



УКРАЇНА

(19) UA (11) 66595 (13) U
(51) МПК
H01L 33/26 (2010.01)ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) НАПІВПРОВІДНИКОВА ГЕТЕРОСТРУКТУРА

1

2

(21) u201107599

(22) 16.06.2011

(24) 10.01.2012

(46) 10.01.2012, Бюл.№ 1, 2012 р.

(72) МАСОЛ ІГОР ВІТАЛІЙОВИЧ, ОСІНСЬКИЙ ВОЛОДИМИР ІВАНОВИЧ, ДЕМІНСЬКИЙ ПЕТРО ВІТАЛІЙОВИЧ, ЛЯХОВА НІНА ОЛЕГІВНА

(73) МАСОЛ ІГОР ВІТАЛІЙОВИЧ, ОСІНСЬКИЙ ВОЛОДИМИР ІВАНОВИЧ, ДЕМІНСЬКИЙ ПЕТРО ВІТАЛІЙОВИЧ, ЛЯХОВА НІНА ОЛЕГІВНА

(57) 1. Напівпровідникова гетероструктура, що містить монокристалічний шар, електричні контакти, яка **відрізняється** тим, що напівпровідникова гетероструктура виготовлена із нітриду галію (GaN) на підкладці Al_2O_3 , де між підкладкою (Al_2O_3) та шаром нітриду галію (GaN) розташовано наноструктурований в площині підкладки шар карбїду кремнію (SiC) заданої структурної орієнтації (політипу).2. Напівпровідникова гетероструктура, за п. 1, яка **відрізняється** тим, що підкладка Al_2O_3 виконана із наноструктурованої плівки анодного оксиду алюмінію, на внутрішній та зовнішній поверхні пор якої розташовано наночастиці карбїду кремнію (SiC) або наночастиці нітриду алюмінію (AlN), на якому сформована напівпровідникова гетероструктура.3. Напівпровідникова гетероструктура, за п. 1 або 2, яка **відрізняється** тим, що наноструктурована плівка анодного оксиду алюмінію сформована наповерхні підкладки Al_2O_3 або кремнію або міді або титану або прозорих сафїру або кераміки або скла.4. Напівпровідникова гетероструктура за одним з пп. 1-3, яка **відрізняється** тим, що нанопори наноструктурованої плівки оксиду алюмінію (Al_2O_3) самоорганізовані в матричну структуру з заданою топологією.5. Напівпровідникова гетероструктура за одним з пп. 1-4, яка **відрізняється** тим, що нанопори наноструктурованої плівки оксиду алюмінію (Al_2O_3) об'єднані в мікрокластери з заданою топологією.6. Напівпровідникова гетероструктура за одним з пп. 1-5, яка **відрізняється** тим, що частина нанопор заповнена металами, легуваними напівпровідниками або іншими провідниковими матеріалами (вуглець, пластмаса, кераміка, рідина) для появи електропровідності між окремими зонами поверхні мікрокластерів.7. Напівпровідникова гетероструктура за одним з пп. 1-6, яка **відрізняється** тим, що на поверхні наноструктурованої плівки оксиду алюмінію сформовані шари карбїду кремнію p, r легування чи інші гомо- або гетероструктури між політипами SiC.8. Напівпровідникова гетероструктура за одним з пп. 1-7, яка **відрізняється** тим, що розміри підкладки обмежені типом технологічного обладнання для їх виготовлення.

Корисна модель належить до напівпровідників, а саме до напівпровідникових пристроїв, зокрема до надяскравих світловипромінюючих пристроїв з підвищеною ефективністю, котрі об'єднує використання в них III-нітридних та III-фосфідних матеріалів, що випромінюють видиме світло від ультрафіолетового до інфрачервоного спектрального діапазону та може бути використана для загального та локального освітлення.

Відомий білий яскравий світлодіод та спосіб його виготовлення, який містить підкладку або іншу кристалічну орієнтовану поверхню, на котрій із твердого розчину сполук третьої та п'ятої груп Периодичної системи, зокрема AlGaInNAs, виготовле-

на гетероструктура інжекторів електронів і дірок та активний випромінюючий шар (патент України №56544 А, H01L21/00, Бюл. №5, 2003р.).

