


C-TIC**Optische Höhenmessung
auf nm-Skala****Das PLD-Verfahren**

Die gepulste Laserdeposition (PLD, Pulsed Laser Deposition) ist ein neuartiges PVD-Verfahren (PVD, Physical Vapour Deposition), bei dem ein gepulster Laserstrahl hoher Energie auf ein gesintertes Ausgangsmaterial (Target) fokussiert wird. Das Laserlicht wird in einem oberflächennahen Volumenbereich absorbiert, wodurch das Targetmaterial unter Beibehaltung seiner elementaren Zusammensetzung (stöchiometrisch) abgetragen wird. Die Methode der PLD stellt, was die Beschichtungsmaterialien anbelangt, ein sehr flexibles Verfahren dar, und erlaubt zudem, mehrkomponentige und oxidische Materialien sehr leicht abzuscheiden. Die Stärken des PLD-Verfahrens liegen in der einfachen Realisierbarkeit von Mehrschichtsystemen und der Abscheidung sehr komplexer Verbindungen (z.B. keramische Materialien) in Form dünner Schichten [1, 2, 3, 4].

PLD und Plasmaimpax™

Anwendungen und Materialien:

- Funktionskeramiken mit speziellen elektrischen, optischen, magnetischen und sensorischen Eigenschaften
- hauchdünne, chemisch inerte FE-Beschichtungen 
- extrem reibarme und verschleißfeste Hartstoffbeschichtungen (Tribologie)
- eine Oberflächenmodifizierung (ohne Beschichtung) hinsichtlich Verschleiß- und Korrosionsbeständigkeit
- sowie biokompatible Oberflächen

Anwendungsgebiete sind dabei:

- Automobilbau
- Maschinenbau
- Medizintechnik
- Optik
- Sensortechnik
- Supraleitertechnik



Dr. Bernd Schey

Die AxynTeC Dünnschichttechnik GmbH [5] ist ein Technologie-Provider im Bereich der Oberflächen- und Dünnschichttechnik mit zwei innovativen und einzigartigen Beschichtungstechnologien. Auf der Basis dieser Verfahrenstechnik bietet das Unternehmen neben Standardbeschichtungen als Dienstleister auch die Entwicklung von kundenspezifischen Beschichtungen und Prozessen sowie die dazugehörige Anlagenkonzeption inklusive dem Anlagen- und Prozesstechnologietransfer an. Damit erhält der Kunde alles aus einer Hand rund um die Oberflächentechnik. Bei den beiden Verfahren handelt es sich um ein Lasersowie um ein Plasma-gestütztes PVD-Verfahren: PLD und Plasmaimpax™. Damit lassen sich ein breites Spektrum an Materialien in Form von Beschichtungen für die unterschiedlichsten Anwendungen und auf verschiedensten Materialien aufbringen.

Prozessbegleitende Analyse in der Dünnschichttechnik am Beispiel der PLD



Anwendung

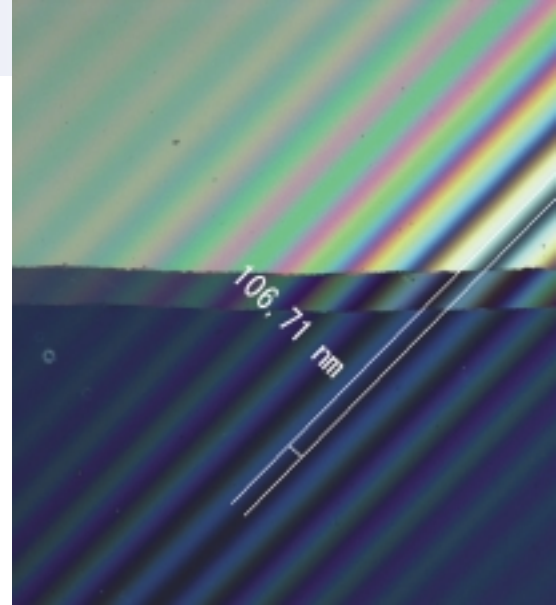
Im Rahmen kundenspezifischer Schichtentwicklungen ist es unentbehrlich, besonders bei neuartigen Targetmaterialien, für die individuellen Prozessparameter die jeweiligen Depositionsraten zu bestimmen. Dies geschieht durch eine Dickenbestimmung der deponierten Schichten, deren Dicken zwischen einigen nm bis wenigen μm liegen können. Speziell bei optischen Anwendungen (z.B. Interferenzfilter), wo die optischen Eigenschaften des Bauelements hauptsächlich durch die Filmstärke des abgedichteten Materials bestimmt werden, sind prozessbegleitende Schichtdickenmessungen Voraussetzung für eine erfolgreiche Schichtentwicklung. Gleichzeitig müssen für die Herstellung optischer Bauelemente homogene Schichteigenschaften, d.h. unter anderem eine homogene Schichtdicke über die gesamte Beschichtungsfläche garantiert sein.

