

ВВЕДЕНИЕ В ФИЗИКУ НИЗКОРАЗМЕРНЫХ СТРУКТУР

ВВЕДЕНИЕ

Нанотехнология

Формулировка Национального научного фонда США (National Science Foundation): *исследования и технологические разработки на атомном, молекулярном или макромолекулярном уровнях в пределах шкалы размеров 1-100 нм, с целью получения фундаментальных знаний о фундаментальных явлениях и свойствах материалов на этих размерных уровнях и создания и использования структур, приборов и систем, демонстрирующих новые свойства и фундаментальные возможности вследствие их малых и/или промежуточных размеров.*

Формулировка инициативной группы американских ученых «National Nanotechnology Initiative» - *Нанотехнология связана с материалами и системами, которые демонстрируют новые физические, химические и биологические свойства вследствие их наноразмеров, что дает возможность реализовать новые явления и процессы.*

ВВЕДЕНИЕ В ФИЗИКУ НИЗКОРАЗМЕРНЫХ СТРУКТУР

ВВЕДЕНИЕ

Нанотехнология

В концепции развития в Российской Федерации работ в области нанотехнологий на период до 2010 года используются следующие термины:

-нанотехнология – совокупность методов и приемов, обеспечивающих возможность контролируемым образом создавать и модифицировать объекты, включающие компоненты с размерами менее 100 нм, имеющие принципиально новые качества и позволяющие осуществлять их интеграцию в полноценно функционирующие системы большего масштаба;

-наноматериалы – материалы, содержащие структурные элементы, геометрические размеры которых хотя бы в одном измерении не превышают 100 нм, и обладающие качественно новыми свойствами, функциональными и эксплуатационными характеристиками;

ВВЕДЕНИЕ В ФИЗИКУ НИЗКОРАЗМЕРНЫХ СТРУКТУР

ВВЕДЕНИЕ

Нанотехнология

В концепции развития в Российской Федерации работ в области нанотехнологий на период до 2010 года используются следующие термины:

-наносистемная техника – полностью или частично созданные на основе наноматериалов и нанотехнологий функционально законченные системы м устройства, характеристики которых кардинальным образом отличаются от показателей систем и устройств аналогичного назначения, созданных по традиционным технологиями;

-наноиндустрия – вид деятельности по созданию продукции на основе нанотехнологий, наноматериалов и наносистемной техники;

ВВЕДЕНИЕ В ФИЗИКУ НИЗКОРАЗМЕРНЫХ СТРУКТУР

ВВЕДЕНИЕ

История

В четвертом веке до нашей эры римские стекловары делали стекло, содержащее наночастицы металлов. Изделие этой эпохи – чаша Ликурга (Британский музей) сделано из стекла, содержащего наночастицы серебра и золота. Цвет чаши меняется с зеленого на темно-красный при помещении в нее источника света. Огромное разнообразие прекрасных цветов витражей в средневековых храмах объясняется присутствием металлических наночастиц в стекле.

