

Новый подход к получению никелевых нанопроводов внутри углеродных нанотрубок

Вильданова А.Р.¹, Порокин С.В.¹, Гольдт А.Е.¹, Дмитриева В.А.¹, Насибулин А.Г.¹

Aliya.Vildanova@skoltech.ru

¹ Сколковский институт науки и технологий, Москва, Российская Федерация

Одностенные углеродные нанотрубки (ОУНТ) привлекают большое внимание как прочные подложки для размещения каталитических наночастиц, благодаря своей исключительной проводимости [1], стабильности и устойчивости к коррозии [2]. Кроме того, углеродные нанотрубки могут служить шаблонами для выращивания различных структур, включая нанопровода. Инкапсулируя металлические наночастицы в каналы нанотрубок, можно выращивать как металлические, так и неметаллические нанопровода, которые обладают уникальными свойствами и функциональностью. Металлические нанопровода защищены от деградации и агрегации благодаря превосходной химической и термической стабильности углеродной оболочки, которая их покрывает [3]. Однако каталитической активности препятствует низкая длина нанопровода.

В данном исследовании мы сосредоточились на мокром химическом методе, когда ОУНТ заполняются водными и спиртовыми растворами солей металлов под действием капиллярных сил. Для оценки заполняющей способности мы сначала использовали различные соединения золота в качестве модельного объекта, а затем перешли к солям никеля, которые были преобразованы в никелевые нанопровода с помощью восстановителей. Ограниченный рост нанопроводов внутри нанотрубок со средним диаметром 2 нм позволяет получать высокоанизотропные структуры длиной до 900 нм. Особое внимание было уделено подходам к раскрытию нанотрубок. Наиболее деликатными методами открытия нанотрубок оказались обработка 10% азотной плазмой в течение 30 секунд и отжиг при 420°C. Полученные никелевые нанопровода оказались активными катализаторами окисления мочевины (массовая активность 1500 А г⁻¹) при напряжении 0,65 В относительно хлоридсеребряного электрода, что открывает новые возможности для каталитических приложений.

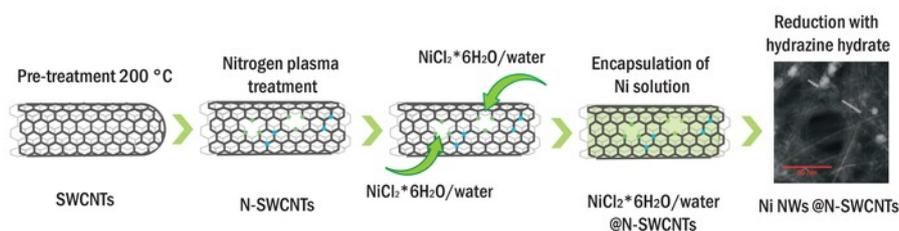


Рис.1. Этапы процедуры заполнения хлоридом никеля и гидразином в качестве восстановителя.

Ссылки

1. H. Chen and A. J. H. McGaughey, "Thermal conductivity of carbon nanotubes with defects," ASME/JSM 2011 8th Thermal Engineering Joint Conference, AJTEC 2011, vol. 65, 2011
2. Y. A. Kim, H. Muramatsu, T. Hayashi, M. Endo, M. Terrones, and M. S. Dresselhaus, "Thermal stability and structural changes of double-walled carbon nanotubes by heat treatment," Chem Phys Lett, vol. 398, no. 1-3, pp. 87-92, 2004
3. Lijuan Niu, Guohua Liu, Yifan Li, Jiawen An, Boyuan Zhao, Jingsu Yang, Dan Qu, Xiayan Wang, Li An and Zaicheng Sun, "CoNi Alloy Nanoparticles Encapsulated in N-Doped Graphite Carbon Nanotubes as an Efficient Electrocatalyst for Oxygen Reduction Reaction in an Alkaline Medium," ACS Sustain Chem Eng, vol. 9, no. 24, pp. 8207-8213, Jun. 2021