

Министерство образования и науки России
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Казанский национальный исследовательский
технологический университет»

Р.Ф. Бакеева, И.С. Разина,
О.Е. Вахитова, В.Ф. Сопин

СЕРТИФИКАЦИЯ ЛИОТРОПНОЙ НАНОПРОДУКЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА МАЛОУГЛОВОГО РАССЕЯНИЯ НЕЙТРОНОВ

Учебное пособие

Казань
Издательство КНИТУ
2013

УДК 620.5:658.516(075)
ББК 30.37я7

Бакеева Р.Ф.

Сертификация лиотропной нанопродукции с использованием метода малоуглового рассеяния нейтронов: учебное пособие / Р.Ф. Бакеева [и др.]; М-во образ. и науки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань : Изд-во КНИТУ, 2013. – 88 с.

ISBN 978-5-7882-1527-3

Кратко изложены основы сертификации, в том числе и лиотропной нанопродукции, а также современные методы исследования, в частности, метод малоуглового нейтронного рассеивания в сочетании с компьютерным моделированием.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлениям подготовки «Стандартизация и сертификация», «Управление качеством», «Наноматериалы», а также для специалистов, работающих в области нанотехнологий.

Подготовлено на кафедре аналитической химии, сертификации и менеджмента качества.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Казанского национального исследовательского технологического университета

Рецензенты: вед. науч. сотр. ИОФХ им. А.Е. Арбузова
КазНЦ РАН, д-р хим. наук, доц. *И.С. Рыжкина*
зав. каф. материаловедения и технологии материалов
КГЭУ, д-р техн. наук, проф. *О.С. Сироткин*

ISBN 978-5-7882-1527-3

© Бакеева Р.Ф., Разина И.С.,
Вахитова О.Е., Сопин В.Ф., 2013

© Казанский национальный исследовательский
технологический университет, 2013

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. МНОГООБРАЗИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ	5
1.1 Нанотехнология.....	5
1.2 История развития нанотехнологий.....	6
1.3 Стандартизация и сертификация в наноиндустрии.....	9
1.4 Методы сертификации.....	12
1.5 Перечень продукции наноиндустрии, подлежащей сертификации в Системе добровольной сертификации продукции наноиндустрии «Наносертифика».....	14
2. МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ В НАНОИНДУСТРИИ	40
2.1 Методы испытаний лиотропной нанопродукции.....	40
2.2 Методы испытаний твердой нанопродукции	52
3. МЕТОД МАЛОУГЛОВОГО НЕЙТРОННОГО РАС- СЕЯНИЯ	64
3.1 Методика расчета нейтронных кривых для систем с невзаимодействующими частицами.....	68
3.2 Пример обработки нейтронных кривых (при отсутствии максимума).....	77
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	84

ВВЕДЕНИЕ

Нанотехнология, и в особенности молекулярная технология – новые, очень мало исследованные дисциплины. Основные открытия, предсказываемые в этой области, пока не сделаны. Тем не менее проводимые исследования уже дают практические результаты. Использование в нанотехнологии передовых научных достижений позволяет относить её к высоким технологиям.

Нанотехнологии качественно отличаются от традиционных дисциплин, поскольку на таких масштабах привычные, макроскопические технологии обращения с материей часто неприменимы, а микроскопические явления, пренебрежительно слабые на привычных масштабах, становятся намного значительнее, то есть при размере фаз в наноструктурном диапазоне (1-100 нм), к которому можно и отнести отдельные макромолекулы (40-80 нм), но не индивидуальные атомы.

Практический аспект нанотехнологий включает в себя производство устройств и их компонентов, необходимых для создания, обработки и манипуляции наночастиц различной природы (металлические, ковалентные и ионные). В более широком смысле этот термин охватывает также методы диагностики и исследований таких объектов.

Сегодня наноструктурное состояние вещества можно рассматривать как промежуточное метастабильное состояние, находящееся на границе индивидуальных атомарных физических и индивидуальных химически связанных многоядерных систем [1-3].