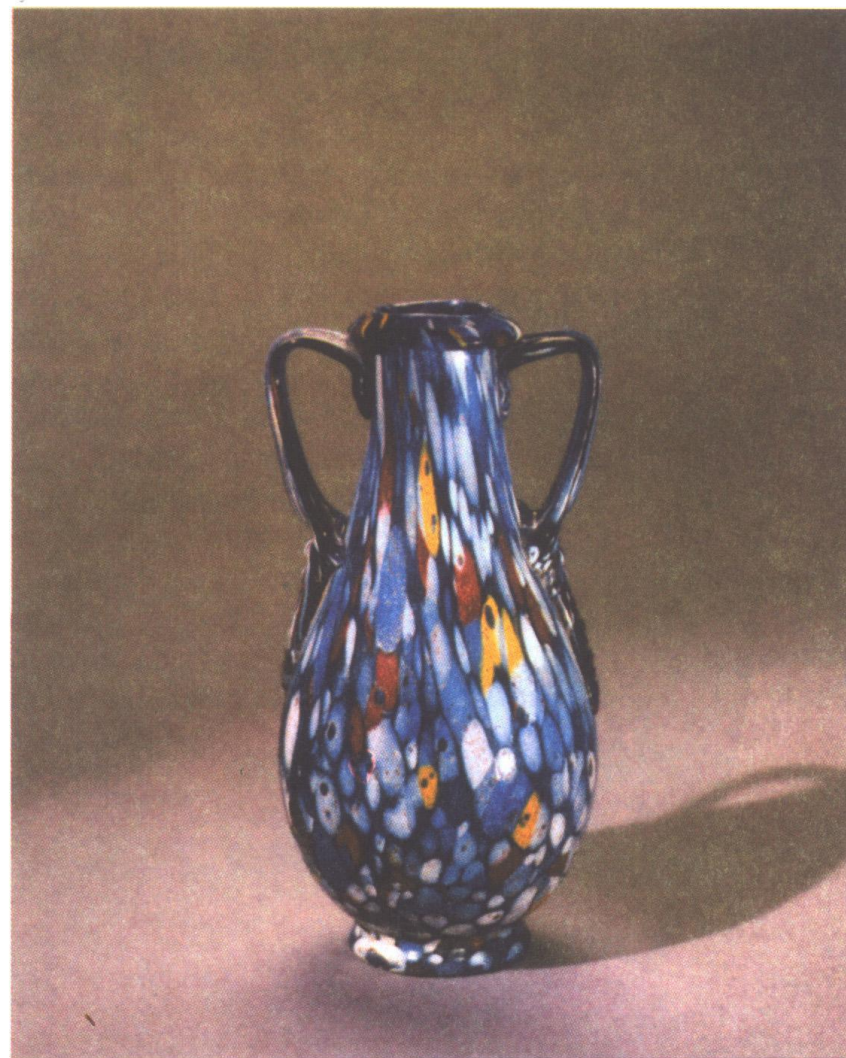
1661 г. (труд «Химик-скептик») химик ирландского происхождения Роберт Бойль противопоставляет воззрениям Аристотеля на материю, состоящую из четырех первооснов: земли, огня, воды и воздуха представление о корпускулах - крошечных частицах вещества соединяющихся разными способами. Он описывает корпускулы как «крошечные массы или кластеры, которым тяжело быстро разложиться на составляющие их частицы».

ВВЕДЕНИЕ В ФИЗИКУ НИЗКОРАЗМЕРНЫХ СТРУКТУР

ВВЕДЕНИЕ

История

Стеклянная фляга
времен Римской
империи, первый
век нашей эры



ВВЕДЕНИЕ В ФИЗИКУ НИЗКОРАЗМЕРНЫХ СТРУКТУР

ВВЕДЕНИЕ

История

Фотография. Технология, развитая в XVIII – XIX вв., основывается на образовании наночастиц вещества под действием света. Фотопленка – это эмульсия галогенида серебра, например, бромида серебра в желатине, нанесенная на основу из прозрачного ацетата целлюлозы. Свет разлагает галогенид серебра с образованием наночастиц чистого серебра, которые и являются пикселями изображения.

В конце восемнадцатого века английские ученые Томас Уэджвуд и сэр Хемпфри Дэви смогли получить изображение, используя нитрат и хлорид серебра, но эти изображения не были долговременными.

В 1861 году Джеймс Клерк Максвелл, создавший теорию электромагнитного поля, получил первую цветную фотографию.

В конце XIX века американский изобретатель Джордж Истмэн, основавший впоследствии корпорацию «Кодак», разработал технологию гибкой пленки, покрытой галогенидом серебра, что сделало фотографию широкодоступной.

ВВЕДЕНИЕ В ФИЗИКУ НИЗКОРАЗМЕРНЫХ СТРУКТУР

ВВЕДЕНИЕ

История

Ричард Фейнман, лауреат Нобелевской премии по физике 1965 года в 1960 году на заседании Американского Физического Общества прочитал, как теперь стало ясно, провидческую и пророческую лекцию под названием «**Там внизу еще очень много места**», где фантазировал на тему вероятности создания и потенциальных возможностей наноразмерных материалов. Он представлял себе гравирование линий шириной в несколько атомов посредством электронного пучка, предсказав таким образом осуществление электроннолучевой литографии, используемой сегодня для изготовления кремниевых чипов. Он предлагал манипулирование отдельными атомами для создания новых малых структур с очень разными свойствами. Это реализовано посредством сканирующего туннельного микроскопа. Он мысленно видел создание электрических цепей нанометровых масштабов для использования их в более мощных компьютерах. Многие другие фейнмановские предположения стали в настоящее время реальностью или находятся в стадии исследований и разработок.

