



УКРАЇНА

(19) **UA**

(11) **100623**

(13) **U**

(51) МПК

C23C 14/28 (2006.01)

C23C 14/54 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2014 06016**

(22) Дата подання заявки: **02.06.2014**

(24) Дата, з якої є чинними
права на корисну
модель: **10.08.2015**

(46) Публікація відомостей
про видачу патенту: **10.08.2015, Бюл.№ 15**

(72) Винахідник(и):

**Прудніков Анатолій Михайлович (UA),
Лінник Олексій Іванович (UA),
Линнік Тетяна Олексіївна (UA)**

(73) Власник(и):

**ДОНЕЦЬКИЙ ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИЙ
ІНСТИТУТ ІМ. О.О. ГАЛКІНА НАН
УКРАЇНИ,
проспект Науки, 46, Дон ФТІ НАН України,
м. Київ, 03680 (UA)**

(54) СПОСІБ ОТРИМАННЯ МАСИВУ КВАНТОВИХ ТОЧОК ТИПУ "ЯДРО-ОБОЛОНКА" НА ОСНОВІ НІТРИДУ НІКЕЛЮ

(57) Реферат:

Спосіб отримання масиву квантових точок типу "ядро-оболонка" на основі нітриду нікелю за допомогою розпилювання мішені в планарному магнетроні постійного струму малої потужності (до 20 Вт). Згаданий масив формується в одностадійному процесі розпилювання нікелевої мішені на підкладку в атмосфері буферного газу, який являє собою суміш аргону і азоту. Концентрація азоту в суміші буферного газу складає 70...100 об. %.

UA 100623 U

Область техніки:

Корисна модель належить до технології отримання плівкових наноматеріалів і може бути використана у наноелектроніці.

Наноматеріали з квантовими точками мають великий потенціал практичного використання в області наноелектроніки, наприклад, для розробки нових принципів побудови надмініатюрних світлогенеруючих пристроїв.

Рівень техніки:

Для отримання квантових точок типу "ядро-оболонка", як правило, застосовується метод колоїдного синтезу напівпровідникових квантових точок для органічних світловипромінюючих діодів (OLED) (C.W. Tang, S.A. Vanslyke. Appl. Phys. Lett, V. 51, 913 (1987)).

Іншим методом отримання квантових точок є вирощування з допомогою рідкофазної епітаксії (РФЕ) наногетероструктур з масивами квантових точок (Патент України UA 94699 C2-C30B19/00; C30B29/00; H01L21/20, опубл. 2011 р.) і метод виробництва нітридіндієвих квантових точок в процесі металорганічної парової епітаксії (Патент США US 6,966,948 B2-C30B25/12; C30B25/14, опубл. 2005 р.)

Відомий метод виробництва надмонодисперсних нанокристалів CdSe (квантових точок) з використанням прекурсорів, що включають металевий іон і координуючий ліганд (Патент США US Patent 2008/0044340 A1-B82B3/00; C01B17/20; C01B19/04; C01G11/02; C01G13/00; C01G21/22; C01G3/12; C01G9/08, опубл. 2008 р.), а також метод формування масиву напівпровідникових InAs-квантових точок у матеріалах з невідповідністю постійних ґратки на похилій підкладці GaAs (Патент США US 6,683,013 B2-H01L21/00; опубл. 2004 р.)

Відзначені методи отримання масивів квантових точок вимагають надзвичайно дорогої технологічної апаратури, прецизійної системи керування, а також використання небезпечних токсичних та нестабільних реагентів.

Таким чином, аналіз існуючого положення справ свідчить про достатню актуальність отримання масиву квантових точок типу "ядро-оболонка" засобами, які б потребували менш затратної і складної технології.

