

Produktinformation

ZHN-S – Robuster Nanoindenter für die Qualitätskontrolle und Standardprüfaufgaben in Industrie und Forschung

CTA: 267016 267017



ZHN-S Nanoindenter für Standardprüfaufgaben in Industrie und Forschung



ZHN-S Nanoindenter; Detail

Anwendungsbereich

Der Universelle Nanomechanische Tester ist für die Bestimmung von Härte und E-Modul an Werkstoffen und Schichtsystemen ausgelegt. Der Nano- und Mikrobereich der EN ISO 14577 (Instrumentierte Eindringprüfung zur Bestimmung der Härte und anderer Werkstoffparameter für metallische Werkstoffe und Schichten) wird normkonform abgedeckt. Zudem lassen sich mit dem nanomechanischen Tester auch zyklische und mit einer Schwingung überlagerte Eindringprüfungen durchführen.

Durch seine hohe Modularität ist er mehr als ein Nanoindenter oder Härteprüfer. Mit einem Messkopf (NFU) kann er genutzt werden als:

- Nanoindenter / Härteprüfer, je nach verwendetem Messkopf, für Messungen zwischen 0,05 mN - 20000 mN
- Mikro-Druckprüfergerät im selben Kraftbereich
- Ermüdungstester bis 2 Hz quasistatisch oder bis 300 Hz mit Dynamikmodul
- Dynamisch Mechanischer Tester (DMA) bis etwa 100 Hz mit Dynamikmodul
- Zur Oberflächenprofilmessung und mit Dynamikmodul auch für Stiffness/Modulus-Mapping
- Scratch- und Verschleißtester ohne Reibwertmessung
- für schnelles Mapping von Härte und E-Modul mit bis zu 10 Messungen pro Minute

Vorteile und Merkmale

- Animationen und vordefinierte Applikationen in InspectorX unterstützen den Bediener in der Prüfungsvorbereitung und -durchführung. Hierdurch werden Bedienfehler reduziert und kurze Einarbeitung garantiert/sichergestellt.
- Bedienung und Ergebnisbewertung ist auch durch geschulte Fachkräfte und nicht durch wissenschaftliche Mitarbeiter möglich, was die Prüfkosten reduziert.
- Einfachster und robustester Spitzenwechsel von allen Geräten am Markt ohne Rekalibrierung: Die Kalibrierdaten sind der Messspitze eindeutig zugeordnet.
- Das ausgezeichnete Dynamikmodul ermöglicht eine besonders genaue und schnelle Kalibrierung der Messspitze und zudem auch die für Schichten notwendigen tiefenaufgelöste Messungen.
- Die Optik mit 18 Megapixel Farbkamera erlaubt 4-fach Zoom ohne Auflösungsverlust. Damit wird ein Vergrößerungsbereich von bis zu 3 klassischen Revolverobjektiven abgedeckt und ein Wechsel zwischen Objektiven ist nicht erforderlich.
- Sehr einfache Auswertung von Messungen an Schichten durch automatische Fitfunktion und Bereichsauswahl für die Messdatenanalyse.
- ZwickRoell hat die radiale Verschiebungskorrektur nach ISO 14577: 2015 normkonform in InspectorX umgesetzt.
- Steife Rahmenkonstruktion mit der Eindringkörperachse genau in der Bewegungsachse (kein Kippmoment)
- Hohe Positioniergenauigkeit zwischen Optik und Indenter besser 1µm.

Produktinformation

ZHN-S – Robuster Nanoindenter für die Qualitätskontrolle und Standardprüfaufgaben in Industrie und Forschung

Funktionsbeschreibung

Modularer Aufbau bestehend aus

- 2-säuligem Lastrahmen mit Zentralspindel-Antrieb, Präzisionsführung und Granitsockel
- Programmierbarer motorischer Kreuztisch
- 3-Achsen Schrittmotor-Steuerung als PCIe Einsteckkarte
- Mikroskop mit LED Aufsichtbeleuchtung, weiß
- Steuerelektronik für Maschine und Messkopf
- Austauschbare Messköpfe
- Steuer- und Auswertesoftware InspektorX
- Software-Modul für Autofokus
- Dynamik-Modul für Schwingungen der Spitze bis 300 Hz (QCSM / CSM) optional
- Passive oder aktive Schwingungsdämpfung optional

Durch den 2-säuligen Lastrahmen mit Zentralspindel-Antrieb und der Eindringkörperachse genau in der Bewegungsachse tritt kein Kippmoment bei der Lastaufbringung auf und die Gerätesteife ist sehr hoch.

Im Gegensatz zu den Geräten anderer Hersteller arbeiten die beiden Messköpfe sowohl in Zug als auch in Druckrichtung mit dem gleichen Messbereich. Das Gerät kann kraft- als auch weggesteuert im Mode „open loop“ (nur Maximalkraft/Weg werden geregelt) oder „closed loop“ (jeder einzelne Messpunkt wird geregelt) arbeiten. Die maximale Datenrate beträgt 4000 Punkte pro Sekunde, so dass auch sehr schnelle Messungen möglich sind.