До причин, що заважають отримати описаний нижче результат при використанні відомого білого яскравого світлодіода, належить те, що в гетерогенних твердих розчинах є багато напружених нанокластерів з різними ширинами забороненої зони, що може призводити до розтріскування структури і, як наслідок отримання дефективної структури.

Найбільш близьким пристроєм того ж призначення до заявленої корисної моделі за сукупністю ознак є світловипромінююча напівпровідникова

(13) U

(11) 66595

(19) UA

гетероструктура, що включає монокристалічний шар, електричні контакти (Патент України, №57157, H01L33/26, Публікація в офіційному бюлетені "Промислова власність" №3 від 10.02.2011р.).

До причин, що заважають отримати описаний нижче результат при використанні відомої світло-випромінюючої напівпровідникової гетероструктури, належить те, що нанесення моношарів, при реалізації яких існує ймовірність утворення дефектної структури, котра може спричинити як вихід з ладу пристрою так і погіршення його світловипромінюючих характеристик.

В основу корисної моделі поставлено задачу в напівпровідниковій гетероструктурі шляхом розташування між підкладкою n-типу та шаром n-типу активної області III-нітридів та розміщення в структурі принаймні одного шару р-типу, розташованого між підкладкою та верхнім шаром, що формує, принаймні, один р-n перехід в межах пристрою та розміщення безвипрямної маски для з'єднання або шар n-типу або підкладки n-типу з шаром р-типу для протікання електричного струму в пристрої принаймні в одному напрямку забезпечити високий квантовий вихід світла, що суттєво підвищує електропровідність, збільшує показники протікання струму та, як результат, підвищення яскравості світлодіодів, підвищення ККД та зменшення витрат на тепловідлення та тепловідведення.

Поставлена задача вирішується тим, що у напівпровідниковій гетероструктурі, що містить монокристалічний шар, електричні контакти, згідно з корисною моделлю, напівпровідникова гетероструктура виготовлена із нітриду галію (GaN) на підкладці Al_2O_3 , де між підкладкою (Al_2O_3) та шаром нітриду галію (GaN) розташовано наноструктурований в площині підкладки шар карбіду кремнію (SiC) заданої структурної орієнтації (політипу).

В іншій конкретній формі виконання, згідно з корисною моделлю, підкладка Al_2O_3 виконана із наноструктурованої плівки анодного оксиду алюмінію, на внутрішній та зовнішній поверхні пор якої розташовано наночастиці карбіду кремнію (SiC) або наночастиці нітриду алюмінію (AlN), на якому сформована напівпровідникова гетероструктура.

В іншій конкретній формі виконання, згідно з корисною моделлю, наноструктурована плівка анодного оксиду алюмінію сформована на поверхні підкладки Al_2O_3 або кремнію або міді або титану або прозорих сапфіру або кераміки або скла.

В іншій конкретній формі виконання, згідно з корисною моделлю, нанопори наноструктурованої плівки оксиду алюмінію (Al_2O_3) самоорганізовані в матричну структуру з заданою топологією.

В іншій конкретній формі виконання, згідно з корисною моделлю, нанопори наноструктурованої плівки оксиду алюмінію (Al_2O_3) об'єднані в мікрокластери з заданою топологією.

В іншій конкретній формі виконання, згідно з корисною моделлю, частина нанопор заповнена металами, легуваними напівпровідниками або іншими провідниковими матеріалами (вуглець, пластмаса, кераміка, рідина) для появи електропровідності між окремими зонами поверхні мікрокластерів.

В іншій конкретній формі виконання, згідно з корисною моделлю, на поверхні наноструктурованої плівки оксиду алюмінію сформовані шари карбіду кремнію n, р легування чи інші гомо- або гетероструктури між політипами SiC.

В іншій конкретній формі виконання, згідно з корисною моделлю, розміри підкладок обмежені типом технологічного обладнання для їх виготовлення.

Ознаки, що відрізняють технічне рішення від прототипу не виявлені в інших технічних рішеннях при вивченні даної і суміжних областей техніки.

Напівпровідникова гетероструктура зображена на фігурах:

Фіг.1а - напівпровідникова гетероструктура з суцільними буферними шарами SiC.

