МЕТРОЛОГИЯ НАНОТЕХНОЛОГИЙ И ОРГАНИЗАЦИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ СХЕМ ПРОВЕДЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ ИСПЫТАНИЙ В ЦЕЛЯХ СЕРТИФИКАЦИИ

Стрельников Д.В. Email: Strelnikov1148@scientifictext.ru

Стрельников Данила Владимирович – студент магистратуры,
кафедра информационной измерительной и биомедицинской техники,
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
Рязанский государственный радиотехнический университет, г. Рязань

Аннотация: *в данной статье представлены основополагающие сведения о метрологии в области нанотехнологий, её экономические обоснования. Проблема поднятая в данной статье актуальна и на сегодняшний день, так как метрология и сертификация в наноиндустрии будет развиваться и совершенствоваться на протяжении многих десятилетий. Также были представлены основные и наиболее оптимально-достаточные методы и схемы испытаний, проводимых в целях сертификации различной продукции наноиндустрии. Представленные схемы и методы оптимизированы под все виды продукции наноиндустрии и несут минимальные искажения свойств и морфологии наночастиц в процессе проведения этих испытаний подтверждения соответствия типа.*
Ключевые слова: *метрология, наноиндустрия, испытания, нанометрология, сертификация, нанотехнологии.*

METROLOGY OF NANOTECHNOLOGIES AND ORGANIZATION OF OPTIMAL SCHEMES FOR CONDUCTING COMPLEX TESTS FOR CERTIFICATION PURPOSES

Strelnikov D.V.

Strelnikov Danila Vladimirovich - Student Master's Degree
DEPARTMENT OF INFORMATION-MEASURING AND BIOMEDICAL ENGINEERING,
RYAZAN STATE RADIO ENGINEERING UNIVERSITY, RYAZAN

Abstract: *this article presents the basic information about metrology in the field of nanotechnologies, its economic justifications. The problem raised in this article is actual and for today, since metrology and certification in the nanoindustry will develop and improve over many decades. Also, the basic and most optimal-sufficient methods and test schemes for the certification of different nanoindustry products were presented. The presented schemes and methods are optimized for all types of nanoindustry products and bear minimal distortion of the properties and morphology of nanoparticles in the course of carrying out these tests of type approval.*
Keywords: *metrology, nanoindustry, tests, nanometrology, certification, nanotechnology.*

УДК 006.91

Измерения и все что непосредственно связанно с ними являются одним из основополагающих путей познания природы и её свойств человеком. Они являются основой большинства научных знаний, являются средством учета материальных ценностей и так далее.

Измерения количественно характеризуют окружающий материальный мир, раскрывая действующие в природе закономерности. Директор Международного бюро мер и весов профессор Эндрю Воллард в послании Всемирному дню метрологии 20 мая 2005 года писал: «Экономический успех страны зависит от её способности, производить и продавать точно измеренные испытанные товары и услуги. Метрология играет важнейшую роль для производителей, поставщиков и потребителей. Все слои общества должны иметь уверенность в точности и надежности измерений, сделанных на нужном уровне точности».

Таким образом можно утверждать, что без измерений и полученный на их основании достаточно полных и достоверных данных невозможно было бы достигнуть крупнейших научных и практических результатов в различных областях.

Переход и развитие нанотехнологий поставил перед человечеством новые задачи и цели в областях науки и техники, взаимосвязанных с достаточно малыми размерами структур и элементов, с которыми непосредственно связана нанотехнология.

Метрология необходима и важна (играет важнейшую роль) при разработке и коммерциализации нанотехнологий и нанопродукции. Измерения, обладающие достаточной точностью, достоверностью и прослеживаемостью являются базовой основой безопасного и успешного развития нанотехнологий, а также подтверждением соответствия продукции наноиндустрии.

Появление и исследования в области нанотехнологии, а также её специфика привели к возникновению нанометрологии. При этом нанометрология, по мнению специалистов, в различных областях касающихся наноиндустрии, должна рассматриваться как обязательная часть всех нанотехнологий.

Нанометрология и нанонаука используют и изучают новый явления и признаки, которые появляются в тех случаях, когда какая-то характерная структура материала имеет нанометрические размеры. Она охватывает измерения практически всех характеристик и свойств нанообъектов. Таким образом нанометрология является весьма важной областью исследований и разработок, объединяющей в себе возможности для открытий в фундаментальной науке и открывающей перспективы коммерческого применения. Различиями в нанометрологии, касающимися исследовательской и промышленной области, являются точность измерений, эффективности/стоимости типов параметров и условий, в которых проводят измерения. Для этого вводится понятие измерительных потребностей – это совокупность средств и методов измерений, обеспечивающих получение достоверных и признаваемых значений необходимых параметров и характеристик продукции на всех этапах жизненного цикла. Таким образом для успешного развития нанотехнологий, наноиндустрии и нанорынка одним из важнейших обеспечивающих направлений является метрологическое обеспечение.[1]

Существенность повышения метрологических требований при переходе к наноразмерам можно рассмотреть на примере полупроводниковой микроэлектроники при ее развитии «сверху – вниз» в направлении наноэлектроники.

