

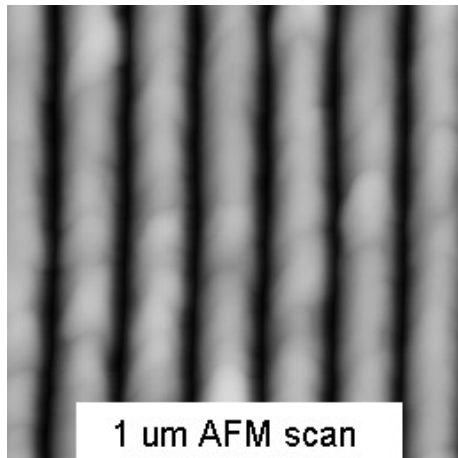
КАЛИБРОВКА АТОМНО- СИЛОВЫХ И ЭЛЕКТРОННЫХ МИКРОСКОПОВ ВО ВСЕМ НАНОМЕТРОВОМ ДИАПАЗОНЕ С СУБНАНОМЕТРОВОЙ ПОГРЕШНОСТЬЮ

П.Н. Лускинович, В.Г. Лысенко, Ю.Л. Николаев

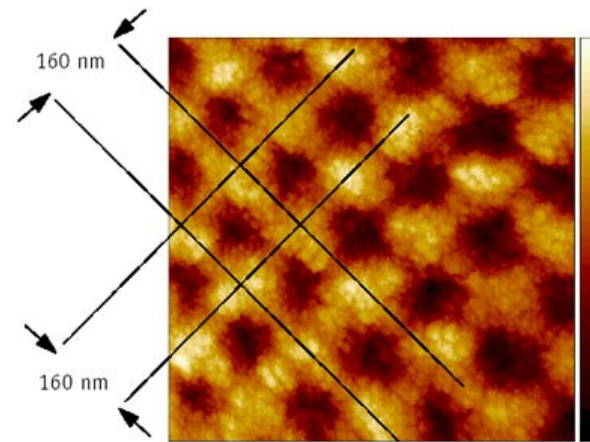
- *ЗАО «Техносистема Н»*
- *Всероссийский научно- исследовательский институт
метрологической службы*
- *Московский государственный университет
приборостроения и информатики*

nanofactory@mail.ru

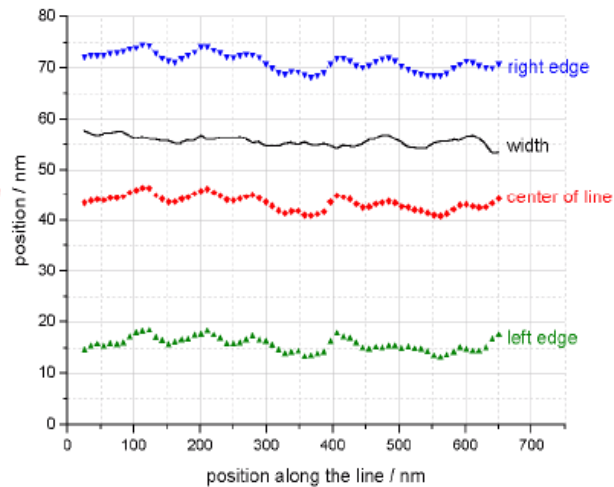
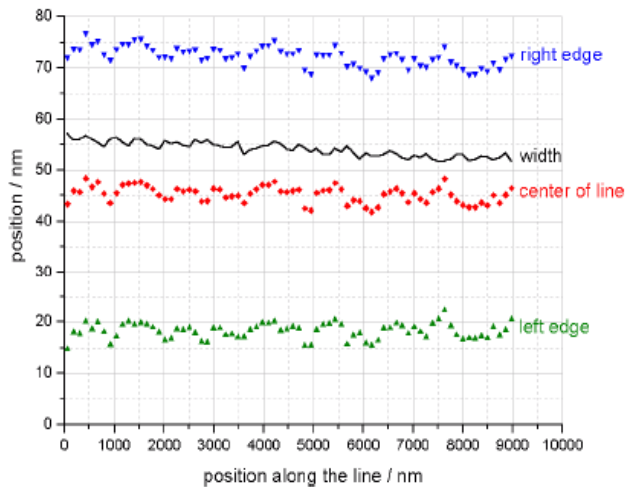
Меры для калибровки, поставляемые производителями



Tools for NanoTechnology Nanometer Calibration, and Test Specimens.
Advanced Surface Microscopy, Inc



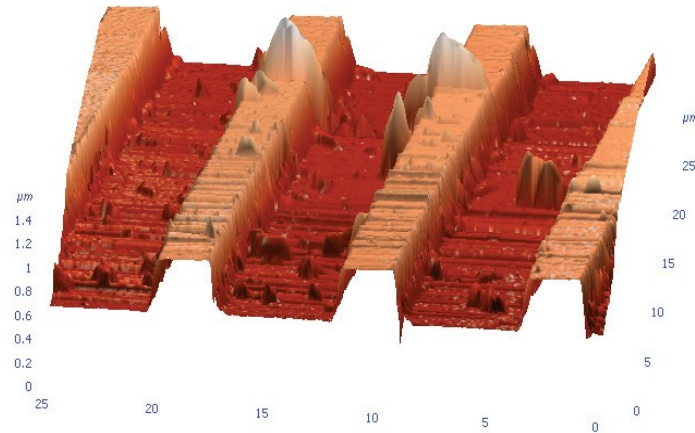
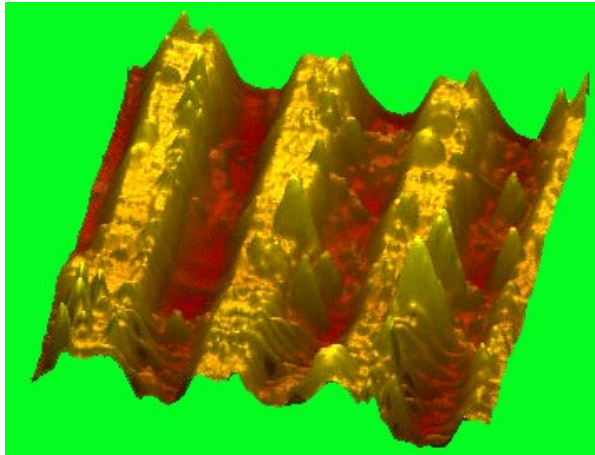
Nanosurf -Nanogrid for STM calibration
(Nanoscience instruments)



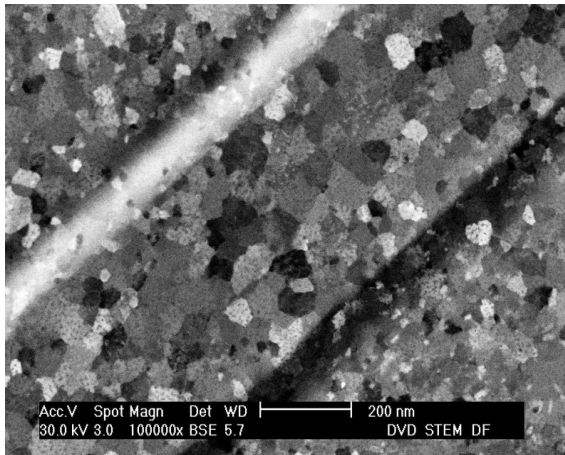
Результаты измерений множества данных характеристик мер в виде дифракционной решетки. Показаны отклонения размеров и положения формы линий, измеренные без корректировки учета радиуса кривизны зонда

Characterization of an 100 nm 1D pitch standard by metrological SEM and SFM, W. Häßler-Grohne, T. Dziombaa, C.G. Frase*a, H. Bossea, J. Prochazkab, aPhysikalisch-Technische Bundesanstalt, Bundesallee 100, 38116 Braunschweig, bVLSI Standards, Inc., 3087 North First Street, San Jose, CA 95134, USA, Proc. of SPIE Vol. 5375, p.426.

