

# ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ НАНОТРУБОК В КАЧЕСТВЕ СВЕРХПРОВОДНИКОВ

Смирнов М.И.<sup>1</sup>, Лупачев Д.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Смирнов Максим Игоревич – магистрант;

<sup>2</sup>Лупачев Дмитрий Андреевич – магистрант,  
кафедра низких температур,

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Национальный исследовательский университет Московский энергетический институт,  
г. Москва

**Аннотация:** данная статья рассматривает принцип работы, применение, а также дальнейшие перспективы развития нанотрубок в качестве сверхпроводников. После анализа источника можно сделать вывод, что область применения нанотрубок велика, а в качестве сверхпроводников они имеют достаточные перспективы развития. При этом ученые в настоящее время разрабатывают проекты, где будут использоваться именно свойства нанотрубок как сверхпроводников в частности. Так как нанотрубки по своему устройству обладают потенциально упругими свойствами, это дает возможность применять их в качестве сверхпроводимых устройств во многих областях.

**Ключевые слова:** аллотропная модификация, нановес, нанопровод, капилляры, транзисторы, электроны, кванты, сверхпроводимость, кристаллические материалы.

## Введение.

Прежде чем говорить о применении нанотрубок в качестве сверхпроводников и о перспективе развития данной области, следует разобраться в понятии нанотрубки и её свойствах.

Нанотрубка представляет собой аллотропную модификацию углерода, имеющая по своему строению цилиндрическую полую структуру. Диаметр нанотрубки лежит в пределах от десятых до сотен десятков нанометров, длина составляет от нескольких микрометров до нескольких сантиметров. Кроме того, в настоящее время существует технология, которая позволяет сплести нанотрубки в нити по неограниченным показателям длины [1].

Нанотрубки обладают свойствами достаточной упругости, при этом могут иметь незначительные дефекты при увеличении критической массовой нагрузки. Чаще всего они представляют собой поврежденную ячейку типа гексагон решётки, в основе которой лежит образование такого вещества, как пентагон или септогон. Из свойств данных веществ следует то, что дефектные нанотрубки станут искажаться таким же образом, то есть на их поверхности будут возникать выпуклости. В настоящее время ученым представляет наибольший интерес комбинация данных поверхностных искажений, особенно, тех, которые расположены напротив друг друга. Это обуславливается тем, что такой процесс значительно уменьшает прочность самой нанотрубки, но последующее формирование в её структуре устойчивых искажений компенсирует это, то есть в нанотрубке формирует постоянный изгиб [4].

## Области применения нанотрубок.

Стоит отметить, что так как нанотрубки обладают особыми свойствами, область их применения достаточно велика. А именно нанотрубки имеют механические применения, то есть их можно использовать в качестве сверхпрочных нитей, композитных материалов, нановесов. Также они используются в области микроэлектроники, для изготовления транзисторов, нанопроводов, прозрачных проводящих поверхностей, топливных элементов.

Нанотрубки используются для разработки особого типа соединения между биологическим типом нейрона и электронными специальными устройствами в инновационных нейрокомпьютерных разработках [5].

Кроме того, свойства нанотрубок нашло отражение в капиллярной сфере науки. С помощью них создаются специальные капсулы для активных типов молекул, используются для хранения газов, отдельных видов металлов. Используются при изготовлении оптических приборов, а именно дисплеев или светодиодов. Медицина также является областью применения нанотрубок, но данный этап находится еще на стадии разработки учеными-специалистами.

Нанотрубки одностенного типа или индивидуальные, в небольших сборках или в сетях, представляют собой миниатюрные датчики для обнаружения молекулы в газовой среде или в растворе с ультравысоким фактором чувствительности — при адсорбции на поверхности нанотрубки её электросопротивление молекул, а также физическая характеристика нанотранзистора могут меняться. Данные нанодатчики используются для мониторинга состояния окружающей среды, в медицинских, военных, и биотехнологических сферах применениях [3].

