

тимого эффекта с точки зрения экономии ферросплавов не даст. В действительности используется последовательность отдач такая: сначала СМн затем ферросилиций что даёт образование более благоприятных НВ. При такой последовательности отдачи ферросплавов (в порядке возрастания сродства раскислителя к кислороду) образуются жидкоподвижные НВ. Что действительно подтверждается экспериментальными данными из литературы.

Для благоприятного состава НВ предлагается следующая схема раскисления:

Первым вводится СМн вторым ФС и последним вводится в небольших количествах алюминий. В результате НВ будут иметь смешанный состав типа  $MnO - SiO_2 - Al_2O_3$ .

Литература.

1. Ростовцев С.Т. Теория металлургических процессов. М. 1956. – 516 с.
2. Металлургия стали. Под ред. В.И. Явойского и Г.Н. Ойкса. – М.: Металлургия 1973. – 816 с.
3. Раскисление стали. Поволоцкий Д.Я. – М.: Металлургия 1972. – 208 с.
4. Бельченко Г.И. Губенко С.И. Неметаллические включения и качество стали. К.: Техніка 1980. – 168 с.

### УГЛЕРОДНЫЕ НАНОТРУБКИ

*Е.Е. Верхованцева, студентка группы 153,*

*научный руководитель: Логвинова Н.А.*

*ГБОУ СПО Юргинский технологический колледж*

*652050, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Заводская, 18*

Нанотехнологии – это «самые высокие» технологии, на развитие которых ведущие экономические державы тратят миллиарды долларов. По прогнозам ученых нанотехнологии в XXI веке произведут такую же революцию в манипулировании материей, какую в XX произвели компьютеры в манипулировании информацией, а их развитие изменит жизнь человечества больше, чем освоение письменности, паровой машины или электричества.

Идея создания технологий в масштабах нанометра ( $nm = 10^{-9}$  метра) впервые пришла в голову Нобелевскому лауреату Ричарду Фейнману. В 1959 году он высказался о проблеме контроля и управления строением вещества в интервале очень малых размеров. Само же понятие «нанотехнология» было введено японцем Норио Танигучи в 1974, он предложил называть так технологии и механизмы, размером менее одного микрона ( $1 \text{ микрон} = 0,001 \text{ миллиметра}$ ).

В 1985 группа ученых под руководством Ричарда Смолли открыли «фуллерен» – молекула углерода в форме шара (атомы углерода расположены в углах пяти- и шестиугольников, образуя форму мяча). Фуллерен послужил основой для открытия углеродных нанотрубок.

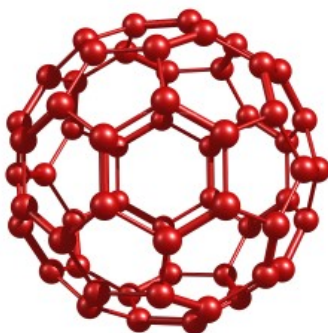


Рис. 1. Фуллерен  $C_{60}$

Углеродные нанотрубки были открыты в 1991 году японским исследователем Ииджимой, путём распыления графита в электрической дуге. Разрезав нанотрубку вдоль продольной оси, он обнаружил, что она состоит из одного или нескольких слоев, каждый из которых представляет гексагональную сетку графита, основу которой составляют шестиугольники с расположенными в вершинах углов атомами углерода. Измерения, выполненные с помощью электронного микроскопа, показали, что диаметр таких трубок не превышает нескольких нанометров ( $nm = 10^{-9}$  метра), а длина от одного до нескольких микрон ( $микрон = 0,001 \text{ миллиметра}$ ).

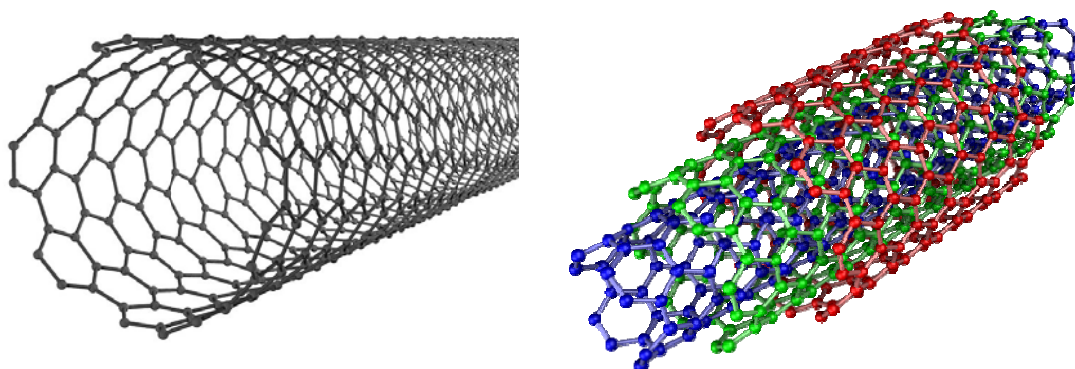


Рис. 2. Схематическое изображение нанотрубок

Углеродная нанотрубка – это цилиндр, сформированный из атомов углерода (свернутая плоская гексагональная сетка графита), напоминает пчелиные соты, свернутые в крошечный шланг. Диаметр нанотрубок от одного до нескольких десятков нанометров, длина до нескольких сантиметров. Данная форма углерода по своей структуре занимает промежуточное положение между графитом и фуллереном, однако по свойствам не имеет ничего общего с ними. Это позволяет рассматривать и исследовать нанотрубки как самостоятельный материал, обладающий уникальными механическими, физическими и химическими характеристиками.

