



УКРАЇНА

(19) UA (11) 43859 (13) U  
(51) МПК (2009)  
B82B 3/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ  
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

## (54) СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ ПРОВІДНИХ НАНОСТРУКТУР

1

(21) u200814631

(22) 19.12.2008

(24) 10.09.2009

(46) 10.09.2009, Бюл.№ 17, 2009 р.

(72) ПОСПЕЛОВ ОЛЕКСАНДР ПЕТРОВИЧ, КА-  
МАРЧУК ГЕННАДІЙ ВАСИЛЬОВИЧ, ЛЕБЕДЬ  
ОЛЕНА КОСТЯНТИНІВНА, АЛЕКСАНДРОВ ЮРІЙ  
ЛЕОНІДОВИЧ(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
"ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"(57) Спосіб одержання провідних наноструктур, що  
включає зустрічне переміщення двох струмопідво-

2

дів до виникнення між ними електричного контакту, причому принаймні один із цих струмопідводів у місці контакту загострений, після виникнення контакту між струмопідводами пропускають струм 1-500 мкА і реєструють опір та після декількох циклів різкого падіння й різного зростання опору, які відбуваються автоматично, струм відключають, який відрізняється тим, що перед одержанням наноструктури на поверхню незагостреного струмовідводу наносять плівку твердого електроліту з провідністю по іонах металу, з якого виготовлений незагострений струмопідвід.

Корисна модель стосується способів одержання нанооб'єктів і може бути використана для дослідження атомної структури твердих тіл шляхом аналізу спектрів електрон-фононної взаємодії, для вивчення квантових ефектів провідності шляхом аналізу великих масивів резистометричних даних, а також в аналітичній техніці при виготовленні чутливих елементів точково-контактних газових сенсорів для виявлення й визначення концентрацій ряду донорних і акцепторних газів, зокрема, H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>.

Відомі способи одержання точкових контактів, засновані на зустрічному механічному переміщенні двох струмопідводів, один із яких виконаний у вигляді гостро заточеної голки, а другий - у вигляді пластини, площина якої перпендикулярна до осі переміщення струмопідводів (так званий спосіб «голка-ковадло») [1]. У загальному випадку поверхня струмопідводів покрита шаром продуктів взаємодії матеріалів, з яких вони виготовлені, з компонентами атмосфери. Взаємне зіткнення струмовідводів приводить до руйнування цих шарів через високий тиск в точці дотику вістря голки до контроелектроду. При цьому реалізується безпосередній точковий контакт між матеріалами, з яких виготовлені струмопідводи. До недоліків цього методу належить висока ймовірність деформації голки, що приводить до небажаного збільшення концентрації дефектів структури матеріалів в контактній області, тобто знижує довжину вільного

пробігу носіїв заряду. Все це обумовлює тепловий режим пробігу електронів через точковий контакт, що може викликати його термічне руйнування. Крім того, створення нового точкового контакту вимагає заміни голки або виконання операцій її повторного заточення й відпалу. Отже, процес одержання масивів даних для серії точкових контактів, що виготовляють за даним способом, досить трудомісткий і вимагає великих витрат часу.

До способів одержання точково-контактних нанооб'єктів належить також відомий спосіб створення розламних контактів [2], що полягає в зустрічному переміщенні двох струмопідводів, утворених шляхом розламу цільного провідного матеріалу протяжної форми на ділянці попередньо виготовленого звуження. У місці розламу кожний із двох струмопідводів має досить малі розміри, аж до розмірів, порівнянних з атомним діаметром. Це дозволяє вважати торці струмопідводів, які зближаються, загостреними. Контакт, що утворюється при зіткненні струмопідводів, також має розміри порівняні з діаметром атома і може розглядатися як нанооб'єкт. Взаємне переміщення струмопідводів у протилежному напрямку приводить до руйнування нанооб'єкта. В результаті повторного зведення струмопідводів утворюється новий точковий контакт. Розглянутий спосіб характеризується незначним часом виготовлення нанооб'єкта, особливо при використанні п'єзодрайвера. Частота мікропереміщень, яку задає п'єзодрайвер, відповідає в

(13) U

(11) 43859

(19) UA

цьому випадку кількості точкових контактів, створюваних в одиницю часу.

До недоліком способу є поява структурних деформацій у зоні контакту при механічному зіткненні струмопідводів, що приводить до росту концентрації дефектів і зниженню довжини вільного пробного носіїв струму у кожному зі знову створюваних контактів. В результаті основна кількість точкових контактів, створюваних в одному циклі, не відповідає чистій межі й не може бути використана як інструмент для вивчення балістичного режиму протікання струму в атомно-розмірних об'єктах навіть при температурах рідкого гелію.