Das Dynamik-Modul erzeugt sinusförmige Schwingungen der Messspitze. Damit sind kontinuierliche Steifigkeitsmessungen, Ermüdungsprüfungen und die Messung viskoser Materialeigenschaften möglich. Der robuste Messkopfaufbau erlaubt die Nutzung beliebiger maßgefertigter Gegenkörper. Mit einer Schaftverlängerung sind Messungen in Flüssigkeiten möglich.

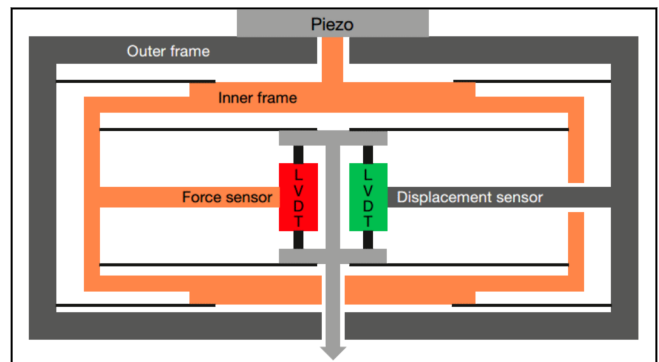
Eine ausgefeilte Software erlaubt eine schnelle und flexible Programmierung des Messablaufs und der Messpositionen. Die Positionen können im Kamerabild durch „Point & Click“ bedienerfreundlich konfiguriert werden. Zudem ist eine Vielzahl von einzigartigen Auswertungen in den Softwaremodulen verfügbar.

Patentierter Messkopf (2N und 20N)

- Durch Doppel-Blattfedersystem Beweglichkeit in normaler Richtung und hohe Steifigkeit in lateraler Richtung
- Robuste Konstruktion

- Kein Anschlag der induktiven Sensoren bei Überlastung und damit keine Beschädigung
- Der Schaft kann größere Gewichte tragen, ohne dass der Messbereich verlassen wird. Kundenspezifische Messspitzen beliebiger Art sind problemlos einsetzbar

CTA: 264967



Prinzip der Normalkrafteinheit (Normal Force Unit - NFU)

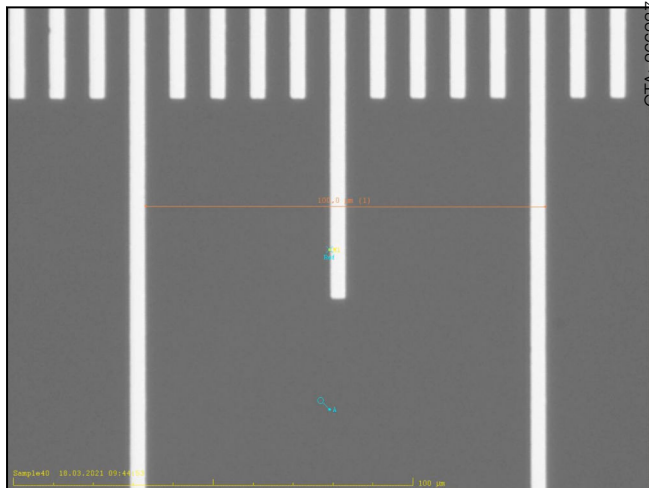
Die Optik

- 20x-Objektiv in Kombination mit einer hochauflösenden 18 Megapixel Farbkamera erlaubt 4-fach Zoom ohne Auflösungsverlust
- Innerhalb der optischen Abbildung lassen sich
 - Messstellen definieren
 - Abstände und Umfänge vermessen
 - Vorhandene Messstellen per Knopfdruck abfahren und anzeigen
 - Beleuchtung und Bildparameter regeln
 - Maßstäbe und Aufnahmezeiten einblenden
- Auch gering reflektierende Oberflächen wie Gläser lassen sich gut abbilden
- Autofokus-Funktion zum Auffinden der Höhe für eine scharfe Abbildung
- Automatische Erstellung von Bildern der Messstellen (programmierbar)
- Übersichtsbild aus zusammengesetzten Einzelbildern mit großer Schärfentiefe

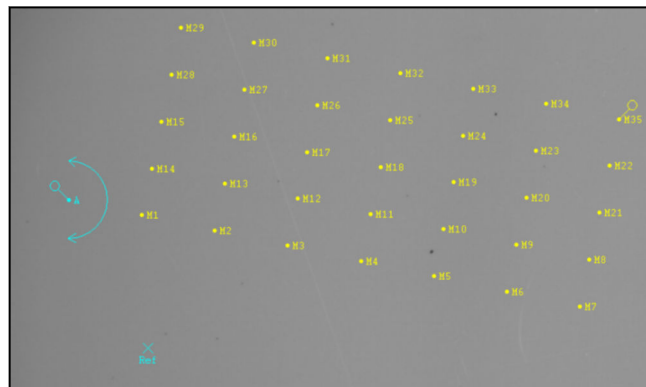
Produktinformation

ZHN-S – Robuster Nanoindenter für die Qualitätskontrolle und Standardprüfaufgaben in Industrie und Forschung

CTA: 266922



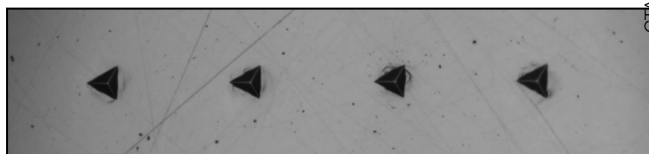
CTA: 266927



Punktfelder oder Zeilen lassen sich durch Ziehen mit der Maus um einen Approach-Punkt rotieren

