

# Möglichkeiten und Grenzen der Ellipso-Höhentopometrie EHT

K. Leonhardt

LEOPTIK, Haldenstraße 78, 71254 Ditzingen

mailto: klaus.e.leonhardt@t-online.de

**Einführung** Die Ellipso-Höhentopometrie [1, 2, 4...9] misst Topographien der Oberflächenerhebungen, der Rauheit und Mikroform wie in der konventionellen Topometrie - aber darüber hinaus auch noch ellipsometrischen Größen aus denselben Datensätzen und aus denselben Strahlengängen und damit weitere Eigenschaften der Oberfläche, z.B. die lokale Materialzusammensetzung, Tiefenstrukturen und verdeckte Strukturen; sie korrigiert Topographiefehler durch Materialphasen und durch Schichtresonanzphasen [3] und erstellt Schichtdickentopographien und vieles mehr.

**2. Prinzip** Abb. 1 zeigt ein stark modifiziertes Linnik-Interferometer mit neuen Eigenschaften, bei dem ein schräger Einfall von  $40^\circ$  bis  $60^\circ$  erzeugt wird. Dazu wird das Bild einer gut ausgeleuchteten Blende parallel zur Achse um  $d$  versetzt in die Eintrittspupille des Mikroskopobjektives abgebildet, Abb.1. Im Objektraum ergibt sich dadurch der globale Einfallswinkel  $\Phi_0$ . Dies erlaubt mehr Information über das reale Objekt und eröffnet den Zugang zu den ellipsometrischen Messungen.

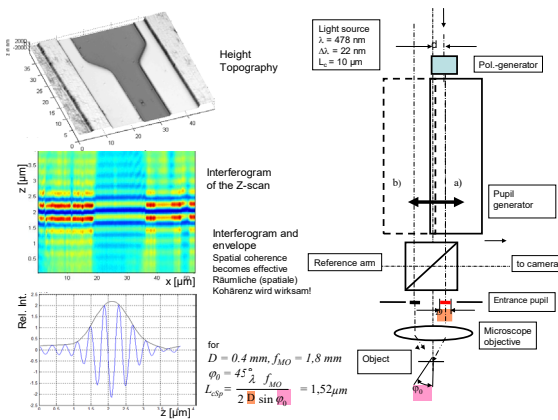


Abb. 1 Prinzip der Ellipso-Höhentopometrie

Die Höhentopografie  $H(x,y)$  und die ellipsometrischen Größen  $\Delta(x,y)$  und  $\Psi(x,y)$  werden aus dem Interferenzterm desselben Scans auf dem demselben Pixelraster mit hoher Ortsauflösung gewonnen [6]. Die Segmentation und Zuordnung zu Schichtaufbauten entsprechend Materialdomänen geschieht im  $\Delta, \Psi$ -Diagramm oder  $\rho$ -Diagramm [9]. Damit wird eine lokale Materialerkennung möglich. Durch numerische Inversion der Schichtdickengleichungen oder durch LS-Methoden werden die Schichtdicken entsprechend der Schichtbrechzahlen berechnet.

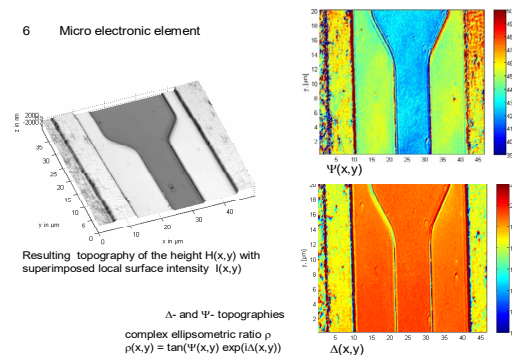


Abb. 2 Interferometrische Höhentopografie  $H(x,y)$  mit Topografien der ellipsometrischen Winkel  $\Delta(x,y)$  und  $\Psi(x,y)$

**3. Beispiel Goldschicht.** Abb3 zeigt eine extrem dünne Goldschicht durch Aufdampfen im Hochvakuum auf Glimmer. Zieldicke war 20 nm. Abb. 3 zeigt oben das Kamerabild und darunter die interferometrische Höhentopografie des markierten Ausschnittes. Man erkennt die oberen Kuppen der „pellets“ aus denen die Schicht mit zunehmender Dicke zusammenwächst.

