



**Anton Paar**

## Инструментальное индентирование

Исследование механических свойств поверхности  
Твердость, Модуль Упругости, Упруго-пластические свойства

::: Advanced Mechanical Surface Testing



# Применение

Приборы для проведения инструментального индентирования (ИИ) компании Anton Paar предназначены для измерения механических свойств широкого спектра материалов от твердых алмазоподобных покрытий (DLC) до мягких гидрогелей. Все приборы имеют оригинальную систему привязки к поверхности образца, что обеспечивает отличную стабильность, воспроизводимость и быстроту измерений.

Высокая производительность приборов обеспечивает качество результатов как для исследовательских, так и промышленных целей:

- PVD/CVD покрытия (TiN, TiCN, DLC)
- Термостойкие покрытия
- Металлы и сплавы
- Керамика и композиты
- Стекла
- Полупроводники
- Полимеры (покрытия, краски и массивные материалы)
- Биоматериалы (кости, хрящи, хрусталики, протезы, стенты, контактные линзы, мягкие ткани и гидрогели)
- Фармпрепараты (таблетки и пилюли)
- Строительные материалы (бетон, цемент)

Все изделия и материалы промышленного применения: режущие инструменты, материалы используемые в автомобильной промышленности, элементы электроники, биомедицинские изделия, полупроводники, полимеры, оптические материалы, материалы мирного атома, MEMS и др.

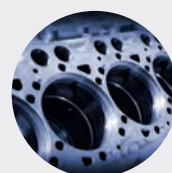
## Материалы



Алмаз

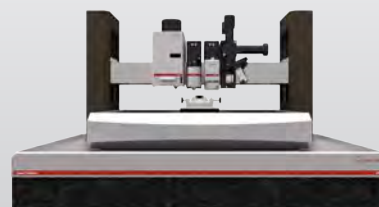
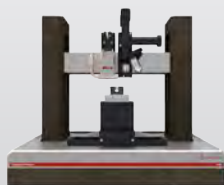


Твердые покрытия



Металлы

ТВЕРДЫЕ



# Решения

Оригинальная конструкция измерительных комплексов Инструментального Индентирования Anton Paar обеспечивает высочайшую точность измерений при компактном модульном исполнении. Комбинирование модулей Индентирования на платформах с другими модулями: Микро/Нано Скретч тестером, Нано Трибометром или модулями визуализации (AFM, ConScan, Видеомикроскоп), позволяет пользователю создать уникальный инструмент для решения широкого спектра задач.

**Быстрое измерение параметров материалов с одновременным отображением значений в протоколе измерений:**

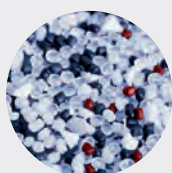
- Твердость ( $H_{IT}$ ) и Модуль упругости ( $E_{IT}$ )
- Ползучесть ( $C_{IT}$ ) и Релаксация ( $R_{IT}$ )
- Пластичность
- Упругая и пластическая составляющие энергии деформации

**Модули инструментального индентирования позволяют получить следующие характеристики:**

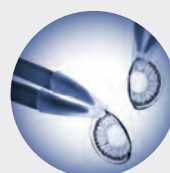
- Вязкоупругие свойства материалов
- Хрупкость и трещиностойкость
- Зависимость деформации от нагрузки
- Деформационное упрочнение
- Механическую усталость материалов



Кости

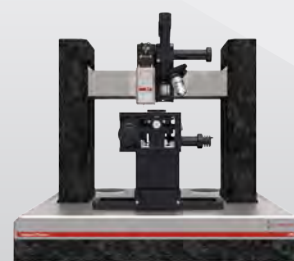


Полимеры



Гидрогели

МЯГКИЕ



# Концепция Платформ

Концепция платформ Anton Paar позволяет создать уникальный исследовательский комплекс для измерения механических свойств покрытий и материалов в Нано- и Микро- диапазонах. Все возможности измерительных модулей Инструментального индентирования (ИИ), точность и разрешение сохраняются независимо от выбора платформы.