Метрология – ключевое звено для полупроводниковой промышленности и будет оставаться таковым для будущих поколений полупроводниковых приборов до тех пор, пока размеры элементов полупроводниковых структур будут уменьшаться.

Исследование аппаратурного обеспечения наноизмерений ведущих метрологических центров мира позволяет сформулировать ряд принципов, которые должны быть положены в основу создания измерительно-технологического комплекса для обеспечения единства измерений параметров наноструктурированных объектов и материалов.[2]

1 Повышение точности измерений эталонных установок за счет снижения воздействий внешних шумовых полей на прибор путем экранирования внешних полей и стабилизации параметров окружающей среды.

2 Повышение точности измерения параметров нанобъектов за счет снижения воздействия окружающей среды на нанообъект путем транспорта его в вакууме и снижения времени между созданием нанообъекта и регистрацией его параметров.

3 Получение информации о свойствах наноструктурированных материалов путем одновременного проведения комбинированных измерений, основанных на различных физических принципах, а также оказания различных видов воздействий в процессе проведения измерений.

4 Для исследования новых свойств наноструктурированных материалов, а также моделирования и создания различных стандартных образцов свойств, состава и структуры в комплекс должны входить установки, позволяющие проводить оперативное изготовление таких образцов.[3]

Весь мир следит, за быстрым прогрессом нанотехнологий – методами получения и использования крошечныхчастиц размером меньше ста нанометров, которые находят применение в микроэлектронике и энергетике,в химической и пищевой промышленности. Наиболее активно развиваются наномедицина и нанобиология.[11]

Свойства наночастиц (повышенную биологическую и химическую активность, большую удельную поверхность),которые иногда коренным образом отличаются от свойств микро- и макровеществ, можно использовать для ранней диагностики заболеваний, для борьбы с раковыми опухолями и инфекционными заболеваниями, для адресной доставки лекарства, очистки окружающей среды, улучшения вкусовых и питательных свойств пищи.[4]

В то же время высокая химическая активность наночастиц значительно изменяет их растворимость и каталитические свойства. Большая удельная поверхность способствует увеличению производства свободных радикалов и активных форм кислорода, которые могут повреждать биологические структуры, в частности, ДНК. Крошечные размеры позволяют наночастицам встраиваться в мембраны, проникать в клеточные органеллы, изменяя функции биоструктур.[4][5]

Так, наночастицы размером 70 нм могут проникать в легкие, 50 нм – в клетки, 30 нм – в кровь и клетки мозга. Наночастицы – хорошие адсорбенты, поэтому могут быть носителями большого числа токсинов.[12]

Возможно, защитные силы организма не всегда распознают наночастицы из-за их малого размера и не выводят их из организма. Уже сейчас человечество имеет дело с новой продукцией, поэтому оценка возможных рисков при производстве и использовании наноматериалов и нанопродуктов приобретает особую важность.[14]

Россия не остается в стороне, когда речь идет о безопасности нанотехнологий и нанопродуктов, объем продаж которых (российского производства), по оценкам специалистов, вырастет в 2015 году до 300 млрд рублей, а объем платежей экспорта продукции наноиндустрии – до 75 млрд рублей. Но прежде, чем нанопродукция попадет на рынок, необходимо подготовить нормативно-правовую базу ее производства и использования. В августе 2007 года Правительство РФ приняло Постановление о ФЦП «Развитие инфраструктуры наноиндустрии в Российской Федерации на 2008-2010 годы». В программе выделено отдельное направление «Развитие методической составляющей инфраструктуры наноиндустрии», которое предусмаривает разработку методик для системы обеспечения единства измерений в наноиндустрии и безопасности создания и применения объектов наноиндустрии.[5][6][7]

Перечень методов испытаний:

