

Введение

Значительный интерес научных и технических кругов к изучению способов получения, структуре и свойствам наноразмерных систем обусловлен многообразием и уникальностью вариантов их практического применения. Малый размер структурных составляющих — обычно до 100 нм — определяет отличие свойств наноматериалов от массивных аналогов.

Поскольку любое вещество состоит из дискретных единиц, называемых атомами, ожидалось, что это даст принципиальную возможность построения и конструирования структуры материала атом за атомом. Например, если на один байт информации требуется 100 атомов, то тогда все книги, которые когда-либо были написаны, могут уместиться в кубе с длиной ребра около 0,5 мм. Хранение информации в малых объемах, увеличение скорости передачи информации — это только одна из причин возрастающего интереса к системам и устройствам, которые имеют наноразмеры. Другая причина в том, что наноматериалы обнаруживают новые и часто уникальные или более высокие свойства по сравнению с традиционными материалами. Это, в свою очередь, открывает их новые технологические применения.

Понятием «нанотехнология» обозначают технологические процессы или набор методик для создания и использования наноразмерных или состоящих из наноразмерных элементов материалов, приборов и устройств, а также процессы получения наноматериалов. Таким образом, нанотехнология подразумевает получение наноструктур с использованием атомно-молекулярных элементов и синтез из них более крупных систем. Впервые термин «нанотехнология» был применен японским ученым К. Танигучи в 1974 году.

Научные исследования, связанные с проблемой создания наноразмерных систем, проводились уже более 100 лет назад. Еще в 1857 году Майкл Фарадей синтезировал золото в коллоидном состоянии, размер частиц которого составляет от долей микрона до 10 нм. Т. Грэхем использовал термин «коллоид» для описания суспензий, содержащих частицы диаметром от 1 до 100 нм. В начале XX века коллоиды изучали такие знаменитости, как Д. У. Рэлей, Д. К. Максвелл, А. Эйнштейн. В это же время в США и Германии стали получать субмикронные порошки с использованием электрической дуги, плазмы, газовой конденсации.

Использование коллоидов можно считать одним из первых практических приложений наноматериалов. Также достаточно давно применяются такие вещества, как аэрозоли, гели, красящие пигменты, содержащие в качестве одной из составляющих ультрадисперсные частицы.

В России (СССР) научно-техническое направление по получению и изучению свойств ультрадисперсных материалов сложилось в 50-е годы XX века. На предприятиях атомной промышленности впервые в мире были получены порошки металлов с размером частиц около 100 нм, которые были успешно применены при изготовлении высокопористых мембран для диффузионного метода разделения изотопов урана. За данную разработку группа ученых во главе с Мороховым И. Д. в 1957 году была удостоена Ленинской премии.

В 60-е годы в Институте физической химии АН СССР был разработан левитационный метод получения ультрадисперсных порошков. В 70-е годы в нашей стране появилось большое количество новых методов получения ультрадисперсных материалов, в том числе с помощью электрического взрыва проводников и плазмохимического синтеза. В частности, в МИСиС в это время велись систематические исследования по синтезу металлических и оксидных нанопорошков простого и сложного составов химическими методами. Это позволило существенно расширить ассортимент ультрадисперсных материалов.

Позднее, в 1979 году был создан координационный Совет при АН СССР по научно-техническому направлению «Ультрадисперсные системы», который успешно функцио-

нировал до 1992 г. В бывшем СССР, а ныне и в России большую роль в исследовании свойств наноматериалов сыграла высшая школа. Начиная с 1985 г., в этих работах принимало участие более 30 вузов. Многие коллективы продолжают свои работы и в настоящее время.

Идею построения малых объектов на атомном уровне высказал 29 декабря 1959 года Ричард Фейнман, лауреат Нобелевской премии по физике за 1965 год, в своем известном выступлении «Как много места там, внизу». Он произнес: «Я не боюсь предположить, что в будущем мы сможем располагать атомы по своему желанию... Многие проблемы химии и биологии были бы решены, если бы мы могли до предела развить наши способности видеть то, что мы делаем, и работать на атомарном уровне. Я думаю, что такое развитие неизбежно».

Введение понятия «наноструктурные» материалы обычно связывают с именем немецкого ученого Г. Глейтера. В начале 80-х годов им была предложена технология получения наноструктурных материалов, заключающаяся в изготовлении нанопорошков методом испарения-конденсации и последующей их консолидации при высоких давлениях.

В 1980 году были проведены исследования кластеров, содержащих менее 100 атомов. В 1985 году Р. Смайли и Н. Крото с группой сотрудников нашли спектрографическое подтверждение существования нового класса наноразмерных сред — фуллеренов. В 1986 году Э. Дрекслер, ученик Р. Фейнмана, опубликовал книгу «Машины созидания: приход эры нанотехнологии». С помощью сканирующего туннельного микроскопа в 1989 году в компании ИВМ на поверхности монокристалла никеля была сложена аббревиатура фирмы из 35 ксеноновых атомов. В 1991 году С. Ииджима сообщил об исследовании углеродно-графитовых трубчатых нитей.

В настоящее время наносреды в виде тончайшего порошка, наноструктуры в объемных образцах или экзотические материалы, известные каких-то 15–25 лет назад только в исследовательских лабораториях, все больше привлекают внимание промышленности и вызывают коммерческий интерес.

В последнее десятилетие во многих промышленно развитых странах сформировалось научно-техническое направле-

ние «Нано-частицы, -материалы, -технологии и -устройства», которое становится самым быстрорастущим по объему финансирования в мире. Уже действуют национальные, а также транснациональные фирмы, занимающиеся производством наноматериалов, а также крупномасштабными исследованиями в этой области.

В данном учебном пособии рассмотрены термины и определения, используемые в настоящее время в отношении дисперсных сред, методы получения, исследования и аттестации ультрадисперсных и наноразмерных материалов, а также способы их хранения, пассивации и транспортировки. Большое внимание уделено обобщению современных представлений о размерных зависимостях физико-химических, физических, химических, механических свойств. Даны примеры практического применения ультрадисперсных материалов.

Авторы считают своим приятным долгом выразить искреннюю признательность проф. Л. Н. Патрикееву за полезные советы и содействие в издании данной книги. Авторы выражают глубокую благодарность за предоставленные иллюстративные материалы проф. И. П. Арсентьевой, проф. Р. З. Валиеву, инж. И. В. Дорофиевич, проф. Г. П. Карпачёвой, проф. А. А. Новаковой, доц. Д. В. Кузнецову, м. н. с. А. В. Федотову. Авторы также выражают особую благодарность сотрудникам кафедры высокотемпературных процессов, материалов и алмазов Московского института стали и сплавов (МИСиС) Е. Н. Сидоровой и Е. Н. Хрустову за помощь в подготовке рукописи.