## Технологии измерений

### Индентирование

#### Измерительные модули



MHT

Микро Индентор  
Макс. нагрузка: 30 Н



NHT<sup>2</sup>

Нано Индентор  
Макс. нагрузка: 500 мН



UNHT

УльтраНано Индентор  
Макс. нагрузка: 100 мН



BHT

Био Индентор  
Макс. нагрузка: 10 мН



HT-UNHT

Высокотемпературный  
УльтраНано Индентор  
Макс. нагрузка: 100 мН

#### Модули Визуализации



VID

Оптический  
Видеомикроскоп



AFM

Атомно-силовой  
микроскоп



COS

Конфокальный  
профилометр



IVID

In-situ  
видеомикроскоп

#### Платформы



TTX

Настольная  
платформа



CPX

Компактная  
платформа



OPX

Открытая  
платформа

Контролируемая атмосфера, вакуум и камеры влажности по запросу

# Особенности платформ

- Автоматизированное перемещение образца по трем осям X-Y-Z
- Высокая точность перемещения образца между модулями на Компактной платформе (до 3 модулей), Открытой платформе (до 4 модулей)
- Синхронизация положения образца под микроскопом относительно индентора
- Модули на платформе можно заменять один на другой
- Основа платформы из синтетического гранита эффективно гасит вибрации
- Интегрированный активный антивибрационный стол
- Акустический кожух (опция) для защиты от внешних вибраций
- Встраивание платформы в вакуумную камеру или камеры с контролируемой атмосферой или влажностью (опции).

## Скретч тест и Трибология

Измерительные модули



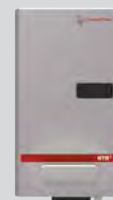
NST  
Нано Скретч  
Тестер



MST  
Микро Скретч  
Тестер

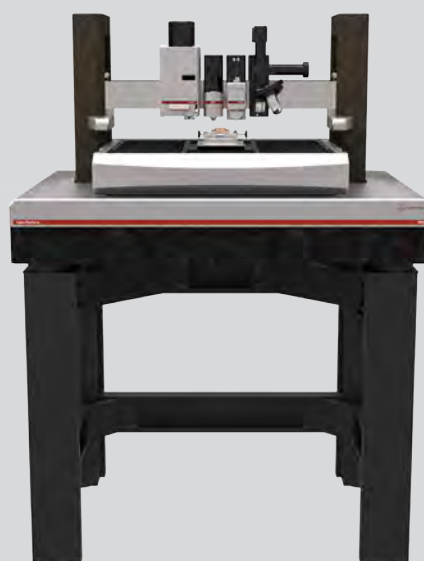


MCT  
Микро Комби  
Тестер



NTR2  
Нано  
Трибометр

Подробная информация о Скретч тестерах и Трибометрах расположена в отдельных каталогах



### Конфигурация платформы:

Открытая платформа и Микро Комби тестер + модуль  
Нано Индентирования + Атомно-силовой микроскоп +  
Оптический Видеомикроскоп



# Настольная система Нано Индентирования

Самая распространенная система для быстрого и автоматического измерения Твердости и Модуля упругости

- Простая, компактная и надежная конструкция
- Измерения по стандартам ISO 14577 и ГОСТ 8.748-2011
- Фактически отсутствует термодрейф прибора
- Самая высокая жесткость рамы ( $10^7$  Н/м)
- Совместима для работы в жидкости
- Не требует термостабилизации перед измерением
- Широкий выбор материала и формы инденторов

## Модуль Нано Индентирования

Измерение Твердости и  
Модуля упругости

## Оптический Микроскоп

Турель на 4 объектива

Точные столики  
позиционирования  
образца по X-Y





## NHT<sup>2</sup> Модуль Нано Индентирования

Универсальный и простой в использовании прибор обеспечивающий высокую точность измерений при минимальных (0.1 мН) и максимальных (500 мН) нагрузках, и малой (менее 20 нм) и большой (более 100 мкм) глубине проникновения индентора в материал.