Anforderung an eine Charakterisiermethode

- schnelle Schichtdickenbestimmung (Höhenskala: einige nm bis wenige μm)
- einfache Auswertung
- Schichtdickenuntersuchung über größere Flächen
- keine aufwendigen Strukturierungsschritte
- berührungslose Messung
- zusätzliche Informationen über Oberflächenbeschaffenheit

Das TIC-Prinzip

TIC ist die Abkürzung für Total Interference Contrast und bezeichnet das neue polarisationsoptische Shearing-Mikrointerferometer von Zeiss (Abb. 1). Im Gegensatz zu konventionellen Polarisationsinterferometern wird nicht im linear polarisierten Licht sondern im zirkular polarisierten Licht gearbeitet. Dadurch wird es möglich, das



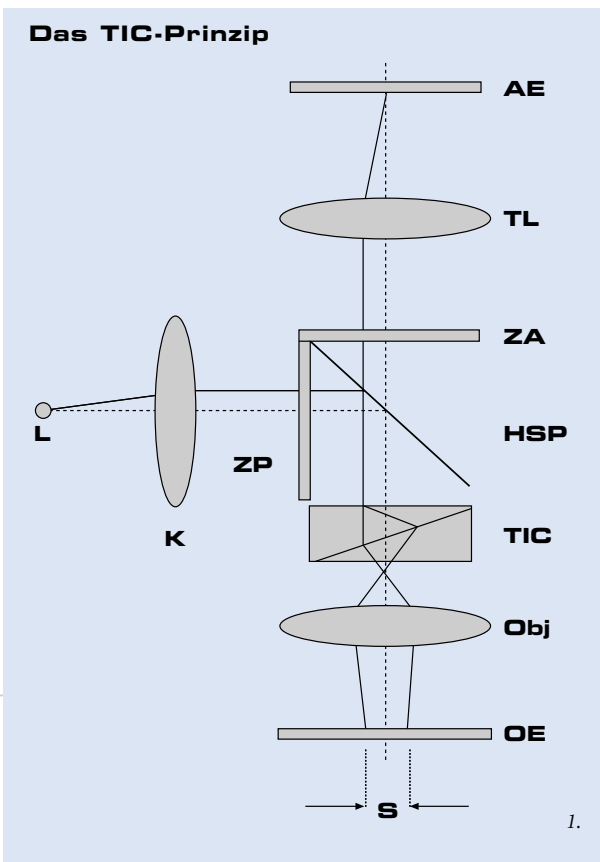
TIC-Prisma azimuthal zu drehen, ohne dass sich der Kontrast der Interferenzstreifen ändert. Die Tischdrehung, die im konventionellen Verfahren notwendig war, entfällt damit und der Objekt-Zusammenhang bleibt erhalten. Das ist besonders vorteilhaft für die Darstellung und Vermessung von Objektstrukturen, die in unterschiedlichen Azimuten vorliegen, d.h. unterschiedlichst gerichtete Objekt-Strukturen können nacheinander kontrastreich dargestellt und vermessen werden.

Die zu bestimmenden Höhenunterschiede an den untersuchten Objekt-Strukturen ergeben sich dann direkt aus der Verschiebung der beobachteten Interferenzstreifen.