Характеристики мер при эксплуатации



Результаты измерения поверхности дифракционной решетки атомно-силовыми микроскопами, полученные в обычных лабораторных условиях научно-исследовательского института и университета. Видна запыленность поверхности частицами микронных размеров. УДК 539.216 Изучение поверхности твердого тела с помощью микроскопа атомных сил. Морозов А. О., Лазаренко Д.М

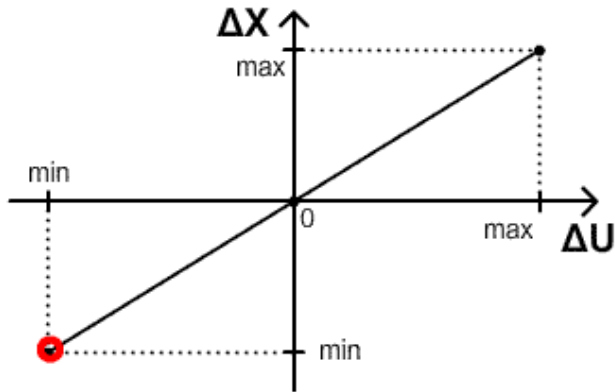
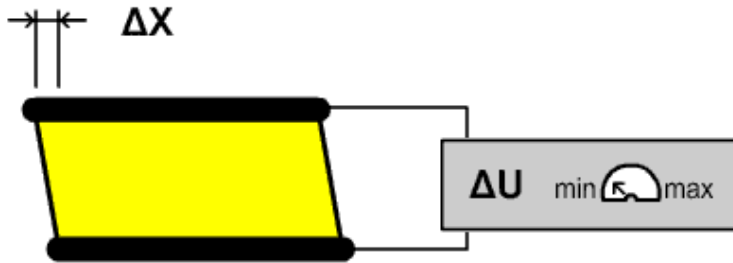


Измерения поверхности обычной дифракционной решетки в сканирующем электронном микроскопе нанотехнологической установки. Измерения проведены в вакууме, однако, несмотря на это, видны результаты запыления поверхности, произошедшие в предыдущее время.

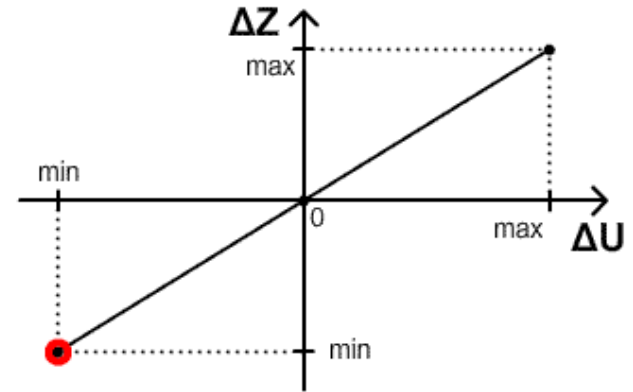
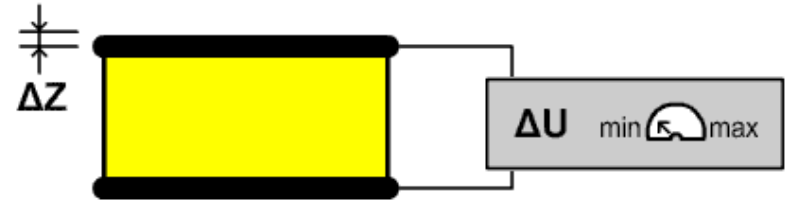
(www.microscop.ru:80/strata2print.html)

