

Курсант гр. 115031-13 Голешов И.М.

Научный руководитель Горохов В.А.

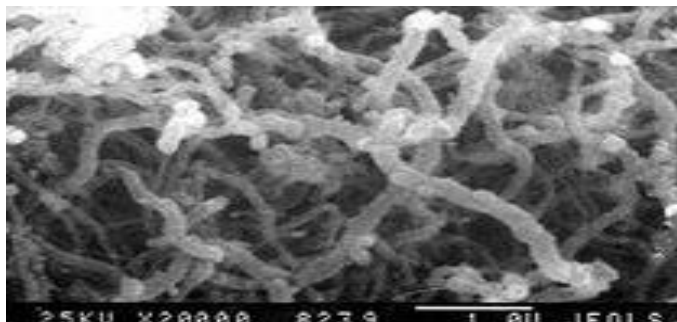
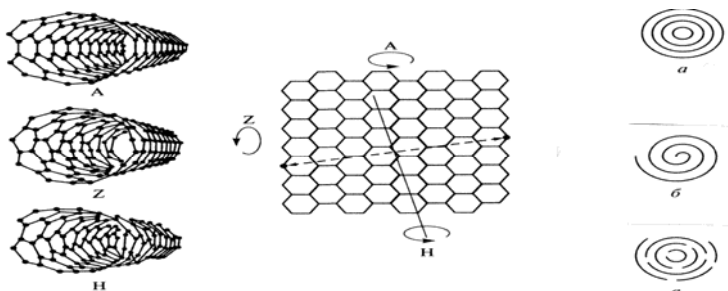
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Рисунок 1 – Нанотрубки увеличенные в 20000 раз

Углерод в природе находится в форме графита и алмаза. Открытие советскими учёными в 1952 году Л.В. Радушкевичем и В.М. Лукьяновичем новой модификации углерода в виде нанотрубок выявило совершенно новые свойства углерода в этом состоянии, в том числе прозрачности, высокой прочности и твёрдости, тепло- и электропроводности, износостойкости, гибкости и упругости.

Под действием механических напряжений, превышающих критические, трубки не «рвутся», не «ломаются», а просто перестраиваются. Нанотрубки при своих наноразмерах (измеряемых нанометрами) имеют прочность в 30-100 раз больше чем у стали и в 6 раз меньшую плотность. Они на 50% легче кевлара.



Нанотрубки классифицируются по способу сворачивания графитовой плоскости на однослойные и многослойные. Этот способ сворачивания определяется линиями, задающими разложение направления сворачивания на вектора трансляции графитовой решётки. По назначению различают на прямые (ахиральные) и спиральные (хиральные).

Как представлено на рисунке 1, схемы свёртывания однослойных нанотрубок могут иметь вид гофра (А), зиг-зага (Z) и хиральный (Н). Схемы свёртывания многослойных трубок могут иметь вид «русской матрёшки» (а), свитка (б) и папье-маше (в).

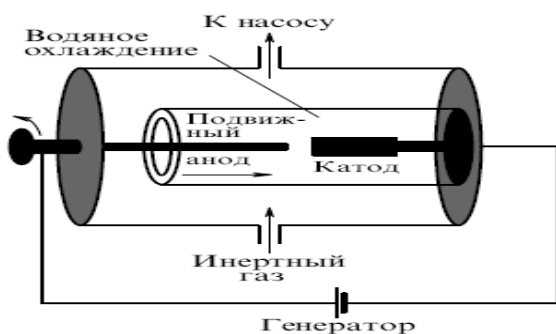


Рисунок 3 – Схема установки для получения нанотрубок в граммовых количествах электродуговым способом

Наиболее широко распространен метод получения нанотрубок, использующий термическое распыление графитового электрода в плазме дугового разряда, горячей в атмосфере гелия. В дуговом разряде между анодом и катодом при напряжении 20–25 В стабилизированном постоянном токе дуги 50–100 А, межэлектродном расстоянии 0,5–2 мм и давлении гелия 13–65 кПа, происходит интенсивное распыление материала анода. Часть продуктов распыления, содержащая графит, сажу, и фуллерены осажается на охлаждаемых стенках камеры, часть, содержащая графит и многослойные углеродные нанотрубки, осажается на поверхности катода.

Наиболее важным фактором выхода нанотрубок является давление гелия в реакционной камере, которое в оптимальных условиях составляет 65 кПа, а не 13–20 кПа, как в случае фул-

леренов. Другим не менее важным фактором является ток дуги: максимальный выход нанотрубок наблюдается при минимально возможном токе дуги, необходимым для ее стабильного горения. Эффективное охлаждение стенок камеры и электродов также важно для избежания растрескивания анода и его равномерного испарения, что влияет на содержание нанотрубок в катодном депозите. Использование автоматического устройства поддержания межэлектродного расстояния на фиксированном уровне способствует увеличению стабильности параметров дугового разряда и обогащению материала катодного депозита.

Что касается применения углеродистых нанотрубок с использованием их механических свойств, то на данный момент удаётся получать не только сверхпрочные нити, но и ткань толщиной до 50 нм, плотностью 30 мг/м², удельной прочностью 120–140 МПа / (г/см³, удельным сопротивлением около 500 Ом/см². Так же углеродистые нанотрубки нашли применение и в микроэлектронике (транзисторы, нанопровода, топливные элементы, прозрачные проводящие слои, нанодатчики, дисплеи, светодиоды), нейрокомпьютерные разработки (связь между биологическими нейронами и электронными устройствами), возможно создание генераторов энергии. Усиленные разработки ведутся в области медицины (наноиглы, искусственная мышечная ткань), в военной сфере (бронезилеты, бронекостюмы). Теоретически возможно создание космического лифта, так как небольшая углеродистая нанонить диаметром в 1 мм может выдерживать груз в 20 тонн, что в несколько сотен миллиардов раз больше её собственной массы. Капиллярные свойства позволяют нанотрубкам выступать в роли фильтров, опреснителей воды, ёмкостей для хранения газов, металлов и т.п. Проводятся эксперименты по обволакиванию наноматериалом паутины и многое другое.

Это ещё далеко не границы применения такого уникального материала. На данный момент существуют такие проблемы для использования в широких масштабах как управление хиральностью нанотрубок и создание установок которые способны производить углеродистые нанотрубки в больших количествах. Однако учёные ищут решения для этих проблем.