

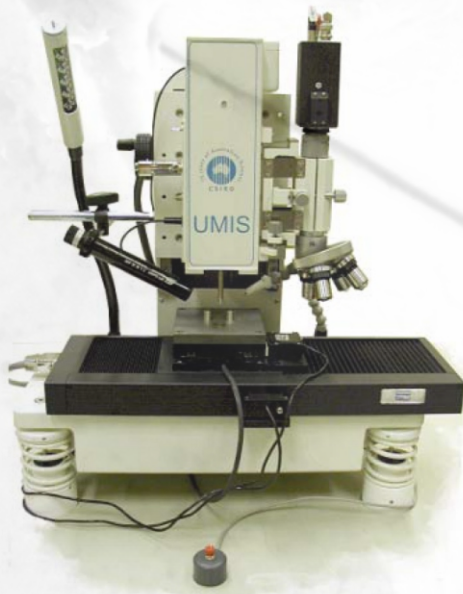
NANOINDENTATION

Die Nanoindentation ist eine praktisch zerstörungsfreie Methode, die zur Bestimmung des Elastizitätsmoduls und der Härte kleiner Proben wie z.B. dünner Schichten oder Massivmaterialien verwendet wird.

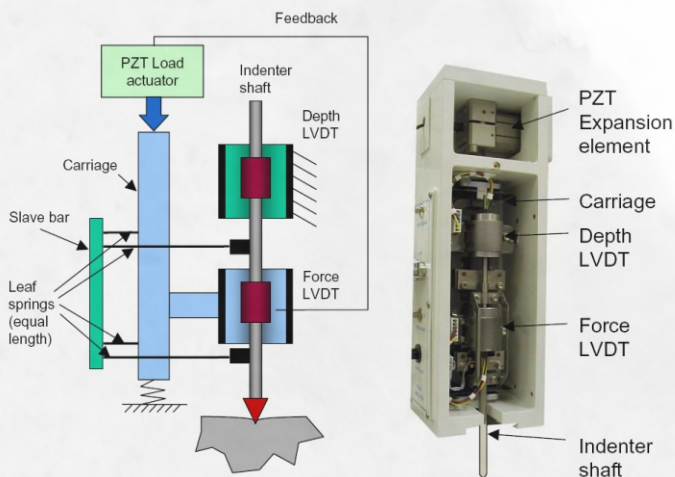
Diese mechanischen Eigenschaften können mit Hilfe eines Ultra Micro Indentation Systems (UMIS, Fischer-Cripps Laboratories Pty Ltd) bestimmt werden, das mit einem Berkovich Diamant-Indenter ausgestattet ist und die simultane Aufnahme von Last und Eindringtiefe erlaubt.

UMIS

ULTRA MICRO INDENTATION SYSTEM



Zwei separierte LVDT-Sensoren (linear variable differential transformer) werden zur unabhängigen Messung von Kraft und Eindringtiefe verwendet und erlauben hochpräzise Messungen.



Courtesy of Fischer-Cripps Laboratories

SPEZIFIKATION

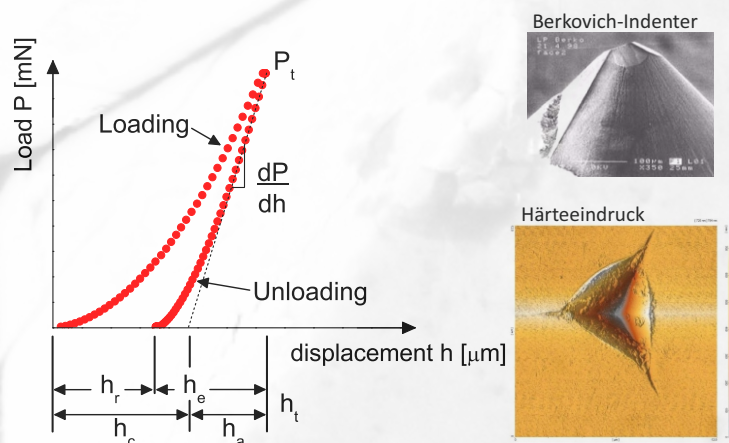
Tiefenbereich:	2 μm & 20 μm wählbar
Lastbereich:	50 mN & 500 mN
Minimallast:	2 μN
Probenpositionierung:	0,1 μm Schrittweite
Steifigkeit:	0,12 nm/mN