Спосіб, який пропонується, в своїй основі має широкоросповсюджений спосіб магнетронного розпилювання мішені на діелектричну підкладку. При цьому використовується планарний магнетрон постійного струму з плоским катодом і кільцевим анодом. Як прототип було вибрано спосіб отримання напівпровідникових плівкових матеріалів з низькорозмірними структурами, зокрема до способу отримання Ge квантових точок з великим відношенням висоти до ширини за допомогою технології магнетронного розпилювання (Патент Китаю № CN102534533 (A)-B82Y40/00; C23C14/16; C23C14/35; C23C14/58, опубл. 2012 р.). При цьому використовувався двостадійний метод з низькою ростовою температурою і високою температурою відпалу. Метод використовує технологію магнетронного розпилювання на постійному струмі, в робочій камері зберігається високовакуумне середовище, аргон використовується як буферний газ. Шар плівки Ge, менше 30 нм, безпосередньо росте на матеріалі підкладки кремнію за умови, що тиск розпилювання в робочій камері складає 0,5...2 Па, діапазон температур зростання 200...500 °С, потужність розпилювання в діапазоні 50...100 Вт. У тій же камері проводиться відпал в діапазоні температур 600...800 °С і далі при пониженні температури до кімнатної формується один шар Ge-квантових точок.

До недоліків вказаного рішення слід віднести двостадійність, що робить його досить складним. Крім того вказаний спосіб забезпечує отримання тільки безоболонкових квантових точок.

Загальною ознакою прототипу і корисної моделі, що заявляється, є вирощування плівко-носіїв масиву квантових точок за допомогою технології магнетронного розпилювання.

Задачею пропонованої корисної моделі є отримання плівок, які міститимуть масив квантових точок типу "ядро-оболонка" на основі нітриду нікелю в одностадійному процесі.

У основу корисної моделі поставлена можливість формування на поверхні підкладки нанорозмірних кристалітів нітридних фаз Ni_3N і Ni_2N в процесі магнетронного розпилювання нікелевої мішені. При цьому як буферний газ використовується суміш аргону з азотом з концентрацією останнього 70...100 об. %. Така велика концентрація азоту в ростовій атмосфері забезпечує утворення нітридних фаз нікелю Ni_3N і Ni_2N , розмір кристалітів яких регулюється власне концентрацією азоту, температурою підкладки і часом росту. Температура підкладки встановлюється в діапазоні 150...250 °С. З іншого боку, концентрація азоту, що заявляється, надмірна для формування стехіометричного нітриду Ni_3N і Ni_2N . Тому зайвий азот, що не увійшов до складу кристалітів, з'єднуючись з вуглецем і воднем (їх віддає в ростову атмосферу паромасляний насос напілювальної установки) і залишковим киснем повітря, витісняється на

поверхню кристалітів і формує навколо них аморфну оболонку. Товщина оболонки також регулюється концентрацією азоту в буферному газі, температурою підкладки і часом росту.

Таким чином, спосіб, що заявляється, дозволяє отримувати на підкладках масив квантових точок типу "ядро-оболонка" на основі нітриду нікелю. Перевагами способу є одностадійність процесу отримання масиву, низька температура осадження, можливість простого регулювання як розміру точок, так і їх щільності у площині вирощеної плівки.

Відомості, що підтверджують можливість реалізації корисної моделі:

3D-масиви квантових точок типу "ядро-оболонка" на основі нітриду нікелю отримували в планарному магнетроні постійного струму з пласким нікелевим катодом (діаметром 40 мм). Потужність розряду магнетрона не перевищувала 20 Вт. Як буферний газ використовували суміш аргону і азоту при концентрації азоту 70...100 об. %. Робочий тиск в камері складав ~ 25 Па. Температура підкладки дорівнювала 250 °С. Час росту складав 20 хв.