ВВЕДЕНИЕ В ФИЗИКУ НИЗКОРАЗМЕРНЫХ СТРУКТУР

ВВЕДЕНИЕ

История

Однако, только с появлением соответствующих методов формирования наноструктур в 80-х годах прошлого века активность в этом направлении существенно возросла, что привело к получению множества важных результатов:

1981 г. – реализован способ получения малых металлических кластеров, использующий высокоэнергетичный сфокусированный лазерный луч для создания горячей плазмы при испарении металла. Полученный таким образом пар охлаждается в потоке гелия, что сопровождается формированием кластеров металла разных размеров. В 1985 году этот метод был использован для получения фуллерена C_{60} .

В этом же десятилетии Г.К. Биннигом и Х. Роером был создан сканирующий туннельный микроскоп (СТМ). Затем был создан атомно-силовой микроскоп (АСМ), что дало новые важные средства наблюдения, изучения и атомного манипулирования в нанобъектах.

В 1987 году были осуществлены первые наблюдения квантования проводимости.

ВВЕДЕНИЕ В ФИЗИКУ НИЗКОРАЗМЕРНЫХ СТРУКТУР

ВВЕДЕНИЕ

История

Девяностые годы XX века отмечен развитием методов создания малых структур, таких как электронно-лучевая литография, дающая возможность делать 10-нанометровые структуры.

В этом десятилетии были получены также многослойные материалы с чередующимися магнитными и немагнитными слоями, демонстрирующие удивительные свойства гигантского магнетосопротивления. Эти материалы со слоями нанометровой толщины имеют важное применение для создания новых запоминающих устройств на магнитной основе.

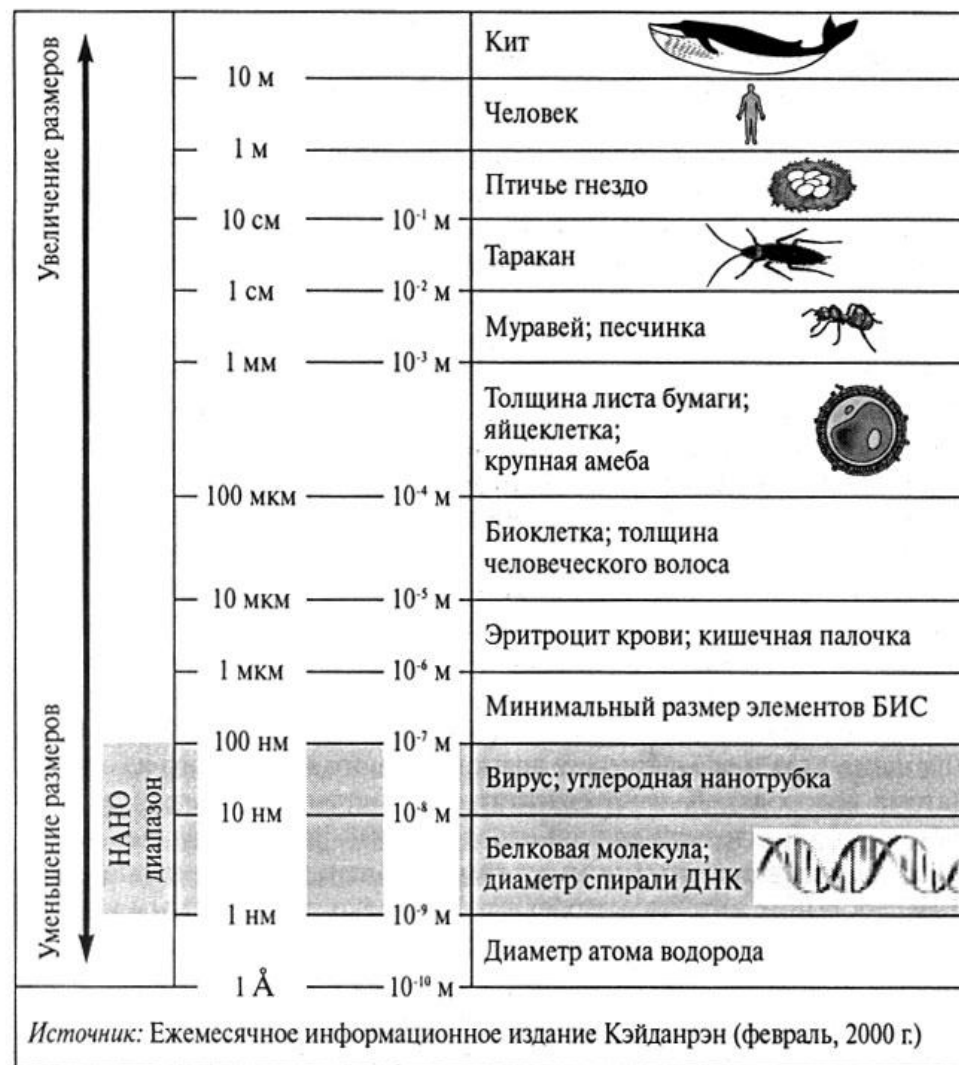
В 1991 году Яблоновичем был изготовлен первый трехмерно периодический фотонный кристалл с совершенной щелью.

