

ОСТАННІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ СФЕРИ НАНОТЕХНОЛОГІЙ

КОЛОСОВ О.Є., д.т.н., с.н.с.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

Відкриття вуглецевих нанотрубок (ВНТ), безсумнівно, відноситься до найбільш значних досягнень сучасної науки за останні два з половиною десятиліття [1]. ВНТ – це форма вуглецю, яка за своєю структурою займає проміжне положення між графітом і фулереном. Проте багато властивостей ВНТ не мають нічого спільного ані з графітом, ані з фулереном, що дозволяє розглядати і досліджувати ВНТ як самостійний матеріал, що володіє унікальними фізико-хімічними характеристиками.

За повідомленням ряду інформаційних видань, у 2012р. вчені університету Райса створили гібридний матеріал, в якому поєднали графен і нанотрубки в єдиний ковалентний лист вуглецю. Робота з його створення опублікована в журналі Nature Communications [2], а її короткий зміст можна прочитати на сайті університету Райса [3].

У новому матеріалі нанотрубки виявляються з'єднані з графеном ковалентно – за допомогою семи атомних вуглецевих циклів (див. рис.1). Спершу на листі міді автори вирощували двомірний лист графену, а потім наносили на нього залізний каталізатор і покривали його шаром оксиду алюмінію. Одержаний «сендвіч» в умовах високої температури обробляли ацетиленом і етиленом, в результаті чого на поверхні графену виростав «ліс» вуглецевих нанотрубок (див. рис.1.). Каталізатор разом з оксидом алюмінію при цьому відсувався від підкладки.

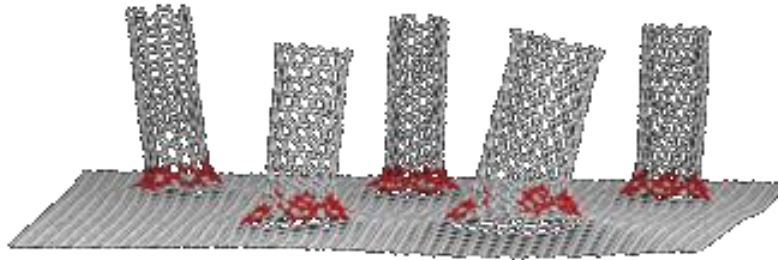


Рис. 1. Семиатомні кільця (пофарбовані в червоний колір) при переході від графена до нанотрубки роблять цей новий гібридний матеріал безшовним провідником [2, 3]

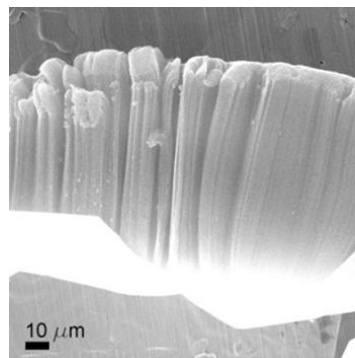


Рис. 2. Ліс нанотрубок, кожна з яких всього кілька нанометрів в ширину, зростає з двомірного аркуша графена на аркуші міді [2, 3]

Висота нанотрубок в одержаному матеріалі строго контролюється і становить 120 мкм. Це на кілька порядків більше, ніж їх середній діаметр. Одержаний гібрид володіє вкрай високою питомою поверхнею – близько $2000 \text{ м}^2/\text{г}$ речовини. Фактично весь такий матеріал

являє собою єдиний лист вуглецю. Завдяки цьому в місцях з'єднання не виникає додаткового опору.

Гібрид може служити кращим електродним інтерфейсним матеріалом для багатьох енергозберігаючих пристроїв і додатків електроніки, зокрема, для створення електродів в іоністорах (у суперконденсаторах). Іоністори є електрохімічними джерелами живлення, проміжними між конденсаторами і акумуляторами. Оскільки як обкладки в них виступають прошарки іонів, то від електродів іоністорів вимагається одночасно висока питома поверхня і низький опір – тобто якраз ті якості, якими володіє новий матеріал.

Раніше інша група дослідників представила прозорі і гнучкі іоністори, створені за допомогою надання вуглецю складної текстури. Відносно недавно одержані речовини з ще більшою питомою поверхнею, але вони не можуть бути такими ж хорошими провідниками, як двомірний вуглець.

