожай, 1994. 446с.

3. Ніжанковський Я.С., Тіхонов О.В. Порівняльна оцінка способів ремонту робочих поверхностей дискових робочих органів. / *Збірник тез доповідей XXIV Міжнародної наукової конференції «Сучасні проблеми землеробської механіки»* 17-19 жовтня 2023 року. МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ, 2023. С. 306-307.

4. Герук С.М., Борак К.В., Нечипоренко В.О. Дослідження зношування робочих органів дискових борін. / Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Випуск 38. Кіровоград: ЦУНТУ, 2008. С. 184-190.

УДК 621.328

ПОЛІПШЕННЯ ЗВОРОТНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДІОДА ШОТТКІ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ГЕТЕРУВАННЯ

Литвиненко В.М. к.т.н., доцент

Херсонський державний аграрно-економічний університет

Розглянуто причини і механізми впливу дефектів і домішок на зворотні струми діода Шотткі. Наведено експериментальні результати впливу операцій гетерування дефектів і домішок на рівень зворотних струмів діодів. Проаналізовано механізми впливу операцій гетерування на зворотні струми діодів.

Вступ. Однією з проблем діодів Шоттки (ДШ) є високий рівень зворотних струмів і низькі, в порівнянні з p-n-переходами, пробивні напруги. Ці явища пов'язані з істотною залежністю зворотних струмів ДШ від якості поверхні діодних структур і впливом на них структурних дефектів і сторонніх домішок [1]. В першу чергу слід відзначити окислювальні дефекти упакування (ОДУ), що утворюються в активних областях діодів при проведенні високотемпературних технологічних операцій [2]. Зазвичай ОДУ розташовуються в приповерхневій

області кристала. Декорування ОДУ домішками важких металів в процесі термічного окислення призводить до того, що в поверхневому шарі кремнію утворюється висока щільність поверхневих станів. Після осадження на таку поверхню молібдену, який формує бар'єр Шотткі, бар'єр на межі поділу метал-напівпровідник стає досить тонким для тунельного проходження електронів з металу в напівпровідник при зворотному зміщенні на переході [3]. Тунелювання є однією з причин спостережуваних так званих «м'яких» зворотних характеристик.

Також слід зазначити вплив на ВАХ діодів Шотткі генерації носіїв струму в області просторового заряду. Генераційний компонент зворотного струму виражається формулою [1]:

$$I_g = qn_i(d/2\tau_Г),$$

де d - ширина області просторового заряду в напівпровіднику, $\tau_Г$ - час життя носіїв струму в збідненій області; q- заряд електрона; n_i - концентрація власних носіїв у напівпровіднику.

Особливо інтенсивно йде генерація носіїв струму в області просторового заряду при наявності високої щільності структурних дефектів (наприклад, ОДУ) в напівпровіднику, так як суттєво зменшується $\tau_Г$.

Постановка задачі. З'ясування причин низького виходу діодів Шотткі на контролі рівня їх зворотних струмів і визначення можливості застосування операцій гетерування для його зниження і підвищення виходу придатних приладів.

Основна частина. Структури досліджуваних діодів виготовлялися за ізопланарною технологією [4] на кремнієвих епітаксіальних структурах n-типу провідності з питомим опором 1 Ом·см і товщиною 3 мкм, вирощених на кремнієвій підкладці, орієнтованої за площиною (111).

Для з'ясування причин високих рівнів зворотних струмів були проведені дослідження на непридатних по зворотному струму діодних структурах, які показали наявність в активних областях ОДУ щільністю 10^4-10^5 $см^{-2}$. Дослідження показали, що найбільш ефективним для придушення ОДУ є метод створення гетеруючої області на зворотному боці пластини за допомогою імплантації іонів фосфору в зворотну сторону пластини і наступного відпалу пластин в суміші азоту і кисню перед осадженням шарів нітриду кремнію [5]. Область гетера на зворотній стороні пластини була сформована за допомогою імплантації іонів фосфору в зворотну сторону пластини з енергією 100 кеВ, дозою $7 \cdot 10^{15} см^{-2}$ на установці «Везувій-5» і наступного відпалу пластин в суміші азоту (120 л / год) і кисню (4 л / год) за температури Т = 1050°С протягом 2,5 год.

Для поліпшення стану поверхні структур діодів і зменшення рівня їх зворотних струмів, які пов'язані з поверхневими витоками, був випробуваний також метод гетерування за допомогою проведення після формування захисного шару SiO_2 дифузії бору в робочу сторону структур, яка проводилася методом відкритої труби з джерела B_2O_3 за температури 1000°С впродовж 30 хв в суміші аргону (110 л/год) і сухого кисню (5 л/год) [6].

Для випробування запропонованої технології виготовлення структур діода

Шотткі були сформовані дослідні партії, кожна з яких ділилася на дві частини: одна частина партії була виготовлена за базовою технологією, інша частина - за розробленою технологи з застосуванням 2 стадій гетерування: 1) гетерування областю гетера, створеної на зворотній стороні пластини перед осадженням нітриду кремнію (перша стадія гетерування); 2) гетерування проведенням дифузії бору в робочу сторону пласти після окислення меза-структур (друга стадія гетерування).