Abb. 1: Schematischer Aufbau des TIC-Shearing-Mikrointerferometers:

Das von der Lichtquelle **L** ausgehende Licht passiert den Kollektor **K** und wird vom Zirkularpolarisator **ZP** zirkular polarisiert. Ein halbdurchlässiger Spiegel **HSP** reflektiert das zirkular polarisierte Licht teilweise zum Prisma **TIC**, das eine auf die Objektebene **OE** bezogene Aufspaltung **s** bewirkt, die ein Vielfaches der Auflösungsgrenze beträgt (Erzeugung eines Doppelbildes).

Nach der Reflexion am Objekt passieren die beiden gegeneinander ge-



TIC ist die Abkürzung für Total Interference Contrast und bezeichnet das neue polarisationsoptische Shearing-Mikrointerferometer von Zeiss (Abb. 1).

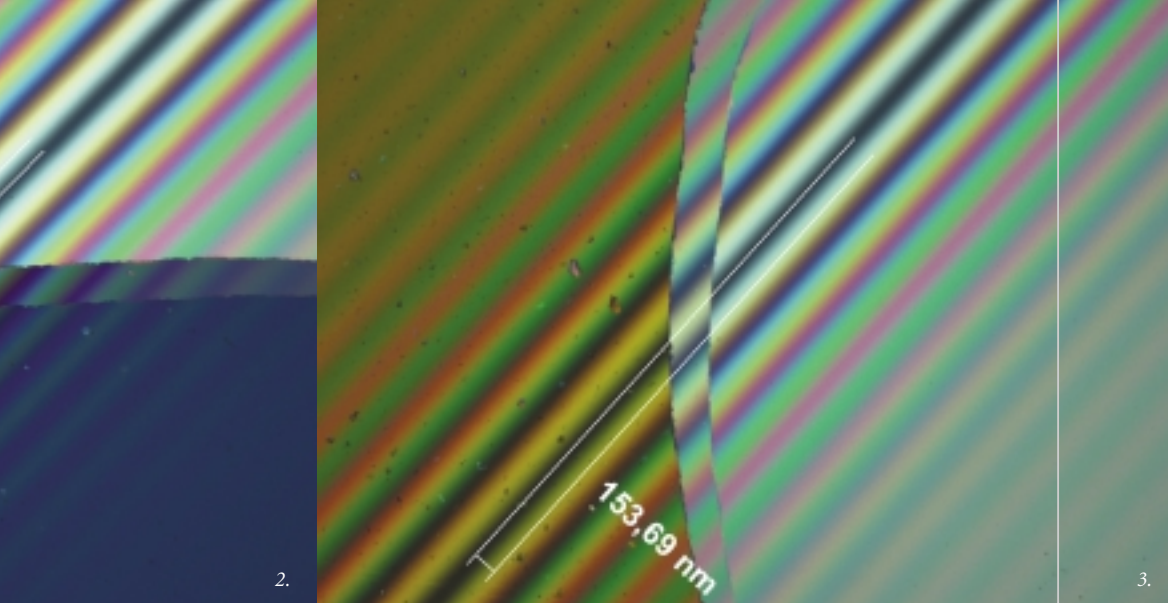




Abbildung 2: TIC Aufnahme mit 10x Objektiv an amorpher TiO_2 -Schicht: 107 nm (links)
Abbildung 3: TIC Aufnahme mit 10x Objektiv an amorpher ZrO_2 -Schicht: 154 nm (rechts)

neigten Teilbündel erneut das Objektiv **Obj**, werden vom Prisma **TIC** wieder vereinigt und passieren den Zirkularanalysator **ZA**. Das so entstehende sichtbare Interferenzstreifensystem wird über die Tubuslinse **TL** in die Auffangebene **AE** (AxioCam oder Okularbrennebene) abgebildet.