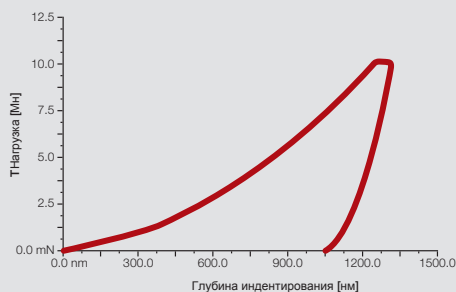
Уникальная конструкция модуля Нано Индентирования (NHT<sup>2</sup>) основана на принципе привязки к поверхности, и включает опорное кольцо окружающее индентор, что обеспечивает привязку к поверхности, и исключает влияние гибкой рамы прибора и термодрейфа на результаты измерений.

Этот модуль является надежным и простым в использовании и обеспечивает быстроту измерений при наличии различных режимов индентирования: Многоциклическое Индентирование (СМС), настраиваемый пользовательский режим, Синусоидальный режим (опция), матрица индентирований, возможность автоматического исследования нескольких образцов.

### Достоинства прибора

- Интуитивный интерфейс, удобство работы, быстрота и надежность измерений
- Высокая жесткость рамы:  $10^7$  Н/м, что обеспечивает точность измерения глубины
- Рама прибора из синтетического гранита, поглощающего вибрации
- Система обратной связи управления нагрузкой
- Высокая термостабильность: термодрейф  $< 0.05$  нм/сек
- Уникальная конструкция измерительной головки из материала MACOR с низким коэффициентом термического расширения:  $< 10^{-6}$  / °C
- Возможность измерений в жидкости
- Простая, быстрая и безопасная процедура замены индентора
- Видеомикроскоп с турелью для 4-х объективов для поиска объекта тестирования и контроля результатов

Кривая индентирования



Конструкция NHT<sup>2</sup>





## МНТ Модуль Микро Индентирования

Модуль МНТ Микро Индентирования позволяет за одно измерение получить Твердость и Модуль упругости при высоких нагрузках (10 Н по методу Индентирования, 30 Н по Виккерсу).

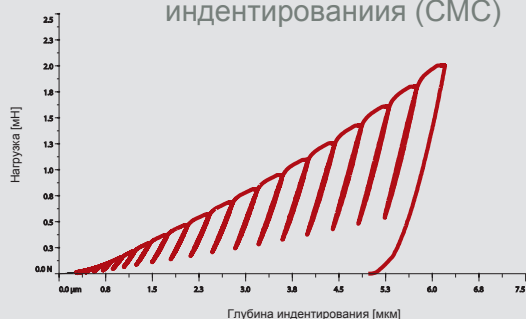
Так как прибор позволяет измерить не только Твердость но и Модуль упругости, то это качественно отличает его от классических Микротвердомеров. Благодаря методу Инструментального Индентирования (ИИ) прибор позволяет исследовать как большие массивные образцы с шероховатой поверхностью, так и тонкие пленки и покрытия, при этом измерение силы и глубины погружения индентора измеряется двумя независимыми датчиками.

Опция Измерительного Царапания (Скретч тест) открывает дополнительные возможности по оценке адгезии покрытий, их износа. Запатентованный режим съемки панорамы царапины позволяет получить полное изображение и синхронизировать его с графиками измерений. Диапазон нагрузок от 10 мН до 30 Н.