Управляемое перемещение поверхности динамической меры

Принцип работы пьезоматериалов в динамических мерах

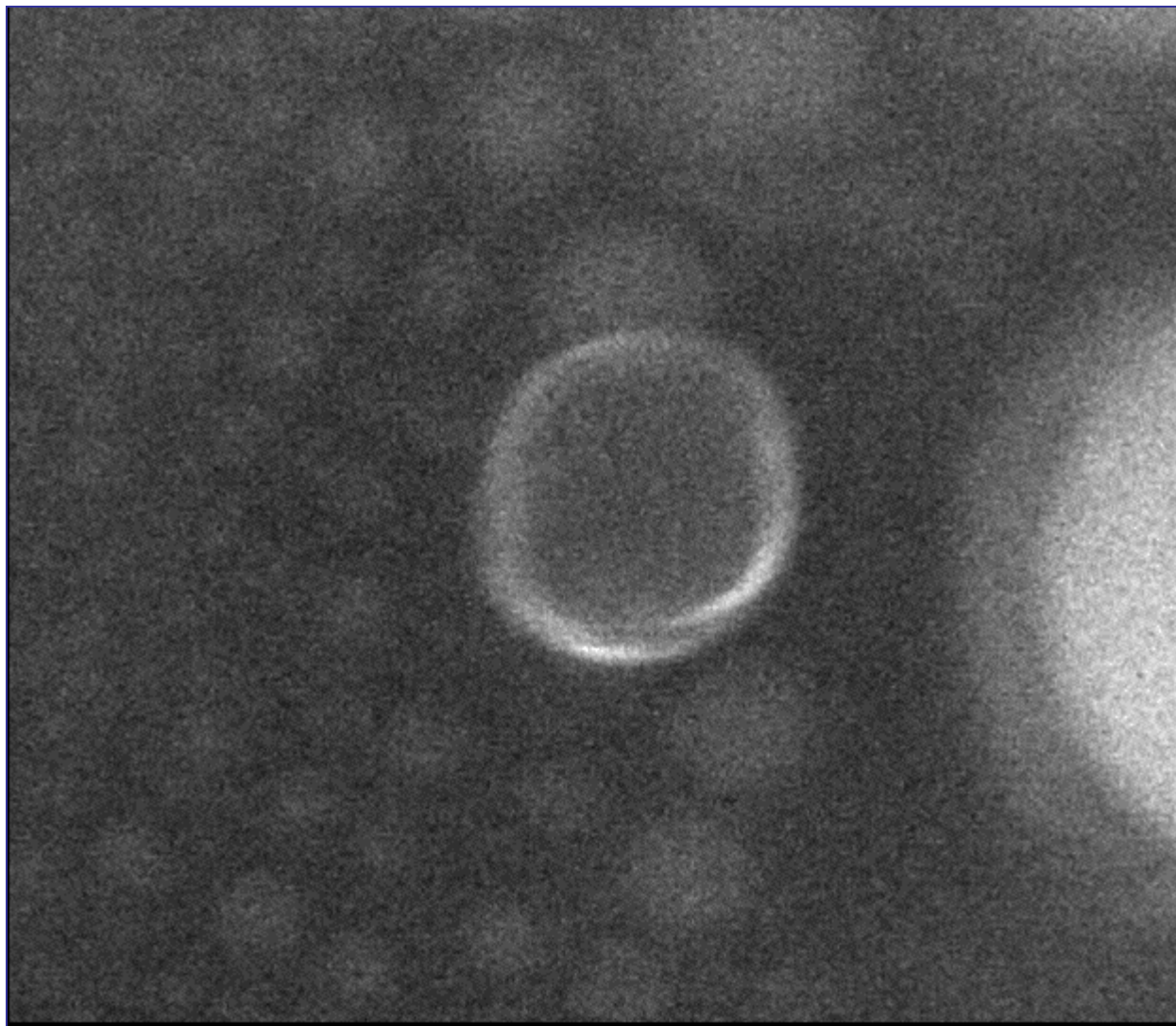


Перемещение по горизонтали под воздействием
управляющего напряжения

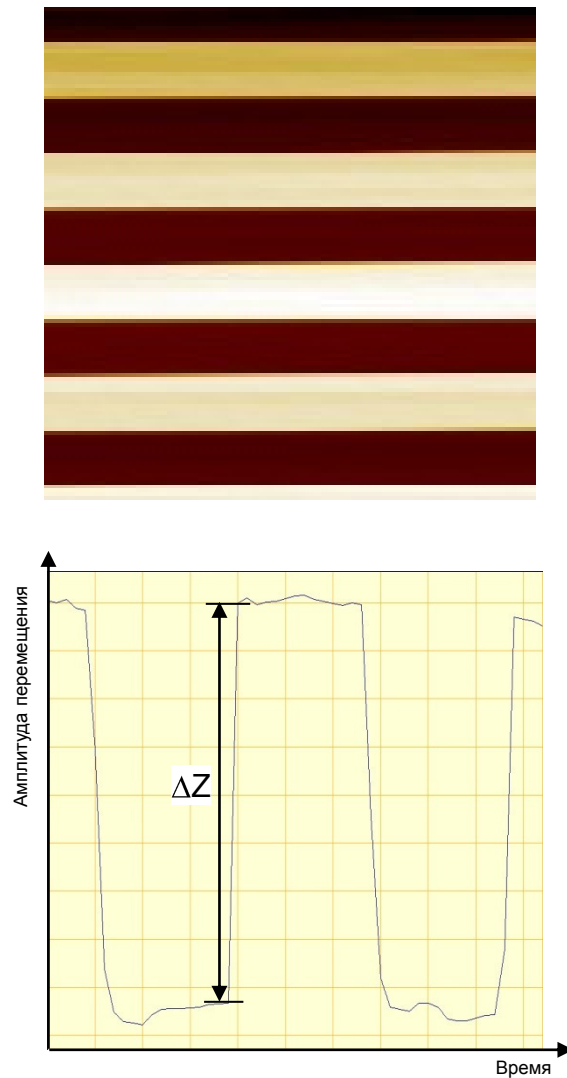
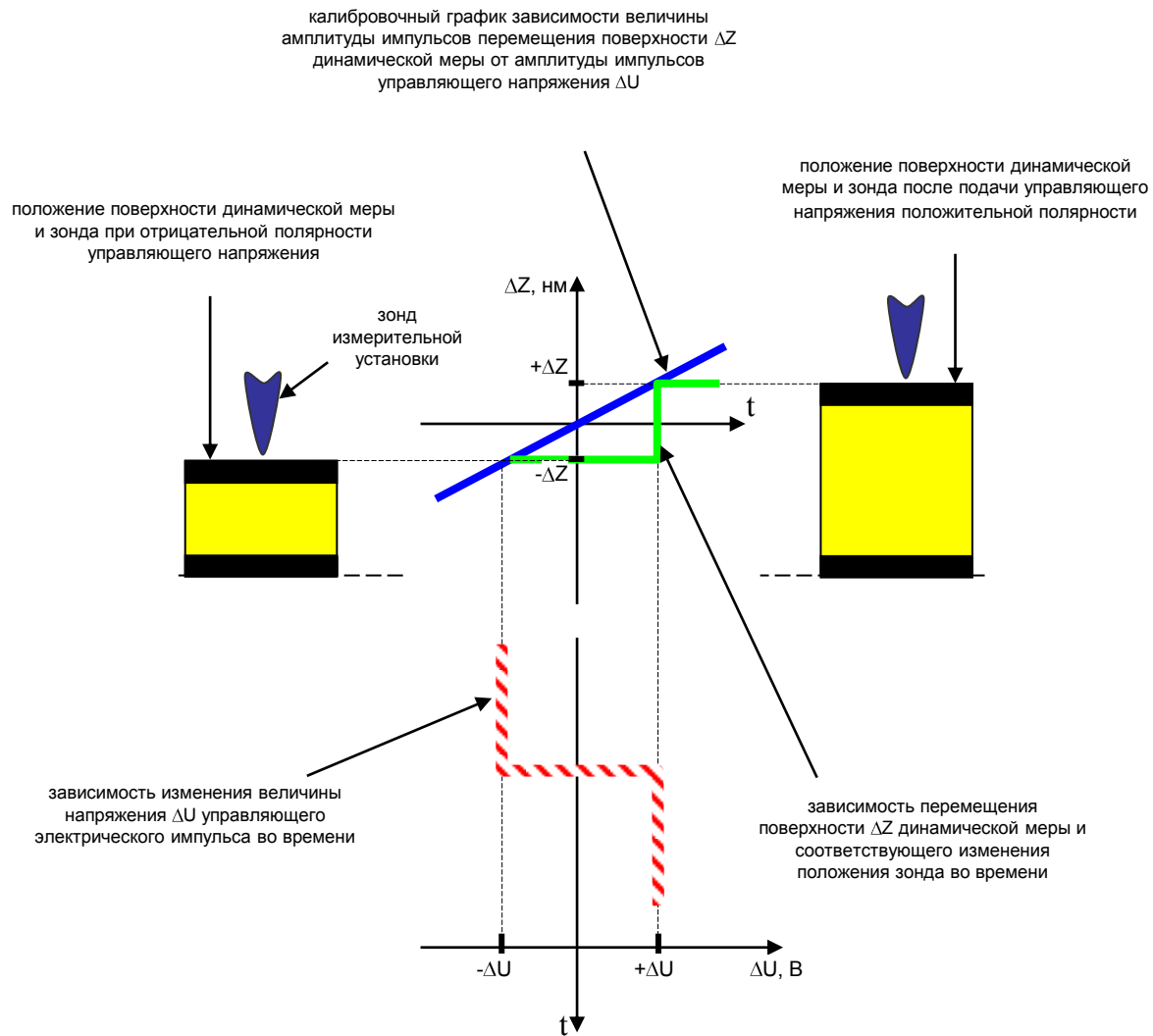