Развитие современной электроники идёт по пути уменьшения размеров устройств. С другой стороны, классические методы производства подходят к своему естественному экономическому и технологическому барьеру, когда размер устройства уменьшается ненамного, зато экономические затраты возрастают экспоненциально. Нанотехнология – следующий логический шаг развития электроники и других наукоёмких производств.

Все эти моменты авторы данного пособия стремились отразить в своей работе, которая, как они надеются, будет полезна не только студентам технологических специальностей вузов, но и специалистам, работающим в области нанотехнологий.

1. МНОГООБРАЗИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

1.1 Нанотехнология

Нанотехнология – это междисциплинарная область фундаментальной и прикладной науки и техники, имеющая дело с совокупностью теоретического обоснования, практических методов исследования, анализа и синтеза, а также методов производства и применения продуктов с заданной атомной структурой путём контролируемого манипулирования отдельными макромолекулами или частицами от 1 до 100 (1000) нм.

Нанотехнология, нанонаука – это наука и технология коллоидных систем, это коллоидная химия, коллоидная физика, молекулярная биология, вся микроэлектроника. Принципиальное отличие коллоидных систем, к которым относятся облака, кровь человека, молекулы ДНК и белков, в том, что поверхность таких частиц или огромных молекул чрезвычайно велика по отношению к их объёму. Такие частицы занимают промежуточное положение между истинными гомогенными растворами, сплавами и обычными объектами макромира, такими, как стол, книга, песок. Их поведение, благодаря высокоразвитой поверхности, сильно отличается от поведения и истинных растворов и расплавов, и объектов макромира. Как правило, такие эффекты начинают играть значительную роль, когда размер частиц лежит в диапазоне 1-100 нанометров: отсюда пришло замещение таких слов, как коллоидная физика, химия, биология на нанонауку и нанотехнологии, подразумевая размер объектов, о которых идет речь.

Среди подходов к определению понятия «нанотехнологии» можно выделить такие:

1) В техническом комитете ISO/TK 229 под нанотехнологиями подразумевается следующее:

- знание и управление процессами, как правило, в масштабе 1 нм, но не исключающее масштаб менее 100 нм в одном или более измерениях, когда ввод в действие размерного эффекта (явления) приводит к возможности новых применений;
- использование свойств объектов и материалов в нанометровом масштабе, которые отличаются от свойств

свободных атомов или молекул, а также от объемных свойств вещества, состоящего из этих атомов или молекул, для создания более совершенных материалов, приборов, систем, реализующих эти свойства;

2) согласно «Концепции развития в Российской Федерации работ в области нанотехнологий на период до 2010 года», нанотехнология определяется как совокупность методов и приемов, обеспечивающих возможность контролируемым образом создавать и модифицировать объекты, включающие компоненты с размерами менее 100 нм хотя бы в одном измерении и в результате этого получившие принципиально новые качества, позволяющие осуществлять их интеграцию в полноценно функционирующие системы большего масштаба.

Нанопродукция – это материалы, товары, существенным элементом качества и потребительских свойств которых являются процессы взаимодействия между атомами и молекулами на уровне 10^{-9} м. Уникальные свойства этой продукции обусловлены именно тем, что их молекулярная структура подверглась обработке на наноуровне [4].

1.2 История развития нанотехнологий

Область науки и техники, именуемая нанотехнологией, и соответствующая терминология появились сравнительно недавно.

В 1905 году швейцарский физик Альберт Эйнштейн опубликовал работу, в которой доказывал, что размер молекулы сахара составляет примерно 1 нанометр.

В 1928 году П.А. Ребиндер открыл эффект адсорбционного понижения прочности твёрдых тел, получившего в советской научной литературе наименование «Эффекта Ребиндера».

В 1931 году немецкие физики Макс Кнолл и Эрнст Руска создали электронный микроскоп, который впервые позволил исследовать нанообъекты.

В 1959 году американский физик Ричард Фейнман впервые прочел лекцию на годичном собрании Американского физического общества, которая называлась «Полно игрушек на полу комнаты». Он обратил внимание на проблемы миниатюризации, которая в то время была актуальна и в физической электронике, и в машиностроении, и в информатике. Эта работа считается некоторыми основополагающей в

нанотехнологии, но некоторые пункты этой лекции противоречат физическим законам.

