

Чернова Мария Александровна

студентка

ФГАОУ ВО «Волгоградский государственный университет»

г. Волгоград, Волгоградская область

КВАНТОВАЯ ЗАПУТАННОСТЬ КАК ИСТОЧНИК ГОЛОГРАФИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА

Аннотация: данная статья посвящена рассмотрению структуры углеродной нанотрубки. Автором проведено выявление свойств технических волокнистых материалов, а также транспортных свойств в проводящих материалах, представлена демонстрация практического использования нанотрубок в современном мире.

Ключевые слова: нанометр, графитовая плоскость, хиральность.

Углеродные нанотрубки это новый углеродный материал, представляющий собой цилиндрические структуры с диаметром порядка нескольких нанометров, состоящие из свернутых в трубку графитовых плоскостей. Нанометр равен одной миллиардной части метра, что составляет около одной десятитысячной толщины человеческого волоса. Графитовая плоскость представляет собой непрерывную гексагональную сетку с атомами углерода в вершинах шестиугольников. Углеродные нанотрубки могут различаться по длине, диаметру, хиральности (симметрии свернутой графитовой плоскости) и по количеству слоев. И хотя углеродные нанотрубки образованы, по сути, из плоскостей графита, в зависимости от структуры, они могут обладать как полупроводниковыми, так и металлическими свойствами. Углеродные нанотрубки обычно имеют диаметр от <1 нм до 50 нм. Их длина, как правило, составляет несколько микрон, но последние достижения сделали возможным производство нанотрубок с длиной до нескольких сантиметров.

Данные по механическим свойствам технических волокнистых материалов были собраны в следующую табличку.

Таблица 1

Волокнистый материал	Удельная плотность (г/см3)	Модуль Юнга (ТПа)	Предел прочности (ГПа)	Удлинение при разрыве (%)
Углеродные нанотрубки	1.3–2	1	10 – 60	10
Легированная сталь	7.8	0.2	4.1	< 10
Углеродное волокно (полиакрилонитрил)	1.7–2	0.2 – 0.6	1.7 – 5	0.3–2.4
Углеродное волокно (пек)	2–2.2	0.4 – 0.96	2.2 – 3.3	0.27–0.6
Стекловолокно типа E/S (E/S glass)	2.5	0.07 / 0.08	2.4 / 4.5	4.8
Kevlar* 49	1.4	0.13	3.6–4.1	2.8

Данные по транспортные свойства проводящих материалов также были собраны в таблицу.

Таблица 2

Материал	Удельная теплопроводность (Вт/(м·К))	Электропроводность (См/м)
Углеродные нанотрубки	> 3000	106–107
Медь	400	6 x 107
Углеродное волокно (пек)	1000	2 – 8.5 x 106
Углеродное волокно (полиакрилонитрил)	8–105	6.5 – 14 x 106

Одним из наиболее привлекательных направлений использования нанотрубок является микроэлектроника. Теоретические расчеты показали, что если в идеальной однослойной нанотрубке с хиральностью (8, 0) создать дефект в виде пары пятиугольник-семиугольник, то хиральность трубы в области существования дефекта становится (7, 1). Нанотрубка с хиральностью (8, 0) является полупроводником с шириной запрещенной зоны 1,2 эВ, тогда как нанотрубка с хиральностью (7, 1) является полуметаллом, для которого ширина запрещенной зоны равна нулю. В настоящее время усилия ученых направлены на разработку технологии получения углеродных нанотрубок, заполненных проводящим или сверхпроводящим материалом. Итогом решения этой проблемы стало бы создание токопроводящих соединений, которые позволят перейти к производству наноэлектронных приборов, размеры которых будут на один или два порядка

меньше ныне существующих. Единичные нанотрубки можно использовать в качестве тончайших зондов для исследования поверхностей с шероховатостью на нанометровом уровне. В этом случае используется чрезвычайно высокая механическая прочность нанотрубки. Модуль упругости E вдоль продольной оси нанотрубки составляет примерно 7000 ГПа, тогда как зонды из стали и иридия едва достигают значений $E = 200$ и 520 ГПа соответственно. Кроме того, однослойные нанотрубки, например, могут упруго удлиняться на 16%. Чтобы наглядно представить такое свойство материала у железной спицы длиной 30 см, она должна удлиниться под нагрузкой на 4,5 см, а после снятия нагрузки вернуться к исходной длине. Зонд из нанотрубки со сверхупругими свойствами при превышении некоторого усилия будет изгибаться упруго, обеспечивая тем самым контакт с поверхностью.

Высокие значения модуля упругости углеродных нанотрубок позволяют создать композиционные материалы, обеспечивающие высокую прочность при сверхвысоких упругих деформациях. Из такого материала можно будет сделать сверхлегкие и сверхпрочные ткани для одежды пожарных и космонавтов.

Для многих технологических применений привлекательна высокая удельная поверхность материала нанотрубок. В процессе роста образуются случайным образом ориентированные спиралевидные нанотрубки, что приводит к образованию значительного количества полостей и пустот нанометрового размера. В результате удельная поверхность материала нанотрубок достигает значений около $600 \text{ м}^2/\text{г}$. Столь высокая удельная поверхность открывает возможность их использования в фильтрах и других аппаратах химических технологий.

Список литературы

1. Елецкий А.В. Успехи физ. наук. – 1997. – Т. 167. – №9. – С. 945–972.
2. Форум химиков [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://forum.xumuk.ru/index.php?showtopic=176473>
3. Золотухин И.В. Углеродные нанотрубки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://forum.xumuk.ru/index.php?showtopic=176473> (дата обращения: 09.09.2016).