Перемещение по вертикали под воздействием
управляющего напряжения

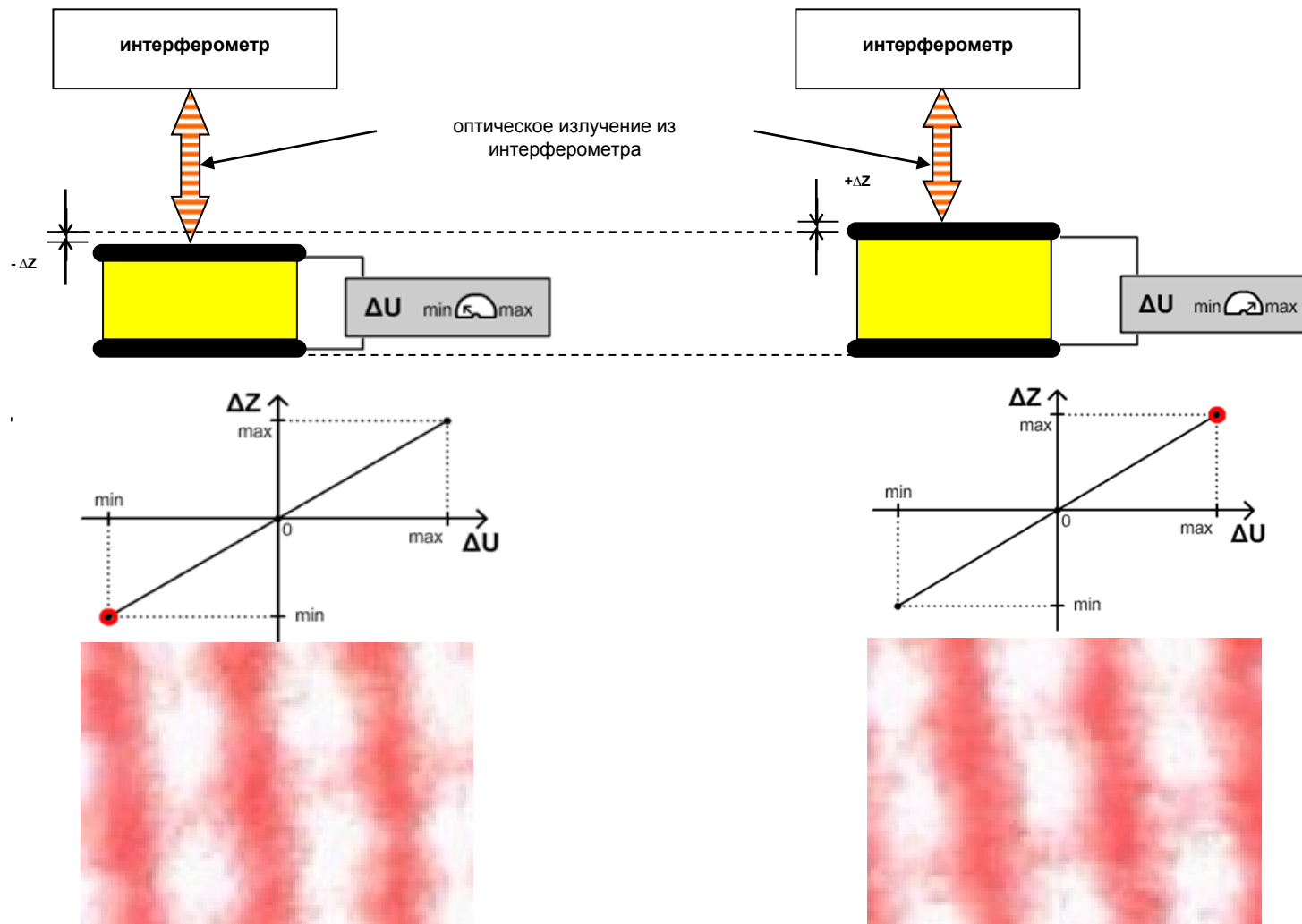
Перемещение поверхности динамической меры в электронном микроскопе



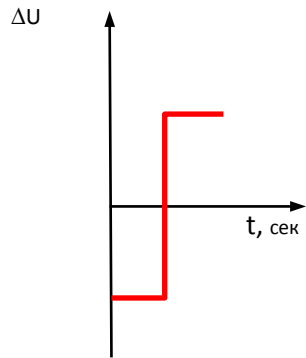
Калибровка по вертикали сканирующего зондового микроскопа и профилометра



Калибровка по вертикали интерферометра, интерференционного микроскопа и когерентно фазового микроскопа

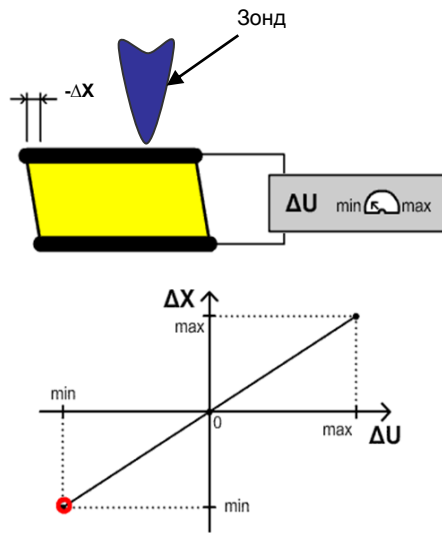


Калибровка по горизонтали сканирующего зондового и электронного микроскопов



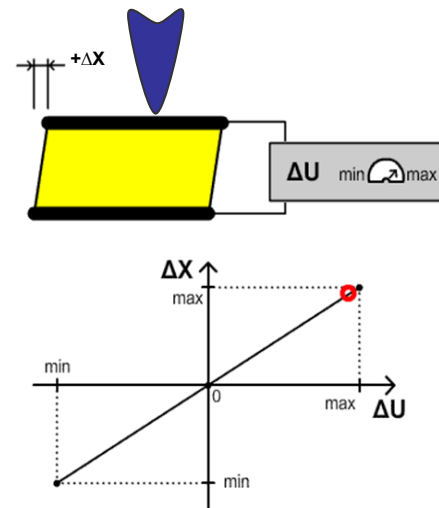
а)

а) форма напряжения электрического управляющего импульса



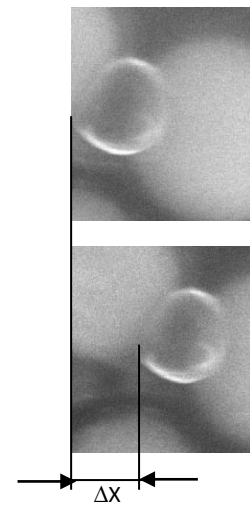
б)

б) изображение положения поверхности динамической меры и зонда сканирующего микроскопа при отрицательной полярности управляющего напряжения



в)

в) изображение положения поверхности динамической меры и зонда сканирующего микроскопа после подачи управляющего напряжения положительной полярности



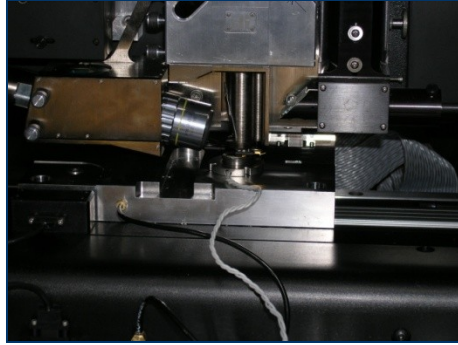
г)

г) начальное и конечное изображения поверхности динамической меры, перемещенной под воздействием управляющего напряжения

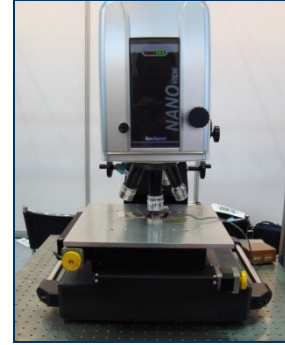
Испытания динамических мер в различных измерительных устройствах



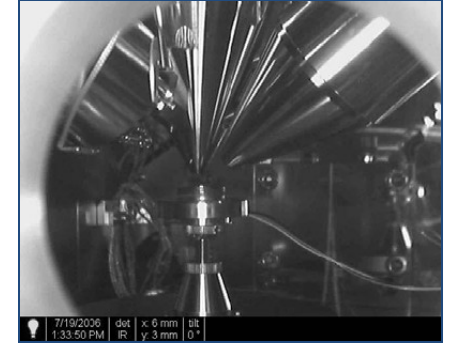
атомно-силовой микроскоп "Nanosurf", Швейцария