### Достоинства прибора

- Максимальная нагрузка до 30 Н при оптическом измерении отпечатка по Виккерсу
- Определение механических свойств образца в зависимости от глубины погружения индентора при Многоциклическом индентировании (СМС - Continuous Multi Cycle)
- Визуальная матрица отпечатков: количество зависит от размеров образца
- Откалиброванный индентор Виккерса можно проверить калибровкой по стандартному образцу
- Опциональный Скретч тест для модуля Микро Комби Тестера : Микро Индентирование + Микро Скретч тест
- Система привязки к поверхности для повышения точности измерения глубины проникновения индентора

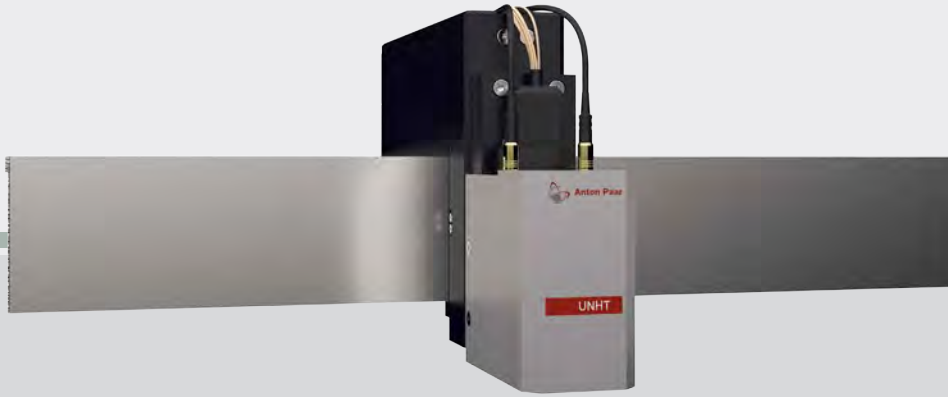
График Многоциклического индентирования (СМС)



Держатель образцов







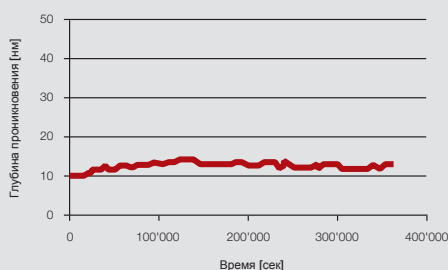
## UNHT Модуль Ультранано Индентирования

Прибор для Ультранано Индентирования имеет уникальную конструкцию с двумя параллельными инденторами. Один индентор для проведения измерений, другой индентор с наконечником большого радиуса - для привязки к поверхности. Каждый индентор имеет отдельную ячейку нагрузки. Инденторы связаны между собой дифференциальными емкостными датчиками, отслеживающими разницу по высоте между измерительным и опорным инденторами. Поэтому измерительный индентор точно позиционируется по высоте относительно поверхности образца, что на порядки увеличивает разрешение и точность измерений.

### Достоинства прибора

- Запатентованная система привязки к поверхности (EP 1828744 и US 7,685,868)
- Индентор привязки к поверхности имеет отдельный пьезопривод и датчик нагрузки; система обратной связи отслеживает минимальную нагрузку на образец
- Измерительная головка выполнена из материала : ZeroDur® с минимальным коэффициентом термического расширения
- Отличная термостабильность: термодрейф < 1 ppm/°C
- Высочайшая жесткость рамы >> 10<sup>8</sup> Н/м
- Два независимых датчика нагрузки и глубины погружения
- Емкостные датчики высокого разрешения для активного управления нагрузкой и глубиной
- Высокая точность измерений и низкий шум:
  - Разрешение по глубине: 0.003 нм, вибрации пола < 0.03 нм
  - Разрешение по нагрузке: 0.003 мкН, вибрации пола < 0.1 мН
- Минимальны сдвиг (менее 0.00001 нм/сек)

### Стабильность UNHT при нагрузке в течение 100 часов



#### Стабильность UNHT по глубине

Образец: алмаз (массив)

Вертикальная нагрузка: 1 мН

Время удержания нагрузки = 360000 сек = 100 часов;