Були отримані плівкові структури, осаджені на підкладки зі скла. Структури складалися з елементів, які покривали всю площу підкладки (Фіг. 1), і які мали форму, близьку до сферичної розміром, близько 30 нм. У деяких місцях ці елементи об'єднані в агрегати розміром до 500 нм. Рентгенівські дифрактограми (Фіг. 2) однозначно показали наявність в даних структурах кристалітів нітридних фаз Ni_3N і Ni_2N . Розмір кристалітів, оцінений за формулою Дебая-Шерера з розширення рентгенівських рефлексів, склав менше 10 нм. В той же час хімічний аналіз даних структур, виконаний із застосуванням енергодисперсійного спектрометра INCA Penta Feti3 на електронному мікроскопі JEOL Jsm-6490 LV, підтвердив наявність азоту в кількості, що перевищує його вміст в стехіометричних сполуках Ni_3N і Ni_2N , а також вуглецю і кисню. Цей надмірний азот в з'єднанні з вуглецем і киснем формує аморфну оболонку навколо кристаліту нітриду нікелю. Таким чином, експериментальні результати дозволяють інтерпретувати дані плівкові структури саме як масив квантових точок, що є кристалітами нітридів Ni_3N і Ni_2N розміром < 10 нм, які оточені аморфною оболонкою (сполуки із зовнішнім діаметром ~ 30 нм).

У ряді експериментальних робіт були отримані і досліджені структури з елементами типу "ядро-оболонка", ядром в яких є нікельвмісний метал (A.A. El Mel, E. Gautron, B. Angleraud, A. Granier, P.Y. Tessier. Synthesis of nickel-filled carbon nanotubes at 350 °C // Carbon, 2011, V. 49, P. 4595-4607; V.R. Galakhov, A.S. Shkvarin, A.S. Semenova, M.A. Uimin, A.A. Mysik, N.N. Shchegoleva, A. Ye. Yermakov, and E.Z. Kurmaev. Characterization of Carbon-Encapsulated Nickel and Iron Nanoparticles by Means of X-ray Absorption and Photoelectron Spectroscopy // J. Phys. Chem. C 2010, V. 114, P. 22413-22416; Hisato Tokoro, Shigeo Fujii, Shunsuke Muto, Saburo Nasu. Fe-Co and Fe-Ni magnetic fine particles encapsulated by graphite carbon // J. Appl. Phys. 2006, V. 99, 08Q512-3). У цих роботах при сумісному осадженні металу і вуглецю прямо показано формування сферичних і циліндрових елементів, в яких металеве ядро мало діаметр близько 10 нм, а товщина оболонки близько 5 нм. Ці результати підтверджують можливість оточення металевого ядра органічною оболонкою. При цьому тільки у першій з цих робіт був застосований комбінований метод магнетронного розпилювання нікелевої мішені і CVD в атмосфері метану. У решті робіт магнетронний спосіб не застосовувався.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Спосіб отримання масиву квантових точок типу "ядро-оболонка" на основі нітриду нікелю за допомогою розпилювання мішені в планарному магнетроні постійного струму малої потужності (до 20 Вт), який **відрізняється** тим, що згаданий масив формується в одностадійному процесі розпилювання нікелевої мішені на підкладку в атмосфері буферного газу, який являє собою суміш аргону і азоту.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що концентрація азоту в суміші буферного газу складає 70...100 об. %.

3. Спосіб за п. 2, який **відрізняється** тим, що тиск буферного газу складає 25 Па.

4. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що температура підкладки складає 150...250 °С.