атомно-силовой микроскоп "Veeco", США



Интерференционный микроскоп "Nanoview", Южная Корея



нанотехнологическое оборудование Quanta 3D, FEI Голландия



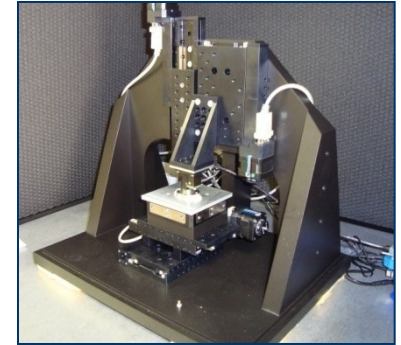
профилометр "TalyStep", ВНИИМС, Россия



профилометр со встроенным лазерным интерферометром нанотестера, ВНИИМС, Россия

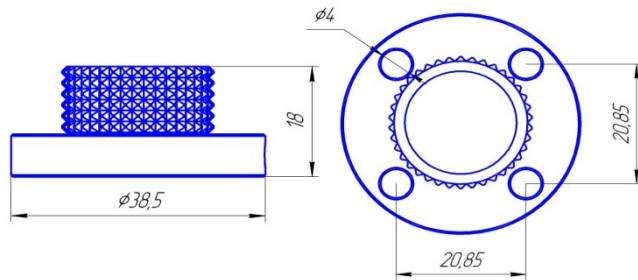


интерференционный микроскоп "ZYGO", ВНИИМС, Россия

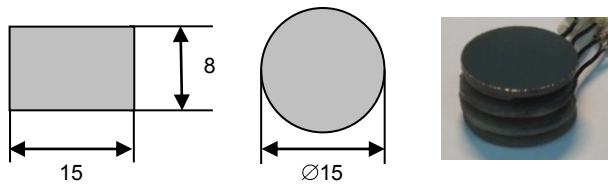


сканирующий атомно-силовой зондовый микроскоп "NanoScan", ТИСЧУМ, Россия

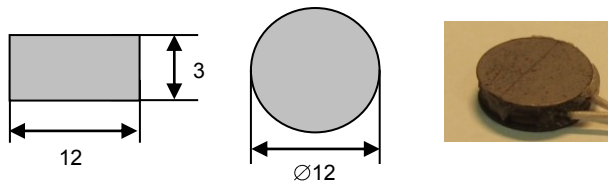
Различные конструкции динамических мер



Динамическая мера в корпусе



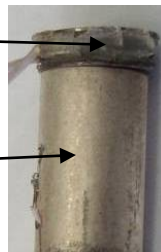
Бескорпусная мера вертикального перемещения



Бескорпусная мера горизонтального перемещения

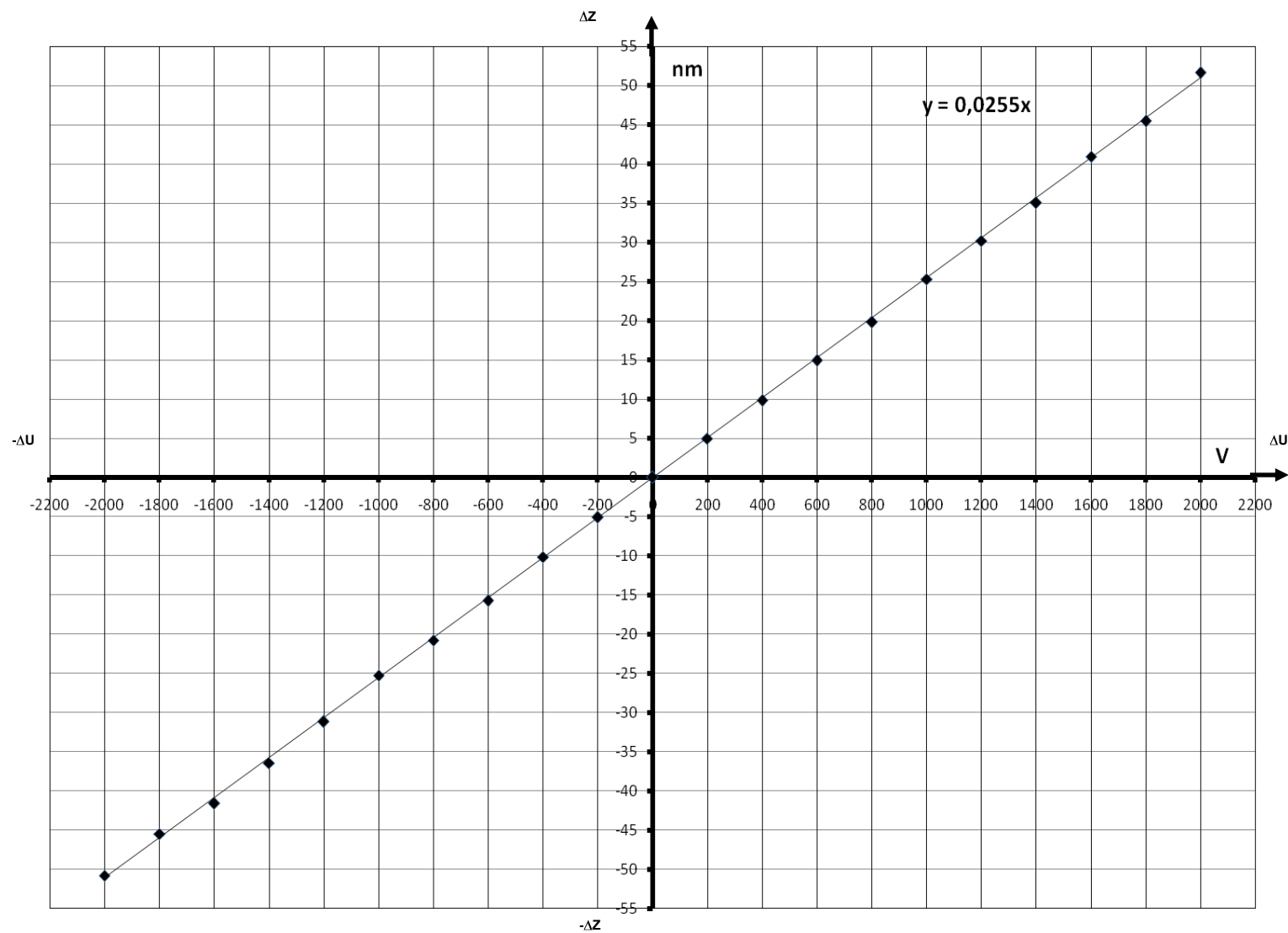
Бескорпусной динамический калибр

Пьезотрубка наноманипулятора



Динамическая мера на торце трубчатого пьезоманипулятора

Результаты измерений перемещения поверхности динамической меры



Сертификат калибровки динамической меры, подтверждающий диапазон перемещения 102 нм

Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы
(ВНИИМС)
Russian Research Institute for Metrological Service
(VNIIMS)



CIPM MRA*



QSF-R03**

Сертификат калибровки Calibration certificate

№ 203-77

Средство измерений Мера динамическая нанометрового диапазона ДМ-В
НАИМЕНОВАНИЕ, ТИП

Заводской номер 18

Производитель ЗАО «Техносистема Н», г. Москва, ИНН 7709522641
НАИМЕНОВАНИЕ ЮРИДИЧЕСКОГО (ФИЗИЧЕСКОГО) ЛИЦА, ИНН

Заявитель ЗАО «Техносистема Н», г. Москва, ИНН 7709522641
НАИМЕНОВАНИЕ ЮРИДИЧЕСКОГО (ФИЗИЧЕСКОГО) ЛИЦА, ИНН

Место и дата калибровки Лаб. № 155 ГЦИ СИ ФГУП «ВНИИМС», 20 мая 2010 г.

Количество страниц 2

Настоящий сертификат калибровки свидетельствует о привязке к эталонам, входящим в базу СМС, которые обеспечивают единицы в соответствии с Соглашением о взаимном признании национальных эталонов и сертификатов калибровки, выдаваемых национальными метрологическими институтами (МРА).

За recalibration средства измерений в соответствующем recalibrationном интервале отвечает пользователь средства измерений.

Калибровочное клеймо



Начальник отдела 203.1

В. Г. Лысенко

Калибровал

В. А. Костеев

«20» мая 2010 г.

*CIPM MRA: ВНИИМС является подписантом Соглашения о взаимном признании национальных эталонов и сертификатов калибровки и измерений, выдаваемых национальными метрологическими институтами (CIPM MRA)
**QSF-R03: Свидетельство о признании системы качества в соответствии с требованиями ИСО/МЭК 17025 выдано 20.12.2005 г. ТК Форума качества КОOMET сроком действия до 20.12.2010 г.