В 90-х годах Ижима получил углеродные нанотрубки, в фуллеренах C_{60} были открыты сверхпроводимость и ферромагнетизм, начаты попытки создания молекулярных переключателей и измерения электропроводности отдельных молекул, продемонстрирован полевой транзистор на углеродной нанотрубке.

ВВЕДЕНИЕ В ФИЗИКУ НИЗКОРАЗМЕРНЫХ СТРУКТУР

ВВЕДЕНИЕ

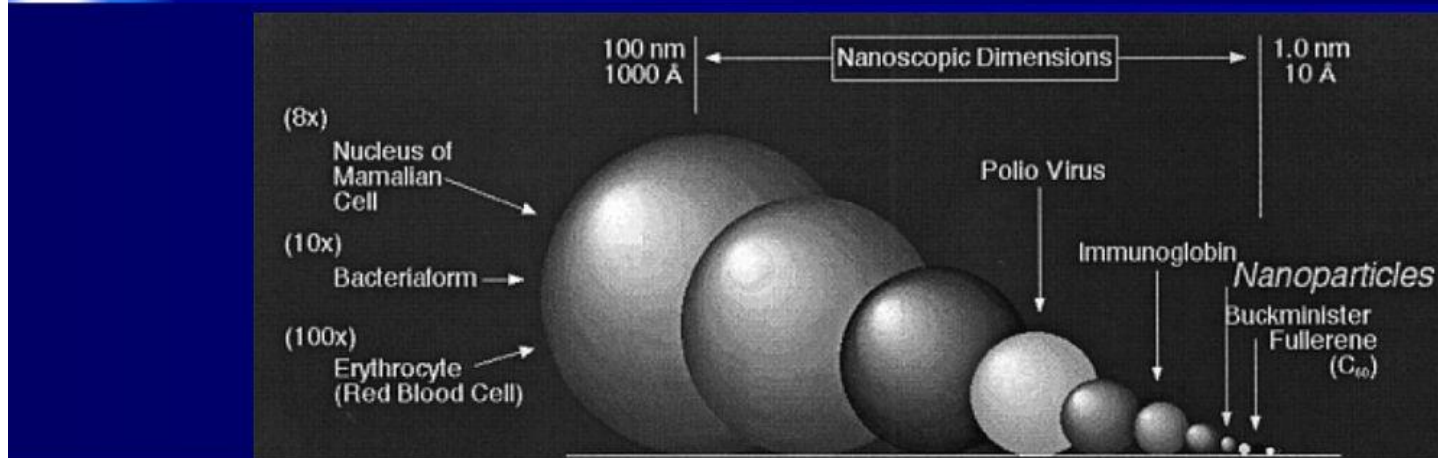
МЕСТО
НАНОРАЗМЕРНЫХ
ОБЪЕКТОВ В
ОКРУЖАЮЩЕМ НАС
МИРЕ



ВВЕДЕНИЕ В ФИЗИКУ НИЗКОРАЗМЕРНЫХ СТРУКТУР

ВВЕДЕНИЕ

Особое состояние вещества?



