



МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) UA

(11) 119444

(13) U

(51) МПК

H01L 21/28 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2017 03416**

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

(24) Дата, з якої є чинними
права на корисну
модель: **25.09.2017**

(46) Публікація відомостей
про видачу патенту: **25.09.2017, Бюл.№ 18**

(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 ОМІЧНОГО КОНТАКТУ ДО GaAs

(57) Реферат:

Спосіб виготовлення омічного контакту до GaAs включає знежирення пластини GaAs, хімічне полірування, послідовне промивання в гарячій, холодній дистильованій і деіонізованій воді і метиловому спирті, напilenня на підкладку плівки сплаву Ag-Ge-In крізь спеціальні молібденові маски термічним випаровуванням Ag-Ge-In до епітаксійного n-GaAs. При цьому пластину n-GaAs з $n_{e,ш}=10^{15} \text{ см}^{-3} \dots 10^{17} \text{ см}^{-3}$ після поліровки витримують у діоксидантарній кислоті, після промивки в метиловому спирті пластину відпалюють у вакуумі при температурі 860-890 K тривалістю від декількох секунд до декількох хвилин, напильють сплав при температурі підкладки 420-470 K і відпалюють при температурі 880-903 K тривалістю від декількох секунд до декількох хвилин у вакуумі не гірше $1,2 \cdot 10^{-6}$ Торр.

UA 119444 U

Корисна модель належить до мікроелектроніки, а саме до технології отримання дискретних приладів і інтегральних схем на основі напівпровідникових з'єднань АЗВ5, зокрема для створення омичних контактів до всіх типів ганновських приладів.

Опір омичного контакту повинен бути малим в порівнянні з опором об'єму напівпровідника, межа між контактом і напівпровідником повинна бути пласкою, щоб уникнути спотворень електричного поля, контакти повинні бути термічно і електрично стабільні, мати достатню механічну міцність і допускати можливість термокомпресії.

Відомий спосіб формування багатошарового омичного контакту до напівпровідникових з'єднань АЗВ5 (Патент US № 6033976, МПК H01L 21/285, опублікований 7.03.2000), що включає послідовне нанесення на поверхню напівпровідника плівок нікелю, металу з групи Au, Pd, Pt або Ag та плівки германію з подальшим відпалом в атмосфері азоту і водню при температурах 400-750 °C протягом часу від декількох секунд до декількох хвилин. При цьому при нанесенні плівок пропонуваної контактної структури на поверхню напівпровідника вибирається атомне співвідношення нікелю і германію в шарах приблизно 1:1.

Відомий спосіб не дозволяє запобігти ерозії поверхні контакту і неконтрольованому протравленню межі розділу метал-напівпровідник при відпалі контакту.

Відомий спосіб формування багатошарового омичного контакту до n-GaAs (100) (Christou A. Solid phase formation in Au: Ge/Ni, Ag/In/Ge, In/Au: Ge GaAs ohmic contact systems // Solid-State Electronics. - 1979. - Vol. 22, № 2. - P. 141-149). Омичні контакти Au:Ge/Ni, Ag/In/Ge, In/Au:Ge GaAs, де 90 % Au або 90 % Ag, 5 % Ge, 5 % In або 5 % Ni за вагою, виготовлені методом термічного випаровування, термообробка при температурі 600...651 °C продовж 1 хвилини у надвисокому вакуумі. При 640 °C починається мікросегрегація. До недоліків слід віднести виникнення явища агломерації при підвищенні температури відпалу вище 640 °C, що призводить до зміни морфології поверхні та збільшення питомого контактного опору.

Відомий спосіб формування омичних контактів до GaAs n-типу провідності зі сплаву Ag-Ge-In (О.Д. Баранцева, В.Б. Бердацев, Т.В. Критская, В.Н. Конова, В.И. Шепшелей. Изготовление омических контактов к GaAs n-типа проводимости из сплавов Ag-Sn и Ag-Ge-In. Электронная техника. Серия 1. Электроника СВЧ. - 1975. - Вып.12. - С. 98-104), в якому як контактний матеріал використовують сплав срібло-германій-індій, що містить за вагою 75 % Ag, 20 % Ge, 5 % In. Пластины епітаксійного n-GaAs обробляють в суміші метилового спирту і бромі (6:1) (за об'ємом). Температура підкладки 150-180 °C. Після напилення контакти відпалюють у вакуумній трубчастій печі при температурі 650 °C протягом 10 хвилин. Питомий перехідний опір $\rho_k = (1,5...2) \cdot 10^{-2} - (8...9) \cdot 10^{-3} \text{ Ом} \cdot \text{см}^2$. Недоліками даного способу є низька термостабільність електричних параметрів контакту та недостатньо низький контактний опір.