Россия, 119361, Москва, ул. Озерная, дом 46
Тел.: +7 495 437 5577 Факс: +7 495 437 5666 E-mail: Office@vniims.ru www.vniims.ru

Условия измерений:

Лаборатория с климатизацией № 155 ГЦИ СИ ФГУП «ВНИИМС», температура 21,5 °С, влажность 65%

Привязка:

ГЭТ 113-77, от эталона единица длины передавалась на «Talystep I» (ГР 19609-00), на котором выполнялась калибровка данной меры.

Уравнение зависимости амплитуды импульсов перемещения от амплитуды импульсов управляющего напряжения $y = 0,0255x$, нм
Диапазон перемещений при изменении управляющего напряжения в пределах -2000+2000В 102 нм
Чувствительность 0,0255 нм/В
Пределы основной абсолютной погрешности воспроизведения перемещений $\pm 0,88$ нм
Уровень собственных шумов 0,28 нм

Начальник отдела 203.1


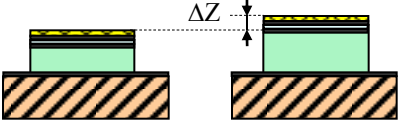
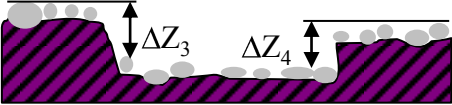
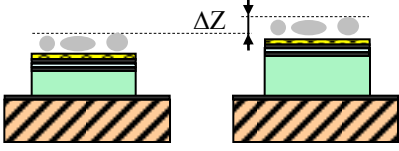
В. Г. Лысенко

Калибровал

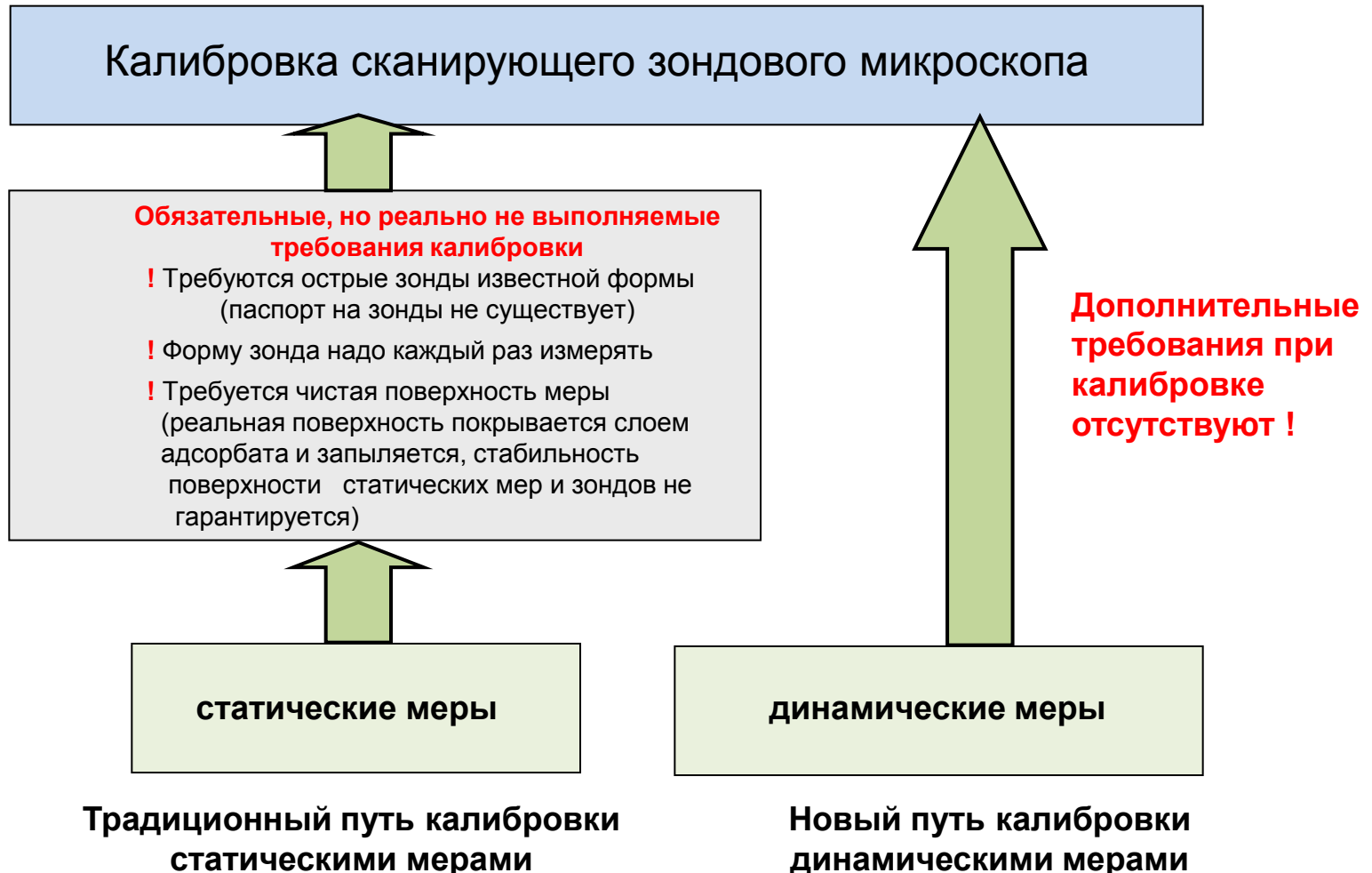
В. А. Костеев

«20» мая 2010 г.

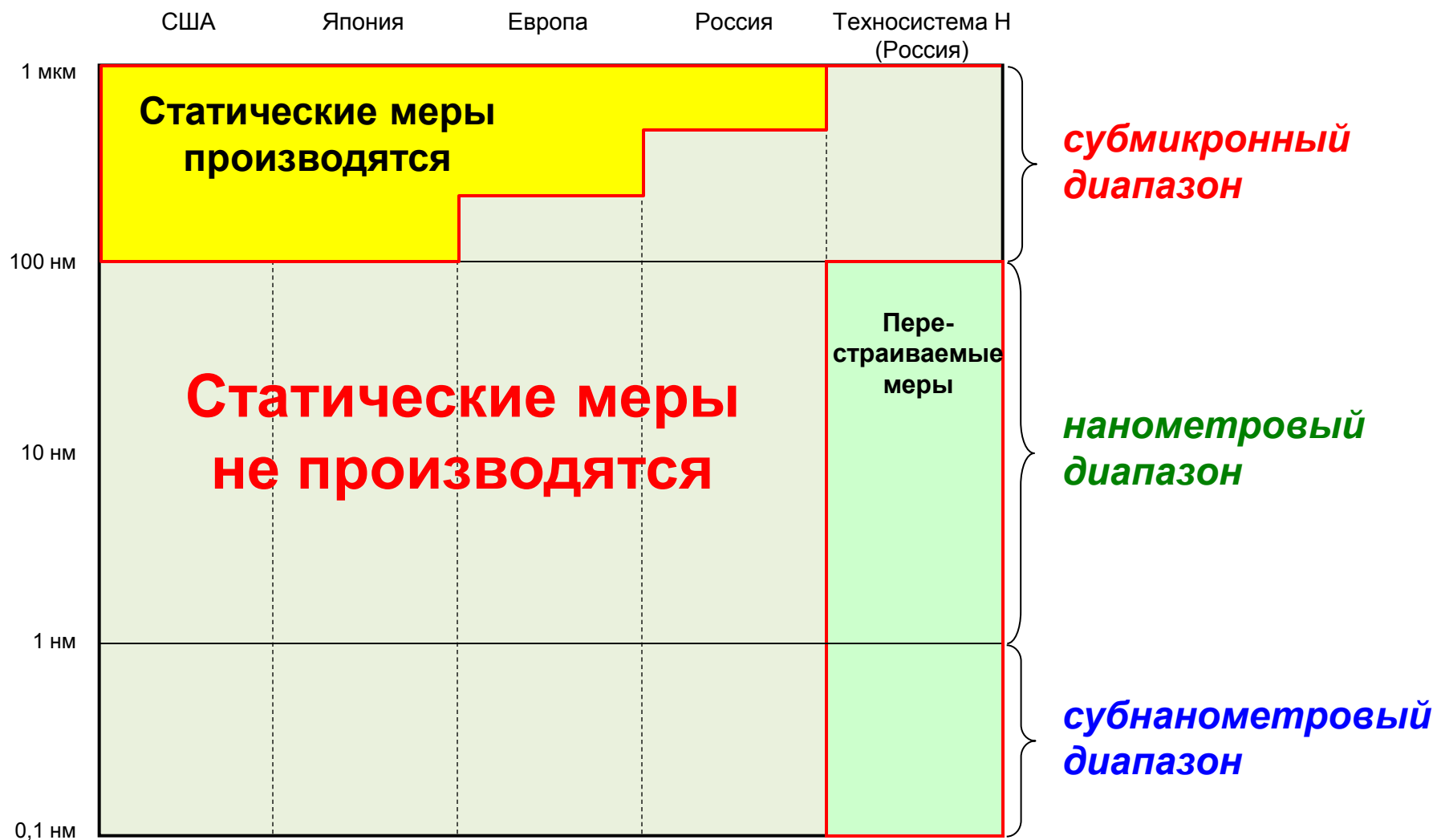
Сравнение динамических мер с традиционными - статическими