Плазма Газ Жидкость Твердое тело

Наносистемы

Тонкие пленки

Жидкие кристаллы

Керамика, металлы

Покрyтия

Композиты

Полимеры

Поликристаллические тела

Монокристаллы

Стекло

ВВЕДЕНИЕ В ФИЗИКУ НИЗКОРАЗМЕРНЫХ СТРУКТУР

ВВЕДЕНИЕ

КАК ВОЗНИКЛА НАНОТЕХНОЛОГИЯ?

Нанотехнология возникла из-за революционных изменений в информатике

В 1947 году был изобретен транзистор, после чего началась эпоха расцвета полупроводниковой техники, при которой размеры создаваемых полупроводниковых устройств постоянно уменьшались (интегральные схемы, большие интегральные схемы, сверхбольшие интегральные схемы и т.д.

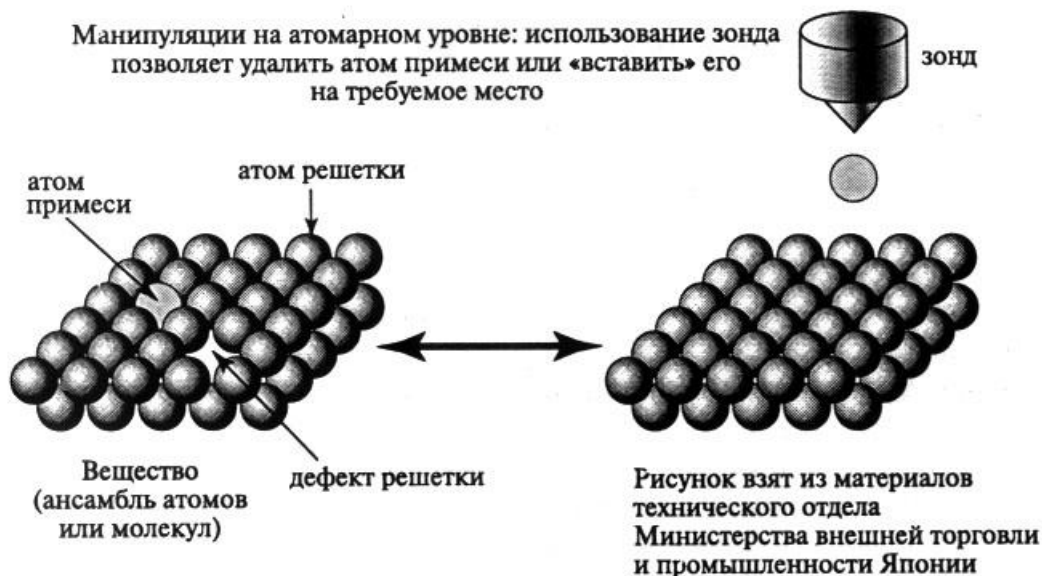
При сохранении нынешних темпов развития вся полупроводниковая технология уже в ближайшем будущем столкнется с проблемами принципиального характера, так как быстродействие и степень интеграции в ЭВМ достигнут некоторых «принципиальных» границ, определяемых законами классической физики.

ВВЕДЕНИЕ В ФИЗИКУ НИЗКОРАЗМЕРНЫХ СТРУКТУР

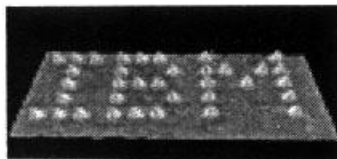
ВВЕДЕНИЕ

МАНИПУЛЯЦИЯ НА АТОМАРНОМ УРОВНЕ

В своей лекции Р. Фейнман впервые рассмотрел возможность создания веществ (а затем, естественно, отдельных элементов, деталей и целых устройств) совершенно новым способом, а именно, «атомной укладкой», при которой человек манипулирует нужными атомами поштучно, располагая их в требуемом ему порядке.



Пример обработки вещества при помощи сканирующего туннельного микроскопа. На фотографии изображены самые маленькие буквы на свете (надпись из 35 атомов ксенона образует название фирмы IBM)



Микрофотография взята из публикации:
D. M. Eigler, E. K. Schweizer. Nature, 344, 524, 1990.

