



УКРАЇНА

(19) UA (11) 41750 (13) U
(51) МПК (2009)
B82В 3/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ ПРОВІДНИХ НАНОСТРУКТУР

1

2

(21) u200814007

(22) 05.12.2008

(24) 10.06.2009

(46) 10.06.2009, Бюл.№ 11, 2009 р.

(72) ПОСПЄЛОВ ОЛЕКСАНДР ПЕТРОВИЧ, UA,
ПИЛИПЕНКО ОЛЕКСІЙ ІВАНОВИЧ, UA, АЛЕКСА-
НДРОВ ЮРІЙ ЛЕОНІДОВИЧ, UA, КАМАРЧУК
ГЕННАДІЙ ВАСИЛЬОВИЧ, UA(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
"ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ", UA(57) 1. Спосіб одержання провідних наноструктур,
що включає зустрічне переміщення електродів до
виникнення між ними електричного контакту, один
з яких загострений у вигляді голки, причому після

виникнення контакту його механічно переривають,
а в область контакту вводять електроліт, що міс-
тить іони того ж металу, з якого виготовлені елект-
роди, який відрізняється тим, що до електроліту
попередньо додають іммобілізуючий іони агент;
після витримки електроліту впродовж 20-30хв. з
моменту внесення іммобілізуючого агента між
електродами пропускають струм силою 1-500 мкА і
реєструють опір системи в процесі автоколивань;
в момент різкого падіння опору системи струм від-
ключають.

2. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що як
іммобілізуючий агент може бути використаний
агар-агар, крохмаль, желатин.

Запропоновано новий спосіб одержання точ-
кових контактів, які можуть бути використані для
дослідження тонкої структури твердих тіл шляхом
аналізу спектрів електрон-фононої взаємодії,
вивчення квантових ефектів провідності шляхом
аналізу великих масивів резистометричних даних,
а також в аналітичній техніці при виготовленні чут-
ливих елементів точково-контактних газових сен-
сорів для виявлення й визначення концентрацій
ряду донорних та акцепторних газів, зокрема, H₂S,
SO₂, NH₃, CO.

Існують різні способи виготовлення точкових
контактів. Відомі способи одержання точкових кон-
тактів, засновані на зустрічному переміщенні двох
електродів, один з яких представляє собою гостро
заточену голку, а другий - пластину, розташовану
перпендикулярно осі переміщення голки [1]. У за-
гальному випадку поверхня електродів вкрита ша-
ром продуктів взаємодії матеріалів, з яких вони
виготовлені, з компонентами атмосфери. Для
отримання контакту необхідно зруйнувати ці шари
в точці дотику вістря голки до контрелектроду. При
цьому реалізується безпосередній точковий кон-
такт між матеріалами, з яких виготовлені електро-
ди. 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. Це
обумовлює тепловий режим проходження носіїв

заряду через точковий контакт, що може виклика-
ти 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, які виготовляють за
даним способом, вимагає значних витрат часу та
праці.

До способів одержання точково-контактних
структур належить також відомий спосіб створення
розламних контактів [2], що полягає в зустрічному
переміщенні двох електродів, утворених шляхом
розламу цільного провідного матеріалу протяжної
форми на ділянці попередньо виготовленого зву-
ження. У місці розламу кожний із двох електродів
має досить малі розміри, аж до розмірів, порівнян-
них з декількома атомними діаметрами. Це дозво-
ляє вважати кінці електродів загостреними. Кон-
такт, що утворюється при зведенні електродів,
також має розміри порядку атомних діаметрів і
може розглядатися як нанооб'єкт. Взаємне розве-
дення електродів у протилежні напрямки приво-
дить до руйнування контакту. Розглянутий спосіб
характеризується незначним часом виготовлення
точкової структури, особливо при використанні
п'єзодрайвера. Частота мікропереміщень, яку за-
дає п'єзодрайвер, відповідає в цьому випадку кіль-
кості точкових контактів, створюваних в одиницю
часу. Разом з тим спосіб за прототипом має недо-
ліки, основним з яких є поява структурних дефор-

(13) U

(11) 41750

(19) UA

мацій у зоні контакту при механічному зведенні електродів, що приводить до росту концентрації дефектів і зниженню довжини вільного пробігу носіїв заряду у створюваних контактах. В результаті основна кількість точкових контактів, отриманих 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.