Тип меры Влияние на результаты измерений	Традиционная статическая мера	Динамическая мера
Влияние погрешностей изготовления	 <p style="text-align: center;">влияют</p>	 <p style="text-align: center;">не влияют</p>
Нестабильность формы из-за осаждения пыли и адсорбата	 <p style="text-align: center;">влияет</p>	 <p style="text-align: center;">не влияет</p>
Необходимость работы в чистой зоне или вакууме	требуется	не требуется
Срок службы	0,1 3 года	более 30 лет

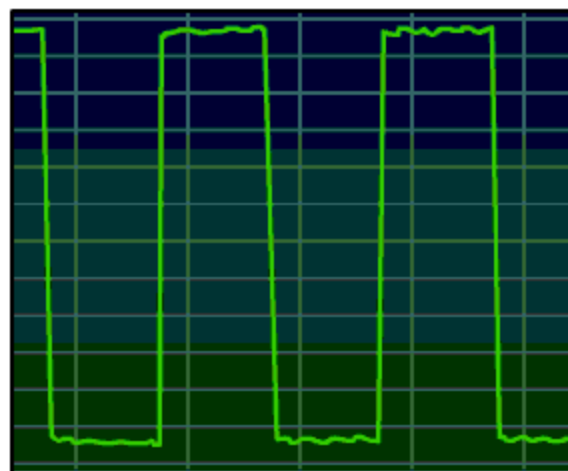
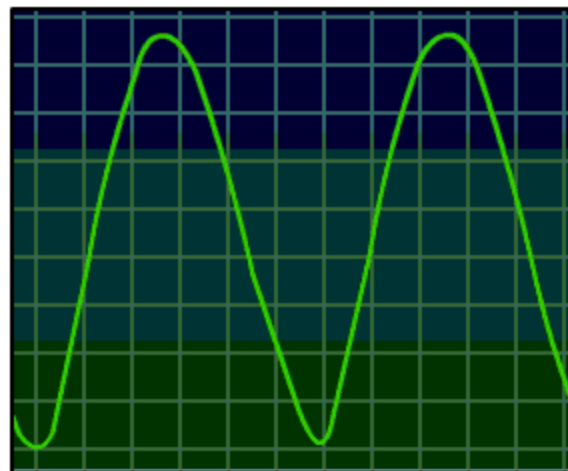
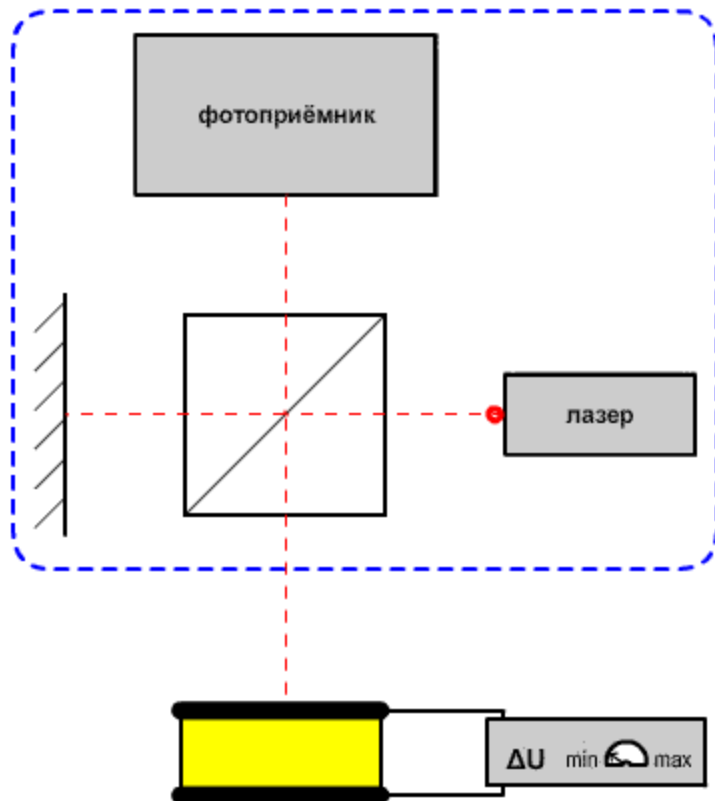
Влияние на результаты калибровки дополнительных факторов, независящих от качества мер



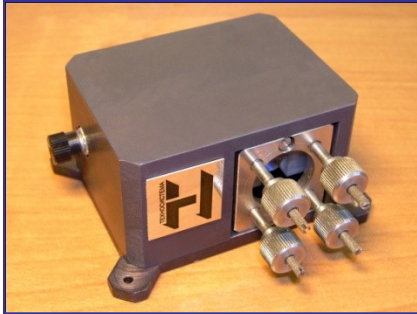
Производство планарных мер субмикронных, нанометровых и субнанометровых размеров в разных странах