Фіг.1б - напівпровідникова гетероструктура з "дрібними" нанопорами та напрямками "потоків" газових реагентів ($d/1 \ll 1$).

Фіг.1в - напівпровідникова гетероструктура з глибокими нанопорами та напрямками "потоків" газових реагентів ($1/d > 1$, або $l > L_{\text{газ.молекул}}$, де L - довжина вільного пробігу молекул газової фази).

Фіг.3 - формування селективно-епітаксійного шару карбіду кремнію (SiC) або нітриду алюмінію (AlN) (46) в системі нанопор (3)

Фіг.4 - формування металічного шару в структурі нанопор підкладки оксиду алюмінію (Al_2O_3) (2).

Фіг.5 - формування контактних областей напівпровідникової гетероструктури та активної області світло випромінюючої структури.

Фіг.6 - залежність дефектності епітаксійних шарів карбіду кремнію (SiC) або нітриду алюмінію (AlN) від глибини пор в оксиді алюмінію.

На Фіг.1а зображено початкові шари для формування напівпровідникової гетероструктури, як такі використана підкладка (1) оксиду алюмінію (Al_2O_3) (2) на котрій розташовано буферний шар карбіду кремнію (SiC) (3) або нітриду алюмінію (AlN) (4).

Фіг.1б зображає структуру, що складається з підкладки (1), як така можуть бути використані такі матеріали як: Al_2O_3 , Si, Al, Cu та інші; буферний шар наноструктурованого оксиду алюмінію (Al_2O_3) (2) на поверхні якого розташована система нанопор (5), котрі за допомогою газових реагентів зарощені відповідними матеріалами. В даному конструктивному варіанті враховано варіант при якому довжина нанопори - менша або рівна ширині нанопори.

На Фіг.1в зображено структуру, що складається з підкладки (1), як така використані такі матеріали як: Al_2O_3 , Si, Al, Cu та інші; буферний шар наноструктурованого оксиду алюмінію (Al_2O_3) (2) на поверхні якого розташована система нанопор (5). В даному конструктивному варіанті враховано варіант, при якому довжина нанопори - набагато більша за ширину нанопори.

На Фіг.2 зображено напівпровідникову гетероструктуру, котра виконана з підкладки (1) як такі можуть використовуватись: Al_2O_3 , Si, Al, Cu та інші матеріали в залежності від задач даної напівпровідникової гетероструктури; наноструктурованого шару оксиду алюмінію (Al_2O_3) (2), на внутрішній та зовнішній поверхні нанопор (5) якої розташовано

латеральний наночар карбіду кремнію (SiC) (3) або нітриду алюмінію (AlN) (4), та який використано задля підвищення структурної якості шляхом зменшення дефектності між підкладкою (Al_2O_3) (1) та шаром нітриду галію (GaN) (6).

Фіг.3 зображено напівпровідникову гетероструктуру, котра виконана з підкладки (1) в якості якої можуть використовуватись: Al_2O_3 , Si, Al, Cu та інші матеріали в залежності від задач даної напівпровідникової гетероструктури; наноструктурованого шару оксиду алюмінію (Al_2O_3) (2), нанопори (5) якого зарощено селективно-епітаксійним шаром карбіду кремнію (SiC) (3) або нітриду алюмінію (AlN) (4), на поверхні якого розташовано латеральний наночар карбіду кремнію (SiC) (3) або нітриду алюмінію (AlN) (4) та який використано в тому числі задля підвищення структурної якості шляхом зменшення дефектності між підкладкою (Al_2O_3) (1) та шаром (GaN) (6) який, в свою чергу нанесено на латеральний наночар (5).

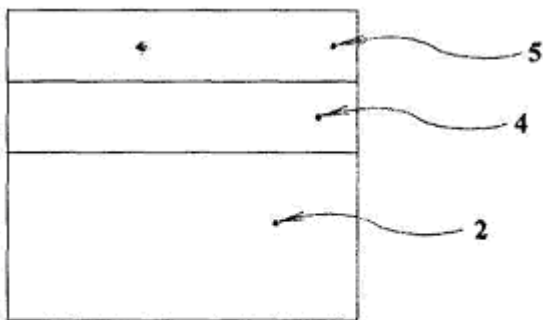
На Фіг.4 зображено напівпровідникову гетероструктуру, що виконана з підкладки (1) в якості якої можуть використовуватись: Al_2O_3 , Si, Al, Cu та інші матеріали в залежності від задач даної напівпровідникової гетероструктури; наноструктурованого шару оксиду алюмінію (Al_2O_3) (2), в який введено шар металу (7) як такий можуть бути використані: Ga, In, Au, Al та інші; селективно-епітаксійний шар карбіду кремнію (SiC) (3) або нітриду алюмінію (AlN) (4).