Ergebnisse und Diskussion

Im Zuge der Entwicklung hochbrechender dünner Schichten auf TiO_2 - und ZrO_2 - Basis mittels PLD wurde

zur prozessbegleitenden Schichtanalyse ein Axioskop 2 MAT plus TIC verwendet. Dieses Mikroskop wurde einerseits eingesetzt, um die Oberflächenmorphologie der Schichten zu untersuchen und andererseits, um deren Schichtdicke zu bestimmen (TIC). TIC-Aufnahmen im Auflicht-Modus  gewerteter Schichtdicke sind in  bildung 2 (TiO_2 , 107 nm) und 3 (ZrO_2 , 154 nm) dargestellt. An diesen Schichten wurden ergänzende Untersuchungen mit einem Profilometer und einem Rasterkraftmikroskop (AFM) durchgeführt, die die TIC-Messungen verifizierten und die hohe Genauigkeit des TIC-Verfahrens belegen.

Diese Aufnahmen verdeutlichen, dass bei der Bestimmung der Schichtdicke keine exakte Strukturierung der zu untersuchenden Proben notwendig ist, sondern willkürlich verlaufende Schichtkanten vermessen werden können. Betreibt man dieses Interferenz-Mikroskop im Auflicht-Modus so kann zusätzlich zur Schichtdicke auch der materialabhängige Phasensprung bei Lichtreflexion bestimmt werden, was bei optischen Anwendungen eine sehr wichtige Größe ist. Aus den Messungen an den in Abbildung 2 und 3 gezeigten amorphen Schichtsystemen ergeben sich bei Reflexion Phasensprünge für TiO_2 von 136° und 159° für ZrO_2 .



TIC-Schieber

Zusammenfassung und Bewertung

Die Arbeiten mit dem Axioskop 2 MAT mit TIC haben gezeigt, dass optisch auf sehr einfache und benutzerfreundliche Weise, präzise Schichtdickenbestimmungen an dünnen Filmen durchgeführt werden können. Gegenüber konventionellen Schichtdickenmessgeräten wie z.B. Profilometern oder Rasterkraftmikroskopen (AFM) beeindruckt es durch schnelle Mess- und Auswertzeiten bei gleichzeitig hoher Messgenauigkeit, einfacher Probenpräparation und die

Möglichkeit eine schnelle Analyse großflächiger Proben durchzuführen. Als äußerst günstig hat sich die Kombination mit einem konventionellen Mikroskop erwiesen, was die Festlegung des untersuchenden Probenbereichs sehr erleichtert. Aufgrund dieser Vorteile hat das Axioskop 2 MAT mit TIC ein hohes Potential speziell in der Dünnschichttechnik als prozessbegleitendes „Kombi Analysesystem“ (optisches Mikroskop + Schichtdickenmessgerät) seine Anwendung zu finden.



[1] B. Schey, W. Biegel, M. Kuhn, R. Klarmann and B. Stritzker; Pulsed Laser Deposition of YBCO on 7 x 20 cm²; European Conference on Applied Superconductivity 1997, 30 June - 3 July, Enschede, NL, *Inst. Phys. Conf. Ser. No 158* (1997) 225

[2] B. Schey, T. Bollmeier, M. Kuhn, W. Biegel, G. Östreicher, B. Stritzker; Large area deposition of YBCO-films by pulsed laser deposition, *Rev. Sci. Instr.* 69 (2) (1998) 474

[3] B. Schey, W. Biegel, M. Kuhn, B. Stritzker; Large area Pulsed Laser Deposition of YBCO Thin Films: Homogeneity and Surface, *Appl. Phys. A* 69 (1999) 419-422

[4] R. Klarmann, B. Schey, M. Kuhn, W. Biegel, B. Stritzker; Pulsed Laser Deposition of Ceramic Thin Films on Various Substrates, *Surface Engineering, EUROMAT Vol. 11* (2000) 479

[5] www.axyntec.de



Carl Zeiss Lichtmikroskopie

Postfach 4041
37030 Göttingen
Telefon: 0551 5060 660
Telefax: 0551 5060 464
E-Mail: mikro@zeiss.de

www.zeiss.de/mikro

Änderungen vorbehalten