

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОННОЇ СТРУКТУРИ НАНОДРОТІВ VTM-AU

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Проведено дослідження фізико-хімічних властивостей нанодротів VTM-Au методами рентгенівської фотоелектронної спектроскопії з кутовою роздільною здатністю. Встановлено, що отримані гібридні вірус-неорганічні конструкції надають перевагу взаємодії нанодротів з підкладкою через зв'язок C-N, а зв'язок N-C=O характеризує зв'язок віріонів один з одним.

Ключові слова: фотоелектронна спектроскопія, наночастинки золота, нанодріт, хімічний зв'язок, вірус-неорганічна сполука.

Abstract

Studies of physical-chemical properties of nano-wires T MV has been done by means of x-ray photo-electronic spectroscopy with angular resolution. It has been found that found hybrid virus-nonorganic constructions give preference to interaction of nano-vires with undercoat through C-N link, while N-C=O link characterises of wirions to each other.

Keywords: photo electronic spectroscopy, nano-particles of gold nano-wire, chemical link, tobacco mosaic virus, virus-non-organic compound.

Вступ

На даний час у світі проводяться інтенсивні дослідження з використанням VTM у виробництві нанодротів, наноструктурованих плівок, твердо тільної наноелектроніки та медицині. Для створення фундаментальних основ мікротехнологій необхідне широке вивчення фізико-хімічних властивостей біонаноматеріалів, що використовуються для створення наноструктур. Рентгеноспектральні методи дають вичерпну інформацію про електронну структуру біонеорганічних конструкцій, яка відкриває широкі можливості для фізики наноматеріалів та нанотехнологій.

Результати дослідження

Рентгенівські фотоелектронні спектри остових рівнів елементів досліджуваних нанодротів були отримані на рентгенівському спектрометрі фірми "JEOL". Робочий вакуум під час експерименту становив 10^{-7} Па. Використовувалося випромінювання магнієвого аноду з енергією лінії Mg K α 1253,6 еВ. Енергетична роздільна здатність становила 0,1 еВ. Калібрування енергій зв'язку здійснювалось по Au 4f-лінії 87.5 еВ.

При отриманні рентгенівських фотоелектронних спектрів O1s, C1s, N1s и Si 2p з "кутовою роздільною здатністю", кут ϕ між нормаллю зразка та пучком становив $0^\circ \pm 30^\circ$ (рис. 1.1).

Дослідження проводились при кімнатній температурі. Температурне поверхневе зміщення не перевищувало 0,05 нм/с, що за даних розмірів досліджуваних ділянок не вплинуло на отримані результати.

Для зручності інтерпретації та аналізу отриманої інформації всі спектри було зведено в єдину енергетичну шкалу. Основні піки спектрів (рис.1.2, спектри (3-5)) біля 286.0 еВ характеризують взаємодії C-O и C-N; цей факт підтверджується даними робіт [1-3], тоді як низькоенергетична особливість (біля 284.0 еВ) відображає взаємодії C-C и C-H, які є характерними для інтерфази, однак мають на порядок більшу інтенсивність, ніж сигнал від підкладки після іонного травлення. Відповідно до цього, прояв цієї особливості пов'язаний з віріонами, які нанесені на поверхню. Гранично слабкий сигнал Si 2p також характеризує майже повну ізоляцію інтерфази зразка для виходу фотоелектронів. Зміщення енергії зв'язку Si 2p в ділянку низьких енергій ~ 0.9 еВ свідчить про надходження додаткової електронної густини до атомів.

Найбільший ефект спостерігається на спектрах нітрогену (рис. 1.2). Особливості на 399.4 еВ и 395.9 еВ відображають C=N та C-N зв'язки, відповідно, що підтверджується даними роботи [5]. Енергетична невідповідність цих особливостей особливостям спектрів підкладки після травлення

свідчать про те, що дані особливості характеризують в основному зв'язки всередині віріонів і майже не відображають станів нітрогену у підкладинці. Їхня гранично низька інтенсивність свідчить про їхню низьку частку у складі вірусного білка

Характерна кутова залежність піка на 395.9 еВ характеризує С-N зв'язки з підкладинкою, тоді як особливість на 399.4 еВ не залежить від кута, оскільки подвійний зв'язок C=N наявний лише у складі віріона, що підтверджується даними роботи [6].

