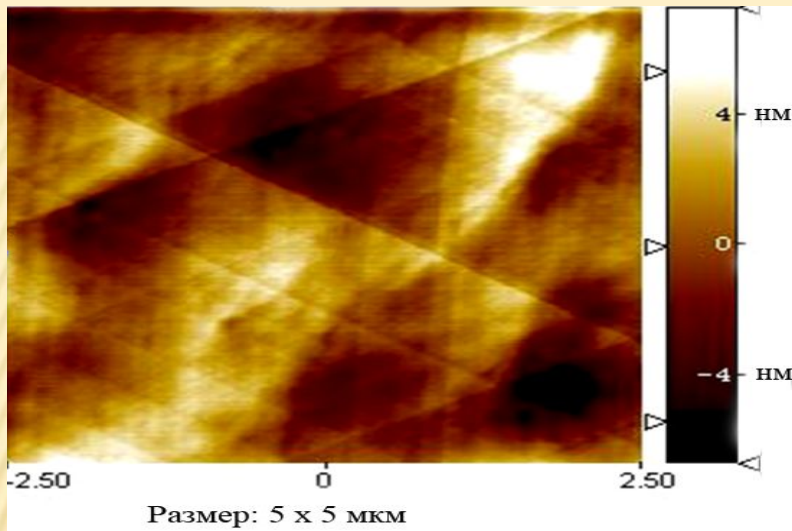
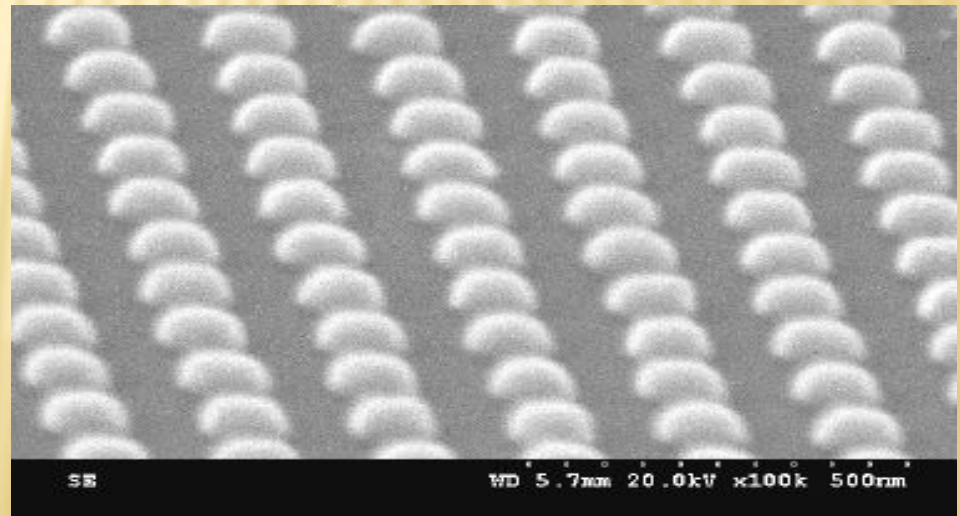
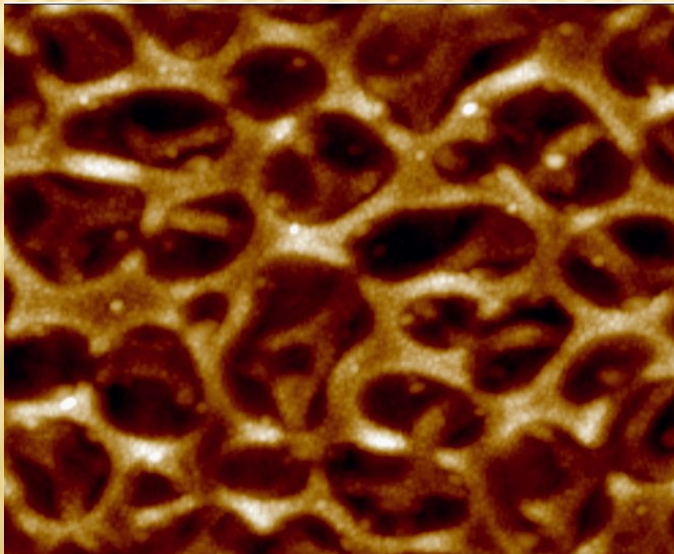


# НАНОМАТЕРИАЛЫ



Мошников В.А.  
7 сентября 2022 г.

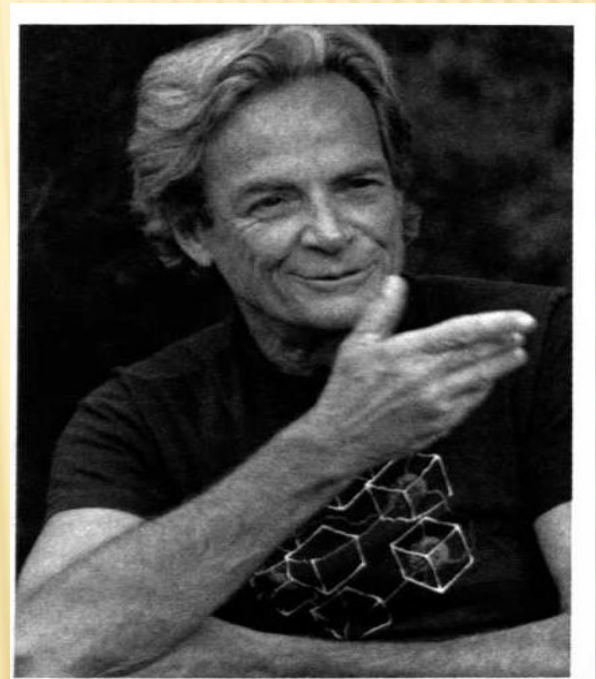


# КЛАССИФИКАЦИЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ

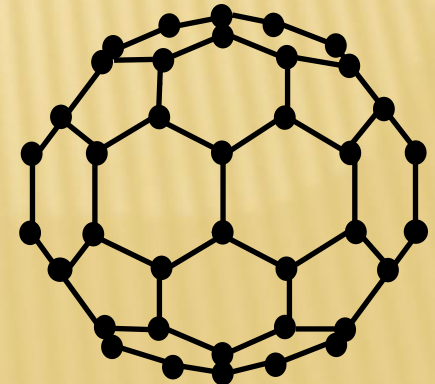
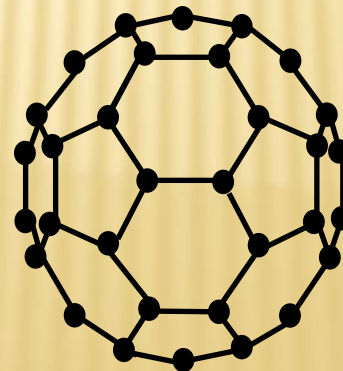
Рекомендации 7-й Международной конференции по нанотехнологиям (Висбаден, 2004 г.) выделяют следующие типы наноматериалов:

- **наночастицы;**
- **нанотрубки и нановолокна;**
- **нанопористые структуры;**
- **нанодисперсии (коллоиды);**
- **наноструктурированные поверхности и пленки;**
- **нанокристаллы и нанокластеры.**

Такая классификация не достаточно детализирована



Ричард Фейнман, лауреат Нобелевской премии  
1965 года в области физики





# РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРОСА ЭКСПЕРТОВ (PITKETHU, 2003)

## Как бы Вы определили нанотехнологию

Это технология, которая имеет дело с элементами размером до 100 нм

**45 % респондентов**

Это технология, которая имеет дело с элементами субмикронного уровня

**17 % респондентов**

Это технология, которая действует на основе новых законов физики

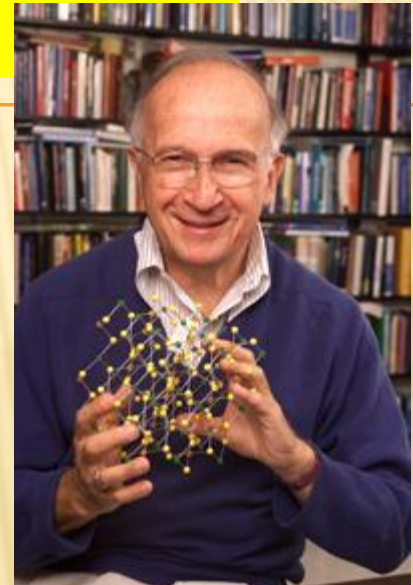
**5 % респондентов**

Это технология, которая используется на уровне атомов и молекул

**23 % респондентов**

Прочие/нет ответа

**10 % респондентов**



Рóалд Хóфман ([англ. Roald Hoffmann](#); род. **18 июля**; род. 18 июля **1937 года**; род. 18 июля 1937 года, **Злочув**; род. 18 июля 1937 года, Злочув, **Польша**; род. 18 июля 1937 года, Злочув, Польша) — **американский**; род. 18 июля 1937 года, Злочув, Польша) — американский химик, лауреат **Нобелевской премии по химии**; род. 18 июля 1937 года, Злочув, Польша) — американский химик, лауреат Нобелевской премии по химии 1981 г. «за разработку теории протекания окислительно-восстановительных реакций совместно с **Кэнъити Фукуи**

**Рóалд Хóфман в ответ на вопрос, что такое**

**нанотехнология, остроумно заметил, что рад тому, что для химии люди нашли новое название.**

# НАНОЧАСТИЦЫ (ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБЪЕКТА)

Твердые объекты с внешними размерами во всех трех измерениях в нанодиапазоне, приблизительно от 1 нм до 100 нм.

*Если размеры объекта в разных измерениях отличаются значительно (более 3 крат), то к таким объектам применяются термины **наностержень** или **нанопластина** вместо термина наночастица.*

Общие характеристики частиц:

Средний размер частиц и распределение частиц по размерам.

Средний размер кристаллитов и распределение кристаллитов по размерам.

Степень агломерирования частиц

*(**слабое агломерирование** – связь частиц слабыми связями типа сил Ван-дер-Ваальса, **сильное агрегирование** характеризуется сильными межчастичными связями)*

Удельная площадь поверхности

Химический состав объема частиц

Состав по сечению частиц для частиц неоднородного состава типа «ядро в оболочке».

