



МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA**

(11) **119116**

(13) **U**

(51) МПК

H01L 29/47 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2017 03427**

(22) Дата подання заявки: **10.04.2017**

(24) Дата, з якої є чинними
права на корисну
модель: **11.09.2017**

(46) Публікація відомостей
про видачу патенту: **11.09.2017, Бюл.№ 17**

(72) Винахідник(и):

**Дмитрієв Вадим Сергійович (UA),
Дмитрієва Любов Борисівна (UA)**

(73) Власник(и):

**ЗАПОРІЗЬКА ДЕРЖАВНА ІНЖЕНЕРНА
АКАДЕМІЯ,
просп. Соборний, 226, м. Запоріжжя, 69006
(UA)**

(54) СПОСІБ ВИГОТОВЛЕННЯ КОНТАКТІВ З БАР'ЄРОМ ШОТТКІ ДО GaAs

(57) Реферат:

Спосіб виготовлення контакту з бар'єром Шотткі Ag/n-GaAs включає знежирення пластини GaAs, хімічне полірування, напilenня на підкладку срібла крізь спеціальні молибденові маски методом вакуумного випаровування. Пластини n-GaAs з $n_{e.ш.}=10^{15}...10^{17} \text{ см}^{-3}$ після хімічного полірування послідовно промивають в гарячій і холодній дистильованій і деіонізованій воді, витримують у діоксидантній кислоті, промивають в метиловому спирті, напильють срібло при температурі підкладки 353-533 K і відпалюють при температурі 713-883 K протягом $2 \cdot 10^2 - 1 \cdot 10^3$ секунд у вакуумі не гірше $(1,2...2) \cdot 10^{-6}$ Торр.

UA 119116 U

Корисна модель належить до мікроелектроніки, а саме до технології отримання дискретних приладів й інтегральних схем на основі напівпровідникових з'єднань АЗВ5.

Арсенід галію є перспективним матеріалом для мікро- та наноелектроніки.

Вимоги до контактів з бар'єром Шотткі: висока механічна міцність, стійкість по відношенню до агресивних середовищ, високий рівень розсіюваної потужності, широкий діапазон робочих температур. Однією з головних якісних характеристик бар'єра Шотткі є його висота ϕ_b , на величину якої впливають вибір контактної пари, метод нанесення, умови термообробки.

Відомий спосіб формування контакту з бар'єром Шотткі Ag/GaAs (E.R. Weber, J. Washburn. Structure and reliability of Metal contacts to GaAs/ Office of naval research AD-A259 184, Department of Materials Science and Mineral Engineering University of California, Berkeley, CA 94720. - 1991, - 41 с), що включає нанесення срібла на поверхню GaAs (100), сколоту у надвисокому вакуумі, відпал в атмосфері азоту при температурі 678 К продовж 600 секунд. Висота бар'єра дорівнювала 0,9 В, коефіцієнт неідеальності - 1,095.

Недоліком даного способу є недостатня термостабільність контакту, недостатня висота бар'єра.

Відомий спосіб формування контакту з бар'єром Шотткі Ag/GaAs (On the evaluation of Schottky barrier diode parameters of Pd, Au and Ag/n-GaAs/P. Jayavel, J. Kumar, P. Ramasam, R. Premanand.// Indian Journal of Engineering and Materials Sciences. - 2001. - Vol. 7, № 5-6. - P. 340-343), що включає хімічну обробку пластини епітаксійного n-GaAs (100) в ацетоні, метиловому спирті, у розчині HCl:H₂O (1:1) продовж 60 секунд. Напилення срібла на підкладку проводять методом вакуумного випаровування, відпалюють плівку в атмосфері аргону при температурі 703 К протягом 300 секунд. Висота бар'єра Ag/n-GaAs складала $\phi_{bn}=0,82$ В, коефіцієнт неідеальності $n=1,1$.

Недоліками даного способу є низька термостабільність електричних параметрів контакту, недостатньо високі значення висоти потенційного бар'єра.

Найбільш близьким за сукупністю ознак до способу, що заявляється, є спосіб формування контакту з бар'єром Шотткі Ag/GaAs (Пат. України № 95094, МПК Н 01 L 29/47, опублікований 10.12.14, Бюл. № 23/2014), що включає хімічну обробку пластини GaAs в суміші толуолу і метилового спирту (1:2), полірування в суміші 3H₂SO₄-1H₂O₂-1H₂O, витримку у винній кислоті, напилення крізь спеціальну молибденову маску півки срібла на поверхню GaAs(111) при температурі підкладки 373 К, відпал при 823 К протягом 600 секунд у вакуумі $1,2 \cdot 10^{-5}$ Торр. Висота бар'єра Ag/n-GaAs складала $\phi_{bn}=0,9 \dots 0,95$ В.