Также нанотрубки используются для изготовления тросов космических лифтов, так как нанотрубки в теории, могут выдержать и больше тонны. Однако, это только чисто теоретически. Так как получить

достаточно длинные по своим свойствам углеродные трубки с толщиной стенок в один атом не удавалось ученым до сих пор, но этот проект находится на стадии разработки. Кто знает, может уже в ближайшем будущем мы получим еще одно новое применение нанотрубок [2].

#### **Сверхпроводимость нанотрубок.**

Сверхпроводимостью нанотрубок давно заинтересованы многие ученые, так как это дает масштабные перспективы развития. Многостенные трубки углеродного типа с «полностью соединёнными специальными концами» могут обладать сверхпроводимостью даже при температуре ниже показателя 12 К. Эта температура превышает в 30 раз температуру, которая необходима для углеродных одностенных трубок. Сверхпроводящие нанотрубки можно успешно использовать для изучения основ фундаментального одномерного квантового эффекта, а также для них в будущем можно найти практическое использование в молекулярных квантовых вычислениях [1].

Стоит отметить, что сверхпроводимость – это абсолютное отсутствие электрического показателя сопротивления, которое бывает в определённых видах материалах при их охлаждении до показателей температуры перехода в состояние сверхпроводящего типа. В настоящее время многие физики утверждают, что такая сверхпроводимость у нанотрубок вызвана тем, что многочисленные электроны эффективно преодолевают взаимное кулоновское отталкивание и образуют, так называемые, «пары Купера» [6]. Исходя из теории -Купера-Шриффера о низкотемпературной сверхпроводимости, данные электроны удерживаются друг с другом из-за взаимодействия с фононами – колебаниями кристаллической решётки в материале.

#### **Использование нанотрубок в энергетике.**

Говоря о перспективе развития нанотрубок, как сверхпроводников, нельзя не сказать о применении нанотрубок в области энергетики. Технологии, которые основаны на качественных изменениях свойств материала при переходе к нанометровому размеру, разрабатывались в атомной сфере еще в середине прошлого века. Это происходило практически в то время, когда осуществлялось первое испытание советского ядерного оружия. Однако сама приставка «нано» еще не применялась [5].

Сейчас же нанотрубки активно используются в энергетике и имеют дальнейшие этапы успешного развития в этой области. Такие перспективы связаны с понижением удельного потребления такого материала, как природный уран, в основном путем значительного увеличения глубины выгорания самого ядерного топлива. Для этого нужно осуществлять создание структур крупнокристаллических ядерных материалов с особой контролируемой пористостью, которые удерживают продукты деления и препятствуют транспорту их осколков деления к оболочке элемента тепловыделяющего типа и его последующего внутреннего повреждения. Такая активация процесса спекания происходит за счет добавок нанометрического размера. Это является одним из направлений по созданию инновационных новых видов уран-плутониевых оксидов и нитридов для ядерной энергетики [2].

#### **Дальнейшие перспективы развития нанотрубок, как сверхпроводников.**

Спектр использования нанотрубок, как сверхпроводников можно разделить на:

- разнообразные материалы: проводники пленочного типа, сверхпроводящие магниты и пр.;
- область микротехники: микроволновые особые устройства, сверхчувствительные системы по обнаружению магнитных полей, цифровую электронику, искусственные биологические системы;
- область макротехники: силовой кабель, электрические сети, системы, генераторы и двигатели.

В силовых применениях нанотрубки, как сверхпроводники позволяют снизить энергопотери и уменьшить массогабаритные показатели оборудования. Высокая плотность тока в сверхпроводниках позволяет уменьшать размеры оборудования, а также создать магнитные поля с высокой интенсивностью, недостижимые обычной аппаратурой. Ограничивающим в этом процессе фактором является необходимость поддержания проводника при низкой температуре, что само по себе требует энергозатрат, поэтому наиболее актуальны применения в устройствах большой мощности [5]. В этом случае затраты на криообеспечение пренебрежимо малы.