Одним з найбільш простих і надійних способів, який обраний за прототип, є електрохімічний, заснований на використанні автоколивального ефекту [3]. Одержані за цим способом точкові контакти мають низьку концентрацію дефектів структури й високі значення довжини вільного пробігу носіїв заряду. При цьому проліт носіїв заряду через точкові контакти відбувається в балістичному режимі вже при кімнатній температурі, що свідчить про високу якість отриманих структур. Результат досягається тим, що механічний контакт електродів в даному способі замінюється на електрохімічне вирощування між ними дендриту. При цьому в зоні «м'якого» контакту вершини дендрита із протилежним електродом утворюється мінімальна кількість структурних деформацій. Оскільки один з електродів (катод) виготовлений у вигляді голки і розташований перпендикулярно до поверхні іншого електроду (аноду), то при зануренні вістря голки в електроліт та підключенні струму на ньому має місце підвищення концентрації силових ліній електричного поля і, внаслідок цього, висока катодна густина струму. Це створює умови для появи й росту дендрита. Через певний час вершина одного із дендритів закорочує міжелектродний простір і місці торкання вершини дендрита з контрелектродом утворюється точковий контакт. Однак в момент утворення цей контакт стає анодно поляризованим по відношенню до ділянки поверхні голки, зануреної у електроліт, що за умови подальшого протікання постійного струму приводить до електрохімічного розчинення точкового контакту, тобто до його руйнування. Після руйнування в утвореному міжелектродному проміжку знову спостерігається ріст дендрита і створення нового точкового контакту. Таким чином, в системі реалізується автоматичний режим створення та руйнування точкових наноструктур з широким діапазоном опорів. Шляхом відключення струму можна зупинити процес автоколивальності і вибрати точковий контакт з потрібними характеристиками.

Точкові контакти за цим способом отримують, переміщуючи електроди назустріч один одному до виникнення між ними електричного контакту, причому, принаймні один з них повинен бути загострений. Після появи контакту його механічно переривають, в область контакту вводять рідкий електроліт, що містить іони того ж металу, з якого виготовлені електроди, і підключають отриману систему до схеми живлення і вимірювання.

Основним недоліком такого способу є використання рідких електролітів, які випаровуються в процесі синтезу, не забезпечуючи постійності концентрації іонів металу та інших фізико-хімічних параметрів розчину і, внаслідок цього, стаціонар-

ності умов перебігу електрохімічних реакцій, що необхідно при багаторазовому створенні точкових контактів в даній електродній системі. У зв'язку з цим, мають бути забезпечені додаткові заходи по герметизації робочого об'єму. Це ускладнює процес створення точкових контактів і робить його нетехнологічним. Крім того, рідкі електроліти не здатні захистити отримані точкові контакти від механічних впливів, які можуть виникати при роботі.

В основу корисної моделі поставлено задачу - створити такий спосіб створення точкових контактів, який забезпечуватиме незмінність умов синтезу і виключатиме вплив механічних коливань на вже отриману структуру.

Поставлена задача досягається за рахунок використання способу одержання провідних наноструктур, що включає зустрічне переміщення електродів до виникнення між ними електричного контакту, один з яких загострений у вигляді голки, причому після виникнення контакту його механічно переривають, а в область контакту вводять електроліт, що містить іони того ж металу, з якого виготовлені електроди, і до якого попередньо додають іммобілізуючий іоні агент; після витримки електродів впродовж 20-30хв. з моменту внесення іммобілізуючого агента між електродами пропускають струм силою 1-500мкА і реєструють опір системи в процесі автоколивальності; в момент різкого падіння опору системи струм відключають.

Іммобілізовані електроліти мають вигляд студнів в яких іони металів внаслідок взаємодії з іммобілізуючим агентом зафіксовані в полімероподібній матриці [4]. Це обумовлює здатність подібних систем у контакті з атмосферою довго підтримувати стабільність свого стану, забезпечуючи стаціонарність умов перебігу електрохімічних реакцій, що є важливим з технологічної точки зору. У відповідності до результатів досліджень час стабілізації складає не менше 20-30хв. Після стабілізації електроди, занурені у іммобілізований електроліт, підключаються до схеми живлення для створення точкових контактів і вимірювання їх параметрів.

Для реалізації способу електроди переміщують назустріч один одному до виникнення між ними електричного контакту, причому, принаймні один з них повинен бути загострений. Після появи контакту його механічно переривають, в область контакту вводять електроліт, до якого безпосередньо перед введенням додають іммобілізуючий іоні агент. Після витримки електроліту впродовж 20-30хв. з моменту внесення іммобілізуючого агента отриману систему підключають до схеми живлення, створюють точковий контакт, пропускаючи між електродами пропускають струм 1-500мкА і реєструють опір системи в процесі автоколивальності; в момент різкого падіння опору системи струм відключають. В результаті досягається утворення точкового контакту у вигляді дендрита, сформованого між електродами. Цей контакт характеризується високою впорядкованістю й низькою концентрацією дефектів.

Все це забезпечує максимально досягнути при кімнатній температурі довжину вільного пробігу носіїв заряду в сформованих точкових контактах і підвищену механічну стабільність, що суттєво

розширює функціональні можливості сенсорних пристроїв на базі цих структур.

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. Поспелов О.П., Камарчук Г.В., Фісун В.В., Александров Ю.Л., Пилипенко О.І. Спосіб одержання провідних наноструктур. Патент на корисну модель. 32638, МПК В82В 3/00. Опубл. 26.05.2008. Бюл. №10.

4. Михайлов О.В. Желатин - иммобилизованные металлокомплексы. -М.: Научный мир, 2004.