Відомий також, обраний за прототип, спосіб одержання провідних наноструктур, заснований на механічному способі „голка-ковадло”, що включає зустрічне переміщення двох струмопідводів до виникнення між ними електричного контакту, причому, принаймні один із цих струмопідводів у місці контакту загострений. Після виникнення контакту між струмопідводами пропускають струм 1-500мкА і реєструють опір та після декількох циклів різкого падіння й різного зростання опору, які відбуваються автоматично, струм відключають [3]. Струм і напруга є параметрами, що управляють процесом, і допускають легке й тонке регулювання. Одержувані за цим способом точкові контакти мають низьку концентрацію дефектів структури й високі значення довжини вільного пробігу носіїв заряду, які забезпечують балістичний режим прольоту електронів через канал точкового контакту вже при кімнатній температурі. Зустрічне переміщення струмовідводів здійснюється шляхом електрохімічного вирощування між ними дендрита, причому в зоні «м'якого» зіткнення вершини дендрита із протилежним струмовідводом утворюється наноструктура без появи структурних деформацій. Формування дендриту відбувається у середовищі рідкого електроліту.

Недоліками цього способу є необхідність герметизації системи точкового контакту і рідкого електроліту, що використовується в процесі формування точкового контакту, або видалення рідкого електроліту. Наявність рідкої фази ускладнює конструкцію приладу, в якому використовується зазначена наноструктура. У разі використання системи, в якій точковий контакт занурений у розчин електроліту, конструкція має бути герметичною, щоб запобігти випаровуванню електроліту. Герметизація обмежує доступ газоподібних аналітів до точкових контактів і унеможливає їх використання у якості чутливих елементів газових сенсорів. Якщо використовувати систему, в якій точковий контакт контактує з атмосферним повітрям, виникає ризик руйнування структури точкового контакту під час видалення рідкого електроліту.

В основу корисної моделі поставлено задачу вдосконалення і підвищення механічної стабільності точкових контактів, одержаних електрохімічним способом.

Поставлена задача досягається тим, що в способі одержання провідних наноструктур, що включає зустрічне переміщення двох струмопідводів до виникнення між ними електричного контак-

ту, причому, принаймні один із цих струмопідводів у місці контакту загострений, після виникнення контакту між струмопідводами пропускають струм 1-500мкА і реєструють опір та після декількох циклів різкого падіння й різного зростання опору, які відбуваються автоматично, струм відключають, у відповідності з винаходом, поверхня незагостреного струмовідводу в місці контакту струмопідводів містить плівку твердого електроліту з провідністю по іонам металу, з якого виготовлений незагострений струмопідвід.

Технічний результат досягається формуванням дендриту, що утворює точковий контакт з контрелекτροдом, у твердофазному середовищі. Наявність твердого електроліту дає можливість уникнути присутніх в прототипі як герметизації, так і операції видалення електроліту, яка спряжена з можливістю руйнування точкового контакту. Матриця твердого електроліту забезпечує механічну стабільність твердого контакту. Завдяки наявності природних дефектів структури твердого електроліту забезпечується проникнення газоподібних аналітів в зону точкового контакту.

Для реалізації способу, який заявляється, поверхня незагостреного струмопідводу містить плівку твердого електроліту товщиною від 0,01 до 0,5мкм з провідністю по іонам металу, з якого виготовлений незагострений струмопідвід. Струмопідводи переміщують назустріч один одному до виникнення між ними електричного контакту, причому, струмопідвід, що не містить плівку твердого електроліту, у місці контакту загострений. Після виникнення контакту між струмопідводами пропускають струм 1-500мкА і реєструють електричний опір та після декількох циклів різкого падіння й різкого зростання опору, що відбуваються автоматично (т.зв. автоколювання), у момент різкого падіння опору струм відключають. Таким чином, досягається утворення наноструктури у вигляді точкового контакту вершини сформованого між струмопідводами дендрита і контрелектрода. Структура точкового контакту, створена електрохімічним шляхом, наближається до структури монокристала, тобто характеризується високою впорядкованістю й низькою концентрацією дефектів. Це забезпечує максимального досягнути при кімнатній температурі довжину вільного пробігу електронів в зоні сформованої наноструктури, що суттєво розширює її функціональні можливості у складі сенсорних пристроїв.

Джерела інформації:

1. A.V. Khotkevich and I.K. Yanson. Atlas of Point Contact Spectra of Electron-Phonon Interactions in Metals. Kluwer Academic Publishers, Boston/Dordrecht/London, 1995.

2. Yu.G. Naidyuk and I.K. Yanson. Point-Contact Spectroscopy. Springer Verlag, New York, 2004.

3. Пат. 32638 України, МПК В82В 3/00. Спосіб одержання провідних наноструктур: 32638 України, МПК В82В 3/00 О.П. Поспелов, Г.В. Камарчук, В.В. Фісун, Ю.Л. Александров, О.І. Пилипенко (Україна); НТУ «ХПИ». - №u200800142; Заявл. 02.01.2008; Опубл. 26.05.2008, Бюл. №10 (прототип).