Перше іонне травлення нанесених вірусів за напруги 1кВ та струму 20 мА протягом 5хв призвело до суттєвих змін структури спектрів. Відбувається перерозподіл інтенсивності між особливостями спектру карбону (рис. 1, спектр 6). Особливість на 284.4 еВ, що відображає С-С і С-N зв'язки стає інтенсивнішою, ніж особливість на 286.0 зВ, що характеризує зв'язки типу С-О та С-N. Цей факт підтверджується даними роботи [7, 8]. Слід вважати, що відбувається часткове руйнування білка, і тому піки, що характеризують зв'язок віріонів з матрицею, спостерігаються більш чітко.

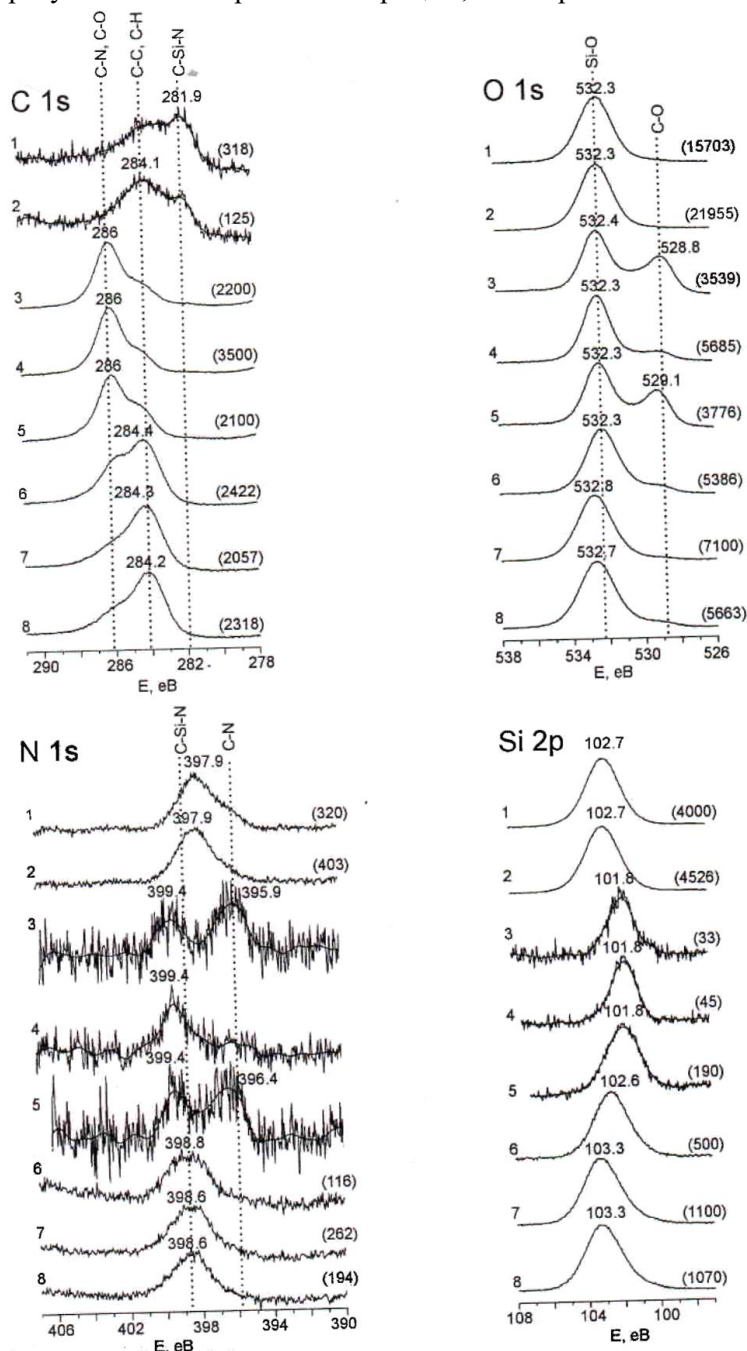


Рис.1. Рентгенівські фотоелектронні спектри: 1- пластина SiO₂ після травлення (3кВ; 30мА; 16хв), φ=0°; 2- φ=+30°; 3- на протравлену пластину SiO₂ нанесли ВТМ-Au, φ=0°; 4- φ=+30°; 5- φ=-30°; 6- травлення зразка (1кВ; 20мА; 5хв), φ=0°; 7- зразка (1кВ; 20мА; 5хв) φ=0°; 8- φ=+30°; де φ кут між нормаллю зразка та пучком, який підлягав детекції.

