

ИСТОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОСТРУКТУР

Лолохоева Пятимат Хусеновна

студент, Ингушский государственный университет, РФ, г. Магас

Килиматова Залина Герихановна

студент, Ингушский государственный университет, РФ, г. Магас

Нальгиева Мадина Алихановна

научный руководитель, доцент, Ингушский государственный университет, РФ, г. Магас

Основы нанотехнологий, как считает значительное число экспертов, заложены лауреатом Нобелевской премии Р. Фейнманом в 1959 г. в его знаменитой лекции на заседании американского физического общества.

Термин «нанотехнология» или «нанотехнологии» [1] – в дальнейшем был введен профессором токийского университета Норио Танигучи в 1974 г. в контексте обработки материалов путем добавления или удаления атома или молекулы.

В 1981 г. термин был популяризован сотрудником Сандийской национальной лаборатории Э. Дрекслером, использовавшим понятие для обобщения процессов создания материалов, структур и устройств с зёрнами, слоями и элементами в субнанометровом диапазоне, а также методов их измерения. [2]

В 1869 г. химик И. Борщов высказал гипотезу, что вещество в зависимости от условий может быть получено и в кристаллоидном (склонность к образованию кристаллов), и в коллоидном (аморфном) состоянии. Кристаллическое или аморфное состояние вещества зависит, прежде всего, от его собственных свойств, а затем от условий, при которых происходит переход в твердое состояние. Изменяя соответствующим образом условия перехода вещества в твердое состояние, можно получить в кристаллическом состоянии типично аморфные вещества (каучук, клей, стекло) и, наоборот, в аморфном (стеклообразном) состоянии получить типично кристаллические вещества (металлы и поваренную соль).

Поскольку в XIX веке для наблюдения объектов и измерения их размеров существовали только оптические микроскопы, которые не позволяли обнаруживать частицы в коллоидных растворах и зёрна в коллоидных веществах, то коллоидными называли вещества с ультравысокой степенью дисперсности, частицы, волокна, зёрна и пленки которых нельзя обнаружить в оптические микроскопы, имеющие разрешение 300 нм при использовании белого света и 150 нм при использовании ультрафиолетового излучения.

В 1892 г. Д. Ивановским была открыта первая биологическая коллоидная частица – вирус мозаичной болезни табака, а в 1901 г. У. Рид выделил первый вирус человека – вирус желтой лихорадки. Следует отметить, что вирусы имеют характерные размеры от 40 до 80 нм.

В 1903 г. Р. Зигмонди и Р. Зидентопфом был изобретен оптический ультрамикроскоп, имеющий разрешение до 5 нм и позволивший наблюдать коллоидные частицы. Ультрамикроскоп построен на принципе наблюдения в отраженном свете, благодаря чему становятся видимыми более мелкие объекты, чем в обыкновенном микроскопе. С помощью ультрамикроскопа Р. Зигмонди удалось установить, что в коллоидных растворах золота

желтого цвета частицы имеют размеры 20 нм, красного – 40 нм, а синего – 100 нм.

В 1904 г. П. Веймарном установлено: Между миром молекул и микроскопически видимых частиц существует особая форма вещества с комплексом присущих ей новых физико-химических свойств – ультрадисперсное или коллоидное состояние, образующееся при степени его дисперсности в области 10^5 – 10^7 см⁻¹, в котором пленки имеют толщину, а волокна и частицы – размер в поперечнике в диапазоне 1,0–100 нм.

Свойства веществ и материалов зависят от их структуры, характеризующейся связанными между собой и влияющими на такие свойства уровнями.

Первый уровень структуры называется кристаллическим и характеризует пространственное расположение атомов, ионов и молекул в кристаллической решетке твердого тела, на которое может накладываться влияние точечных дефектов (вакансий, атомов в междоузлиях, чужеродных атомов). Точечные дефекты подвижны и во многом определяют диффузионные и электрические свойства материалов, особенно полупроводников.

Второй уровень связан с присутствием в твердом теле различных линейных и плоскостных дефектов структуры (дислокаций), число которых в единице объема возрастает при механических нагрузках, приводящих к появлению внутренних напряжений в материале. Подобно точечным дефектам дислокации подвижны, а их плотность и способность к перемещению в твердом теле определяют механические свойства материалов, особенно металлов.

Третий уровень структуры – это объемные дефекты типа пор и капилляров, которые могут создаваться в материалах в процессе их формирования или использования. Они связаны с отсутствием некоторых участков твердого тела.

Все вещества в твердом состоянии можно разделить на монокристаллические, поликристаллические, аморфные или нанокристаллические и молекулярные твердые растворы.

Если упорядоченное расположение частиц (атомов, молекул или ионов), отражаемое элементарной ячейкой, сохраняется во всем объеме твердого тела, то образуются монокристаллы.

Если упорядоченность структуры сохраняется в макроскопических (>100 мкм) и микроскопических (>0,1 мкм) участках твердого тела (см.табл. 1), то образуются поликристаллические вещества с так называемыми кристаллитами или зернами кристаллитов соответствующих размеров и пространственно разориентированными друг относительно друга кристаллическими решетками.

До середины 80-х годов прошлого века считалось, что в аморфных веществах отсутствует упорядоченное расположение частиц. Однако проведенные с помощью высокоразрешающих электронных просвечивающих, сканирующих туннельных и силовых атомных микроскопов исследования, особенно на металлических стеклах, позволили обнаружить у аморфных веществ кристаллиты или зерна с размерами в субнанометровом диапазоне.