Ползучесть/сдвиг:  $2.1 \times 10^{-6}$  нм/сек

Данные получены в National Physical Laboratory (NPL), UK

## Специальные решения



### Bioindenter™ - ВНТ Индентирование биологических объектов

Биоиндентор это новый уникальный прибор для изучения локальных механических свойств биологических образцов. В нем сочетается возможность Индентирования (наноиндентирования) с условиями, необходимыми для тестирования биологических образцов (влажность и температура). Концептуально измерительная система БиоИндентора основана на Модуле УльтраНано Индентирования с расширенным диапазоном хода индентора по высоте, увеличенным разрешением по нагрузке и полной совместимостью для работы с образцами в жидкости.

БиоИндентор оборудован специальным держателем для чашек Петри адаптированных для размещения биологических образцов. Видеомикроскоп прибора включает два длиннофокусных объектива для наблюдения за образцами в жидкости. Высокая термостабильность позволяет проводить долговременные эксперименты по изучению ползучести и упруго-пластических свойств биоматериалов.



### HT-UNHT Высокотемпературный УльтраНано Индентор

Компания Anton Paar первой в мире разработала приборы для Нано Индентирования при высоких до +800 °С и низких до -150 °С температурах. Система нагрузки таких систем, основана на запатентованных решениях, реализованных в модуле УльтраНано Индентирования (UNHT) . Некоторые компоненты модуля UNHT были модифицированы для использования при высокой температуре: добавлены тепловые барьеры между датчиками и нагретым образцом; специальный радиатор с водяным охлаждением защищает чувствительные части измерительной системы от нагрева; зеркальный тепловой экран защищает систему от инфракрасного излучения образца. Дополнительная вакуумная камера обеспечивает отсутствие конвективных потоков и окисления элементов модуля.

# Параметры

	MHT	NHT	UNHT	BHT**	HT-UNHT**
Максимальная нагрузка [мН]	30,000	500	100	20	100
Разрешение по нагрузке [мкН]	6	0.02	0.003	0.003	0.003
Сила при шуме пола, эфф. [мкН]*	250	1	0.1	0.04	0.1
Максимальная глубина [мкм]	1000	200	100	100	100
Разрешение по глубине [нм]	0.03	0.01	0.003	0.003	0.003
Вибрации пола, эфф. [нм]*	1.5	0.3	0.03	0.05	0.03
Жесткость рамы [Н/м]	$2 \times 10^8$	$10^7$	$> 10^8$	нет	нет
Опции					
Синусоидальный режим	○	●	●	-	-
Изменения в жидкости	●	●	●	-	-
Нагреваемый столик до 100 °C	●	○	●	-	-
Нагреваемый столик до 200 °C	●	○	● (при охлаждении)	-	-
Нагреваемый столик до 450 °C	●	○	○ (см. HT-UNHT)	-	-
Держатель чашки Петри	○	○	○	-	-

Частота сбора данных для модулей Индентирования 192 кГц, которая уменьшается в 10 раз и фильтруется до 400Гц для отображения.

Дополнительные опции и аксессуары по запросу: Электросопротивление при контакте (ECR - Electric Contact Resitance), охлаждение (-150 °C в вакууме), держатель стандартных 12" кремниевых пластин, держатели нескольких образцов, и др.

\* Значение вибраций пола для идеальных условий в лаборатории при использовании антивибрационного стола.

\*\* По желанию заказчика; информация по запросу

Официальный представитель в России:



**ООО "Ниеншанц-Сайнтифик"**

193318, Санкт-Петербург, ул. Ворошилова, д. 2.

тел. (812) 326-10-56, факс (812) 325-58-64

e-mail: [lab\\_equip@nnz.ru](mailto:lab_equip@nnz.ru)

internet: [www.lab-nnz.ru](http://www.lab-nnz.ru)

[www.anton-paar.com](http://www.anton-paar.com)