Для спектра N 1s спостерігається лише один пік, інтенсивність якого дещо збільшується. Його енергетична локалізація не дозволяє однозначно вказати тип зв'язка, якому він відповідає. Швидше за все це зв'язки C-Si-N, які зазнали суттєвої модифікації внаслідок взаємодії вірусу з наночастинками золота. У той же час енергетичне положення піка силіцію у спектрі відображає майже початкову ситуацію до моменту нанесення вірусу за винятком інтенсивності піка, яка майже у 8 разів менша від початкової за рахунок проходження фотоелектронів через віріон. Таке положення піка зумовлене тим, що кремній бере малу участь у модифікації поверхні.

Менш за все змінюється спектр кисню, зберігаючи як інтенсивність, так і положення головного максимуму, що характерні для випадку відображеному на рис. 1.2, спектр 4.

Друге іонне травлення в режимі 1 кВ/20 мА протягом 5 хв, призводить до переважання особливості біля 284.3 еВ на спектрі карбону, яка характеризує зв'язки C-C і C-N. Особливість, яка відповідає за взаємодію C—O і C—N, є мало вираженою для різних кутів виходу, що свідчить про те, що відбулось значне руйнування зв'язків у віріоні, а на поверхні зберігається плівка, для якої властиві зв'язки між атомами карбону. При цьому спектри нітрогену мало модифікуються; відбувається лише зростання інтенсивності до початкового значення, отриманого для підкладки. Енергетичне положення максимуму цього спектра дозволяє зробити висновок про те, що відбулась значна модифікація поверхні. Спектри силіцію та кисню демонструють стан, близький до SiO₂.

Висновок

Проведено дослідження фізико-хімічних властивостей отриманих нанодротів методами рентгенівської фотоелектронної спектроскопії з "кутовою роздільною здатністю". Встановлено, що зміщення енергії зв'язку Si 2p в ділянку низьких енергій -0.9 еВ свідчить про надходження додаткової електронної густини до атомів силіцію, та, швидше за все, пов'язано з утворенням зв'язків Si-C-O. Особливість на 529.0 еВ відображає зв'язок віріону із підкладкою (зв'язок Si-O-C). Зміна хімічних властивостей підкладки переважно визначається утворенням C-C зв'язків на поверхні. Взаємодію нанодротів з підкладкою характеризує C-N зв'язок, подвійний зв'язок C=N наявний лише у складі віріона.. Довжина отриманої гібридної біонеорганічної вірусно-золотої конструкції 300 нм.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. S.Majumder et.al. X-ray photoelectron spectroscopic investigations of modifications in plasmid DNA after interaction with Hg nanoparticle // J. Applied Surface Science 256 (2009) 438-442.
2. J. Ni et al. Bonding structure of a-CN_x:H films obtained in methane- nitrogen system and its influence on hardness // Thin Solid Films 516 (2008) 7422-7426.
3. K. Funato et al. a-Man monolayer formation via Si-C bond formation and protein recognition // J. Thin Solid Films 518 (2009) 699-702.
4. Shou-Yong Jing, Heon-Ju Lee, Chi Kyu Choi. Chemical Bond Structure on Si-O-C Composite Films with a Low Dielectric Constant Deposited by Using Inductively Coupled Plasma Chemical Vapor Deposition // J. of Korean Physical Society, Vol. 41, No. 5 p. 769-773, 2002.
5. J. Ni et al. Bonding structure of a-CN_x:H films obtained in methane-nitrogen system and its influence on hardness // Thin Solid Films 516 (2008) 7422-7426.
6. Hao-Wen Guo, Lian Zhu, Lei Zhang et al. Influence of NH₃ plasma treatment on chemical bonding and water adsorption of low-k SiCOH filtri // J. Microelectronic Engineering, No.85 (2008), pp.2114-2117., Rauf, Sakandar (2010) Quantum dot encoded magnetic beads for multiplexed fluorescence biosensing. PhD thesis, University of Glasgow.
7. S. Libertino et al. Layer uniformity in glucose oxidase immobilization on SiO₂ surfaces // Applied Surface Science 253 (2007) 9116-9123.
8. G. Polzonetti, C. Battocchio, M. Dettin et al. Self-assembling peptides: A combined XPS and NEXAFS investigation on the structure of two dipeptides Ala-Glu, Ala-Lys // J. Materials Science and Engineering C 28 (2008)309-315.

Касіяненко Василь Харитонович - д-р.ф.-м. наук, професор кафедри загальної фізики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Бурдейний Володимир Мefодійович - к.ф.-м. наук, професор кафедри загальної фізики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, brdnvldmr@ukrnet.mail

Kasiyanenko Vasyl Kharytonovych - Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor of the Department of General Physics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Burdeinyu Volodymyr Mefodiyovych – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Professor of the Department of General Physics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.