Современные ученые показали, что одной из самых важных проблем в области нанотехнологии является создание комнатнотемпературных сверхпроводников. Нанотехнология таких устройств позволяет конструировать искусственные слоистые сверхпроводниковые наноструктуры, нанося атомные слои не только из тех материалов, у которых параметры кристаллической решетки близки друг к другу (как требуется для полупроводниковых структур) [1]. При использовании данной нанотехнологии можно добиться гораздо большего разнообразия проводников и диэлектриков, нанося их монослои с атомной точностью для создания искусственных электронного и фононного спектров, необходимых для КТСП. Именно это позволяет сделать исследования и производство сверхпроводящих материалов неким «полигоном» для отработки нанотехнологических методов для сильнокоррелированных структур. Поэтому, создание КТСП - это, в значительной мере, нанотехнологическая проблема и, на мой взгляд, одна из важнейших [4].

В настоящее время сверхпроводник, работающий при комнатных температурах, может быть изготовлен как в объемном, так и в пленочном виде.

### **Заключение.**

После того, как мы узнали о свойствах и области применения нанотрубок, как сверхпроводников, можно сделать вывод о том, что спустя 10-20 лет сверхпроводимость нанотрубок будет активно использоваться не только в области энергетики, но и промышленности, на транспорте и гораздо больше, чем сейчас в медицине и электронике. Внедрение СП-технологий приведет как к простой замене традиционного оборудования на более эффективное сверхпроводящее, так и к изменениям структурного характера и к появлению совершенно новых технологических нововведений [5].

Одним из самых перспективных направлений является комнатная сверхпроводимость. Оно будет усиленно развиваться, т.к. имеет огромное значение.

В электронике сверхпроводимость найдет широкое применение в компьютерных технологиях. Потенциально самое выгодное промышленное использование сверхпроводимости связано с процессом генерирования, передачи и эффективным применением электроэнергии. Еще одно перспективное применение сверхпроводников – в генераторах тока (от мощных электростанций до обычных ветряных установок) и электродвигателях. С развитием СП-технологий сверхпроводящие двигатели найдут широкое применение также и в самолетах и на автомобильном транспорте [5].

Возможность по ускорению макроскопических объектов электромагнитным полем найдет свое применение также на аэродромах и космодромах, где СП-магниты будут обеспечивать взлет/посадку воздушным судам и космическим кораблям. Рассматриваются также возможности применения сверхпроводящих магнитов для аккумулирования электроэнергии в магнитной гидродинамике и для производства термоядерной энергии.

Строительство такой уникальной сверхпроводящей железной дороги запланировано в Японии. За счет взаимного отталкивания сил между движущимся магнитом и имеющимся током, индуцируемым в направляющем проводнике, поезд будет двигаться плавно, без шума и трения и будет способен развивать очень большую скорость. Ожидается, что дорога будет введена в эксплуатацию к 2020 г. [6].

### **Список литературы**

1. В мире науки. № 3, 2008. Санкт-Петербург. В мире науки, 2008. 96 с.
2. В мире науки. № 5. май, 2005. Москва. В мире науки, 2005. 249 с.
3. Природные энергоносители и углеродные материалы. Состав и строение. Современная классификация. Технологии производства и добыча: С.Н. Колокольцев. Москва. Ленанд, 2015. 224 с.
4. Углерод. Углеродные волокна. Углеродные композиты: А.И. Мелешко, С.П. Половников. Москва. Science Press, 2007. 192 с.
5. Углеродные нанотрубки: Джесси Рассел. Санкт-Петербург. Книга по Требованию, 2012. 96 с.
6. Фуллерены, углеродные нанотрубки и нанокластеры. Родословная форм и идей: Е.А. Кац. Москва. Либроком, 2014. 296 с.