Bild eines optischen Gitters mit 10 µm Balkenabstand

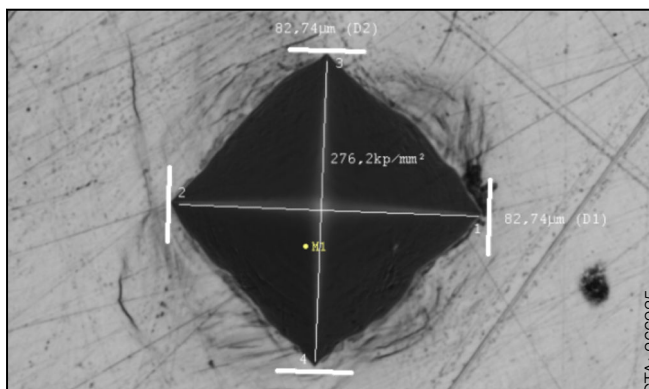
CTA: 266931



CTA: 266933

Berkovich Eindrücke mit 500 mN in Stahl und eingblendeter Probenhalter-Position

CTA: 267023



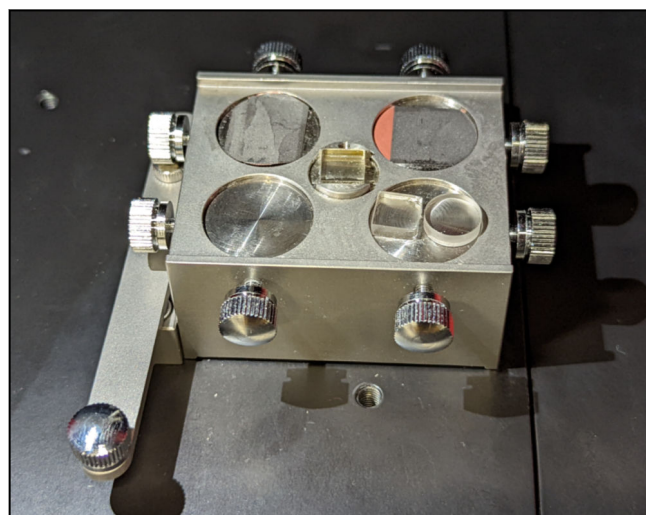
CTA: 266935

Vickerseindruck in Stahl mit Messlinien

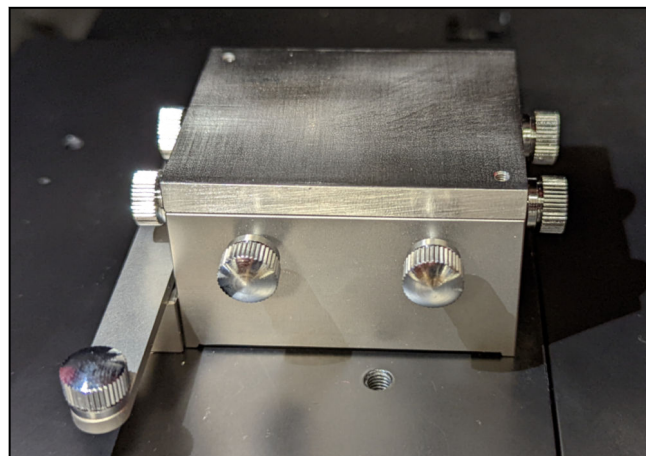
CTA: 266942



Werkzeug zum Spitzenwechsel ohne zusätzliche Schutzmaßnahmen



Probenhalter mit Magnethalterung für vier Proben und einer permanenten Tip-Check Probe in der Mitte



Probenhalter mit Adapterplatte und einer nutzbaren Fläche von 50 x 40 mm

Alle Daten bei Raumtemperatur.

Änderungen im Zuge der Weiterentwicklung vorbehalten.

Produktinformation

ZHN-S – Robuster Nanoindenter für die Qualitätskontrolle und Standardprüfaufgaben in Industrie und Forschung

Die Benutzeroberfläche

Steuerung der Präzisionstische

Das Gerät ist für vollautomatische Messserien mit bis zu 10000 Messpositionen ausgelegt. Die zugehörige Steuersoftware InspectorX erlaubt eine vollständige Übersicht über die aktuelle Position der drei Präzisionstische und ermöglicht eine Steuerung mit Schrittweiten von 50 nm. Befindet sich die Probe unter dem Objektiv, wird anstelle der Tischpositionen ein Bild der Probenoberfläche im selben Fenster angezeigt.

Definition des Messablaufs

Zur Verfügung steht eine Vielzahl von vordefinierten Applikationen die in einem Pull-Down Menü ausgewählt werden. Jeder Ablauf (Prüfzyklus) lässt sich flexibel mit beliebig vielen Belastungszyklen programmieren. Im „open loop“ Modus kann Kraft oder Weg, die Zeit eines Segmentes und die Datenrate vorgegeben werden, im „closed loop“ Modus auch die Zahl der Datenpunkte und die Haltezeit pro Punkt.