Наночастицами, кроме механически диспергированных нанопорошков, являются:

1. нанокристаллические зерна;
2. наноразмерные полиморфные фазы;
3. наноразмерные структурные дефекты (наноблоки);
4. поверхностные наноструктуры (ямки, выступы, канавки, стенки);
5. объемные наноструктуры (поры и капилляры);
6. наноразмерные химические фазы из чужеродных атомов или молекул, сформированные на его поверхности или в объеме и имеющие волокнисто- или корпускулярнообразную форму;
7. наноразмерные структуры, образующиеся в результате физического или химического осаждения из газовой или жидкой фазы (фуллерены, углеродные нанотрубки);

8. пленки веществ наноразмерной толщины, сформированные в периодической последовательности;
9. макромолекулы, полимолекулярные ансамбли, молекулярные пленки, молекулярные комплексы типа "хозяин – гость" (наличие распределения по размерам является признаком, отличающим наночастицы от макромолекул); наноразмерные и наноструктурированные биологические структуры (вирусы, протеины, гены, белки, хромосомы, молекулы ДНК и РНК).

Исследование и изучение наноразмерных и наноструктурированных биологических структур (протеинов, генов, хромосом, белков, аминокислот, ДНК, РНК), являющихся предметом биологии ультрадисперсных систем, привело к созданию в 30–50-х годах вирусологии, в 60-х годах молекулярной биологии и в последней четверти XX века генетики и иммунохимии.

Если размеры материала хотя бы в одном измерении меньше критических длин, характеризующих многие физические явления, у такого материала появляются новые уникальные физические и химические свойства квантовомеханической природы, которые изучает и использует для создания новых устройств физика низкоразмерных структур, являющаяся наиболее динамично развивающейся областью современной физики твердого тела.

Результатом исследований низкоразмерных систем (квантовые ямы, провода и точки) стало открытие принципиально новых явлений – целочисленный и дробный квантовый эффект Холла в двумерном электронном газе, вигнеровская кристаллизация квазидвумерных электронов и дырок, обнаружение новых композитных квазичастиц и электронных возбуждений с дробными зарядами.

Область коллоидной химии, изучающая процессы деформирования, разрушения и образования материалов и дисперсных структур, выделилась в физико-химическую механику твердых тел и ультрадисперсных структур. Она сформировалась в середине XX века благодаря работам академика П. Ребиндера и его школы как новая отрасль знания, пограничная коллоидной химии, молекулярной физике твердого тела, механике материалов и технологии их производства.

Вместо открытия новых материалов и явлений в результате счастливого случая или хаотических исследований контролируемый перевод вещества в наноструктурированное (коллоидное) состояние, называемый концепцией нанотехнологии, позволяет делать это систематически. Вместо того чтобы находить наночастицы и наноструктуры с хорошими свойствами с помощью интуиции, знание законов образования и стабилизации ультрадисперсных систем открывает возможность их искусственного конструирования по определенной системе.

Методы получения наноструктурированных систем по первому пути называются диспергационными, а по второму – конденсационными. Существуют смешанные методы получения наноструктурированных систем, которые называются соответственно диспергационно-конденсационными и конденсационно-диспергационными.

Обсуждая проблематику нанотехнологий, следует отметить, что важнейшую роль при разработке и коммерциализации нанотехнологий и нанопродукции играет метрология. Точные, достоверные и прослеживаемые измерения являются основой обеспечения успешного и безопасного развития НТ, а также подтверждения соответствия продукции наноиндустрии. В нанотехнологиях, как нигде более, актуален тезис: «Если нельзя измерить, то невозможно воспроизводимо производить» [1].

Сравнительно небольшие размеры нанообъектов позволяют использовать атомистическое моделирование для описания образования, структуры и свойств объекта, при котором часто отпадает необходимость применения различных методов описания на разных пространственных и временных масштабах.

Атомистическое моделирование, как правило, основано на первых принципах, что делает этот подход предсказательным и, в известном смысле, независимым от эксперимента источником

фундаментальных знаний о структуре, свойствах и функциональных характеристиках нанообъектов.

Нанотехнологии уже применяется промышленно для создания сверхчувствительных нанодатчиков детектирования токсичных химических, биологических, ядерных и взрывчатых веществ, а также композитных материалов, катализаторов, сорбентов, антибактериальных покрытий и косметических препаратов.

Использование нанотехнологией только начинается в биологии, а также в области создания новых электронных материалов и приборов.

Наиболее ранние промышленные применения нанотехнологий в микроэлектронике следует ожидать при создании катодных узлов, дисплеев, особенно на УНТ, и энергонезависимой памяти на магнитных, полимерных и молекулярных наноструктурах.

Список литературы:

1. Абаева Л.Ф., Шумский В.И., Петрицкая Е.Н., Рогаткин Д.А., Любченко П.Н. // Наночастицы и нанотехнологии в медицине сегодня и завтра. Альманах клинической медицины № 22: 2010. С. 10-16.
2. Алферов Ж.И., Копьев П.С., Сурис Р.А., Асеев А.Л., Гапонов С.В. Панов В.И., Полторацкий Э.А., Сибельдин Н.Н. 2005. // Наноматериалы и нанотехнологии. Нано- и микросистемная техника. От исследований к разработке: Сб. статей под ред. д.т.н., проф. П.П. Мальцева. -М.: 2019.