

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES

ISSN 1991-346X

Volume 1, Number 299 (2015), 53 – 55

**GAS SENSITIVE ELECTRICAL PROPERTIES
OF SILICON NANOWIRES**

Z. Zh. Zhanabayev, E. Sagidolda, M. K. Ibraimov

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

E-mail: Margulan_88@mail.ru

Key words: Silicon nanowires, metal-assisted chemical etching, frequency dispersion, organic gases.

Abstract. Samples of silicon nanowires obtained by metal-induced chemical etching, are examined. Microphotoes are studied by scanning electron microscopy. Gas sensitive electrical properties of silicon nanowires are experimentally shown. It is found that in a few seconds sample reacts maximally to the organic gases. Frequency dispersion of the conductivity of silicon nanowires allows to determine the polar and nonpolar organic gases. Also silicon nanowires can be used as a humidity sensor.

УДК 539.23; 539.216.1

**ГАЗОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
НАНОНИТЕЙ КРЕМНИЯ**

З. Ж. Жанабаев, Е. Сагидолда, М. К. Ибраимов

Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

Ключевые слова: нанонити кремния, металл-индуцированное химическое травление, частотная дисперсия, органические газы.

Аннотация. Исследованы образцы нанонитей кремния, полученные методом металл-индуцированного химического травления. Изучены микрофотографии с помощью сканирующей электронной микроскопии. Экспериментально показаны газочувствительные электрические свойства нанонитей кремния. Установлено, что за несколько секунд после подачи органического газа образец реагирует максимально. Частотная дисперсия проводимости нанонитей кремния позволяет определять полярные и неполярные органические газы. Также нанонити кремния могут использоваться в качестве датчика влажности.

Известно, что электрическое сопротивлениеnanostructuredированного полупроводника меняется при адсорбции газов и сильно зависит от при поверхности области используемого материала [1, 2]. От обычных электронных датчиков nanostructuredированные сенсоры отличаются использованием в качестве чувствительных элементов наночастиц или веществ на их основе [3-6]. Целью данной работы является исследование сенсорных электрических свойств кремниевых нанонитей (КНН), полученные методом металл-индуцированного химического травления (МИХТ). В работе исследовалось влияние паров этанола, метанола, хлороформа, ацетонитрила и толуола на поверхность КНН.

Экспериментальные результаты. Обычно получают КНН, как и другие наноматериалы, двумя основными способами, которые включают в себя методы «сверху вниз» и «снизу вверх». Наиболее недорогостоящим и простым вариантом получения КНН является метод МИХТ (рисунок 1).

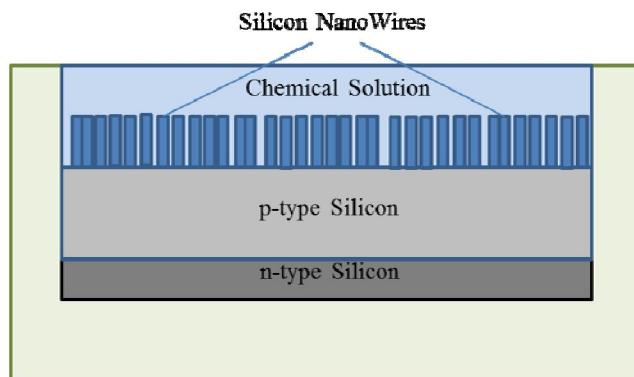


Рисунок 1 – Блок схема получения кремниевых нанонитей методом металл-индуцированного химического травления

Данный метод состоит из 3 этапов, которые включают в себя нанесение катализатора (как правило, наночастицы серебра, никеля, платины, золота) на поверхность кристаллического кремния, рост КНН в растворе, содержащего плавиковую кислоту и перекись водорода и очистка протравленной поверхности от остатков наночастиц благородного металла.

Изменяя температуру среды, время осаждения катализатора на поверхность и концентрацию жидкости для травления, ориентацию поверхности и уровень легирования подложки можно получить КНН с разными морфологиями и свойствами.

В настоящей работе в качестве подложек были использованы р-тип монокристаллического кремния с кристаллической ориентацией поверхности (100). После процедуры травления образовались КНН, показанные на рисунке 2. Видно, что высота и диаметр КНН достигают порядка 8 мкм и 20-200 нм, соответственно. Расстояние между нитями 50-100 нм.

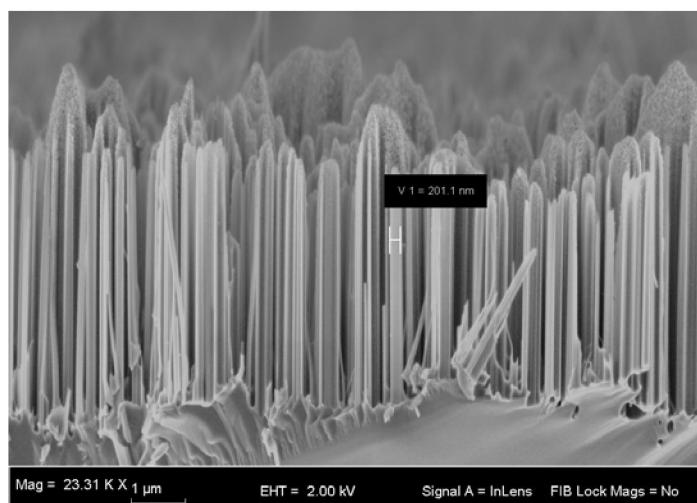


Рисунок 2 – Микрофотография кремниевых нанонитей, полученная электронным микроскопом

Далее методом напыления были нанесены непосредственно на поверхность КНН металлические контакты диаметром 1 и 2 мм и толщиной 300 нм. После чего образец помещался в камеру, куда подавалась струя органического газа. Экспериментальные данные показали, что КНН являются отличными сенсорами влажности и органических газов. На рисунке 3 представлены изменения тока КНН по времени в разных газовых средах при постоянном напряжении 500 мВ.