Definition der Messpositionen

Programmierbar sind bis zu 10000 Positionen in Linien, gleichmäßigen Rastern oder in beliebiger Anordnung. Einzigartig ist, dass für jede Position ein anderer Prüfzyklus (Application) festgelegt und dass vor und nach der Messung mit Hilfe der Autofokus-Funktion automatisch Bilder mit generiert werden können. Den einzelnen Positionen lassen sich umfangreiche Probeninformationen zuweisen, die mit im Datenfile gespeichert werden.

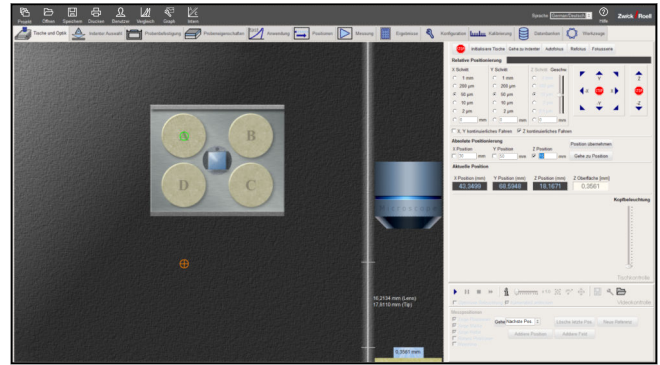
Auswertung von Messdaten

Messdaten lassen sich in verschiedener Form grafisch darstellen, vergleichen, mitteln oder exportieren (ASCII, EXCEL, BMP ...). Für die Datenauswertung stehen umfangreiche und flexible Korrekturroutinen zur Verfügung. Einmal festgelegte Parameter für die Auswertung und die Darstellung der Ergebnisse in der Ausgabe können in Konfigurations-Dateien gespeichert werden.

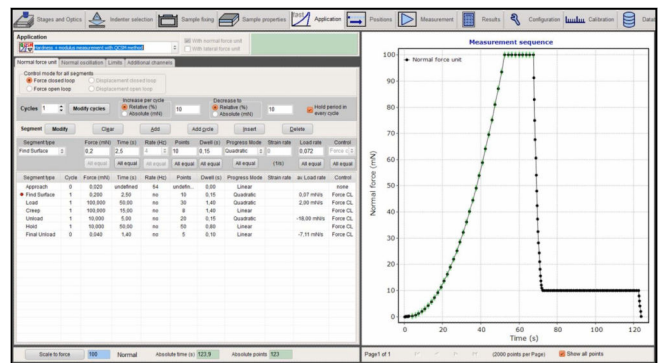
Eine nahezu beliebige Anzahl von Daten kann gleichzeitig eingelesen und ausgewertet werden. Die Korrekturen der Daten (Nullpunktkorrektur, thermische Driftkorrektur) und die Mittelung von Messkurven gleicher Last lassen sich manuell oder automatisch durchführen. Gemittelte Kurven werden in einem neuen File gespeichert so dass die Schritte nicht wiederholt werden müssen. Die Ergebnisse erscheinen

zusammengefasst in einer Tabelle und in einer Grafik als Funktion der Messposition.

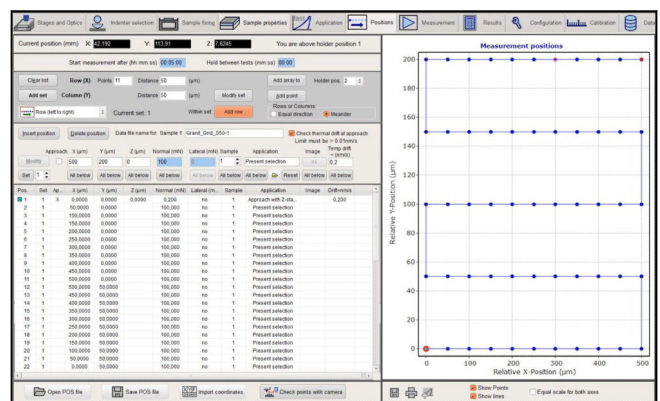
CTA: 266936



CTA: 264975



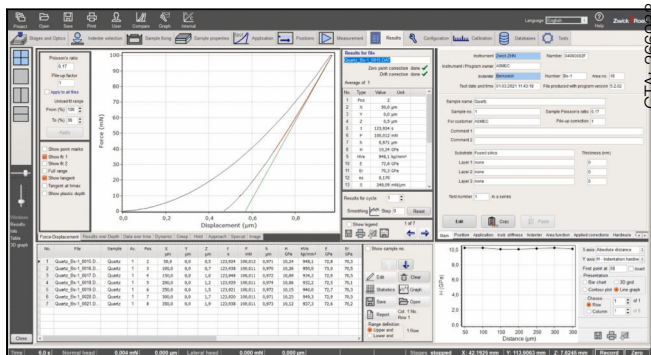
CTA: 264976



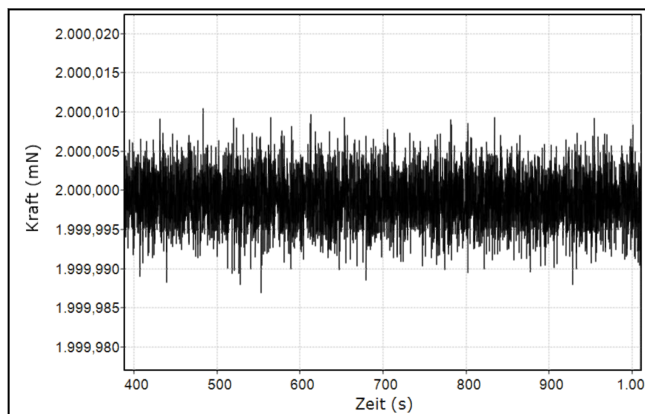
Produktinformation

ZHN-S – Robuster Nanoindenter für die Qualitätskontrolle und Standardprüfaufgaben in Industrie und Forschung