Морфология частиц

Химический состав поверхности

Кристаллическая структура

Содержание влаги и других адсорбатов

**Норио  
Танигучи**



# НАНОЧАСТИЦЫ

1.1.	<b>Наночастицы</b> металлические	Из металлов (сплавов), в частности, титана, железа, меди, алюминия, золота, серебра для катализа, медицины и других применений, наряду с общими характеристиками по п. 1, могут характеризоваться:  Степенью окисления  Условиями воспламеняемости	ТГА, ДТА ТГА, ДТА
------	-------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------



# НАНОЧАСТИЦЫ ОКСИДОВ

---

1.2.	<b>Наночастицы оксидов</b>	<p>Из оксидов алюминия, титана, железа, цинка, циркония и др. используемых, например, для формирования объемных оксидных керамик и покрытий, в полировочных составах, в косметических составах, наряду с общими характеристиками по п. 1, могут дополнительно характеризоваться:</p> <p>Стабильностью фазовых состояний</p>	ТГА, ДТА
------	----------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------

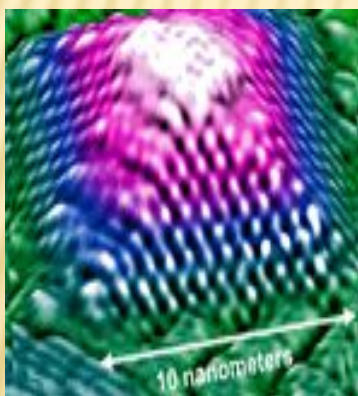
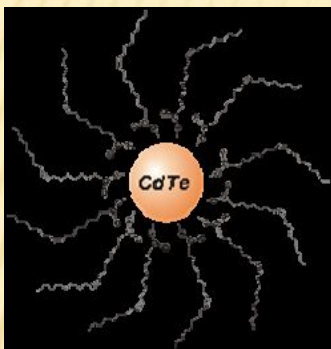
# НАНОЧАСТИЦЫ БЕСКИСЛОРОДНЫХ КЕРАМИК

1.3.	<b>Наночастицы</b> бескислородных керамик	На основе карбидов, нитридов, силицидов и др. соединений используемых, например, для формирования объемных бескислородных керамик и покрытий, в полировочных составах, в антифрикционных составах, наряду с общими характеристиками по п. 1, могут дополнительно характеризоваться:  Стабильностью фазовых состояний  Степенью окисления	РФЭС, ТГА, ДТА ТГА, ДТА
------	-------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------

# КВАНТОВЫЕ ТОЧКИ

2

## Квантовые точки



**Наночастицы**, как правило полупроводниковые (кремний, сульфид цинка и др.) или металлические, проявляющие размерную зависимость электронных и оптических свойств благодаря эффекту квантования. Наряду с общими характеристиками по п. 1, могут дополнительно характеризоваться:

Спектрами люминесценции  
Электронной структурой объема  
Электронной структурой поверхности

ФЛ, КЛ  
ОЭС  
РФЭС, РЭС, ОЭС



# НАНОПОРОШОК

3.	Нанопорошок	<p>Масса из сухих наночастиц, характеризующаяся наряду с общими характеристиками по п. 1 (и дополнительным пп. 1.1, 1.2, 1.3), дополнительно следующими характеристиками:</p> <p>Сыпучесть (текучесть) Насыпная плотность Содержание влаги и других адсорбатов Цвет</p>	<p>Метод равновесного угла Взвешивание стандартного объема ТГА, масс-спектрометрия Метод сравнения</p>
----	-------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

# НАНОМАТЕРИАЛЫ

4.	<b>Ультрадисперсный алмаз (УДА)</b>	Наночастицы алмаза ( <i>обычно производятся детонационным синтезом</i> ) наряду с характеристиками по пп. 1.3 и 3 дополнительно характеризуются:  термодинамическими условиями стабильности (температура, давление)	ДТА, ТГА, Фурье-ИК, РС, МУРПСИ, МУРР, МУНР
5.	<b>Аэрогель</b>	Нанопористое и низкоплотное (менее 5 мг/см <sup>3</sup> ) фрактальное твердое тело, характеризующееся наряду с общими характеристиками по п. 1 (и дополнительным пп. 1.1, 1.2, 1.3), дополнительно следующими характеристиками:  Кажущаяся плотность	Гидростатическое взвешивание

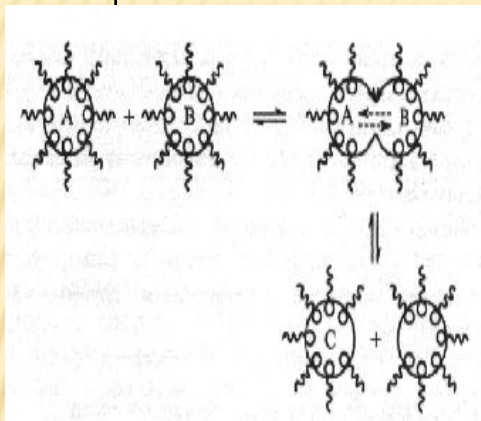


# НАНОМАТЕРИАЛЫ

6.	<b>Аэрозоль наноразмерный</b>	<p>Метастабильная взвесь твердых или жидких наночастиц в газе <i>(обычно частицы имеют широкий спектр распределения по размерам примерно от 1 нм до 100 мкм).</i></p> <p>Наряду с общими характеристиками по п. 1 (и дополнительными по пп. 1.1, 1.2, 1.3), характеризуется следующими параметрами:</p> <p>Прозрачность Цвет</p>	<p>Фотометрия проходящего света Метод сравнения</p>
----	-------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------

# НАНОМАТЕРИАЛЫ

7.	Коллоид	<p>Вещество, содержащее наночастицы (наностержни, нановолокна, нанопластины, нанотрубки), диспергированные и распределенные в жидкости. Наряду с общими характеристиками по п. 1 (и дополнительными по пп. 1.1, 1.2, 1.3), характеризуется следующими параметрами:</p> <p>Диспергируемость в полярной или неполярной жидкости</p> <p>Вязкость (текучесть)</p> <p>Параметр pH.</p> <p>Цвет</p> <p>Прозрачность</p>	<p>Метод <math>\zeta</math>-потенциала</p> <p>Вискозиметрия</p> <p>Метод pH.</p> <p>Метод сравнения</p> <p>Фотометрия проходящего света</p>
----	---------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------





# НАНОСТЕРЖНИ

---

Прямой твердый нанообъект с двумя подобными внешними размерами в нанодиапазоне и третьим размером много большим двух других (более 3 крат).

*(большой размер - не обязательно из нанодиапазона; сечение наностержня может иметь любую форму, оставаясь в диапазоне наноразмеров)*

## Общие характеристики:

Средний поперечный размер наностержней и распределение по размерам

Средняя длина наностержней и распределение длин по размерам

Среднее аспектное отношение и его распределение

Средний размер кристаллитов и распределение кристаллитов по размерам

Степень агломерирования частиц

*(слабое агломерирование – связь частиц слабыми связями типа сил Ван-дер-Ваальса, сильное агрегирование характеризуется сильными межчастичными связями)*

Удельная площадь поверхности

Химический состав объема частиц

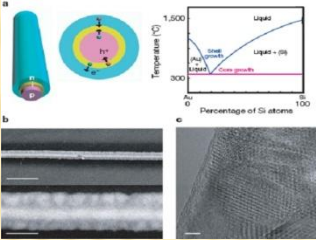
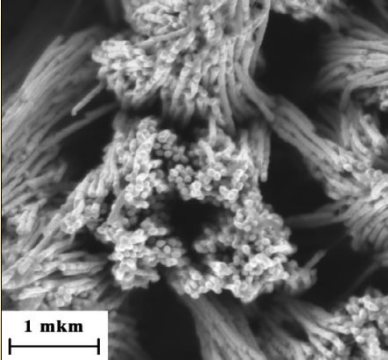
Кристаллографическая анизотропия

Химический состав поверхности

Функционализация поверхности

Содержание влаги и других адсорбатов

# НАНОМАТЕРИАЛЫ

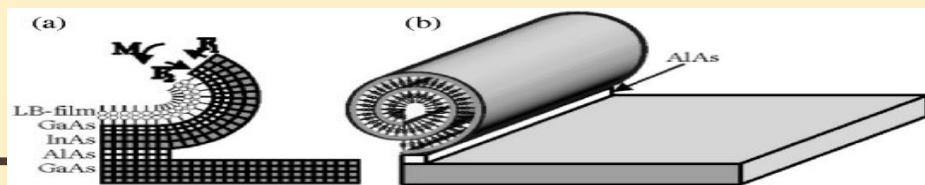
9.	<b>Нановолокно</b>	Гибкий длинномерный объект с формой наностержня (типами нановолокна являются также нановискер и нанопроволока). Характеристики по п. 8	См. п. 8
10.	<b>Нанопроволока</b> 	Проводящее или полупроводящее нановолокно. Наряду с общими характеристиками по п. 8 дополнительно характеризуется: Проводимостью вдоль большого размера	ФП
11.	<b>Углеродное нановолокно</b> 	Углеродные нити (длинномерные объекты) с поперечным размером в нанометровом диапазоне. Наряду с общими характеристиками по п. 9 дополнительно характеризуется: Проводимостью вдоль большого размера	См. п. 9 ФП



# НАНОМАТЕРИАЛЫ

<p>12.</p>	<p><b>Углеродная нанотрубка</b></p>	<p>Нанотрубка, состоящая из одного слоя атомов углерода, называется <b>однослойной</b>, состоящая из многих слоев – <b>многослойная</b> углеродная нанотрубка</p> <p><u>Общие характеристики нанотрубок:</u></p> <p>Средняя длина нанотрубок и распределение длин по размерам.</p> <p>Средний внутренний и внешний диаметр нанотрубок и распределение по размерам</p> <p>Среднее аспектное отношение и его распределение</p> <p>Толщина стенки</p> <p>Количество одноатомных слоев</p> <p>Химическая чистота, наличие катализатора</p> <p>Структурная чистота продукта – присутствие других углеродных форм</p> <p>Симметрия нанотрубки</p> <p>Степень агломерируемости</p> <p>Химический анализ поверхности</p> <p>Функционализация поверхности</p> <p>Структура концов: закрытые или открытые</p>	<p>РЭМ, ПЭМ, ДРС, НДРС</p> <p>ПЭМ единичных нанотрубок, Рамановская спектроскопия RBM</p> <p>ПЭМ единичных нанотрубок</p> <p>ПЭМ единичных нанотрубок</p> <p>ПЭМ, ИК-ФЛС, УФ-ИК спектроскопия</p> <p>ТГА, ГХ, ВИМС ЭДРА</p> <p>РЭМ, ПЭМ</p> <p>ПЭМ, ИК-ФЛС, УФ-ИК спектроскопия</p> <p>ПЭМ</p> <p>РФЭС, Фурье-ИК, РС Фурье-ИК,</p> <p>ПЭМ</p>
			