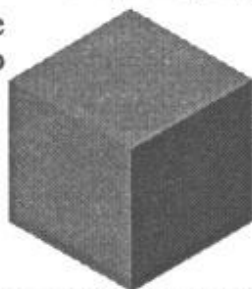
ВВЕДЕНИЕ В ФИЗИКУ НИЗКОРАЗМЕРНЫХ СТРУКТУР

ВВЕДЕНИЕ

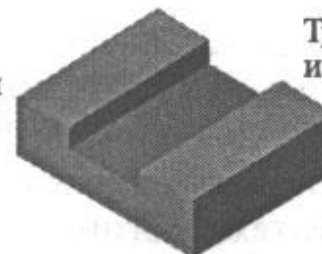
ДВА ГЛАВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИНЦИПА

Подход «сверху–вниз», т. е. обработка вещества с последовательным уменьшением размеров до требуемых (нанометровых) размеров

Обрабатываемое физическое тело



Последовательная миниатюризация

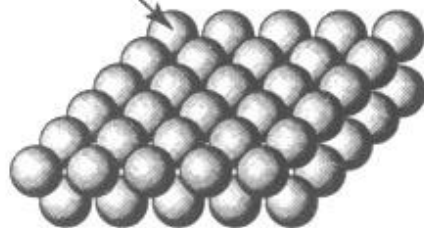


Требуемое изделие

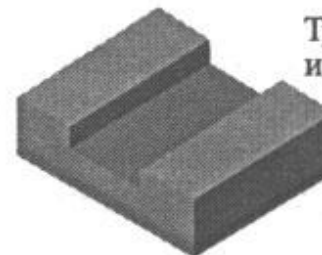
Пример подхода: литография в полупроводниковой технике

Подход «снизу–вверх», т. е. получение нанометровых изделий или материалов методами сборки на атомарном уровне

Отдельный атом



Зонд



Требуемое изделие

Пример подхода: обработка и самосборка элементов поверхности при помощи сканирующего туннельного микроскопа.

По материалам Института «Хитати Сокэн»

ВВЕДЕНИЕ В ФИЗИКУ НИЗКОРАЗМЕРНЫХ СТРУКТУР

ВВЕДЕНИЕ

ДВА ГЛАВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИНЦИПА

Типичным примером в технике подхода «снизу-вверх» является поштучная укладка атомов на кристаллической поверхности при помощи туннельного микроскопа или других устройств этого типа. Этот процесс характеризуется в настоящее время очень низкой эффективностью и производительностью, однако ему принадлежит будущее

Структурирование и сборка биологических тканей происходит «снизу-вверх» на атомарно-молекулярном уровне, причем живые организмы осуществляют их с высокой эффективностью.

ВВЕДЕНИЕ В ФИЗИКУ НИЗКОРАЗМЕРНЫХ СТРУКТУР

ВВЕДЕНИЕ

Области применения нанотехнологий

- элементы наноэлектроники и нанофотоники (полупроводниковые транзисторы и лазеры; фотодетекторы; солнечные элементы; различные сенсоры);
- устройства сверхплотной записи информации;
- телекоммуникационные, информационные и вычислительные технологии; суперкомпьютеры;
- видеотехника - плоские экраны, мониторы, видеопроекторы;
- молекулярные электронные устройства, в том числе, переключатели и электронные схемы на молекулярном уровне;
- нанолитография и наноимпринтинг;
- топливные элементы и устройства хранения энергии;
- устройства микро- и наномеханики, в том числе, актюаторы и трансдукторы, молекулярные моторы и наномоторы, нанороботы;
- нанохимия и катализ, в том числе, управление горением, нанесение покрытий, электрохимия и фармацевтика;
- авиационные, космические и оборонные приложения;
- устройства контроля состояния окружающей среды;
- целевая доставка лекарств и протеннов, биополимеры и заживление биологических тканей, клиническая и медицинская диагностика, создание искусственных мускулов, костей, имплантация живых органов;
- биомеханика; геномика; биоинформатика; биоинструментарий;
- регистрация и идентификация канцерогенных тканей, патогенов и биологически вредных агентов; безопасность в сельском хозяйстве и при производстве пищевых продуктов.