CTA: 264977



CTA: 266923



Beispiel 1: Rauschen und Stabilität des Kraftsignals bei Maximalkraft über eine Dauer von 10 min bei 8 Hz Datenrate

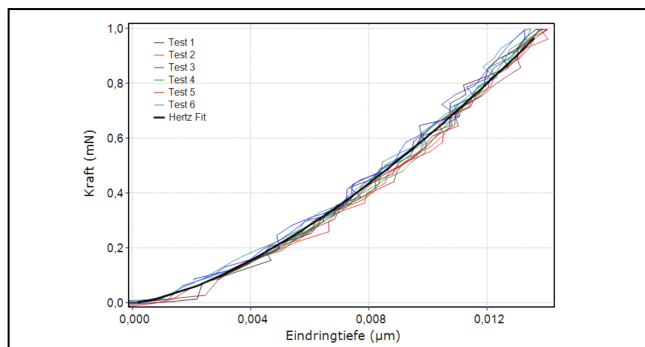
Präzises Messen

Die Auflösungen für die Kraft- oder Wegmessung sind rein theoretische Werte, die auf der Bit-Zahl der AD-Wandler und dem Messbereich beruhen. Sie sind für den Vergleich verschiedener Geräte nicht geeignet. Wesentlich wichtiger ist das Rauschen der Messsignale, das allerdings von den Umgebungsbedingungen abhängen kann. Das ZHN weist ein äußerst hohes Signal-zu-Rausch-Verhältnis von sechs Größenordnungen auf, das Messungen über vier Größenordnungen der Kraft zulässt.

Im Beispiel (1) wurde die Kraft beim maximalen Soll-Kraftwert von 2000 mN über einen Zeitraum von 10 min und bei einer Datenrate von 8 Hz konstant gehalten. Die Sollkraft ist sehr stabil. Der Mittelwert beträgt 1999,999 mN und die Standardabweichung 3 µN. **Beispiel (2)** vergleicht sechs rein elastische Messungen in Quarzglas mit einem Kugelindenter von 36,6 µm Radius bei einer Maximalkraft von 1 mN und einer Datenrate von 8 Hz. Der Tiefenunterschied bei einer maximalen Eindringtiefe von 13,7 nm beträgt trotz verschiedener Messpositionen nur 0,6 nm. Zum Vergleich ist die Fitkurve nach dem Hertzchen Kontaktmodell für diesen Radius dargestellt.

CTA: 266923

Wichtiger noch als das Signal-zu-Rausch-Verhältnis sind bei geringen Eindringtiefen jedoch die Genauigkeit der Korrekturfunktionen für die Form der Prüfkörper sowie für den Nullpunkt (Lage der Oberfläche) und thermische Driften. Hier verfügt die Software InspectorX über besonders praxisnahe Routinen, deren Qualität beispielsweise bei Vergleichsmessungen mit der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) oder bei verschiedenen Ringversuchen nachgewiesen wurde.



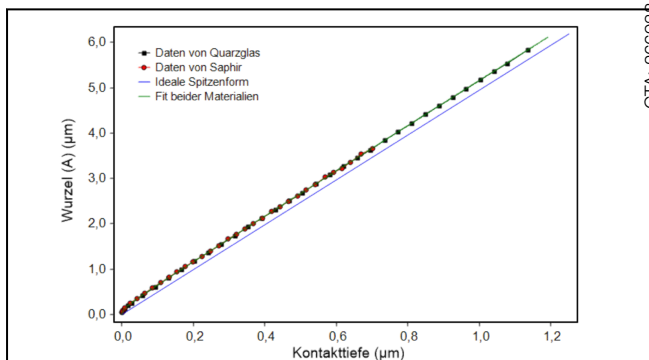
Beispiel 2: Vergleich von fünf rein elastischen Messungen auf Quarzglas um Vergleich zu einer modellierten Kurve

Beispiel (3) zeigt die Bestimmung der Flächenfunktion eines Berkovich Indenters. Die Kalibriermethode unter Verwendung von zwei Referenzmaterialien (meist Quarzglas und Saphir) ist einzigartig und besonders genau.