# НАНОМАТЕРИАЛЫ



13.	<b>Неорганическая нанотрубка</b>	Нанотрубка по п. 12, состоящая не из углеродных атомов. Характеристика нанотрубок по п. 11	См. п. 12
14.	<b>Нанопластина</b>	<p>Нанообъект с одним внешним размером, толщиной, в нанодиапазоне и двумя другими много большими размерами (более 3 крат). <i>(большие размеры - не обязательно из нанодиапазона)</i></p> <p><b>Общие характеристики:</b></p> <p><b>Средний размер нанопластин в плоскости и распределение по размерам</b></p> <p><b>Средняя толщина нанопластин и распределение толщин по размерам</b></p> <p><b>Среднее аспектное отношение и его распределение</b></p> <p>Средний размер кристаллитов и распределение кристаллитов по размерам</p> <p>Степень агломерирования нанопластин</p> <p>Удельная площадь поверхности</p> <p>Химический состав объема частиц</p> <p>Кристаллографическая анизотропия</p> <p>Химический состав поверхности</p> <p>Функционализация поверхности</p> <p>Содержание влаги и других адсорбатов</p>	<p>ПЭМ, РЭМ</p> <p>ПЭМ, РЭМ</p> <p>ПЭМ, РЭМ</p> <p>ПЭМ, РЭМ</p> <p>ПЭМ, РЭМ</p> <p>Метод ВЕТ</p> <p>РФА, ОЭС</p> <p>РСА</p> <p>ЭДРА, ОЭС, ВИМС</p> <p>РФЭС, РЭС</p> <p>Фурье-ИК, РС, ОЭС, РФЭС, РЭС, ОЭС, ТГА</p>



# НАНОМАТЕРИАЛЫ

15	<b>Наноструктурный материал</b>	<p>Компактный материал, состоящий из кристаллитов (зерен) с размером приблизительно до 100 нм. <i>(наноматериалы могут проявлять свойства, отличающиеся от материалов без наноструктурных особенностей)</i></p> <p><u>Общие характеристики:</u></p> <p>Кристаллическая структура</p> <p>Морфология кристаллитов (зерен)</p> <p>Средний размер кристаллитов (зерен) и их распределение по размерам</p> <p>Элементный (химический) состав</p> <p>Степень однородности элементного состава по объему материала</p> <p>Термическая стабильность наноразмерной структуры</p> <p>Кажущаяся плотность</p> <p>Пористость</p> <p>Цвет</p> <p>Прозрачность</p>	<p>РЭМ, ПЭМ</p> <p>АСМ, РЭМ</p> <p>РЭМ, АСМ, РСА-УЛ ОЭС, ВИМС, ЭДРА</p> <p>ЭДРА ТГА, ДТА</p> <p>Гидростатическое взвешивание</p> <p>Адсорбционная и/или ртутная порометрия</p> <p>Метод сравнения</p> <p>Фотометрия проходящего света</p>
----	---------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



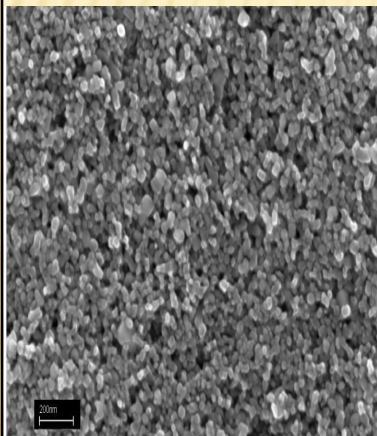
# НАНОМАТЕРИАЛЫ

15.1.	<b>Наноструктурный материал</b> металлический	<p>Из <b>металлов (сплавов)</b>, в частности, железа, титана, меди, алюминия, никеля для конструкци-онных, медицинских, электротех-нических, магнитных и других применений, наряду с общими характеристиками по п. 15, могут характеризоваться:</p> <p><u>Механические свойства:</u></p> <p>Твердость, микротвердость по Виккерсу Упругие модули Прочность на разрыв Предел текучести Пластичность Термическая стабильность механических свойств Износостойкость в парах трения</p> <p><u>Электрические и магнитные свойства:</u></p> <p>Электропроводность в зависимости от температуры Магнитная проницаемость Индукция насыщения Коэрцитивная сила</p>	<p>Индентирование <math>H_v</math> Индентирование <math>E</math></p> <p>Испытания на разрыв Испытания на разрыв Индентирование <math>H</math> Испытания на раз-рыв при повышен-ных температурах</p> <p>Испытания пар тре-ния под нагрузкой</p> <p>4-контактный метод Магнитометрия Магнитометрия Магнитометрия</p>
-------	--------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

# НАНОМАТЕРИАЛЫ

15.2.

**Наноструктурный материал**  
керамический



На основе оксидов, карбидов, нитридов, силицидов и др. соединений используемых, например, для конструкционных, медицинских, электрических и оптических применений, наряду с общими характеристиками по п. 15, могут дополнительно характеризоваться:

Механические свойства:

Твердость, микротвердость по Виккерсу

Прочность на изгиб

Трещиностойкость

Упругие модули

Термическая стабильность механических свойств

Износостойкость в парах трения

Электрические и магнитные свойства:

Электропроводность в зависимости от температуры

Магнитная проницаемость

Диэлектрическая проницаемость

Электрическая прочность

Индукция насыщения

Коэрцитивная сила

Индентирование  $H_v$

Испытания на изгиб

Индентирование  $K_{1C}$

Индентирование E

Испытания на изгиб при повышенных температурах.

Испытания пар трения под нагрузкой

4-контактный метод, импедансная спектроскопия

Магнитометрия

Импедансная спектроскопия

Электрические испытания

Магнитометрия

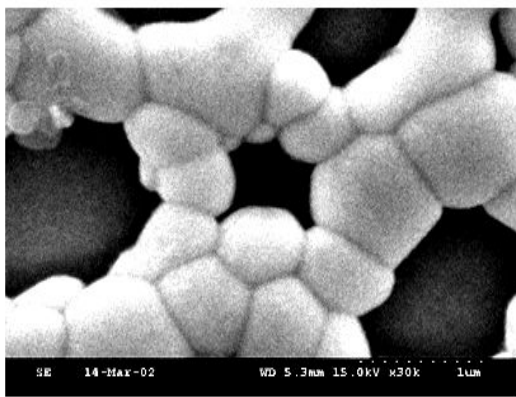
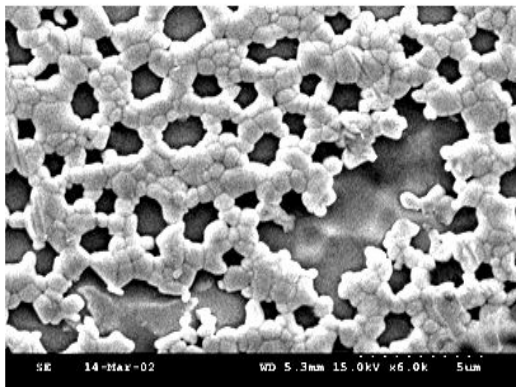
Магнитометрия



# НАНОМАТЕРИАЛЫ

## 16. Нанокompозит

СТРУКТУРА ФОТОЧУВСТВИТЕЛЬНОГО  
СЛОЯ PbSe



Наноматериал, состоящий из двух или большего числа фаз, в котором хотя бы одна из фаз имеет средний размер кристаллитов (зерен) в нанодиапазоне. Наряду с общими характеристиками по п. 15, нанокompозит может характеризоваться:

Количественный состав фаз, составляющих нанокompозит

Средние размеры кристаллитов фаз, составляющих нанокompозит

Степень однородности распределения наноразмерных фаз в композитном материале

Совместимость наноразмерной усиливающей фазы с матрице композитного материала

АСМ-ФК, РФА/РСА, ЭДРА

РФА/РСА, АСМ-ФК, ЭДРА, РСА-УЛ, РЭМ АСМ-ФК, ЭДРА РЭМ, ПЭМ, ДТА, ТГА

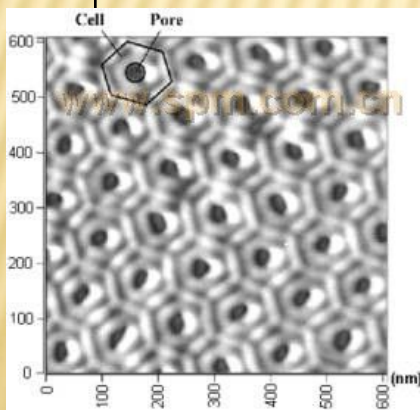


# НАНОМАТЕРИАЛЫ

16.1.	<b>Металло- матричный нанокомпозит (ММНК)</b>	<p>Нанокомпозит на основе металлической матрицы (из железа, титана, меди, алюминия, никеля и др. металлов и сплавов) и распределенных в ней фаз из керамик или металлов (сплавов). ММНК используются, например, для конструкционных, медицинских, электрических и магнитных применений.</p> <p>Наряду с общими характеристиками по п. 16, ММНК могут дополнительно характеризоваться свойствами по п. 15.1.</p>
-------	---------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

# НАНОМАТЕРИАЛЫ

16.2.	<b>Керамо-матричный наноккомпозит (КМНК)</b>	<p>Наноккомпозит на основе керамической матрицы (из оксидов, карбидов, нитридов, силицидов и др. соединений) и распределенных в ней фаз из керамик или металлов (сплавов). КМНК используются, например, для конструкционных, медицинских, электрических и оптических применений.</p> <p>Наряду с общими характеристиками по п. 16, наноккомпозиты могут дополнительно характеризоваться свойствами по п. 15.2.</p> <p>г)</p>	
16.3.	<b>Полимер-матричный наноккомпозит (ПМНК)</b>	<p>Наноккомпозит на основе полимерной матрицы и распределенных в ней фаз из керамик или металлов (сплавов). ПМНК используются, например, для конструкционных, медицинских, электрических и магнитных применений.</p> <p>Наряду с общими характеристиками по п. 16, ПМНК могут дополнительно характеризоваться свойствами по п. 15.1 и также:</p> <p>Химической структурой полимера</p> <p>Длиной полимерных молекул</p>	РС, УФ-ИК, ИК-ФЛС ГХ 





