

ОГЛАВЛЕНИЕ

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	5
ВВЕДЕНИЕ	9
ГЛАВА 1. СТАНОВЛЕНИЕ НАНОИНДУСТРИИ И КОНЦЕПЦИЯ РАЗВИТИЯ НАНОМЕТРОЛОГИИ	15
1.1. Возникновение нанометрологии	15
1.2. Нанометрология за рубежом	22
1.3. Положение России в сфере наноиндустрии	26
1.4. Концепция развития нанометрологии	34
ГЛАВА 2. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАНОМЕТРОЛОГИИ	42
2.1. Методы и средства интерференционных измерений	42
2.2. Использование принципов микроскопии в наноизмерениях	51
2.2.1. Оптическая микроскопия	51
2.2.2. Электронная микроскопия	59
2.3. Сканирующая зондовая микроскопия	75
2.3.1. Виды сканирующей зондовой микроскопии	75
2.3.2. Сканирующий туннельный микроскоп	77
2.3.3. Атомно-силовой микроскоп	92
2.4. Разновидности ближнепольной микроскопии	112
2.5. Спектроскопия в нанометрологии	125
2.5.1. Общие сведения	125
2.5.2. Атомный спектральный метод	132
2.5.3. Молекулярные методы спектроскопии	152
2.5.4. Радиоспектроскопия	162
2.5.5. Ядерные методы спектроскопии	167
2.5.6. Электронная спектроскопия	170
2.5.7. Рентгеноспектроскопия	174
2.5.8. Лазерная спектроскопия	180
2.6. Хроматография в наноизмерениях	182
2.6.1. История и классификация методов хроматографии	182
2.6.2. Жидкостная хроматография	189
2.6.3. Газовая хроматография	193
2.7. Сравнительный анализ технических средств нанометрологии	197
ГЛАВА 3. НЕСТАБИЛЬНОСТЬ, ТОЧНОСТЬ И НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ НАНОИЗМЕРЕНИЙ	213
3.1. Основные положения	213
3.2. Измерение линейных размеров рельефных наноструктур	216
3.3. Точность измерения линейных наноразмеров	223
3.4. Погрешности измерения длины волны и частоты лазера	230
3.5. Нестабильность мощности излучения лазеров	236
3.6. Разрешающая способность растрового электронного микроскопа	238
3.7. Оценка расходимости лазерного излучения	240
3.8. Особенности наноизмерений в АСМ-режиме	243

3.9. Введение концепции неопределенности	248
3.10. Погрешность и неопределенность.....	253
3.11. Этапы оценивания погрешностей и неопределенностей.....	257
3.12. Пример вычисления погрешности эталона единицы длины (по данным ВНИИМ).....	263
3.13. Определение содержания элементов методами атомной спектроскопии по ГОСТ Р 51309–99.....	267
3.14. Оценка неопределенности значений стандартных образцов.....	272

ГЛАВА 4. ПОВЕРКА И КАЛИБРОВКА В СФЕРЕ НАНОМЕТРОЛОГИИ

4.1. Общие сведения	279
4.2. Рельефные меры для нанометрового диапазона	290
4.2.1. Классификация тест-объектов.....	290
4.2.2. Поверка рельефной меры.....	296
4.2.3. Калибровка рельефной меры.....	307
4.3. Измерительные растровые электронные микроскопы	312
4.3.1. Поверка растровых микроскопов.....	312
4.3.2. Стандартная калибровка растровых микроскопов	316
4.3.3. Калибровка растровых микроскопов по двум координатам	318
4.4. Атомно-силовые измерительные зондовые микроскопы	321
4.4.1. Поверка атомно-силовых микроскопов.....	321
4.4.2. Калибровка атомно-силовых микроскопов	325
4.4.3. Калибровка атомно-силовых микроскопов по трем координатам	329
4.5. Обеспечение единства измерений в лазерной технике, спектроскопии и хроматографии.....	334
4.5.1. Обеспечение единства измерений параметров лазерного излучения	334
4.5.2. Поверка и калибровка спектрометров	336
4.5.3. Поверка газовых хроматографов	341
4.5.4. Поверка жидкостных хроматографов.....	348
4.5.5. Контроль качества приготовления проб для химического анализа.....	351

ГЛАВА 5. ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ОСНОВЫ НАНОМЕТРОЛОГИИ

5.1. Основные положения.....	355
5.2. Стандартизация и сертификация в наноиндустрии.....	364
5.3. Цели и задачи регионального отделения ЦМО.....	368
5.4. Управление деятельностью регионального отделения ЦМО	369
5.5. Направления работ в области нанометрологии.....	376
5.6. Организация исследований и кадровое обеспечение наноиндустрии	378
5.7. Проблемы и задачи нанометрологии	386

ПРИЛОЖЕНИЕ.....	397
-----------------	-----

ЛИТЕРАТУРА	409
------------------	-----