Produktinformation

ZHN-S – Robuster Nanoindenter für die Qualitätskontrolle und Standardprüfaufgaben in Industrie und Forschung

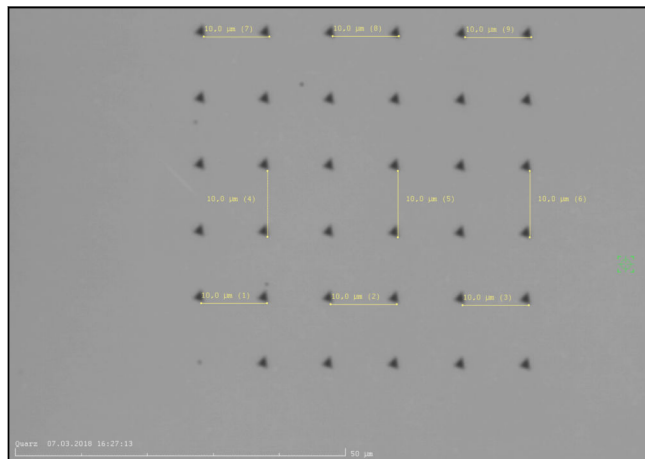
CTA: 266924



CTA: 266924

Beispiel 3: Flächenfunktion eines Berkovich Indenters für 300 mN Maximalkraft

Beispiel (4) Nullpunktbestimmung mit Extrapolationsmethode. Für die Bestimmung stehen auch die Daten vor dem Aufsetzen der Prüfspitze (Approach) zur Verfügung.



Raster von Messungen in Quarzglas mit 25 mN Maximalkraft und einem regelmäßigem Abstand von 10 µm bei höchster optischer Auflösung.

Messbare Größen:

- Eindringhärte H_{IT} (umwertbar in HV)
- Martenshärte HM oder HMs
- Eindringmodul E_{IT} (Elastizitätsmodul)
- Eindringkriechen C_{IT} oder Relaxation RIT
- Verhältnis elastischer Verformungsanteil zu Eindringarbeit η_{IT}

Insgesamt können über 60 Größen ausgewertet werden.

Vickershärte

Die Vickershärte kann aus der Eindringhärte berechnet werden. Ein umfangreicher Vergleich der Bundesanstalt für Materialforschung (BAM) mit 20 Materialien zwischen der konventionellen Vickershärte und der mit InspectorX Algorithmen berechneten, aus H_{IT} umgewerteten Vickershärte ergab eine mittlere Differenz von unter 10% im Gegensatz zu 25 – 30% bei anderen Software-Paketen.

[T. Chudoba, M. Griepentrog, *International Journal of Materials Research* 96 (2005) 11 1242 – 1246]

Die Vickershärte kann aber auch konventionell durch Ausmessen der Diagonalen bestimmt werden.

CTA: 266930

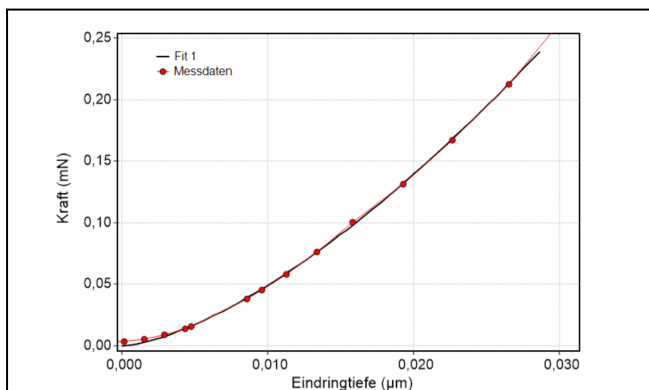


Bild 4: Nullpunktbestimmung mit Extrapolationsmethode

Anwendungen

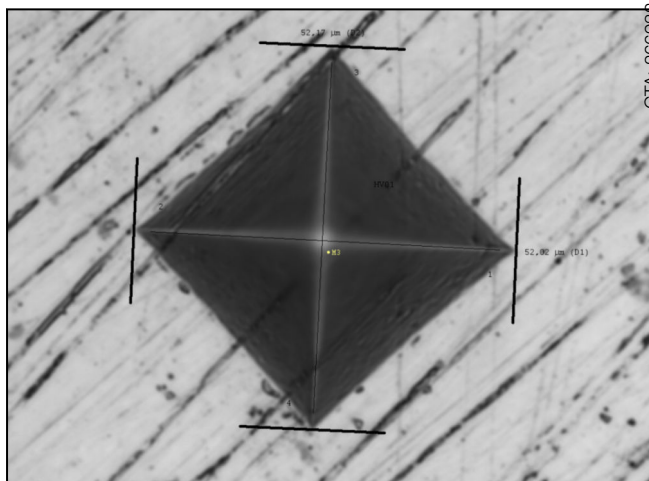
Messung von Härte und Elastizitätsmodul gemäß DIN EN ISO 14577

Die Messungen erfolgen üblicherweise mit einem Berkovich-Indenter unter Kraftsteuerung. Eine typische Messung dauert etwa 20 s für die Messung selbst und ca. 30 s für die vorsichtige Annäherung der Spitze an die Oberfläche. Es sind aber auch sehr schnelle Messungen von nur 2 s Dauer möglich.