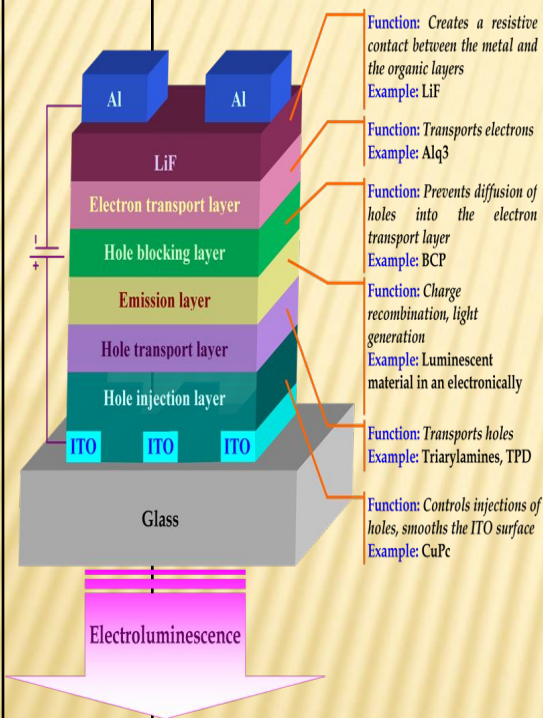
# НАНОМАТЕРИАЛЫ

17.	<b>Наноразмерные тонкие пленки или покрытия</b>	<p>Пленки или покрытия на поверхности твердого тела, подложке, с толщиной в нанометровом диапазоне и/или с наноразмерной кристаллической структурой могут характеризоваться следующими параметрами:</p> <p>Толщина покрытия</p> <p>Неоднородность материала по толщине</p> <p>Химический состав покрытия</p> <p>Фазовый состав покрытия</p> <p>Химический состав поверхности</p> <p>Прочность сцепления с подложкой</p> <p>Пористость покрытия</p> <p>Микроструктура покрытия и интерфейса с подложкой</p> <p>Микротвердость покрытия</p> <p>Трещиностойкость покрытия</p> <p>Износостойкость покрытия</p> <p>Электропроводность покрытия</p> <p>Электрическая прочность покрытия</p>	<p>РЭМ, ВИМС</p> <p>РЭМ, ВИМС, ЭДРА</p> <p>ОЭС, ВИМС, ЭДРА</p> <p>РФА/РСА, АСМ-ФК</p> <p>РСА-УЛ</p> <p>ОЭС</p> <p>Адгезионные испытания</p> <p>РЭМ</p> <p>РЭМ, АСМ-ФК</p> <p>Индентирование <math>H_V</math></p> <p>Индентирование <math>H_V</math></p> <p>Индентирование <math>K_{1C}</math></p> <p>Импедансная спектроскопия</p> <p>Электрические испытания</p>
-----	-------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



# НАНОМАТЕРИАЛЫ

## 18. Наночип



Schematic illustration of multi layer structure of small molecule based OLED

Интегрированная электронная, фотонная или жидкостная функциональная система с наномасштабными особенностями, формируемая на подложке. Может иметь как многослойную пленочную, так и поверхностно-распределенную наноструктуру. Наряду с общими характеристиками по п. 18, наночип может дополнительно характеризоваться:

Пространственные параметры многослойной или поверхностно-распределенной структуры

Эффективность преобразования или передачи энергии

Электрические параметры структур

Плотность излучаемого светового потока при оптимальной электролюминесценции

Спектральный состав излучаемого света

Пространственная диаграмма направленности излучения

РЭМ, АСМ-ФК, РФА/РСА, ВИМС, ЭДРА

Измерения ВАХ, светового потока

АСМ

Фотометрия

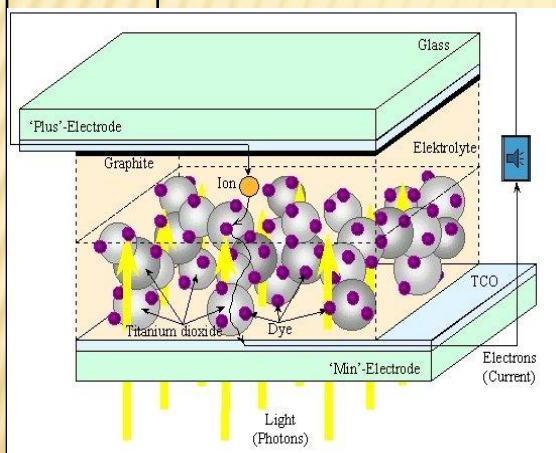
Спектрофотометрия

Фотометрия

пространственная

# НАНОМАТЕРИАЛЫ

## 19. Электрод-электролитные наноразмерные структуры (ЭЭС)



Многослойная система, содержащая средний ион-проводящий слой и примыкающие к нему электрон-проводящие слои с наноразмерной и высокопористой структурой вблизи интерфейса электрод-электролит. Наномасштабные особенности интерфейса обеспечивают высокую эффективность топливных элементов, аккумуляторов и других электрохимических устройств. ЭЭС может характеризоваться следующими существенными параметрами:

Толщина слоев электролита и электродов

Неоднородность материала по толщине слоев

Фазовый и элементный состав слоев

Фазовый и элементный состав интерфейса электрод-электролит

Прочность сцепления электрод-электролит

Пористость электродных слоев, степень неоднородности пористости

Газоплотность электролита

Микроструктура электродов, электролита и интерфейса

Микротвердость электролита

Трещиностойкость электролита

Электропроводность электролита и электродов

Числа переноса слоя электролита

Средне-поверхностное сопротивление ЭЭС, вклады отдельных слоев

Вольт-амперные и мощностные характеристики ЭЭС для возможных рабочих режимов

Предельные плотности генерируемых токов для рабочих режимов ЭЭС

Стабильность рабочих режимов ЭЭС

РЭМ, АСМ

ЭДРА, ВИМС  
РФА/РСА, АСМ-ФК,  
ЭДРА

ЭДРА, ВИМС  
Адгезионные испытания

РЭМ, АСМ, гидростатическое  
взвешивание

Испытание на газо-  
проницаемость

РЭМ, ЭДРА  
Инденитирование  $H_V$   
Инденитирование  $K_{1C}$

4-контактный метод,  
импеданс-ная спектроскопия

Инденитирование  $H_V$

Инденитирование  $K_{1C}$

Импедансная спек-  
троскопия,  
испытания под рабочей  
нагрузкой

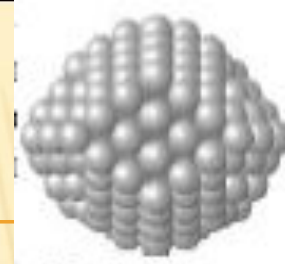
Испытания под рабочей  
нагрузкой

Ресурсные испытания под  
рабочей нагрузкой



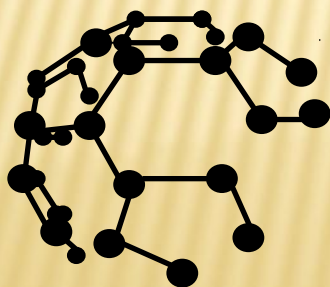
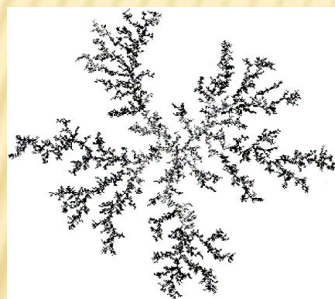
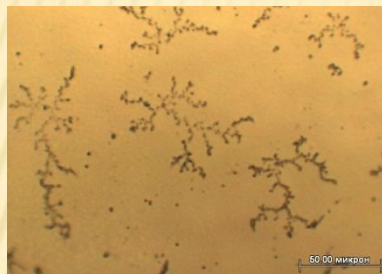


# НАНОМАТЕРИАЛЫ



20.

## Нанокластер



Ковалентно или не ковалентно связанная группа атомов или молекул, размер которой обычно лежит в диапазоне нескольких нанометров.

### Общие характеристики нанокластеров:

Тип и структура составляющих кластеры атомов или молекул

Количество атомов или молекул в кластере

Форма кластера

Структура кластера

Средний размер кластера и их распределение по размерам

Химическая чистота, наличие примесных или легирующих атомов

Симметрия кластера

Степень агломерируемости кластеров

Люминесцентные характеристики нанокластеров

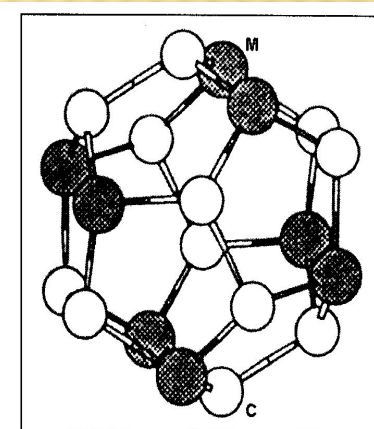
Фурье-ИК, РС, ВИМС, МУНР

Фурье-ИК, РС  
ПЭМ

МУРРСИ, МУРР  
ПЭМ

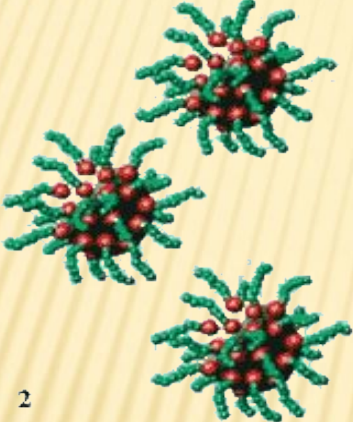
Фурье-ИК, МУНР  
Фурье-ИК

ПЭМ, РЭМ  
ФЛ, КЛ



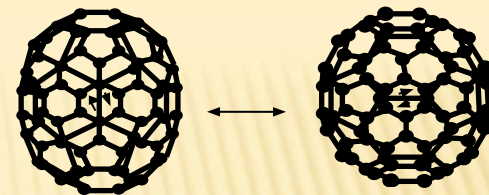
Молекула одного из наиболее простых металлоуглеродов  $M_8C_{12}$

# НАНОМАТЕРИАЛЫ

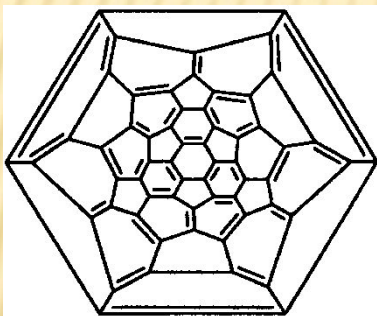
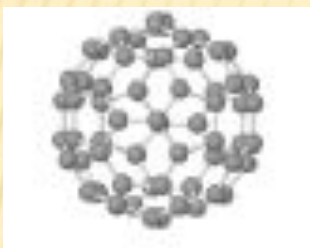
21.	<b>Мицелла</b>  2	<p>Агрегат из молекул поверхностно-активного вещества (ПАВ), диспергированных в жидкости.</p> <p><i>Молекулы ПАВ часто отделены внутри гидрофильных и гидрофоб-ных областей. Мицеллы обычно имеют форму сферы, однако могут быть также в форме стержней или червеподобными.</i></p> <p><u>Общие характеристики мицелл:</u></p> <p>Тип и структура составляющих мицеллу ПАВ</p> <p>Тип жидкости-растворителя</p> <p>Количество молекул ПАВ в мицелле</p> <p>Форма мицелл</p> <p>Структура мицелл</p> <p>Средний диаметр мицелл и их распределение по размерам</p> <p>Химическая чистота, наличие примесных или легирующих атомов</p> <p>Симметрия мицелл</p> <p>Степень агломерируемости</p>	<p>ГХ, Фурье-ИК, МУНР</p> <p>ГХ, ВИМС</p> <p>Фурье-ИК, МУНР</p> <p>ПЭМ, Фурье-ИК</p> <p>МУРРСИ, МУРР</p> <p>ПЭМ</p> <p>Фурье-ИК, МУНР</p> <p>ПЭМ</p> <p>ПЭМ, СКР, Метод <math>\zeta</math>-потенциала</p>
-----	----------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



# НАНОМАТЕРИАЛЫ



## 22. Фуллерен



Плотная закрытая структура, содержащая более 20 атомов углерода, состоящая полностью из углеродных атомов с тремя связями.