До 500 секунд был подан определенный газ на нанонити кремния. Также наблюдается мгновенное реагирование КНН после подачи газа, что свидетельствует повышенные чувствительные свойства данного nanostructured датчика.

После отключения газа значение тока КНН стремится к исходному состоянию, образец легко восстанавливается без дополнительных внешних воздействий.

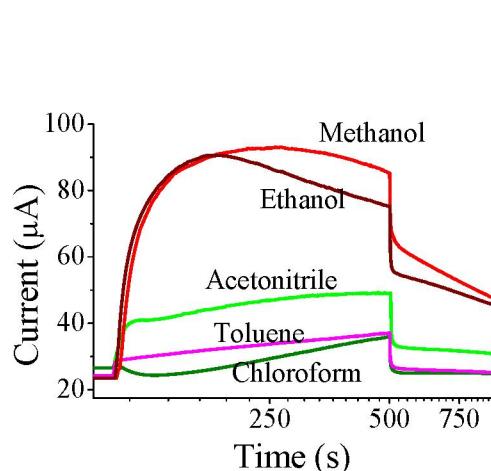


Рисунок 3 – Временное изменение силы тока через нанонитей кремния при воздействии органических газов

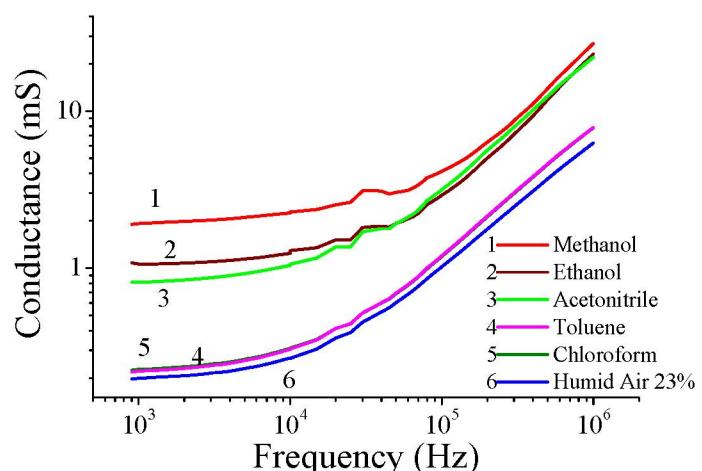


Рисунок 4 – Частотная дисперсия проводимости нанонитей кремния

По частотной дисперсии проводимости (измеренной в миллиСименсах) кривые для различных газов тоже заметно отличаются между собой (рисунок 4). При этом кривые разделились на две группы, что соответствует к разной полярности данных органических газов. Электрическая проводимость нанонитей при наличии неполярных газов толуола, хлороформа при комнатном влажном воздухе меняется более резко с повышением частоты поданного переменного напряжения.

REFERENCES

- [1] F. Demami, L. Ni, R. Rogel, A.C. Salaun, L. Pichon. Silicon nanowires based resistors as gas sensors. *Sensors and Actuators B*, **2012**, Vol. 170, p. 158-162 (in Eng.).
- [2] L. Ni, E. Jacques, R. Rogela, A. C. Salaün, L. Pichon, G. Wenga. VLS silicon nanowires based resistors for chemical sensor applications. *Procedia Engineering*, **2012**, Vol. 47, p. 240-243 (in Eng.).
- [3] Bairui Tao, Jian Zhang, Fengjuan Miao, Huilin Li, Lijuan Wan, Yiting Wang. Capacitive humidity sensors based on Ni/SiNWs nanocomposites. *Sensors and Actuators B*, **2009**, Vol. 136, p. 144-150 (in Eng.).
- [4] Kui-Qing Peng, Xin Wang, and Shuit-Tong Lee. Gas sensing properties of single crystalline porous silicon nanowires. *Appl. Phys. Lett.*, Vol. 95, **2009**, p. 243112 (in Eng.).
- [5] Yi Cui, Qingqiao Wei, Hongkun Park, Charles M. Lieber. Nanowire Nanosensors for Highly Sensitive and Selective Detection of Biological and Chemical Species. *Science*, **2001**, Vol. 293, p. 1289-129 (in Eng.).
- [6] Huilin Li, Jian Zhang, BaiRui Tao, LiJuan Wan, WenLi Gong. Investigation of capacitive humidity sensing behavior of silicon nanowires. *Physica E*, **2009**, Vol. 41, p. 600-604 (in Eng.).

КРЕМНИЙ НАНОЖІШЕЛЕРІНІҢ ГАЗ СЕЗГІШТІК ЭЛЕКТРЛІК ҚАСИЕТТЕРИ

3. Ж. Жанабаев, Е. Сагидолда, М. К. Ибраимов

Тірек сөздер: кремний наножішелері, металл-индуцияланған химиялық еріту әдісі, жиіліктік дисперсия, органикалық газдар.

Аннотация. Металл-индуцияланған химиялық еріту әдісімен алынған кремний наножішелері зерттелді. Сканерлеуші электронды микроскоп арқылы үлгілердің морфологиясы алынды. Эксперименттік түрде кремний наножішелердің газдарға сезімталдығы көрсетілді. Улғие органикалық газ берілген уақыттан бірнеше секунд ішінде әсер ететін анықталды. Кремний наножішелері өткізгіштігінің жиіліктік дисперсиясы полярлы және полярсыз органикалық газдарды анықтауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар кремний наножішелері дымқылды сезгіш құрал ретінде жұмыс істей алады.

Поступила 27.01.2015 г.