Produktinformation

ZHN-S – Robuster Nanoindenter für die Qualitätskontrolle und Standardprüfaufgaben in Industrie und Forschung

CTA: 266941



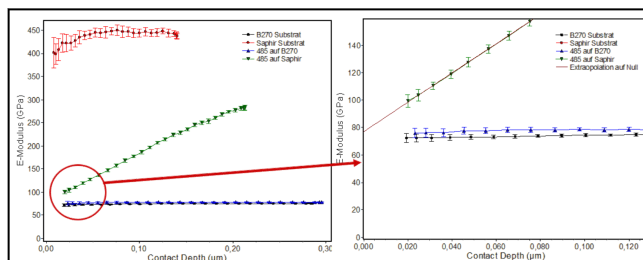
CTA: 266942

Vickerseindruck in eine Stahlprobe mit einer Härte von 672 HV1 unter Nutzung des 20 N-Messkopfes

Tiefenprofile von Härte und E-Modul mit QCSM Modul

Die „Quasi Continuous Stiffness Measurement“ Methode ist ein dynamisches Messverfahren, das es ermöglicht, Härte und E-Modul tiefenaufgelöst an ein und derselben Messposition zu bestimmen. Es eignet sich besonders für Schichten um den Substrateinfluss festzustellen und zu eliminieren. Zusätzlich wird die Empfindlichkeit der Messung erhöht, so dass sich bereits für sehr geringe Kräfte und Eindringtiefen genaue Werte ermitteln lassen. Bei dem QCSM-Modul wird die Lastzunahme für kurze Zeit (0,5 s) gestoppt und der statischen Kraft eine sinusförmige Schwingung überlagert. Mit einem Lock-In-Filter werden Amplitude und Phase der Schwingungen gemessen und daraus die lokale Kontaktsteife bestimmt mit der sich wiederum Härte und E-Modul berechnen lassen.

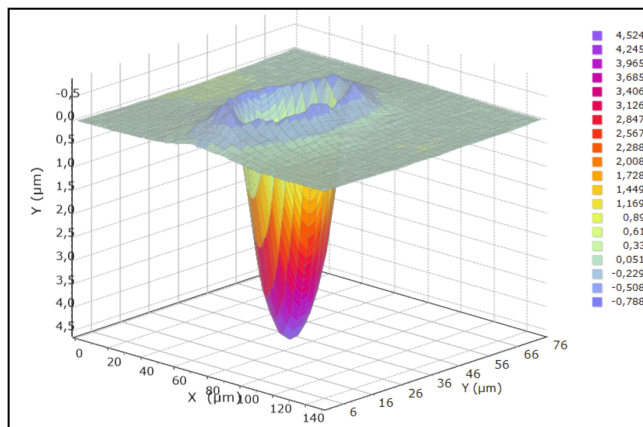
CTA: 266920



E-Modulverlauf für 260 nm dünne Oxidschichten auf Saphir und Glassubstrat, gemessen mit einer Maximalkraft von 18 mN. Erst nach Extrapolation auf Null Eindringtiefe erhält man für dieselbe Schicht auf verschiedenen Substraten den gleichen E-Modulwert.

Messung von Oberflächenprofilen

Topographie-Scans der Oberfläche können mit den XY-Tischen mit 50 nm Auflösung durchgeführt werden. Dabei werden Rauheitswerte wie Ra, Rq oder Rt gemessen. Es sind Linien- oder Flächenscans möglich.

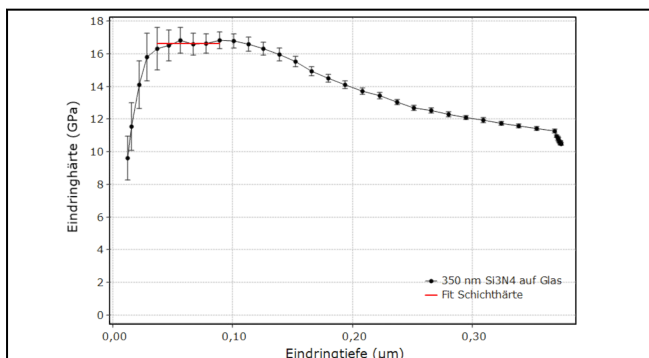


Flächenscan eines Eindrucks mit einer 30 µm Radius Kugel in Stahl, gescannt mit einer 5 µm Radius Kugel (Maßstäbe beider Achsen nicht gleich) zur Bestimmung des pile-up Verhaltens.

Mikro-Scratchtests

Die Tests werden typischerweise mit kugelförmigen Spitzen zwischen 5 und 10 µm Radius durchgeführt. Damit befindet sich das Spannungsmaximum meist in der Schicht und nicht im Substrat. Mit Hilfe von pre- und post-Scans der Oberfläche kann zwischen elastischer und plastischer Deformation unterschieden werden.

CTA: 266939

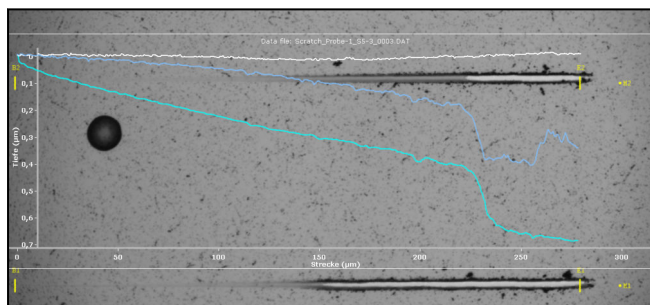


Härteverlauf für eine 350 nm dicke Si₃N₄-Schicht auf Glas

Produktinformation

ZHN-S – Robuster Nanoindenter für die Qualitätskontrolle und Standardprüfaufgaben in Industrie und Forschung

CTA: 266940



Einblendung der Grafik vom Scratchtest einer 300 nm dicken Schicht auf Hartmetall mit einer Maximalkraft von 300 mN in das Kamerabild mit der zugehörigen (oberen) Ritzspur. Der Versagenspunkt der Schicht ist am Knick der Kurve zu erkennen.