Згідно з іншими повідомленнями [4], ще в 2009 р. вчені з Аргонської національної лабораторії (США) розробили технологію перетворення поліетилену високої і низької щільності в багатошарові вуглецеві нанотрубки, які можна використовувати для створення акумуляторних батарей (див. рис. 3).

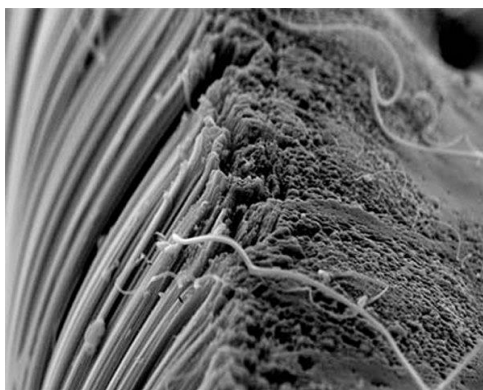


Рис. 3. БВНТ, одержані з поліетилену високої і низької щільності [4]

Методика одержання таких БВНТ досить проста. Протягом двох годин дослідники нагрівали шматочки поліетилену масою близько одного грама при температурі 700 °С в присутності каталізатора (ацетату кобальту), після чого система поступово охолоджувалася. В результаті на поверхні частинок каталізатора «виросли» багатошарові нанотрубки. Автори підкреслюють, що їх процес, на відміну від багатьох інших, реалізується в звичайній атмосфері, а не в вакуумі.

До недоліків цієї технології відноситься велика витрата каталізатора (його маса повинна складати близько однієї п'ятої частини маси поліетилену), витягти який з готового продукту дуже складно.

Вчені, втім, називають це перевагою: як показали експерименти, нанотрубки з домішкою кобальту прекрасно підходять для створення літій-іонних акумуляторних батарей, забезпечуючи їм більшу питому ємність. Більш того, такі нанотрубки можуть застосовуватися при конструюванні літій-повітряних батарей, в яких утворювані оксиди кобальту служать каталізаторами. Автори вже запатентували технологію використання нанотрубок, що містять кобальт, у виробництві батарей обох типів.

Проте експерт у галузі переробки пластику Джеффри Мітчелл (Geoffrey Mitchell), що представляє Університет Редінга (Великобританія), стримано оцінює нову технологію. На його думку, відносно висока вартість кобальту не дозволить розгорнути масове виробництво нанотрубок такого типу. Слід додати, що повна версія звіту дослідників опублікована в виданні *Journal of Environmental Monitoring* [4].

ВНТ також перспективно використовувати в якості армуючого компонента в реактопластичних ПКМ [5-7].

Література

1. Харрис П. Углеродные нанотрубы и родственные структуры. Новые материалы XXI века [пер. с англ.] / Харрис П. – М.: Техносфера, 2003. – 336 с.
2. <http://www.nature.com/ncomms/journal/v3/n11/full/ncomms2234.html>
3. <http://news.rice.edu/2012/11/27/james-bond-a-graphenenanotube-hybrid-2>
4. <http://linzik.com/nauka-i-tehnika/739-predstavlen-metod-pererabotki-polietilena-v-nanotrubki.html>
5. Колосов О.Є. Технологія одержання багатокомпонентних епоксиполімерів із застосуванням направленої фізико-хімічної модифікації [текст] / О. Є. Колосов, В. І. Сівецький, Є. М. Панов. – К: НТУУ КПІ, 2010. – 220 с.
6. Колосов О.Є. Математичне моделювання базових процесів виготовлення полімерних композиційних матеріалів із застосуванням ультразвукової модифікації [текст] / О.Є. Колосов, В.І.Сівецький, Є.М. Панов та ін. – К.: ВД «Едельвейс», 2012. – 268 с.
7. Колосов О.Є. Одержання високоякісних традиційних та наномодифікованих реактопластичних полімерних композиційних матеріалів [текст] / О.Є. Колосов. – К.: ВПІ ВПК «Політехніка», 2015. – 227 с.