*Фуллерен с 60 атомами углерода (C<sub>60</sub>) имеет структуру поверхности футбольного мяча.*

Общие характеристики фуллеренов:

Количество атомов углерода в фуллерене

Средний диаметр фуллерена

Химическая чистота, наличие примесных или легирующих атомов

Структурная чистота продукта – присутствие фуллеренов разного размера и других углеродных форм

Симметрия фуллеренов

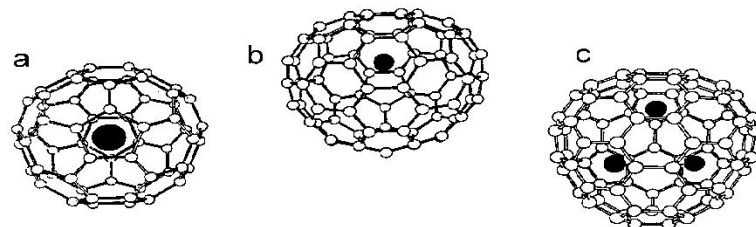
Степень агломерируемости

Функционализация поверхности

Фурье-ИК, РС  
ПЭМ

ОЭС  
Фурье-ИК, РС  
РФА/РСА

ПЭМ  
Фурье-ИК, РС



## Перечень методов испытаний

- АСМ – атомно-силовая микроскопия
- АСМ-ФК - атомно-силовая микроскопия в режиме фазового контраста
- РЭМ – растровая электронная микроскопия,
- ПЭМ – просвечивающая электронная микроскопия,
- ДРС – динамическое рассеяние света. (dynamic light scattering (DLS) )
- НДРС – неполяризованное динамическое рассеяние света (de-polarized dynamic light scattering (DDLS))
- РС - Рамановская спектроскопия низкочастотных радиальных мод (the low-frequency radial breathing modes (RBMs))
- ТГА - Термогравиметрия (TGA)
- ГХ – газовая хроматография (Evolved Gas Analysis-Gas Chromatograph Mass Spectrometry (EGA-GCMS))
- РСА – рентгеноструктурный анализ (XRD; X-ray diffractometer)
- РФА – рентгенофазовый анализ (XRD; X-ray diffractometer)
- РСА-УЛ – уширение линий рентгеновской дифракции (x-ray diffraction line broadening (XRDLB))
- РФ - рентгеновский флуоресцентный анализ (XRF; X-ray fluorescence analysis)
- ИК-ФЛС – фотолюминесцентная спектроскопия (NIR-Photoluminescence (NIR-PL) spectroscopy)
- УФ-ИК спектроскопия поглощения (UV-vis-NIR absorption spectroscopy)
- ЭДРА – энерго-дисперсионный рентгеновский анализ (Energy Dispersive X-ray Analysis (EDX))
- РФЭС – рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (x-ray photoelectron spectroscopy (XPS))
- ФП – фотопроводимость (photoconductivity)
- МУРР - Малоугловое рентгеновское рассеяние (small angle x-ray scattering (SAXS))
- МУРРСИ - Малоугловое рентгеновское рассеяние синхротронного излучения (synchrotron radiation small angle x-ray scattering (SRSAXS))
- Фурье-ИК – Фурье ИК спектроскопия (fourier transform infrared spectroscopy (FTIR))
- ОЭС - Оже электронная спектроскопия (Auger electron spectroscopy (AES))
- ВИМС – вторичная ионная масс-спектрометрия (secondary-ion mass spectrometry (SIMS))
- ФЛ – Фотолюминесценция
- КЛ – катодолуминесценция

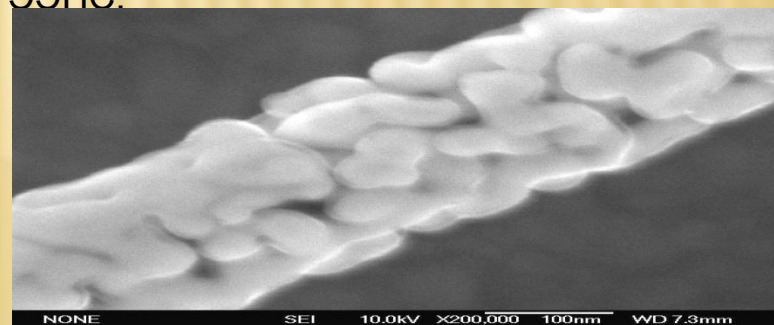
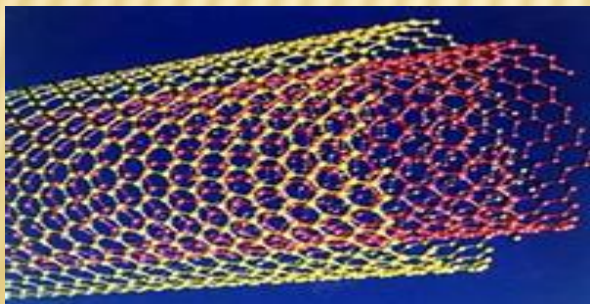


## Перечень методов испытаний

- МУНР – малоугловое нейтронное рассеяние (small angle neutron scattering (SANS))
- Метод BET - Адсорбционный метод определения удельной площади поверхности BET analysis
- СКР – спектроскопия корреляционного рассеяния (Methods for determination of particle size distribution – Photon correlation spectroscopy)
  - Индентирование  $H_V$  - индентирование для определения микротвердости  $H_V$
  - Индентирование  $K_{1C}$  - индентирование для определения трещиностойкости  $K_{1C}$
  - Индентирование  $E$  - индентирование для определения упругого модуля  $E$ 
    - Метод равновесного угла для определения текучести порошков.
    - Взвешивание стандартного объема для определения насыпной плотности.
  - Гидростатическое взвешивание – метод определения кажущейся плотности материала.
- Фотометрия проходящего света – определение доли прошедшего света по отношению падающему путем измерения светового потока.
  - Метод визуального сравнения цвета объекта с образцами для определения цвета.
- Метод  $\zeta$ -потенциала – определение полярности и профиля потенциала в сравнении с потенциалом эталона.
  - Вискозиметрия – определение вязкости жидкости (суспензии) по ее текучести.
    - Метод pH – определение уровня кислотности жидкости.
  - Адсорбционная порометрия – по методу BET для размеров пор менее 500 нм
    - Ртутная порометрия.
- Испытания на разрыв стандартного образца для определения прочности и пластичности материала.
- Испытания на разрыв при повышенных температурах позволяют определить пределы термической стабильности механических свойств материала.
- Испытания на изгиб стандартного образца для определения прочности на изгиб хрупкого материала.
- Испытания на изгиб при повышенных температурах позволяют определить пределы термической стабильности механических свойств хрупкого материала.

## Перечень методов испытаний

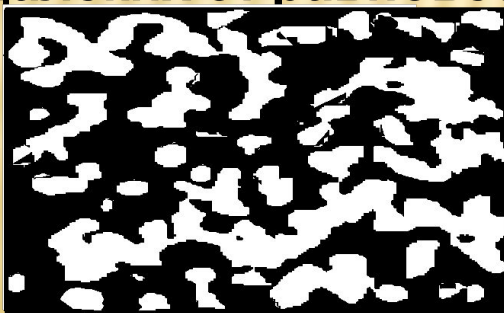
- Испытания пар трения под нагрузкой - по схеме вал-втулка или палец-плоскость.
- 4-контактный метод – измерения электропроводности по падению напряжения между парой потенциальных контактов при пропусканию тока через пару внешних токовых контактов.
- Магнитометрия – метод измерения магнитных параметров материалов.
- Импедансная спектроскопия – метод комплексного исследования проводимости материалов и структур в широком диапазоне частот и значений проводимости.
- Электрические испытания – испытания стандартных образцов материала на пробой высоким электрическим полем.
- Адгезионные испытания – измерения силы адгезионного сцепления покрытия и подложки путем приложения контролируемого разрывающего усилия.
- Измерения ВАХ – методом импедансной спектроскопии.
- Измерение энергии светового потока, излучаемого структурой.
- Фотометрия – измерение интегрального светового потока с единицы площади структуры.
- Фотометрия пространственная - измерение светового потока с единицы площади структуры в различных направлениях.
- Спектрофотометрия – измерение спектрального состава излучения структуры.
- Испытание на газопроницаемость мембран состоит в определении возможных газовых потоков через мембрану, нагруженную перепадом давления газа.
- Ресурсные испытания и испытания под рабочей нагрузкой ЭЭНС.





## *ХАРАКТЕРНЫЕ ПРОЯВЛЕНИЯ «НАНОМИРА»*

- **высокая «полевая» (электрическая, магнитная) активность и «каталитическая» (химическая) избирательность поверхности ансамблей на основе наночастиц;**
- **появление нетрадиционных видов симметрии, особых видов сопряжения границ раздела и конформаций, в том числе, с динамически перестраиваемой структурой;**
- **особый характер протекания процессов передачи энергии, заряда и конформационных изменений, отличающихся низким энергопотреблением, высокой скоростью и носящих признаки кооперативного синергетического процесса;**
- **доминирование над процессами искусственного упорядочения явлений самоупорядочения и самоорганизации, отражающих проявление эффектов матричного копирования и особенностей синтеза в условиях далеких от равновесных.**



# Продукция нанотехнологий

---

Продукцией нанотехнологий являются **наноматериалы** и **наносистемы**.

**Наноматериалы** – вещества и композиции веществ, представляющие собой искусственно или естественно упорядоченную или неупорядоченную систему базовых элементов с нанометрическими характеристическими размерами и особым проявлением физического и (или) химического взаимодействий при кооперации наноразмерных элементов, обеспечивающей возникновение у материалов и систем совокупности ранее неизвестных механических, химических, электрофизических, оптических, теплофизических и других свойств, определяемых проявлением наномасштабных факторов.