Diese Struktur ist auch in den Topografien  $\Delta(x,y)$  und  $\Psi(x,y)$  erkennbar und wird auch durch AFM-Messungen bestätigt.

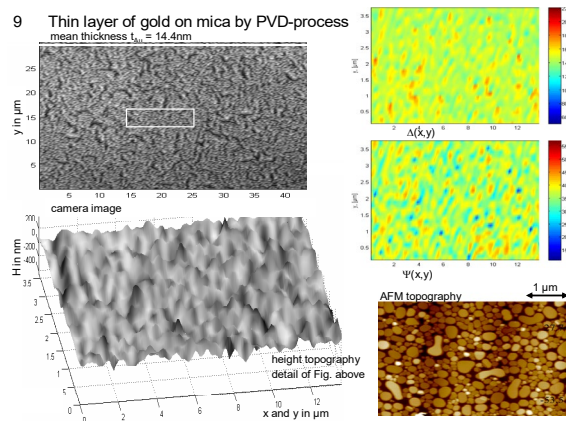


Abb. 3 Dünne Goldschicht auf Glimmer

Die Zuordnung zu den lokalen Schichtaufbauten und die lokalen Schichtdicken werden in Abb.4 gezeigt. Da die Schichten nach dem Aufdampfprozess zum Tempern durch eine Propangasflamme gezogen wurden bildete sich zwischen der Glimmeroberfläche und der Goldschicht aus dem Kristallwasser des Glimmers eine Suspension von Gold in Wasser, die ein leichtes Abziehen der Goldschicht ermöglichen soll. Es wurden daher die rechts dargestellten Schichtaufbauten zugrunde gelegt, wobei als oberste Schicht gegen Luft jeweils noch eine Wasserschicht durch Absorption aus der Umgebungsluft angesetzt wurde.

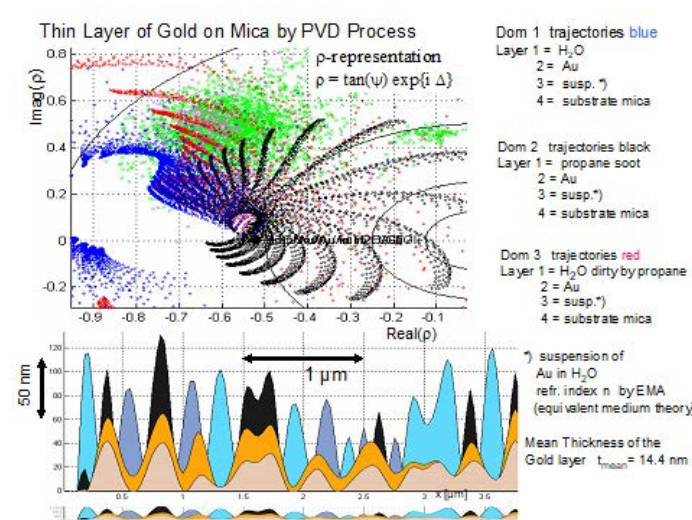


Abb. 4

Der resultierende Schichtaufbau auf der als eben angenommenen Glimmeroberfläche zeigt von unten zu nächst die Suspension, darüber die eigentliche Goldschicht und darüber entweder Wasser oder entsprechend dem Domänenansatz Dom2 Propanruß (schwarz). Die Goldschicht zeigt die "Pellets-Struktur". Sie ist porös, und da sie Material an die Suspension abgeben hat im Mittel nur noch 14,4 nm dick. Wassertropfen bilden sich über den Vertiefungen der Pellets-Struktur, aber Propanruß setzt sich auf den Kuppen ab. Damit sind neue Möglichkeiten zur Analyse von Oberflächen und zum Verständnis ihrer Funktionalität durch die Ellipso-Höhentopometrie gezeigt, die z.B. durch AFM-Verfahren trotz höherer Auflösung nicht möglich sind

#### 4 Beispiel: Blut eingetrocknet auf Glasträger

Abb. 5 zeigt rechts oben die farbcodierte Höhentopografie mit zwei roten Blutkörperchen und ei-