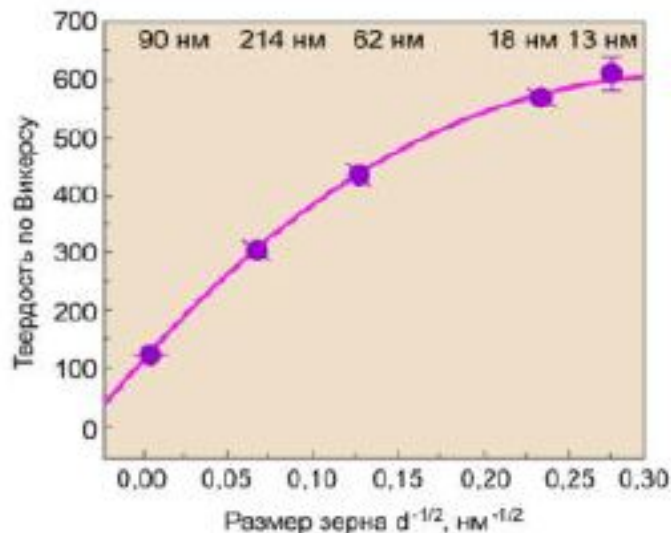
ВВЕДЕНИЕ В ФИЗИКУ НИЗКОРАЗМЕРНЫХ СТРУКТУР

ВВЕДЕНИЕ

Области применения нанотехнологий

Механические свойства обычного и нанокристаллического никеля

Свойства	Обычный, 10 мкм	Нано - Ni	
		100 нм	10 нм
Прочность, МПА (25°C)	103	690	>900
Предельная прочность на растяжение, МПА (25°C)	403	1100	>2000
Твердость по Викерсу, кг/мм ²	140	300	650



Применение:

Защита внутренней поверхности труб парогенераторов атомных станций в условиях высоких тепловых и потоковых нагрузок

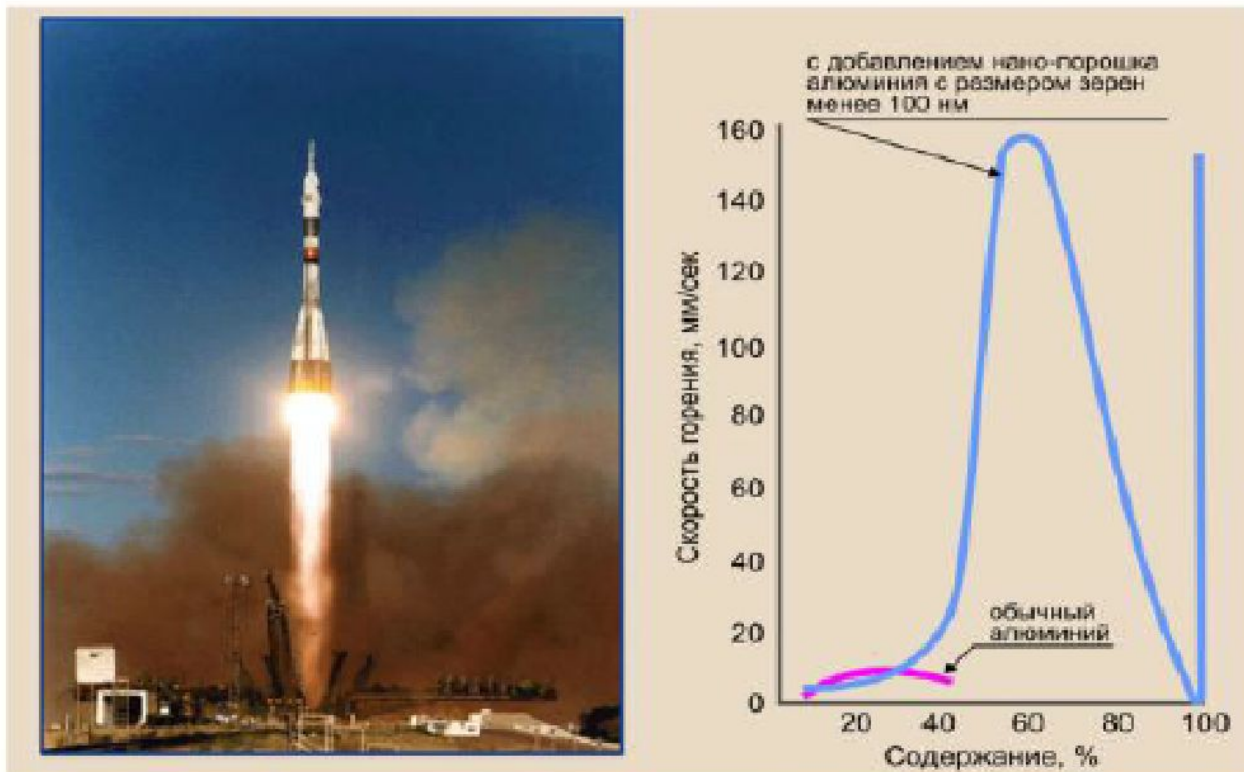
Encyclopedia of Nanoscience and Nanotechnology, 2004 American Scientific Publishers.