**Наносистемы** – материальные объекты в виде упорядоченных или самоупорядоченных интегрированных элементов с нанометрическими характеристическими размерами, кооперация которых обеспечивает возникновение у объекта новых свойств, проявляющихся в виде квантово-размерных, синергетически-кооперативных, коллективных, «гигантских» эффектов, явлений и других процессов, связанных с проявлением наномасштабных факторов.



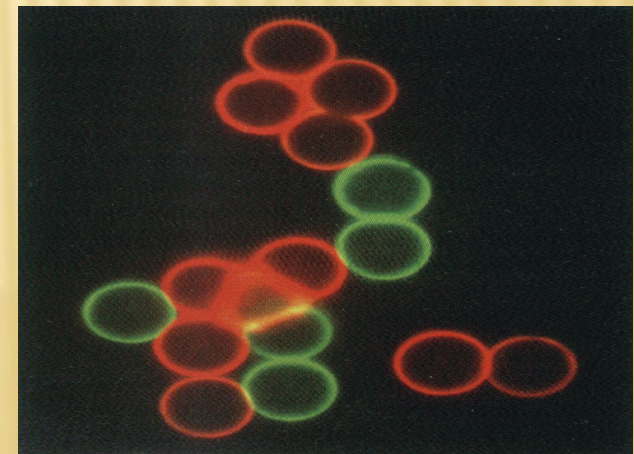
# ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ НАНОУГРОЗ

В качестве возможных *причин возникновения наноугроз* следует особо выделить:

- **малые геометрические размеры наночастиц** и, как следствие, их высокая проникающая способность, реакционная и адсорбционная активность при отсутствии у человека, животных и растений эволюционно выработанных защитных механизмов противодействия;
- многообразие структуры и состава наночастиц и наноконструкций и, как следствие, **сложность их идентификации и количественной характеристики;**
- развитие междисциплинарных исследований, стимулирующих создание конвергентных систем, основанных на искусственной интеграции объектов органической (в том числе, живой) и неорганической природы в ***отсутствии надежной информации о механизмах их взаимодействия и патогенных проявлениях***, в том числе, при длительной аккумуляции;
- экономически стимулированное резкое искусственное ускорение технологической эволюции в области процессов нанотехнологии, наноматериалов и производства продукции на их основе в ***отсутствии необходимой нанотехнологической культуры у разработчиков, производителей, органов сертификации и санитарно-эпидемиологического контроля;***
- новизна продукции nanoиндустрии при возможной высокой экономической эффективности финансовых вложений, что создает соблазн у определенной группы, как правило, «молодых» небольших компаний ***достижения быстрого результата без оценки риска и последствий;***
- малые массогабаритные и энергетические показатели ряда нанотехнологических процессов и ***возможность их «скрытой» реализации***, что стимулирует возникновение тенденций к ***использованию нанотехнологий и наноматериалов для реализации преднамеренных террористических проявлений.***

# НАНОМАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СФЕРЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

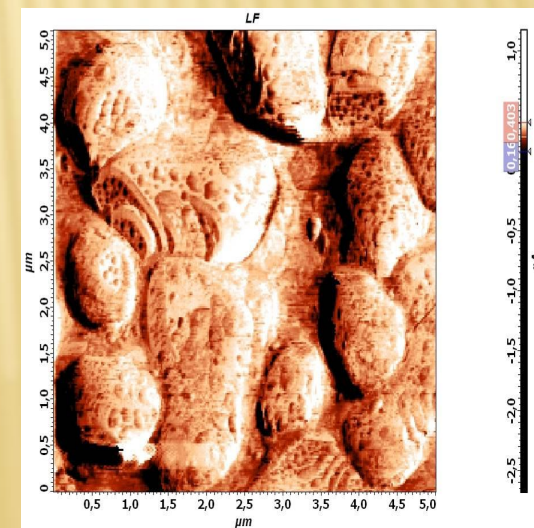
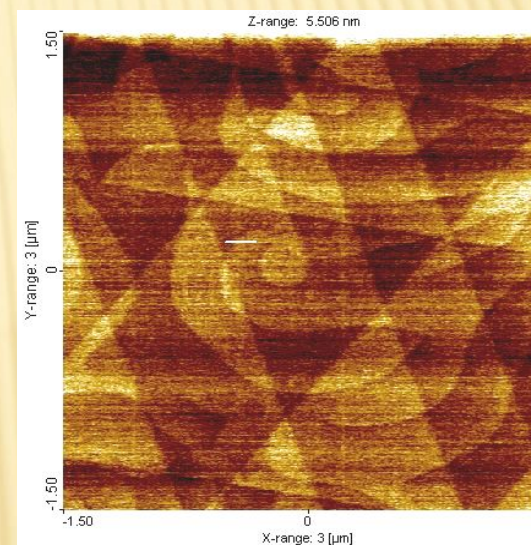
- **Нанокпозиционные материалы с особой устойчивостью** к экстремальным факторам для термически, химически и радиационно-стойких конструкций
- **Нанокпозиционные материалы, обладающие «интеллектуальными» свойствами**, включая адаптивность и память
- **Специальные нанокпозиционные адаптивные материалы с низкой эффективной отражающей или сверхвысокой поглощающей способностью в СВЧ и оптическом диапазонах длин волн**
- **Специальные нанодисперсные материалы с максимально эффективным энергопоглощением и энергосвободением**, в том числе, импульсным
- **Биологически активные наночастицы** для nanoизбирательной биомаркировки, диагностики, фармакотерапии и генной инженерии





# НАНОТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ СФЕРЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

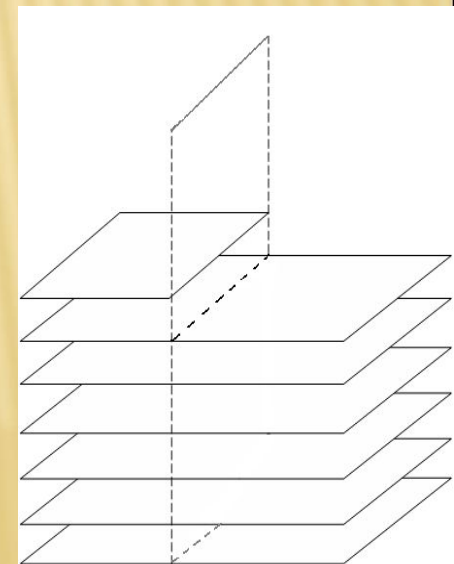
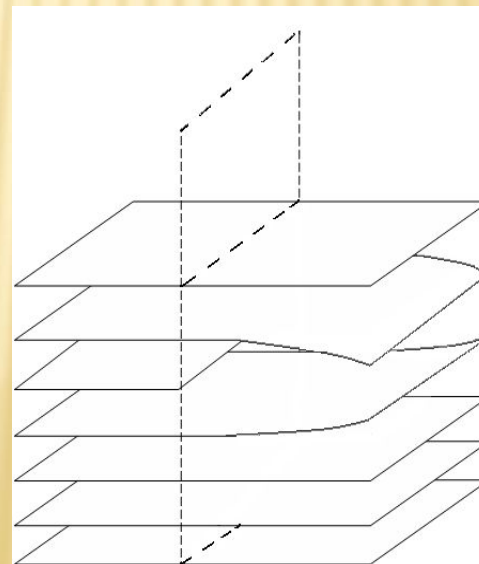
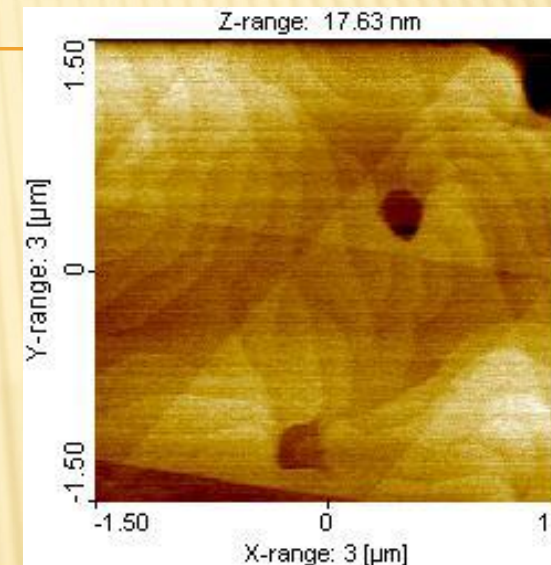
- Машиностроительные технологии для **механической, термомеханической и корпускулярной обработки с наноточностью**
- Зондовые, пучковые и корпускулярно-полевые технологии **нанослоевого синтеза, наноразмерного нанесения, удаления и модифицирования вещества**
- Биомедицинские технологии **наноизбирательной диагностики, фармакотерапии, генной инженерии и сверхлокальной инвазивной хирургии**



# НАНОДИАГНОСТИКА ДЛЯ СФЕРЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

- **Экспресс-методы и средства регистрации** электрических, оптических, магнитных, акустических и других видов полей наноразмерных объектов
- **Средства и методы метрологического обеспечения** для процессов производства, контроля и исследований наноразмерных объектов, нано - и пикоколичеств вещества

**Специальные экспресс – методы и средства обнаружения и идентификации** нано - и пикоколичеств био- и взрывоопасных веществ

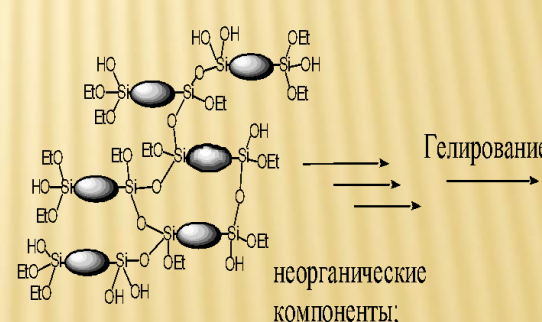
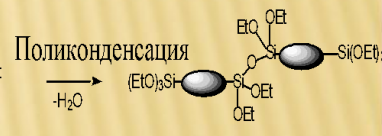
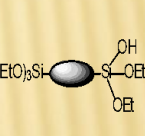
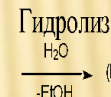
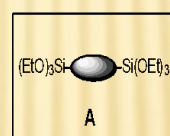
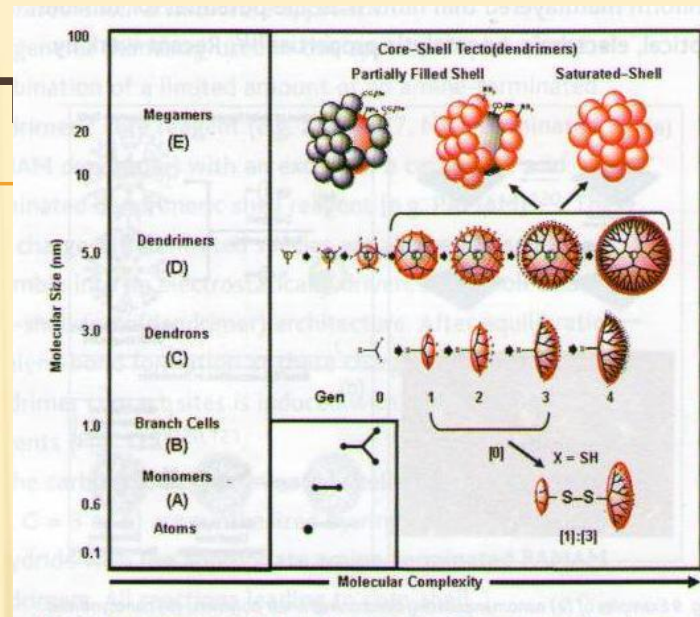