Недоліком даного способу є недостатня висота бар'єра, порушення морфології поверхні.

В основу корисної моделі поставлена задача розробки способу виготовлення контактів з бар'єром Шотткі до GaAs, в якому за рахунок нових режимів напилення та термічної обробки напиленої півки Ag до GaAs, забезпечується підвищення висоти потенційного бар'єра, поліпшення морфології поверхні контакту.

Для вирішення поставленої задачі у способі виготовлення контакту з бар'єром Шотткі Ag/n-GaAs, що включає знежирення пластини GaAs, хімічне полірування, напилення на підкладку срібла крізь спеціальні молибденові маски методом вакуумного випаровування, згідно з корисною моделлю пластини n-GaAs з $n_{e,ш.}=10^{15} \dots 10^{17}$ см⁻³ після хімічного полірування послідовно промивають в гарячій і холодній дистильованій і деіонізованій воді, витримують у діоксіантарній кислоті, промивають в метиловому спирті, напилюють срібло при температурі підкладки 353-533 К і відпалюють при температурі 713-883 К протягом $2 \cdot 10^2$ - $1 \cdot 10^3$ секунд у вакуумі не гірше $(1,2 \dots 2) \cdot 10^{-6}$ Торр.

Вибір травника пов'язаний з ковалентним характером зв'язку в арсеніді галію, що обумовлює необхідність присутності у травнику окислювача, у більшості випадків до окислювача додається комплексоутворювач, що сприяє відчищенню поверхні від іонів металу. В результаті взаємодії арсеніду галію з перекисом водню утворюються оксиди миш'яку і галію, які видаляються при взаємодії з кислотою.

Якість поверхні після хімічної обробки контролюється на растровому електронному мікроскопі.

Підставою для вибору як контактного матеріалу срібла є те, що температурний коефіцієнт розширення (ТКР) срібла $\alpha_{GaAs}=19 \cdot 10^{-6}$ град⁻¹ можна порівняти з ТКР арсеніду галію ($\alpha_{GaAs}=5,8 \cdot 10^{-6}$ град⁻¹). Срібло добре змочує поверхню арсеніду галію, що забезпечує механічну міцність контакту. Температура евтектики срібла з арсенідом галію - 923 К, температура плавлення срібла -1233,8 К. Срібло індиферентно до кислот та лугів, а також до більшості їдких газів, має добру теплопровідність ($Q_{Ag\ 373}=4,22$ Дж/см·с·град), перехідний шар Ag з GaAs не змінюється у робочому діапазоні температур, а невеликий коефіцієнт дифузії у GaAs ($\gamma_{Ag}=5 \cdot 10^{-13}$ см²/с) порівняно з золотом ($\gamma_{Au}=2 \cdot 10^{-9}$ см²/с), дозволяє зменшити товщину перехідного шару.

Напилення срібла проводять при температурі підкладки 353 K-533 K у вакуумі не гірше $(1,2...2) \cdot 10^{-6}$ Торр. Високий вакуум в процесі термічного випаровування дозволяє отримати металеві плівки без забруднення.

5 Температуру підкладки визначено експериментально встановленими фактами, згідно з якими при температурі підкладки менше 353 K і більше 533 K не спостерігається збільшення висоти бар'єра, покращення морфології поверхні плівки. Після напилення формування контакту проводять у вакуумі не гірше $(1,2...2) \cdot 10^{-6}$ Торр. Температура відпалу 713 K-883 K, час відпалу $2 \cdot 10^2 - 1 \cdot 10^3$ секунд.

10 Максимальне значення залишкового тиску 10^{-6} Торр у вакуумній камері визначається технічними можливостями вакуумної установки.

Висоту бар'єра Шотткі визначають згідно з методом вольт-амперних характеристик. Вольт-амперні характеристики контакту метал-напівпровідник вимірюють за допомогою чотиризондового методу.

15 Температурний та часовий інтервали термообробки ($T=713-883$ K, $t=2 \cdot 10^{-1} - 10$ секунд) визначено експериментально встановленими фактами, згідно з якими при температурі менше 713 K і більше 883 K, а також при часі відпалу більше $1 \cdot 10^3$ секунд або менше $2 \cdot 10^2$ секунд не спостерігається збільшення висоти бар'єра, покращення морфології поверхні плівки.