Ефективність використання запропонованої технології оцінювалася за відсотком виходу придатних діодних структур на контролі зворотного струму ($I_{зв}$). Критерій придатності: $I_{зв} \leq 1$ мкА при зворотній напрузі 30 В.

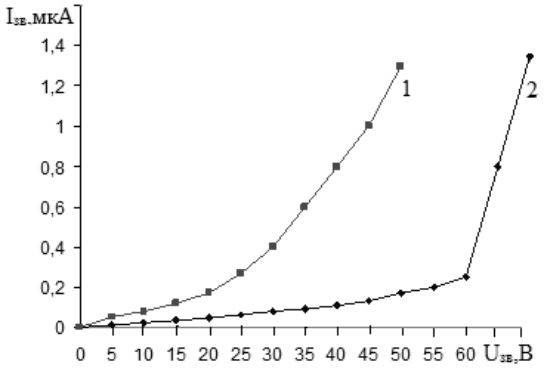
У таблиці 1 наведені порівняльні результати контролю по рівню зворотного струму діодів, виготовлених за базовою технологією і розробленою технологіями з застосуванням 2 стадій гетерування. З таблиці 1 видно, що використання гетерування дозволяє підвищити вихід придатних діодних структур по зворотному струму в середньому на 8,1%. При цьому діодні структури, виготовлені за розробленою технологією, мали рівень зворотних струмів в 4 ... 7 рази нижче в порівнянні з діодними структурами, виготовленими за базовою технологією.

Таблиця 1- Порівняльні характеристики базової і розробленої технологій

Технологія виготовлення діодних структур	Вихід придатних діодних структур на контролі рівня їх зворотних струмів, %
Без використання гетерування	86,2
З застосуванням 2 стадій гетерування	94,3

Проведені перед формуванням випрямляючого контакту металографічні дослідження на стуктурах діодів, виготовлених із застосуванням гетерування, показали відсутність в структурах окислювальних дефектів упакування.

На рис. 1 наведені зворотні гілки ВАХ діодних структур, виготовлених за базовою технологією, а також в разі застосування 2 стадій гетерування структурно-домішкових дефектів. Видно, що застосування гетерування дає можливість істотно знизити рівень зворотних струмів діодів.



1 - виготовленої за базовою технологією; 2 - виготовленої з використанням 2 стадій гетерування

Рис. 1. Вольт-амперні характеристики діодних структур

Висновки. Таким чином, причиною низького відсотка виходу структур діода Шотткі на операції контролю рівня їх зворотного струму є окислювальні дефекти упакування, що утворюються в активних областях діодів в процесі проведення термічного окислення, і домішкові забруднення на поверхні діодних структур. Розроблена технологія виготовлення структур діода Шотткі із застосуванням 2 стадій гетерування структурно-домішкових дефектів дозволяє запобігти утворенню окислювальних дефектів упакування в активних областях діодів і поліпшити стан поверхні діодних структур, що забезпечує зниження рівня зворотних струмів діодів і, як наслідок, підвищення відсотка виходу придатних приладів.

Список використаних джерел

1. Родерик Э.Х. Контакт металл-полупроводник. М.: Радио и связь, 1982. 208с.

2. Ravi K.V. Imperfections and Impurities in Semiconductor Silicon. John Wiley & Sons, New York, 1981. 379 p.

3. Tu K.N., Analisis of marker motion in thin – film silicide formation // J. Appl. Phys, 1977. V.48. №8. P. 3379-3382.

4. Павлов С. М. Основи мікроелектроніки. Навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2010. 224с.

5. Литвиненко В.Н., Богач Н.В. Дефекты и примеси в кремнии и методы их геттерирования // Вісник ХНТУ, 2017. №1(60). С.32-42.

6. Литвиненко В.М., Вікулін І.М. Вплив властивостей поверхні на зворотні характеристики напівпровідникових приладів // Вісник ХНТУ, 2018. №1(64). С.46-56.

УДК 621.793.7

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІЦНЕННЯ ІНСТРУМЕНТУ З ШВИДКОРІЗАЛЬНОЇ СТАЛІ

Клочко О.Ю. д.т.н., професор, Гринько О.А., Бондаренко О.О., Ільїн М.С., здобувачі ВО

Державний біотехнологічний університет

В роботі розглянуті питання зміцнення різального інструменту з швидкорізальної сталі Р6М5К5 шляхом нанесення локального дифузійного покриття. Показано, що покриття, отримане дифузійним способом, має полікристалічну структуру, при цьому розмір зерна становить приблизно 4 мкм

Підвищення якості виробів, що випускаються, можна досягти шляхом забезпечення певних експлуатаційних властивостей, які залежать як від стану структури матеріалу, так і від параметрів стану поверхневого шару деталі. У процесі різання відбувається взаємодія інструменту з матеріалом оброблюваної деталі, що супроводжується складним комплексом фізико-хімічних явищ, а саме поверхневий шар піддається пружнопластичному деформуванню [1, 2].