ВВЕДЕНИЕ В ФИЗИКУ НИЗКОРАЗМЕРНЫХ СТРУКТУР

ВВЕДЕНИЕ

Области применения нанотехнологий НАНО-АЛЮМИНИЙ В РАКЕТНОМ ТОПЛИВЕ

Порошок Al с размером зерен менее 100 нм



ВВЕДЕНИЕ В ФИЗИКУ НИЗКОРАЗМЕРНЫХ СТРУКТУР

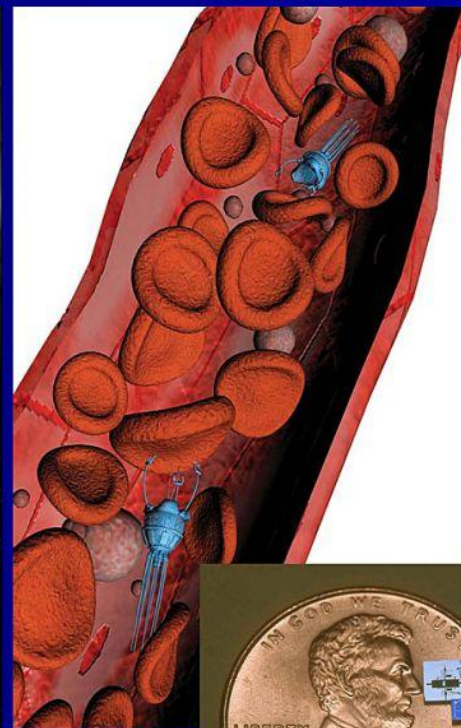
ВВЕДЕНИЕ

Области применения нанотехнологий

Футуристическое будущее



Космический лифт
из углеродных
нанотрубок



Нанобио-
роботы
в сосудах



ВВЕДЕНИЕ В ФИЗИКУ НИЗКОРАЗМЕРНЫХ СТРУКТУР

ВВЕДЕНИЕ

Литература

1. Ч. Пул, Ф. Оуэнс. Нанотехнологии. 2-е изд.. Москва: Техносфера, 2006.- 336с.
2. А.Я. Шик, Л.Г. Бакуева, С.Ф. Мусихин, С.А. Рыков. Физика низкоразмерных систем/ Под ред. А.Я. Шика.- СПб.: Наука, 2001. 160 с. (Серия учебных пособий «Новые разделы физики полупроводников»).
3. И.П. Суздалев. Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. М.: КомКнига, 2006.-592 с. (Синергетика: от прошлого к будущему.).
4. Н.Г. Чеченин. Магнитные наноструктуры и их применение: учебное пособие/ Н.Г. Чечение.- М.: Грант Виктория ТК, 2006.- 166 с.
5. В.П. Драгунов., И.Г. Неизвестный., В.А. Гридчин. Основы наноэлектроники: учеб. Пособие.- 2-е изд., испр. и доп.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2004.- 496 с. (Серия «Учебники НГТУ»).
6. Н.Н. Герасименко, Ю.Н. Пархоменко. Кремний – материал наноэлектроники. Москва: Техносфера, 2007.- 352 с.

ВВЕДЕНИЕ В ФИЗИКУ НИЗКОРАЗМЕРНЫХ СТРУКТУР

ВВЕДЕНИЕ

Электронные ресурсы

1. <http://www.nanometer.ru/> Нанометр. Нанотехнологическое сообщество
2. <http://www.nanonewsnet.ru/> Сайт о нанотехнологиях в России
3. <http://perst.isssp.kiae.ru/Inform/perst.htm> Экспресс-бюллетень «ПерсТ» «Перспективные Технологии – наноструктуры, сверхпроводники, фуллерены»