Свойства углеродных нанотрубок:

- нанотрубки в 50-100 раз прочнее стали и имеют в шесть раз меньшую плотность;
- гибкие, напоминают по своему поведению не ломкие соломинки, а жесткие резиновые трубки;
- под действием механических напряжений, превышающих критические, не «рвутся», не «ломаются», а просто перестраиваются;
- хорошая электропроводность;
- нить диаметром 1 мм, состоящая из нанотрубок, могла бы выдержать груз в 20 т;
- не боятся высоких температур, вакуума и многих химических реагентов.

Необычные электрические свойства нанотрубок делают их одним из основных материалов наноэлектроники. В зависимости от схемы сворачивания графитовой плоскости нанотрубки могут быть как проводниками, так и полупроводниками электричества. Электронные свойства нанотрубок можно целенаправленно менять путем введения внутрь трубок атомов других веществ.

Интересно, что от того, как расположен «шов», зависят электрические свойства каждого «шланга». Если – вдоль, как у сигареты, то нанотрубка будет проводить электрический ток. Если углеродный рулон навит наискосок, как бумажная лента на карандаш, то получится полупроводник. Нанотрубки пропускают электрический ток лучше, чем медь. И вполне могут заменить тонкие проводочки в компьютерах. Как полупроводники они не хуже кремниевых. Тепло нанотрубки проводят лучше алмаза – самого эффективного проводника тепла. Уникальность их заключается в том, что ток протекает по ним практически без выделения тепла и достигает громадного значения –  $10^7$  А/см<sup>2</sup>.

Классический проводник при таких значениях мгновенно бы испарился.

Ученые из Университета Массачусетса создали матрицу высокоскоростных нанотранзисторов на пластиковой пленке, используя нанотрубки в качестве основы. Метод, предложенный учеными, позволяет производить гибкую электронику массовым производством в больших количествах.

Кулер из нанотрубок сможет «облегчить» микроэлектронику. Ученым из Политехнического Института Ренсслеера удалось создать эффективный нанокулер из углеродных нанотрубок. Матрица из нанотрубок рассеивает тепло так же эффективно, как и медные радиаторы, однако при этом «радиатор» из

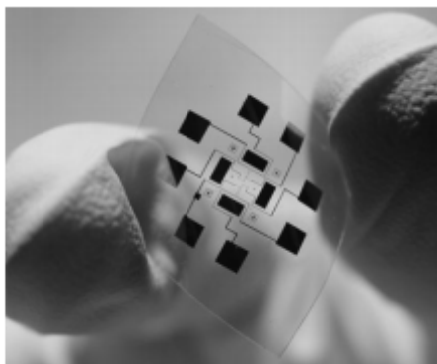


Рис. 3. Высокоскоростной нанотранзистор на пластиковой пленке

нанотрубок гораздо меньше в высоту, вдесятеро легче и может изгибаться в любом направлении.

Еще одно применение нанотрубок в нанoeлектронике – создание структур типа «металл-полупроводник». Для этого требуется в процессе роста нанотрубки создать в ней структурный дефект, просто надломив её посередине особым образом. Тогда одна часть нанотрубки будет обладать металлическими свойствами, а другая – свойствами полупроводников.

Сейчас активно обсуждается вопрос, в какую сторону пойдет развитие электроники после того, как возможности регулярного уменьшения электронных схем на основе традиционных полупроводников будут полностью исчерпаны (это может произойти в ближайшие 5-6 лет). Нанотрубкам отводится лидирующее положение среди перспективных претендентов на место кремния. Идея – плодотворная, но дорогая, поскольку может быть реализована только на основе сверхчистых однослойных нанотрубок. А один их грамм стоит 50–100 долларов. Столь высокая цена обусловлена кропотливой работой по удалению всякого рода примесей в процессе формирования нанотрубок. А сам процесс изготовления осуществляется посредством высокотемпературного воздействия лазерного излучения на углерод.

В случае успешного решения этих задач мы станем свидетелями еще одного примера эффективного влияния фундаментальных исследований на научно-технический прогресс.

Литература.

1. Нанотехнологии в ближайшем десятилетии. Прогноз направления исследований. / Под ред. М.К. Роко, Р.С. Уильямса, П. Аливисатоса. М.: Мир, 2002.
2. Углеродные нанотрубки. Материалы для компьютеров XXI века. П.Н. Дьячков // Природа. 2000. №11.
3. Транзистор на основе углеродной нанотрубки // Природа. 1999. № 2. С.104 – 105.
4. [www.dictionary.sensagent.com/Углеродные\\_нанотрубки/ru-ru/](http://www.dictionary.sensagent.com/Углеродные_нанотрубки/ru-ru/)
5. [www.nanomarket.ru](http://www.nanomarket.ru)