PROBENVORAUSSETZUNGEN

Maximale Probengröße: 30 \times 30 \times 20 mm
Ebene und glatte Probenoberfläche (möglichst poliert)

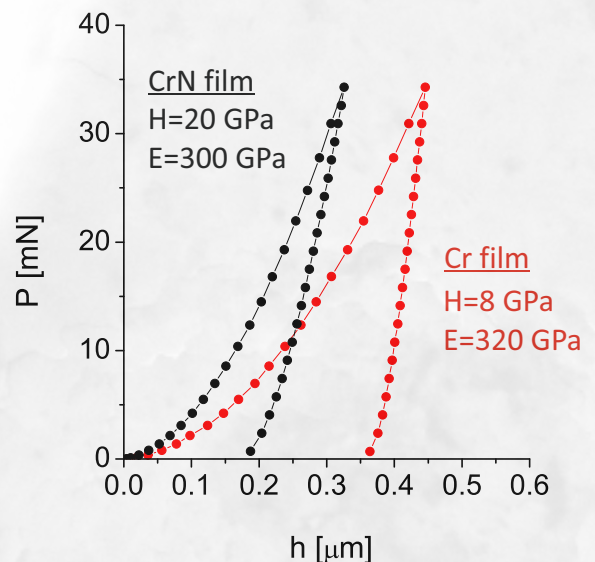
MESSDATEN

Die aufgenommenen Belastungskurven zeigen typischerweise ein elastisch-plastisches Verhalten, das von elastischem Entlastungsverhalten gefolgt wird. Die elastischen Kontaktgleichungen werden gemeinsam mit der Entlastungskurve verwendet, um den Elastizitätsmodul und die Härte der Probe zu bestimmen.



BEISPIEL

Mit einem Berkovich-Indenter erhaltene Be- und Entlastungskurven von Cr- und CrN-Schichten mit unterschiedlichen mechanischen Eigenschaften.



EIGENSPANNUNGSMESSUNG

Die Messung biaxialer Eigenspannung kann über die Durchbiegung beschichteter Substrate erfolgen. Dadurch kann der Eigenspannungszustand in dünnen Schichten präzise bestimmt werden.

Die Biegebalkenmethode erlaubt die Bestimmung biaxialer Eigenspannungen in funktionalen Schichten sowohl bei Raumtemperatur als auch die Ermittlung ihrer Temperaturabhängigkeit.



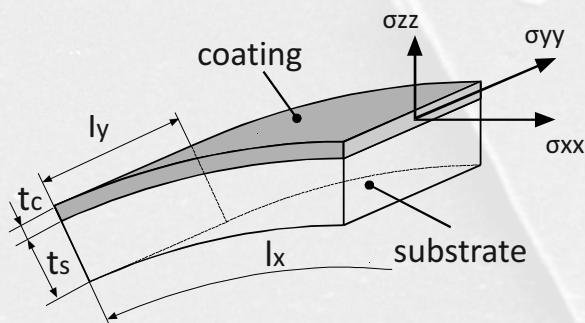
$$\sigma = \sigma_i + \sigma_{th}$$



$$\sigma_{th} = d\sigma/dT \times \Delta T$$

$$\sigma_i = \sigma - \sigma_{th}$$

Wird die Schicht einseitig auf ein dünnes Substrat aufgebracht, wird das Substrat infolge der herrschenden Schichteigenspannungen elastisch deformiert.