Измерение перемещения динамической меры интерферометром Майкельсона



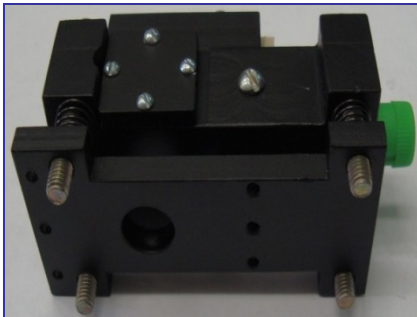
Различные конструкции интерферометров



Многомодовый оптический интерферометр

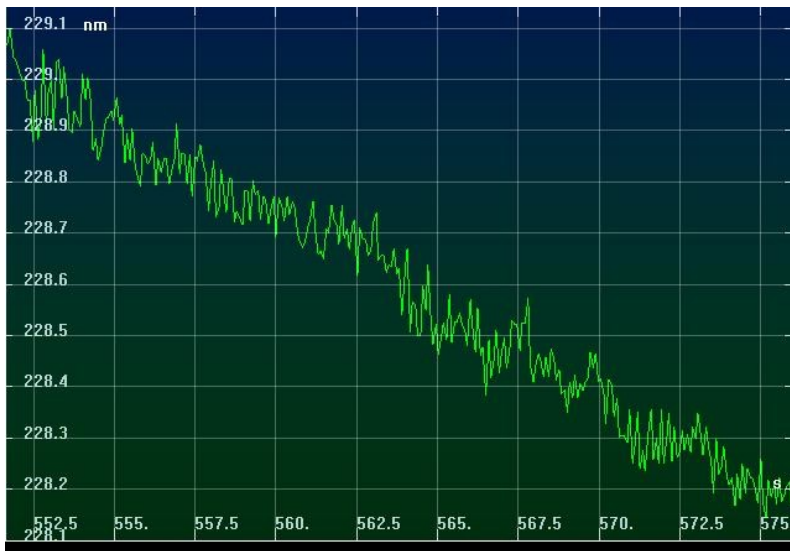


Одномодовый оптический интерферометр

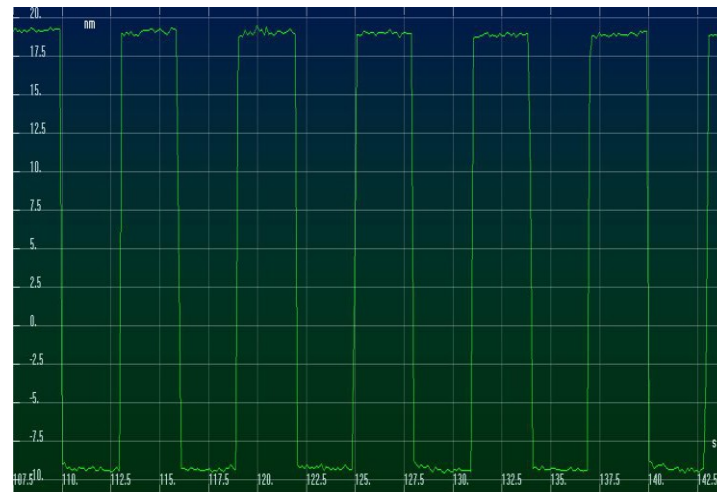


Оптический интерферометр, встраиваемый в измерительное и технологическое оборудование с вводом лазерного излучения по одномодовому оптическому световоду, размещенного на юстируемой платформе

Экспериментальные результаты измерений в интерферометре



Уровень шумов в интерферометре

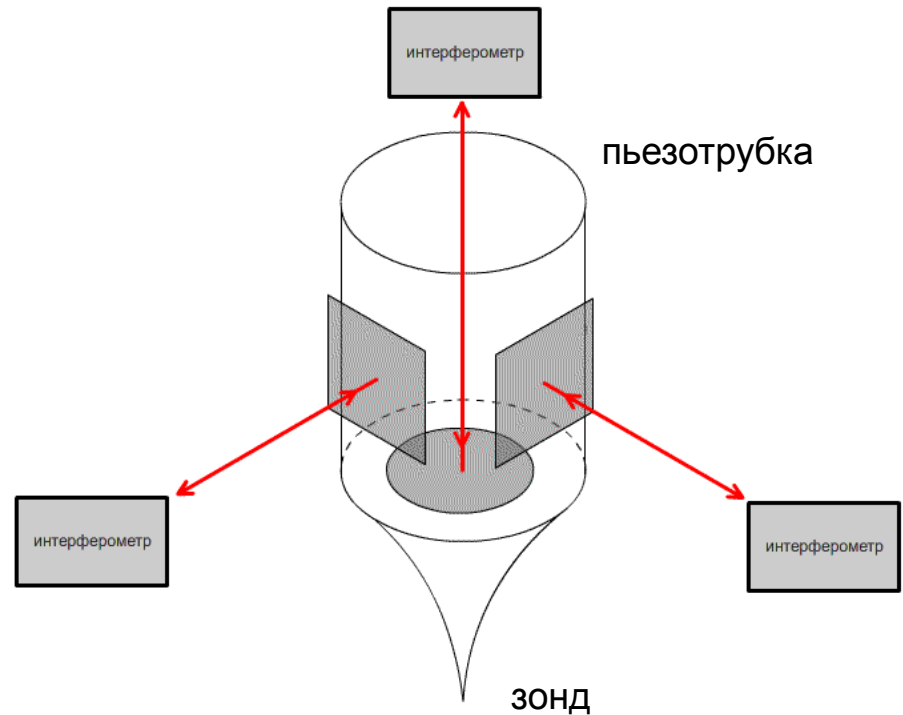


измерение перемещения поверхности меры при подаче управляющих сигналов различной полярности

Встраиваемые интерферометры

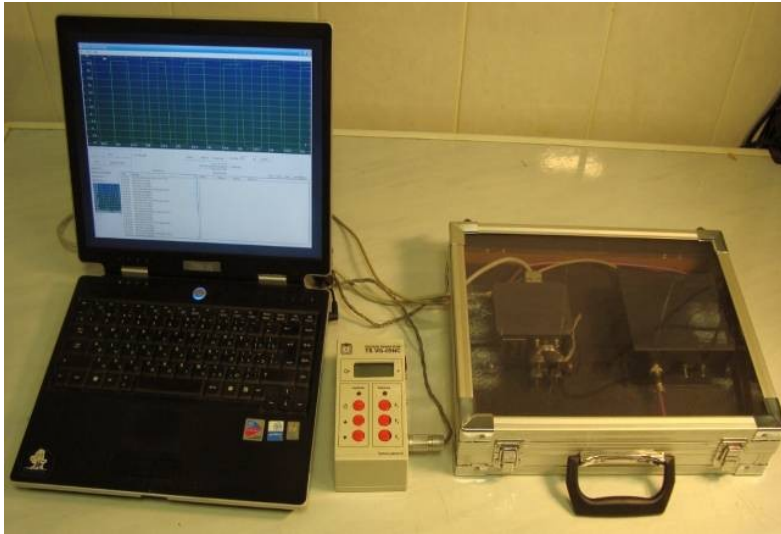


Интерферометр встроенный в
профилометр



Проект встраивания 3-х
интерферометров в СЗМ

Нанотестер для калибровки и измерений в нанометровом диапазоне



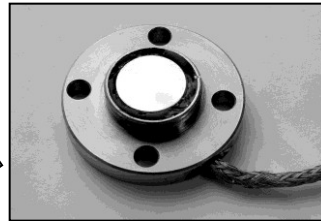
Динамические меры и оптические интерферометры в
транспортных контейнерах

Применение нанотестеров

измерительные устройства

В 2-10 раз быстрее перемещение
В 1000 раз меньше искажения
формы

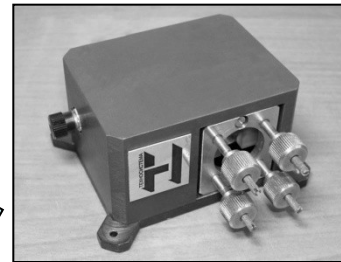
перестраиваемая
мера



+

калибровка

0.1 нм точность
калибровки сканирующих
зондовых и электронных
микроскопов,
нанотехнологических
установок во всем
нанометровом диапазоне



оптический
интерферометр

производство

В 10-100 раз большая
производительность
нанотехнологического
оборудования при
векторном сканировании

тестирование

Наносенсоров
перемещения, датчиков
акустической эмиссии,
наноманипуляторов

Преимущества нанотестера

- Заменяет десятки дорогостоящих традиционных статических мер
- Обеспечивает в десятки раз больший срок службы, по сравнению с традиционными статическими мерами
- Работает в жестких эксплуатационных условиях
- Многосторонние применения: от калибровки до измерений
- Превосходит по точности традиционные статические меры в нанометровом диапазоне