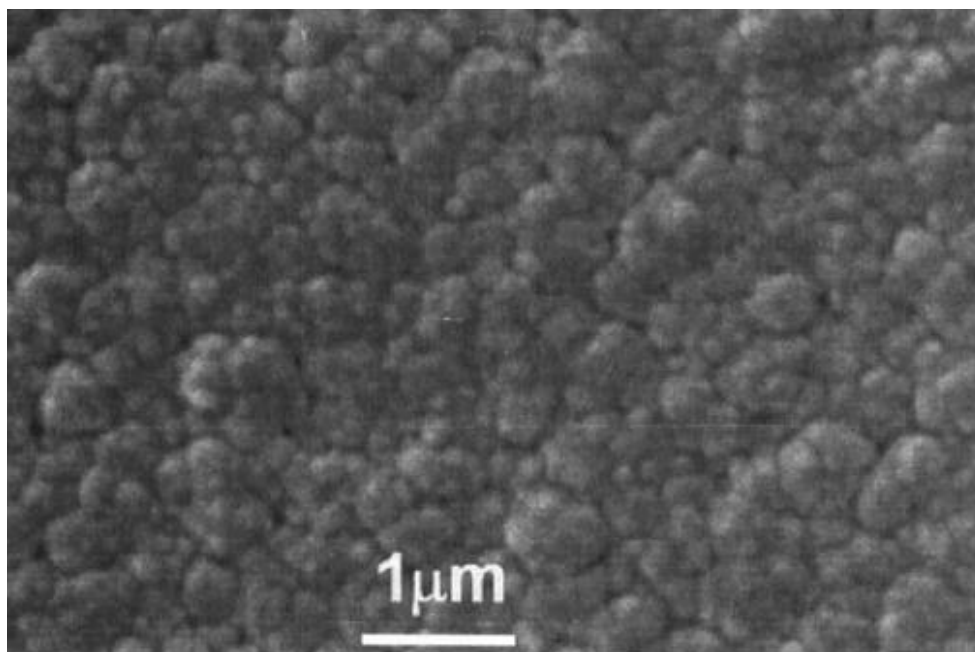


Fig. 1

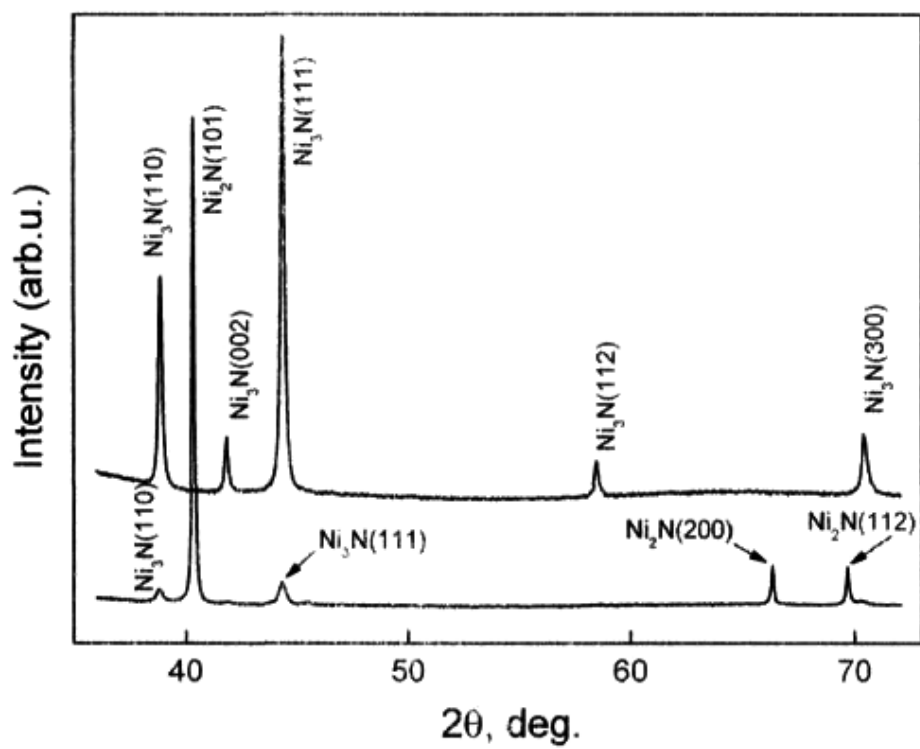


Fig. 2

Комп'ютерна верстка Л. Ціхановська

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

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