На Фіг.5 зображено напівпровідникову гетероструктуру, котра виконана з підкладки (1) в якості якої можуть використовуватись: Al_2O_3 , Si, Al, Cu та інші матеріали в залежності від задач даної напівпровідникової гетероструктури, на котрому сформовано металічний контакт (7). Наступним кроком реалізації напівпровідникової гетероструктури є нанесення наноструктурованого шару оксиду алюмінію (Al_2O_3) (2), нанопори (5) якого зарощені по чергово шаром карбіду кремнію (SiC) (3) або нітриду алюмінію (AlN) n-типу (4), на котрому сформована активна область InGaN (8) з квантовими точками, на котру нанесено шар карбіду кремнію (SiC) (3) або нітриду алюмінію (AlN) n-типу (4). Дана структура покрита латеральним шаром карбіду кремнію (SiC) (3) або нітриду алюмінію (AlN) (4). Сформовано контакт (+).

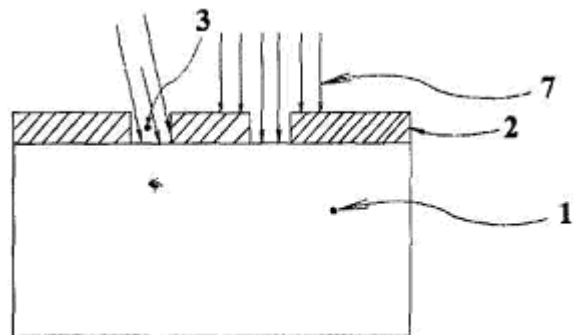
Однією з можливих процедур формування напівпровідникової гетероструктури є отримання

заданої кількості слоїв, маніпуляція даними прошарками та введення до їх складу матеріалів призначених для покращення характеристик напівпровідникової гетероструктури задля забезпечення оптимальних значень ефективності світлового випромінювання.

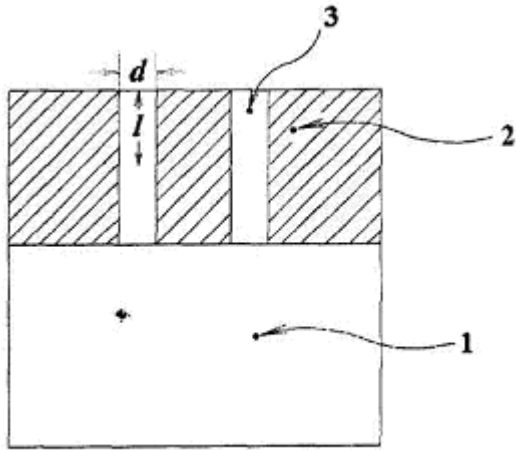
При різних конструктивних виконаннях напівпровідникової гетероструктури кількість та склад слоїв буде змінюватись. На Фіг.16 представлена гетероструктура котра формується з підкладки (1) як така можуть бути використані матеріали Al_2O_3 , Si, Al, Cu та інші. На підкладку (1) епітаксійно нарощено буферний шар наноструктурованого оксиду алюмінію (Al_2O_3) (2) на поверхні якого технологічно розташована система нанопор (3) заданого діаметру та глибини, котрі в процесі введення газових реагентів в систему, призначену для створення напівпровідникових гетероструктур зарощено відповідними матеріалами. В процесі формування напівпровідникової гетероструктури, в одному конструктивному варіанті її виконання, технологічно створено умови для забезпечення довжини нанопор меншої або рівної ширини нанопор. В іншому конструктивному варіанті забезпечено технологічний режим, котрий призводить до отримання напівпровідникової гетероструктури, при якому в слоях наноструктурованого оксиду алюмінію (Al_2O_3) система нанопор буде виконана з врахуванням довжини нанопор, що є набагато більшою за ширину нанопор. В системі нанопор або безпосередньо на підкладці (1), перед наноструктурованим шаром оксиду алюмінію (2) нанесено металічний контакт та подальше зарощування системи нанопор відповідно до заданих технологічних режимів прошарком карбіду кремнію (SiC) або нітриду алюмінію AlN (4г) n-типу, на котрому для отримання світлового випромінювання сформовано активна область InGaN з квантовими точками для одержання великої щільності електронів і дірок, чим підвищено квантову ефективність напівпровідникової гетероструктури. На активному слої технологічно сформовано шар карбіду кремнію (SiC) або нітриду алюмінію (AlN) n-типу (4в). Дана структура покрита латеральним шаром карбіду кремнію (SiC) або нітриду алюмінію (AlN) (4а) та сформовано контакт (+) для обміну енергією з джерелом живлення.