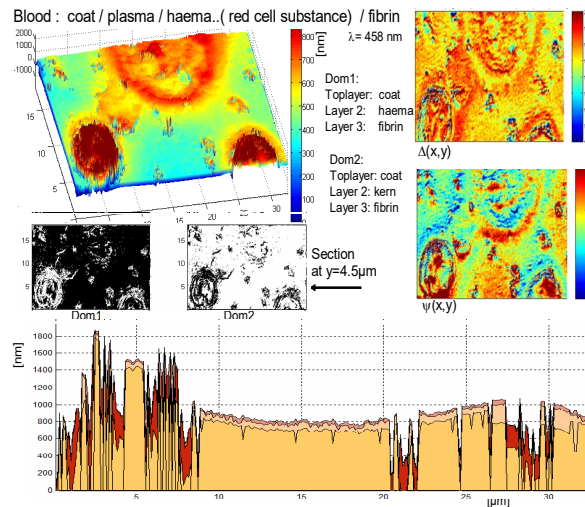


Abb. 5 Blut auf Glasträger

nem großen weißen. Rechts die ellipsometrischen Topografien  $\Delta(x,y)$  und  $\Psi(x,y)$  mit hoher Ortsauflösung. Für die Segmentierung zu Schichtaufbauten wurde uns der Domänenansatz in Abb. 5 empfohlen. Daher wurde in der Dom1 als zweite Schicht unter einer dünnen Haut ein Material mit dem roten Blutfarbstoff Hämoglobin angesetzt, darunter Fibrin das durch Koagulation aus dem Blutplasma entsteht. Als weiterer Schichtaufbau entsprechend Dom2 wurde die zweite Schicht mit einem hämoglobinfreien Material angesetzt.

Der Tiefenaufbau bei  $y = 4,5 \mu\text{m}$  erfasst das linke Blutkörperchen nahezu zentral und tangiert das rechte. Man erkennt, dass hämoglobinreiches Material (rot) unterschiedlicher Dicke an den Innen- und Außenwänden der Blutkörperchen angelagert ist. Da die lokale Dicke der Schicht in der Dom1 bekannt ist lässt sich der Volumenanteil bestimmen und zu anderen Ablagerungen ins Verhältnis setzen. Damit ergeben sich auch für die Medizin und die Biologie durch die Ellipso-Höhentopometrie neue Messmöglichkeiten.

In einem weiteren Beispiel, das hier aus Platzgründen nicht dargestellt werden kann, wurde im Vortrag gezeigt, dass mit der Ellipso-Höhentopometrie durch Rückgriff auf die interferometrisch gemessene Höhentopografie starke Streuungen der ellipsometrischen Messungen korrigiert und verbessert werden können.

Weitere Beispiele Anwendungen in der industriellen Messtechnik der Mineralogie oder zur Messung von Membranen finden sich in [2,4,5,7,9].

#### Literatur

- [1] K. Leonhardt et al. Micro-Ellipso-Height Profilometrie  
Optics Communications 80 Nr. 3 (1981).
- [2] K. Leonhardt et al. Topometrie for locally changing materials. Optics Letters 23 Nr.22 (1998) 1772-1774.
- [3] R.M.A Azzam und N.M.Bashara, Ellipsometry and polarized Light, North Holland, Amsterdam, 1977.
- [4] K. Leonhardt et al. Optical Topometry of Surfaces with locally changing Materials. J. Mod. Optics 46 Nr.1 (1999) 101-114.
- [5] K. Leonhardt et al. Interferometry for Ellipso-Height -Topometry, Part 1, OPTIK 113 Nr.12 (2003) 513-519.
- [6] K. Leonhardt, Interferometry for Ellipso-Height-Topometry, Part 2, OPTIK 121Nr. 10 (2010) 623-632.
- [7] K. Leonhardt, Interferometry for Ellipso-Height-Topometry, Part 3, OPTIK 125 (2014) 5286-5294.
- [8] K. Leonhardt und U. Breitmeier, Ellipso-Höhentopometrie, TM Technisches Messen, 2016, 83(1) 53-61.
- [9] K. Leonhardt, Ellipso-Höhentopometrie, EHT, DgaO- Proceedings 2018.