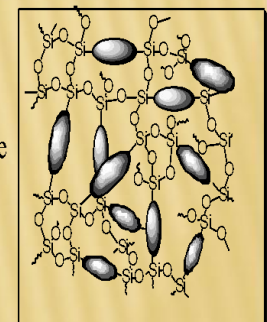
# НАНОСИСТЕМЫ И НАНОУСТРОЙСТВА

- **Нанохимические компоненты** (сорбенты, катализаторы, насосы, реакторы) для высокоскоростной очистки, избирательного сверхскоростного высокопроизводительного синтеза, атомно-молекулярной инженерии
- **Нанoeлектронные компоненты** (элементная база) для сверхинтегрированных сверхмощных устройств нанoeлектроники, сверхскоростных систем генерации, хранения, передачи и обработки информации
- **Нанооптические компоненты** (элементная база - излучатели, фотоприемники, преобразователи) для энергетически эффективной светотехники, систем сверхскоростной «сверхплотной» высокочувствительной регистрации, передачи и обработки информации
- **Компоненты нано- и микросистемной техники** (электромеханические, оптомеханические, теплофизические, флюидные, биотехнические, биологические) для сверхминиатюрных высокочувствительных сенсорных, сверхточных исполнительных и микроэнергопотребляющих робототехнических устройств

**Нано - и микро размерные устройства** для генерации, поглощения и аккумуляции электрической, световой, тепловой и механической



Гелирование

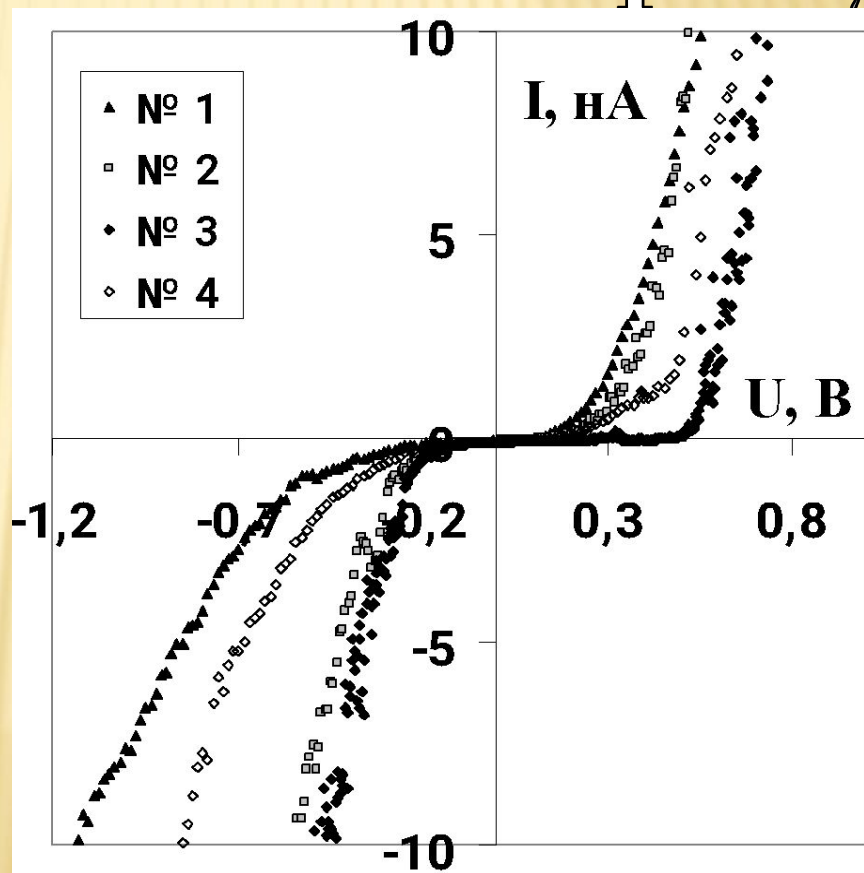
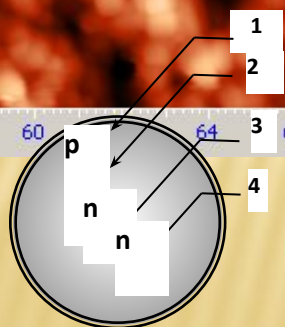
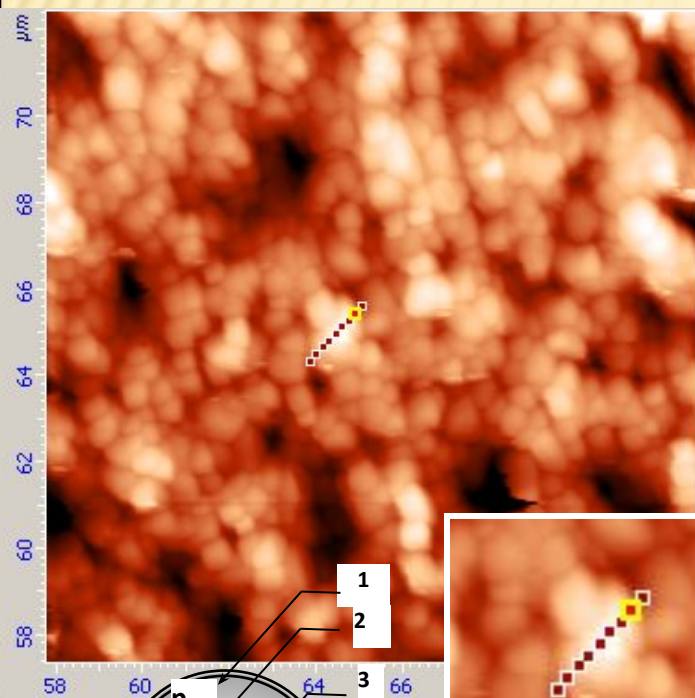


неорганические компоненты;  
 = органические компоненты; каталитически активные частицы, иммобилизованные в матрице

# АСМ-ДИАГНОСТИКА

Травление слоя

Экспозиция на воздухе





# НАУЧНЫЙ РУБРИКАТОР РАЗДЕЛ 1. ОБЪЕКТЫ, ОТНОСЯЩИЕСЯ К СФЕРЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ, ИХ СВОЙСТВА

## 1.1. Наноматериалы и их структура

### 1.1.1. Нульмерные наноструктуры

( Магнитные наноточки. Молекулярные нанокластеры .Нанокристаллы.  
Другие наночастицы)

### 1.1.2. Линейные наноструктуры

(Нанопроволоки и нановолокна . Нанотрубки )

### 1.1.3. Двумерные наноструктуры

( Наноструктурированные и нанокомпозитные пленки . Нанопористые  
поверхности . Наномембраны )

### 1.1.4.Трехмерные наноструктуры .

( Нанокомпозитные материалы (нанокерамика) . Нанопористые  
материалы . Нанодисперсии (коллоиды)

### 1.1.5.Другие наноструктуры.

( Фрактальные наноструктуры . Бιονаноматериалы и  
биофункционализированные наноматериалы)

# НАУЧНЫЙ РУБРИКАТОР РАЗДЕЛ 1. ОБЪЕКТЫ, ОТНОСЯЩИЕСЯ К СФЕРЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ, ИХ СВОЙСТВА

## **1.2. Свойства нанобъектов**

- 1.2.1. Гидродинамика наножидкостей
- 1.2.2. Термические превращения наноструктур
- 1.2.3. Влияние среды на оптические свойства нанобъектов
- 1.2.4. Свойства облученных наноматериалов
- 1.2.5. Фазовые превращения в наноструктурных материалах

## **1.3. Взаимодействие наночастиц между собой и с другими объектами**

- 1.3.1. Межчастичное взаимодействие в массивах наночастиц
- 1.3.2. Адсорбция и десорбция в нанотрубках
- 1.3.3. Капиллярные явления в нанотрубках
- 1.3.4. Взаимодействие наночастиц с пленками и поверхностями массивных твердых тел
- 1.3.5. Взаимодействие наночастиц с внешними полями
- 1.3.6. Механика наночастиц, перемещающихся под влиянием внешних воздействий
- 1.3.8. Взаимодействие наносистем со звуковыми и ультразвуковыми полями
- 1.3.9. Фотолюминесценция наноразмерных структур



# НАУЧНЫЙ РУБРИКАТОР РАЗДЕЛ 1. ОБЪЕКТЫ, ОТНОСЯЩИЕСЯ К СФЕРЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ, ИХ СВОЙСТВА

## **1. 4. Математические модели естественных и технических наук в сфере нанотехнологий**

- 1.4.1. Математические модели механики наноструктур и систем
- 1.4.2. Математические модели в нанооптике
- 1.4.3 Математические модели в наноэлектронике
- 1.4.3 Математические модели в нанобиологии
- 1.4.4. Математические модели в в термодинамике наноструктур
- 1.4.5. Математические модели в наноплазмонике
- 1.4.6. Математические модели квантовой физики и квантовой химии
- 1.4.7. Математические модели в наноинженерии
- 1.4.8. Математические модели физики и химии наноструктур и наноматериалов

# **РАЗДЕЛ 2. ПОЛУЧЕНИЕ, ДИАГНОСТИКА И СЕРТИФИКАЦИЯ НАНОРАЗМЕРНЫХ СИСТЕМ**

## **2.1. Методы нанесения элементов наноструктур и наноматериалов**

2.1.1. Физические методы (лазерные, электронно-лучевые, ионно-плазменные) осаждения слоев нанометровых толщин:

- поликристаллических
- эпитаксиальных

2.1.2. Химическое, термическое и электродуговое осаждение из газовой фазы

- поликристаллические слои
- эпитаксиальные слои

2.1.3. Технология Лэнгмюра-Блоджетт

2.1.4. Химическое осаждение из растворов

2.1.5. Электроосаждение

2.1.6. Использование наноманипуляторов и зондов

2.1.7. Плазмохимическое, ионно- и электронно-лучевое модифицирование поверхности

2.1.8. Методы, основанные на специфических взаимодействиях биологических молекул.