Weitere Anwendungen

- Bestimmung der Fließgrenze aus Messungen mit Kugelindefenter
- Rein elastische Messungen mit Kugelindefenter zur Bestimmung des E-Moduls, auch von sehr dünnen, harten Schichten unter 50 nm Dicke
- Mapping mechanischer Eigenschaften mit hoher Punktsichte innerhalb einer Fläche
- Ermüdungsmessungen mit Zyklenzahlen bis zu einer Million

- Lange Kriechtests, auch bei konstantem Druck (statt konstanter Kraft)
- Mikro-Zugprüfungen
- Push-out Versuche

Einsatzgebiete (Beispiele)

- Schichtentwicklung von weich (Polymer) bis hart (diamantartige Schichten)
- Bestimmung kritischer Spannungen für Rissbildung oder plastische Deformation
- Entwicklung und Prüfung von Hartstoffschichten für Werkzeuge und als Kratzschutz
- Schutzschichten auf Gläsern
- Lacke und Sol-Gel-Schichten
- Automatisierte Messung des Härteverlaufs an Querschliffen
- Nano-Schichten für Sensoren und MEMS/NEMS
- Biologische Materialien
- Matrixeffekte in Legierungen
- Keramische Materialien und Komposite
- Ionenimplantierte Oberflächen
- Schadensanalyse in der Mikroelektronik

Technische Daten

Typ	ZHN-S automatik	
Artikel-Nr.	1100664	
Maße, ohne Schwingungsdämpfung		
Höhe	635	mm
Breite	524	mm
Tiefe	358	mm
Gewicht, ca.	65	kg
Elektrische Spannung	230	V
Optik		
Kamera	Farbe, 4912 x 3684 Pixel (18 MP), USB 3.0-Verbindung	
Beleuchtung	weiße LED	
Objektiv	20 x NA 0.4 ¹⁾	
Arbeitsabstand	8,5	mm
Optische Vergrößerung auf 24" min - max	535x - 2140x	
Bildfeld bei Anzeige in InspectorX	617 x 462 - 161 x 129	µm
Pixelauflösung	503 - 126	nm
Tischsystem		
X-Tisch Verfahrenweg	60 mm, Schrittweite 50 nm	
Y-Tisch Verfahrenweg	100 mm, Schrittweite 50 nm	
Z-Tisch Verfahrenweg	55 mm, Schrittweite 10 nm	

Produktinformation

ZHN-S – Robuster Nanoindenter für die Qualitätskontrolle und Standardprüfaufgaben in Industrie und Forschung

Typ	ZHN-S automatik	
Artikel-Nr.	1100664	
Maximale Probengröße (H x B x T)	45 x 60 x 50	mm
Maximale Länge eins Scratch-Tests	50 ²⁾	mm

- 1) im Standard-Lieferumfang enthalten
 2) Abhängig von der Ebenheit der Probenoberfläche

NFU-Messkopf (Normal Force Unit)

Artikel-Nr.	1050945	1016415	1016416	
Prüfkraft F_{max} , normal ¹⁾	± 20	± 2	± 0,2	N
Prüfkraft, min. F_{min} , normal ¹⁾	ca. 2	ca. 0,2	ca. 0,05	mN
Digitale Auflösung Kraftmessung	≤ 0,2	≤ 0,02	≤ 0,002	µN
Grundrauschen Kraftmessung	≤ 30 ²⁾	≤ 3 ²⁾	≤ 0,3 ²⁾	µN
Weg, max.	± 200 ¹⁾	± 200 ¹⁾	± 200 ¹⁾	µm
Digitale Auflösung Wegmessung	≤ 0,002	≤ 0,002	≤ 0,002	nm
Grundrauschen Wegmessung Index 2	≤ 0,4	≤ 0,3	≤ 0,3	nm
Grundrauschen Wegmessung (1 σ bei closed loop mode)	≤ 0,15	≤ 0,15	≤ 0,15	nm
Maße				
Höhe	162,6	163	158	mm
Breite	232	232	200	mm
Tiefe	109	109	50	mm
Dynamik-Modul³⁾				
Schwingfrequenz, max.	300	300	100	Hz
Frequenz, max. zur Steifeauswertung	90	70	30	Hz
Datenerfassungsrate	40	40	40	kHz
Kraftamplitude, max. der Schwingung	> 500	> 50	> 13	mN
Gewicht, ca.	4	4	1,5	kg

- 1) Druck (z.B. Instrumentierte Eindringprüfung) und Zug (z.B. Adhäsionsmessungen an Flüssigkeiten)
 2) alle 1 σ bei 8 Hz und für die Nutzung einer aktiven Schwingungsdämpfung. Bei passiver Schwingungsdämpfung etwa 4x größer.
 3) nur in Verbindung mit dem QCSM-Software-Modul