Найбільш близьким за сукупністю ознак до заявленого є спосіб отримання омичних контактів до GaAs n-типу провідності зі сплаву Ag-Ge-In (Пат. України № 84122, МПК H01L 21/28 (2006.01), опубліковано 10.10.13). Спосіб полягає в наступному. Виготовляють контакти Ag-Ge-In (за вагою 75 % Ag, 20 % Ge, 5 % In) до епітаксійного шару GaAs(III) з концентрацією $6 \cdot 10^{15} \dots 2 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$. Пластины GaAs знежирюють в суміші толуолу і метилового спирту (1:2), хімічно полірують в суміші $3\text{H}_2\text{SO}_4 - 1\text{H}_2\text{O}_2 - 1\text{H}_2\text{O}$, послідовно промивають в гарячій і холодній дистильованій і деіонізованій воді, промивають в метиловому спирті, відпалюють при 823 K протягом 1-2 хвилин при залишковому тиску 10^{-5} Торр. Напилення сплаву проводять при температурі підкладки 473-523 K крізь спеціальні Мо-маски у вакуумі $1,2 \cdot 10^{-5}$ Торр. Недоліки: недостатньо низький питомий контактний опір, порушення морфології поверхні плівки.

В основу корисної моделі поставлена задача розробити спосіб виготовлення омичного контакту до GaAs, в якому за рахунок попередньої обробки підкладки, нових режимів напилення та термічної обробки напиленої плівки Ag-Ge-In до GaAs, забезпечується зменшення питомого контактного опору, поліпшення морфології поверхні контакту.

Для вирішення поставленої задачі в способі виготовлення омичного контакту до GaAs, який включає знежирення пластини GaAs, хімічне полірування, послідовне промивання в гарячій, холодній дистильованій і деіонізованій воді і метиловому спирті, напилення на підкладку плівки сплаву Ag-Ge-In крізь спеціальні молибденові маски термічним випаровуванням Ag-Ge-In до епітаксійного n-GaAs, згідно з корисною моделлю, пластину n-GaAs з $n_{e,ш} = 10^{15} \text{ см}^{-3} \dots 10^{17} \text{ см}^{-3}$ після поліровки витримують у діоксидантарній кислоті, після промивки в метиловому спирті пластину відпалюють у вакуумі при температурі 860-890 K тривалістю від декількох секунд до декількох хвилин, напилюють сплав при температурі підкладки 420-470 K і відпалюють при температурі 880-903 K тривалістю від декількох секунд до декількох хвилин у вакуумі не гірше $1,2 \cdot 10^{-6}$ Торр.

Через труднощі легування GaAs домішками з достатньо великою концентрацією (більше 10^{19} см^{-3}) дуже складно створювати контакти з хорошими омичними властивостями. Для

виготовлення омичних контактів до GaAs n-типу використовують системи, які складаються зі сплавів. Для створення омичних контактів в приладах з арсеніду галію повинні використовуватися метали або сплави, які добре розчиняються в ньому або ж створюють евтектичний сплав. Розчинність металу в GaAs визначає ступінь можливого легування приконттактних шарів напівпровідника. Від розчинності арсеніду галію в металі залежить глибина вплавлення металу, від якої залежить якість отриманого омичного контакту. Цю розчинність можна визначити з діаграм стану метал-миш'як-галій.

Матеріал контакту повинен зберегти тип провідності GaAs і володіти достатнім коефіцієнтом дифузії, мати невисоку температуру плавлення (що не перевищує граничну робочу температуру приладу), добре змочувати поверхню GaAs, мати значною теплота електропровідністю, забезпечувати хороші механічні характеристики контакту. Легування металу, що вплавляється, невеликими кількостями домішок зменшує поверхневе натягнення металу. Для срібних сплавів такою домішкою є індій.

Цим вимогам в значній мірі задовольняють контакти зі сплавів срібло-германій-індій, де Ag є основним матеріалом, Ge - легуючою добавкою, In- покращує змочуваність (для GaAs - найкраща змочуваність In виходить при 773 K).

Опір ерозії сплавів на основі срібла визначається захисною дією оксидних плівок, які перешкоджають випаровуванню, але не протидіють контактній провідності. Сплави срібла достатньо добре протистоять корозії, зберігаючи низький контактний опір. Мінімальне значення 20 % за вагою Ge в сплаві визначено тим фактом, що при менших або більших значеннях питомий перехідний опір контактів збільшується незалежно від режимів термообробки. Співвідношення Ge і Ag вибирається таким, щоб відповідати евтектичному складу AgGe. Для створення омичних контактів використовують складні сплави на основі срібла з домішками індію або інших компонентів, які легко окислюються. Легуючі компоненти також введено для зменшення явища агломерації під час відпалу, яке може змінити морфологію та електричні характеристики плівок.

Ковалентний характер зв'язку в арсеніді галію 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.

При обробці поверхні напівпровідників у вакуумі за допомогою попереднього термічного відпалу відбуваються випаровування фізично, хімічно адсорбованих газів з поверхні, газів і легуючих домішок з приповерхневого шару, а також фазові перетворення в твердій фазі та термохімічні реакції.

Якість поверхні напівпровідника після хімічної та термічної обробки контролюється за допомогою растрового електронного мікроскопу.