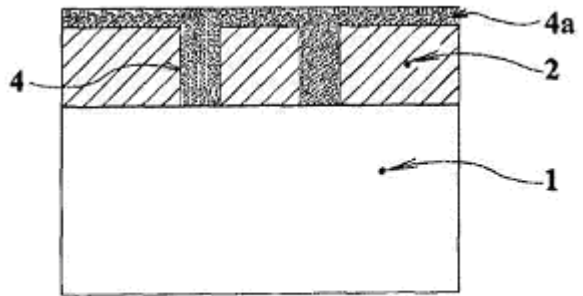
Фіг. 1а



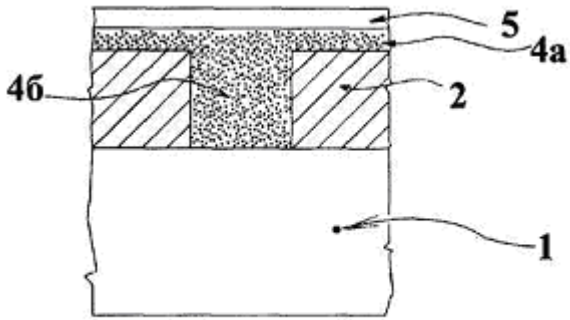
Фіг. 1б



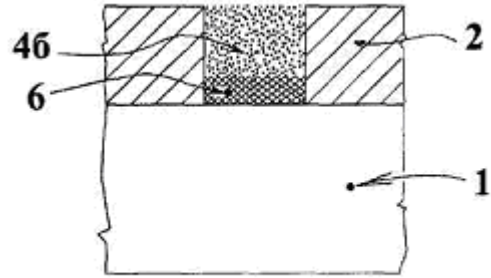
Фиг. 1в



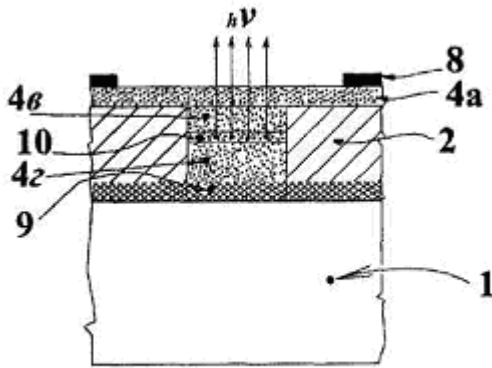
Фиг. 2



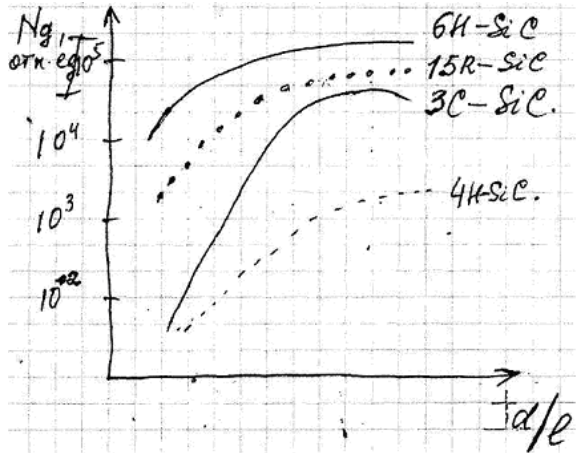
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6