20 Структура та фазовий склад плівки та приконтактних шарів напівпровідника у випрямляючих контактах з бар'єром Шотткі досліджують за допомогою електронного мікроскопа просвічуючого типу.

Спосіб випробувано в лабораторних умовах.

25 Пластину n-n⁺GaAs(111)В з $n_{e,ш.}=2 \cdot 10^{16}$ см⁻³ знежирювали у суміші толуолу та метилового спирту (1:2), полірували у суміші $3H_2SO_4-1H_2O_2-1H_2O$, промивали в гарячій і холодній дистильованій і деіонізованій воді, витримували у діоксіантарній кислоті продовж $(1...1,3) \cdot 10^3$ секунд, промивали в метиловому спирті. Далі пластину поміщали у робочий об'єм установки УРМ 3279013. На пластину накладали спеціальну молибденову маску. Напилення срібла проводили методом термічного випаровування у вакуумі при залишковому тиску не гірше $(1,2...2) \cdot 10^{-6}$ Торр на підкладку n-GaAs (111) з $n_{e,ш.}=2 \cdot 10^{16}$ см⁻³ при температурі підкладки 393 K, далі піднімали температуру відпалу отриманої структури до 803 K і відпалювали при цій температурі впродовж $6 \cdot 10^2$ секунд у вакуумі не гірше $(1,2...2) \cdot 10^{-6}$ Торр.

30 Напилення наважки срібла проводили до його повного випаровування, що забезпечувало товщину шару 0,5 мкм.

35 Високий вакуум у процесі термічного випаровування дозволяє виготовити металеві плівки без забруднень. Цей метод має значну гнучкість, тому що дозволяє в широких межах регулювати швидкість випаровування матеріалу наважки і температуру підкладки.

Висота бар'єра Шотткі розраховувалась за методом вольт-амперних характеристик, складала $\phi_b=0,98$ В. Коефіцієнт неідеальності $\eta=1,1$.

40 Це є результатом зменшення прошарку між металом і напівпровідником завдяки проницненню металу, утворюючому контакт, в проміжний шар, при цьому збільшується щільність поверхневих станів.

При визначеній температурі, коли проміжний шар майже повністю зникає (тобто, зменшується до моноатомного шару), а щільність поверхневих станів досягає свого максимального значення, висота потенційного бар'єра дорівнює 2/3 ширини забороненої зони напівпровідника.

45 Після відпалу плівок срібла при заданих температурних режимах спостерігається дрібнокристалічна структура з рівномірним розподілом однакових зерен. Розшифрування електроннограми вказує, що при таких температурах у контактній області окрім миш'яку в плівці срібла є невелика кількість галію.

50 Таким чином, у способі виготовлення контакту з бар'єром Шотткі до n⁺GaAs, що заявляється, за рахунок нових режимів напилення та термічної обробки напиленої плівки Ag до GaAs, забезпечується підвищення висоти бар'єра до 0,98 В, поліпшення морфології поверхні контакту. До переваг способу виготовлення випрямляючого контакту з бар'єром Шотткі, що заявляється, належить те, що підйом температури підкладки до заданої, осадження плівки срібла, подальший відпал плівки проводять в єдиному вакуумному циклі за вищезазначених умов, який дозволяє отримувати металеві плівки без забруднень, забезпечувати поліпшення морфології поверхні контакту, підвищувати висоту бар'єра Шотткі до $\phi_b=0,98$ В. Коефіцієнт неідеальності $\eta=1,1$.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

- Спосіб виготовлення контакту з бар'єром Шотткі Ag/n-GaAs, що включає знежирення пластини GaAs, хімічне полірування, напилення на підкладку срібла крізь спеціальні молібденові маски методом вакуумного випаровування, який **відрізняється** тим, що пластини n-GaAs з $n_{e.ш}=10^{15}...10^{17} \text{ см}^{-3}$ після хімічного полірування послідовно промивають в гарячій і холодній дистильованій і деіонізованій воді, витримують у діоксидантарній кислоті, промивають в метиловому спирті, напилюють срібло при температурі підкладки 353-533 К і відпалюють при температурі 713-883 К протягом $2 \cdot 10^2 - 1 \cdot 10^3$ секунд у вакуумі не гірше $(1,2...2) \cdot 10^{-6}$ Торр.

Комп'ютерна верстка О. Рябко

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601