Максимальне значення залишкового тиску $(1,2...2) \cdot 10^{-6}$ Торр у вакуумній камері визначалося технічними можливостями установки УРМ3279013.

Напилення проводять до повного випаровування навішування для підтримки постійності складу сплаву (температура випаровування In-2273 K, Ag-2483 K, Ge-3103 K). Задана товщина шару (0,1-1,5 мкм) забезпечується випаровуванням певної кількості навішування матеріалу.

Вибір оптимальних значень температурної обробки контактів до GaAs визначається необхідністю створити достатньо товстий шар з підвищеною концентрацією електронів за рахунок легування германієм та не допустити надмірної компенсації у прилеглий до контакту області арсеніду галію за рахунок дифузії срібла. Режим відпалу контакту повинен забезпечити мінімальний питомий перехідний опір контакту та неглибоке залягання межі розділу метал-напівпровідник. Температурний та часовий інтервали термообробки ($T=880-903$ K тривалістю від декількох секунд до декількох хвилин) визначено експериментально встановленими фактами, згідно з якими при температурі менше 880 K та більше 903 K, збільшується питомий контактний опір, порушується морфологія контакту.

Структура та фазовий склад плівки та приконттактних шарів напівпровідника в омичних контактах досліджені за допомогою електронного мікроскопа просвічуючого типу.

Спосіб був випробуваний в лабораторних умовах.

Пластина n-GaAs (111) з $n_{e,sh}=2 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$ знежирювали у суміші толуолу та метилового спирту (1:2), полірували у суміші $3\text{H}_2\text{SO}_4-1\text{H}_2\text{O}_2-1\text{H}_2\text{O}$, послідовно промивали в гарячій і холодній дистильованій і деіонізованій воді, далі підкладку витримували у діоксидантарній кислоті продовж $1,2 \cdot 10^3$ секунд, після чого промивали в метиловому спирті. Напилення сплаву проводили в установці УРМ 3279013 термічним випаровуванням у вакуумі не гірше $(1,2...2) \cdot 10^{-6}$ Торр на підкладку крізь спеціальні молибдєнові маски. Спочатку проводили попередній відпал пластини у вакуумі при температурі 873 K 60 секунд при залишковому тиску не гірше $(1,2...2) \cdot 10^{-6}$ Торр.

Далі знижували температуру до температури підкладки 453 K, напильовали потрійний сплав крізь спеціальні Мо-маски, піднімали температуру до 893 K і проводили відпал напильованої структури протягом 60 с у вакуумі не гірше $1,2 \cdot 10^{-6}$ Торр.

Після відпалу температуру в робочому об'ємі поступово знижували до кімнатної. Питомий контактний опір отриманих контактів складав $\rho_k = (1,2 \dots 1,8) \cdot 10^{-5}$ Ом*см² у порівнянні з $\rho_k = (1,5 \dots 2) \cdot 10^{-4} - (5 \dots 7) \cdot 10^{-5}$ Ом*см² з прототипом. Отримані контакти мали лінійну вольт-амперну характеристику.

Результати дослідження мікроструктури, фазового складу металевої плівки та приконтактного шару напівпровідника на електронному мікроскопі просвічуючого типу показали, що металевий шар мав кристалічну структуру і складався, в основному, з компонентів металів Ag, Ge, In. Германій в поєднанні зі сріблом призводить до отримання n+-шарів в арсеніді галію. Ефективна щільність легуючої домішки в контакті досягала $5 \cdot 10^{19}$ см⁻³. Індій служив тільки для запобігання збирання в краплі евтектичного сплаву, забезпечуючи однорідність фронту вплавлення.

До переваг способу виготовлення омичного контакту, що заявляється, належить те, що попередня термообробка, підйом температури підкладки до заданої, осадження плівки потрійного сплаву, подальший відпал напильованої плівки проводяться в єдиному вакуумному циклі за вищезазначених умов, що дозволяє отримувати металеві плівки без забруднень, знижується питомий контактний опір, покращується морфологія.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб виготовлення омичного контакту до GaAs, який включає знежирення пластини GaAs, хімічне полірування, послідовне промивання в гарячій, холодній дистильованій і деіонізованій воді і метиловому спирті, напильовання на підкладку плівки сплаву Ag-Ge-In крізь спеціальні молибденові маски термічним випаровуванням Ag-Ge-In до епітаксійного n-GaAs, який **відрізняється** тим, що пластину n-GaAs з $n_{e.ш.} = 10^{15} \text{ см}^{-3} \dots 10^{17} \text{ см}^{-3}$ після поліровки витримують у діоксидантарній кислоті, після промивки в метиловому спирті пластину відпалюють у вакуумі при температурі 860-890 K тривалістю від декількох секунд до декількох хвилин, напильовують сплав при температурі підкладки 420-470 K і відпалюють при температурі 880-903 K тривалістю від декількох секунд до декількох хвилин у вакуумі не гірше $1,2 \cdot 10^{-6}$ 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