# **РАЗДЕЛ 2. ПОЛУЧЕНИЕ, ДИАГНОСТИКА И СЕРТИФИКАЦИЯ НАНОРАЗМЕРНЫХ СИСТЕМ**

## **2.2. Управляемые методы формирования наноструктур**

- 2.2.1. Оптическая литография субмикронного разрешения
- 2.2.2. Электронная литография
- 2.2.3. Рентгеновская литография
- 2.2.4. Наноимпринтинг и травление
- 2.2.5. Фокусированная ионная резка
- 2.2.6. Планиризация поверхности, полировка
- 2.2.7. Поверхностная иммобилизация (химическая пришивка) молекул
- 2.2.8. Локальные поверхностные химические реакции.
- 2.2.9. Нанокапсулирование
- 2.2.10. Иммобилизация мицелл и биологических нанообъектов

# **РАЗДЕЛ 2. ПОЛУЧЕНИЕ, ДИАГНОСТИКА И СЕРТИФИКАЦИЯ НАНОРАЗМЕРНЫХ СИСТЕМ**

## **2.3. Методы формирования наноматериалов**

2.3.1. Золь-гель-технологии

2.3.2. Механохимия

2.3.3. Криохимия

2.3.4. Темплейтные техники в жидких средах (химическое и электроосаждение)

2.3.5. Электрофорез

2.3.6. Керамические методы (спекание, прессование, самораспространяющийся синтез и т.п.)

2.3.7. Формирование наноматериалов с использованием биологических систем и/или методов

2.3.8. Спрей-пиролиз

2.3.9. Методы формирования наноструктурированных металлических материалов



# **РАЗДЕЛ 2. ПОЛУЧЕНИЕ, ДИАГНОСТИКА И СЕРТИФИКАЦИЯ НАНОРАЗМЕРНЫХ СИСТЕМ**

## **2.4. Методы диагностики и исследования наноструктур и наноматериалов**

- 2.4.1. Зондовые методы микроскопии и спектроскопии: атомно-силовая, сканирующая туннельная, магнитно-силовая и др.
- 2.4.2. Сканирующая электронная микроскопия.
- 2.4.3. Просвечивающая электронная микроскопия, в том числе высокого разрешения
- 2.4.4. Люминесцентная микроскопия
- 2.4.5. Дифракционные методы (рентгеновские, электронные, нейтронные)
- 2.4.6. Рентгеновская спектроскопия (XAS, EXAFS и др.)
- 2.4.7. Электронная спектроскопия
- 2.4.8. Наногравиметрия (QCN)
- 2.4.9. Магнитно-резонансные методы
- 2.4.10. Методы локального и нелокального (Auger, XPS) анализа поверхности.
- 2.4.11. Терагерцовая спектроскопия
- 2.4.12. Масс-спектрометрия
- 2.4.13. Нелинейно-оптические методы, в том числе рамановская спектроскопия.
- 2.4.14. Фемто- и наносекундная спектроскопия.
- 2.4.15. Биологические методы, основанные на амплификации

## **РАЗДЕЛ 2. ПОЛУЧЕНИЕ, ДИАГНОСТИКА И СЕРТИФИКАЦИЯ НАНОРАЗМЕРНЫХ СИСТЕМ**

### ***2.5. Методы сертифицирования и контроля наноматериалов и диагностики их функциональных свойств***

2.5.1. Порометрия и определение истинной поверхности

2.5.2. Оптический контроль (профилометрия, флуоресценция, эллипсометрия, конфокальная микроскопия)

2.5.3. Контроль физических свойств (резистометрия, магнитные измерения)

2.5.4. Тестирование функциональных свойств и их стабильности (указать: каталитических, деградационных, механических, трибологических, биологической активности и т.п.)

2.5.5. Аналитические методы (в том числе анализ поверхности)

2.5.6. Разработка нанометрологических принципов и методик

2.5.7. Контроль и тестирование биосовместимости и безопасности наноматериалов



# **РАЗДЕЛ 3. ПРОДУКТЫ НАНОТЕХНОЛОГИЙ**

## **3.1. Функциональные наноматериалы**

3.1.1. Катализаторы на носителях

3.1.2. Интеркаляционные материалы и твердые электролиты для химических источников тока, конденсаторов и т.д.

3.1.3. Сенсорные нанокомпозиты

3.1.4. Водород-абсорбирующие наноматериалы (гидридообразующие интерметаллиды и аналоги)

3.1.5. Наноструктурированные металлы и сплавы с особыми механическими свойствами

3.1.6. Слоистые магнитные материалы и сверхрешетки

3.1.7. Наноструктурированные керамические и композиционные материалы и покрытия, в том числе оптически прозрачная нанокерамика; пьезо- и сегнето-нанокерамика; конструкционная нанокерамика, биосовместимая нанокерамика и покрытия, наноматериалы с заданными ядерно-физическими свойствами.

# **РАЗДЕЛ 3. ПРОДУКТЫ**

## **НАНОТЕХНОЛОГИЙ**

### **3.2. Высокодисперсные, высокопористые и другие традиционные материалы, включающие субмикронные фрагменты**

3.2.1. Сорбенты на основе коллоидных систем

3.2.2. Углеродные материалы

3.2.3. Наноструктурированные полимеры, волокна и композиты на их основе

3.2.4. Другие пористые материалы, в том числе фильтры.

### **3.3. Наноэлектроника: физические принципы и объекты новой цифровой наноэлектроники**

3.3.1. Полупроводниковые наногетероструктуры (квантовые точки и квантовые проволоки на основе двумерного электронного газа)

3.3.2. Низкоразмерные углеродные структуры (нанотрубки, графен, фуллерены)

3.3.3. Нанотрубки и двумерные слои на основе неуглеродных материалов.

3.3.4. Спинтронные устройства (на основе магнитных и немагнитных гетероструктур)

3.3.5. Кριοэлектроника и флюксонные устройства на основе сверхпроводящих (джозефсоновских) наноструктур

3.3.6. Одноэлектронные устройства (SET - транзисторы, нано-электрометры, микрокулеры, болометры)



# **РАЗДЕЛ 3. ПРОДУКТЫ НАНОТЕХНОЛОГИЙ**

---

## **3.4. Объекты для квантовых вычислений и квантовых телекоммуникаций**

- 3.4.1. Сверхпроводниковые квантовые логические устройства (кубиты)
- 3.4.2. Кубиты на основе электронных спинов в квантовых точках и фуллеренах
- 3.4.3. Кубиты на основе электромагнитных ловушек для атомов и ионов
- 3.4.4. Одноэлектронные (зарядовые) кубиты
- 3.4.5. Считывающие и интерфейсные устройства к кубитам
- 3.4.6. Устройства для квантовой криптографии

# **РАЗДЕЛ 3. ПРОДУКТЫ НАНОТЕХНОЛОГИЙ**

## **3.5. Нанoeлектронные источники и детекторы**

- 3.5.1. Светодиоды на основе полупроводниковых гетероструктур
- 3.5.2. Органические светодиоды
- 3.5.3. Твердотельные и органические лазеры
- 3.5.4. Элементы солнечной энергетики
- 3.5.5. Полупроводниковые и сверхпроводниковые однофотонные детекторы, матричные детекторы электромагнитных сигналов, тепловизоры высокого разрешения
- 3.5.6. Полупроводниковые и сверхпроводниковые источники и детекторы терагерцового диапазона
- 3.5.7. Электронные эмиттеры на основе нанотрубок и других нано-объектов
- 3.5.8. Детекторы и стандарты электромагнитных сигналов; эталоны тока, напряжения, сопротивления на основе сеток наноэлементов.
- 3.5.9. Сверхчувствительные магнитные детекторы на основе SQUID
- 3.5.10. Сверхчувствительные SET-электрометры
- 3.5.11. Квантовые электронные насосы



# **РАЗДЕЛ 3. ПРОДУКТЫ НАНОТЕХНОЛОГИЙ**

## **3.6. Нанофотоника и коротковолновая нелинейная оптика**

- 3.6.1. Нанообъекты и устройства ближкопольной оптики
- 3.6.2. Нелинейные оптические преобразователи и волноводы
- 3.6.3. Рентгеновские линзы
- 3.6.4. Фотонные кристаллы
- 3.6.5. Искусственные среды с отрицательным коэффициентом преломления (метаматериалы)

## **3.7. Сенсоры на основе наноструктур и наноматериалов**

- 3.7.1. Резистометрические газовые сенсоры на основе нанокристаллических материалов
- 3.7.2. Ферментные сенсоры и другие биосенсоры
- 3.7.3. Сенсоры на основе каталитических и электрокаталитических процессов
- 3.7.4. Оптические сенсоры
- 3.7.5. Молекулярное распознавание с применением наноматериалов.

# **РАЗДЕЛ 3. ПРОДУКТЫ НАНОТЕХНОЛОГИЙ**

## **3.8. Бионанотехнологии**

3.8.1. Выделение и иммобилизация биологических веществ с применением наноматериалов

3.8.2. Диагностические методы с применением фиксированных наноструктур

## **3.9. Наномедицина и диагностика**

3.9.1. Лекарственные наноматериалы

3.9.2. Биомиметические наноматериалы, биосовместимые имплантаты

3.9.3. Вакцины на наноплатформах

3.9.4. Диагностические методы на микро(нано)флюидной основе

3.9.5. Нанокapsулирование лекарственных препаратов

3.9.6. Использование наноструктур в местных химпрепаратах (например, в косметике или кремах от загара и т.д)

3.9.7 Адресная доставка лекарств



# **РАЗДЕЛ 3. ПРОДУКТЫ НАНОТЕХНОЛОГИЙ**

---

## **3.9. Наномедицина и диагностика (продолжение)**

3.9.8. Механическое удаление засорений (закупорок)

3.9.9. Усиление клетки или ткани (прочность)

3.9.10. Уничтожение раковых клеток

3.9.11. Инженерия живых тканей и регенеративная медицина

## **3.10. Микро- и нано-механика, нанотрибология и нанофлюидика**

3.10.1. Микромеханические системы, наноприводы, наноманипуляторы

3.10.2. Микро(нано)электромеханические системы (MEMS/NEMS)

3.10.3. Нанофлюидные теплоносители

3.10.4. Молекулярные моторы

3.11. Оборудование для опытного выпуска продукции в сфере наноиндустрии

3.12. Оборудование для промышленного выпуска продукции в сфере наноиндустрии.

**Санкт-Петербургский государственный  
электротехнический университет «ЛЭТИ»**

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ**