Die vorherrschenden Eigenspannungen sind eine charakteristische Kenngröße von Schichten; sie setzen sich aus Wachstumsspannungen (intrinsische Spannungen σ_i) und Spannungen infolge des Abkühlens von Beschichtungs-temperatur (thermische Spannungen σ_{th}) zusammen. Beide Anteile können über die Biegebalkenmethode ermittelt werden.

TECHNISCHE SPEZIFIKATION

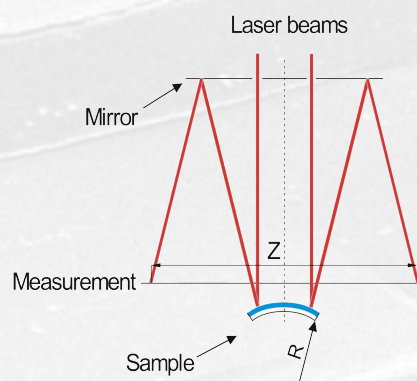
Messprinzip:	Biegebalkenmethode
Lasereinheit:	Melles-Griot 3222 H-PC
Vakuumkammer mit Heizstrahlern	
Minimaler Druck:	5×10^{-7} mbar
Temperatur:	25 - 700°C
Heizrate:	1 - 20°C/min

PRINZIP

Der Krümmungsradius r des beschichteten Substrats wird über die Reflexion zweier parallel einfallender Laserstrahlen gemessen und die Spannungen über die modifizierte Stoney-Formel errechnet:

$$\sigma_{tot} = M \frac{t_s^2}{6t_c} \frac{1}{r}$$

Dabei stehen t_s und t_c für die Dicke von Schicht bzw. Substrat und M für den biaxialen Elastizitätsmodul des Substrates ($M = 180$ GPa für Si(100)-Wafer).

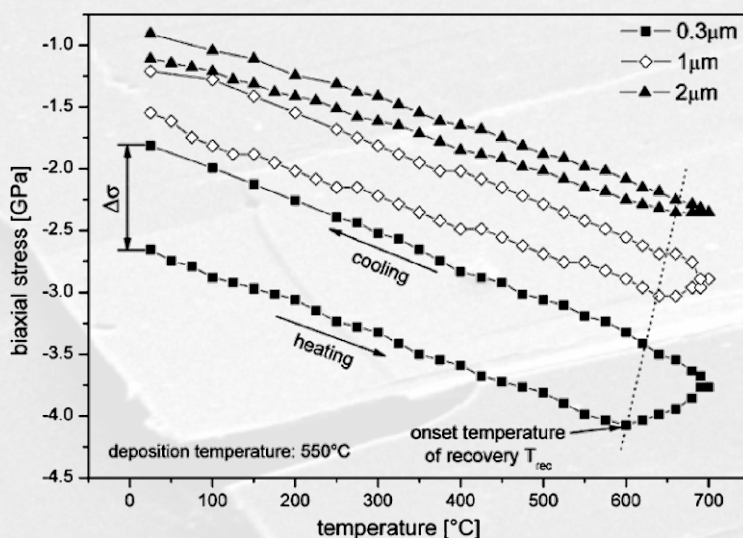


PROBENVORAUSSETZUNGEN

Beidseitig polierte Silizium-Wafer, einseitig beschichtet.
Optimale Probengröße: $20 \times 7 \times 0,3$ (0,5) mm

BEISPIEL

Abhängigkeit der Eigenspannungen von TiN-Schichten mit drei unterschiedlichen Dicken auf Silizium-Substraten in Abhängigkeit der Temperatur.



KONTAKT

Rostislav Daniel • Michael Tkadletz

Funktionale Werkstoffe & Werkstoffsysteme
Department Metallkunde & Werkstoffprüfung
Montanuniversität Leoben
Franz-Josef-Straße 18, A-8700 Leoben

+43 (0) 3842 402 4201
✉ funkymat@unileoben.ac.at
<http://materials.unileoben.ac.at>