1. АСМ – атомно-силовая микроскопия;
2. АСМ-ФК - атомно-силовая микроскопия в режиме фазового контраста;
3. РЭМ – растровая электронная микроскопия;
4. ПЭМ – просвечивающая электронная микроскопия;
5. ДРС –динамическое рассеяние света. (dynamic light scattering (DLS));
6. НДРС – неполяризованное динамическое рассеяние света (de-polarized dynamic light scattering (DDLS));
7. РС - Рамановская спектроскопия низкочастотных радиальных мод (the low-frequency radial breathing modes (RBMs));
8. ТГА - Термогравиметрия (TGA);
9. ГХ – газовая хроматография (Evolved Gas Analysis-Gas Chromatograph Mass Spectrometry (EGA-GCMS));[13]
10. РСА – рентгеноструктурный анализ (XRD; X-ray diffractometer);
11. РФА – рентгенофазовыйый анализ (XRD; X-ray diffractometer);
12. РСА-УЛ – уширение линий рентгеновской дифракции (x-ray diffraction line broadening (XRDLB));
13. РФ - рентгеновский флуоресцентный анализ (XRF; X-ray fluorescence analysis);
14. ИК-ФЛС – фотолюминесцентная спектроскопия (NIR-Photoluminescence (NIR-PL) spectroscopy);
15. УФ-ИК спектроскопия поглощения (UV-vis-NIR absorption spectroscopy);
16. ЭДРА – энерго-дисперсионный рентгеновский анализ (Energy Dispersive X-ray Analysis (EDX));
17. РФЭС – рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (x-ray photoelectron spectroscopy (XPS));
18. ФП – фотопроводимость (photoconductivity);[11]
19. МУРР - Малоугловое рентгеновское рассеяние (small angle x-ray scattering (SAXS));
20. МУРРСИ - Малоугловое рентгеновское рассеяние синхротронного излучения (synchrotron radiation small angle x-ray scattering (SRSAXS)) ;
21. Фурье-ИК – Фурье ИК спектроскопия (fourier transform infrared spectroscopy (FTIR));
22. ОЭС - Оже электронная спектроскопия (Auger electron spectroscopy (AES));[8]
23. ВИМС – вторичная ионная масс-спектрометрия (secondary-ion mass spectrometry (SIMS));
24. ФЛ – Фотолюминесценция;
25. КЛ – катодолюминесценция.

Рекомендуемый перечень методик исследования наноматериалов и наноструктур:

1 Растровая электронная микроскопия (РЭМ) высокого разрешения;

2 Просвечивающая электронная микроскопия ПЭМ высокого разрешения;

3 Методики сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ) для исследования наноструктурных объектов и материалов с нанометровым разрешением в различных режимах. Применение методов препарирования наноструктурных материалов и объектов для СЗМ;

4 Методики оптической сканирующей микроскопии, в том числе ближнего поля, с пространственным разрешением порядка 10 нм в видимом спектральном диапазоне.[15]

5 Методика определения распределения частиц по размерам с использованием эффекта динамического рассеяния света.

6 Методика определения средних размеров кристаллитов (областей когерентного рассеяния) различных фаз нанокристаллических материалов по уширению линий рентгеновской дифракции.

7 Определение размеров и морфологии наноразмерных объектов с использованием методик малоуглового рентгеновского рассеяния, в том числе синхротронного излучения.

8 Методика седиментационного анализа для исследования гранулометрического состава наноразмерных порошков.[9][16]

Список литературы / References

1 «Стандартизация и метрология в нанотехнологиях», Окрепилов В.В., «Наука» Санкт-Петербург 2008 год.
2 *Блинд К.* Экономический потенциал нанотехнологий и возможная роль стандартизации, Мир стандартов, 2007.
3 *Мальцев П.П.* О терминологии в области микро- и наносистемной техники. Нано- и микросистемная техника.2005.
4 Нанотехнологии в полупроводниковой электронике. / Отв. ред. А.Л. Асеев. Новосибирск: Нзд-во СО РАН .2004.
5 Нанотехнологии в электронике. / Под ред. Ю.А. Чаплыгина. М.: Техносфера, 2005.
6 Основы прикладной Нанотехнологии: Монография. /А.А. Абрамян, В.И. Балабанов, В.И. Беклемышев и др. М.: МАГИСТР-ПРЕСС, 2007.
7 *Румпель А.А.* Нанотехнологии, свойства и применение аноструктy- рированных материалов. // Успехи химии. 2007.
8 Введение в нанотехнологию, Отчет НИИ промышленных технологий, Тайвань, 2006г.
9 AIST Today, Internation Edition, #22, Autumn, 2006.
10 Japanese Persrectives on Nanotechnology Standartisation, Japanese Industrial Standard Committee, November 9-22 2005.
11 Business Plan ISO/TC 229 Nanotechnology, 23/04/2007.
12 *Облант Ж.М.* Метрология: проблема наномасштаба, Мир стандартов, 2007.
13 *Тодуа П.А.* «Метрология в нанотехнологии», Российские нанотехнологии, Обзоры, №1-2, 2007.
14 *Александров В.С., Собенин А.П.* Работы ВНИИМ им. Д.И. Менделеева по метрологическому обеспечению нанотехнологий, Мир стандартов, стр. 6 – 10, №5(16), 2007.
15 *Постек М.Т.* Метрология в нанометровом диапазоне, Вестник технического регулирования, 2007.
16 *Алфимов М.В.* Итоги исследований и разработок проектов по приоритетному направлению «Индустрия наносистем и наноматериалов», Анализ результатов, подготовленных рабочей группой, июнь 2007.