Идея В.А. Каргина о связи надмолекулярной структуры с физико-механическими свойствами полимера, высказанная в середине 1950-х гг., пробудила интерес к синтезу и химической модификации макромолекул как средству направленного формирования надмолекулярной структуры полимерных тел. Эти работы привели к нахождению эффективных способов структурно-химической и физической модификации пластмасс, каучуков и химических волокон.

1960 год. В. Б. Алесковский – один из первых исследователей в области химии твердых веществ и создатель школы химиков в новой области химии – химии высокоорганизованных веществ. Широко известны его работы по созданию по некоторой аналогии с репликацией ДНК процесса химической сборки (ХС) и одновременно метода синтеза твердых соединений воспроизводимого состава методом молекулярного наслаивания (химической сборки). Этот метод получил развитие за рубежом спустя 20 лет, известен под названием атомной послойной эпитаксии (ALE) и в настоящее время является одним из основных методов синтеза материалов для микроэлектроники.

1968 год. Альфред Чо и Джон Артур, сотрудники научного подразделения американской компании Bell, разработали теоретические основы нанотехнологии при обработке поверхностей.

1974 год. Японский физик Норио Танигучи на международной конференции по промышленному производству в Токио ввел в научный оборот слово «нанотехнологии». Танигучи использовал это слово для описания сверхтонкой обработки материалов с нанометровой точностью, предложил называть ним механизмы размером менее одного микрона. При этом были рассмотрены не только механическая, но и ультразвуковая обработка, а также пучки различного рода (электронные, ионные и т.п.).

1982 год. Германские физики Герд Бинниг и Генрих Рорер создали специальный микроскоп для изучения объектов наномира. Ему дали обозначение СЗМ (Сканирующий зондовый микроскоп). Это открытие имело огромное значение для развития нанотехнологий, так как это был первый микроскоп, способный показывать отдельные

атомы (СЗМ). В 1986 г. Бинниг получил Нобелевскую премию по физике «за изобретение сканирующего туннельного микроскопа».

1985 год. Американский физики Роберт Керл, Хэрольд Крото и Ричард Смолли создали технологию, позволяющую точно измерять предметы диаметром в один нанометр. Р. Смолли создал аппарат, в котором с помощью лазерного излучателя можно было испарить практически любой материал. С этим аппаратом он установил рекорд замораживания вращательного движения многоатомных молекул (0,17 К) и изобрел способ исследования спектра молекул в ультразвуковом потоке – резонансную двухфотонную ионизацию с масс-спектральным детектированием

1986 год. Нанотехнология стала известна широкой публике. Американский футуролог Эрик Дрекслер, пионер молекулярной нанотехнологии, опубликовал книгу «Двигатели созидания», в которой предсказывал, что нанотехнология в скором времени начнет активно развиваться, постулировал возможность использовать наноразмерные молекулы для синтеза больших молекул, но при этом глубоко отразил все технические проблемы, стоящие сейчас перед нанотехнологией. Чтение этой работы необходимо для ясного понимания того, что могут делать наномашинны, как они будут работать и как их построить.

1989 год. Дональд Эйглер, сотрудник компании IBM, выложил название своей фирмы атомами ксенона.

1998 год. Голландский физик Сеез Деккер создал транзистор на основе нанотехнологий.

1999 год. Американские физики Джеймс Тур и Марк Рид определили, что отдельная молекула способна вести себя так же, как молекулярные цепочки.

2000 год. Администрация США поддержала создание Национальной инициативы в области нанотехнологии. Нанотехнологические исследования получили государственное финансирование. Тогда из федерального бюджета было выделено \$500 млн.

2000 год. Жорес Иванович Алфёров – российский ученый, стал лауреатом Нобелевской премии по физике 2000 года за разработку полупроводниковых гетероструктур и создание быстрых опто- и микроэлектронных компонентов.