

Schichtabscheidung mittels Magnetronspu- tern/Bogenverdampfen und Untersuchungen am Raster- kraftmikroskop

Ort: Institut für Physik, Labor P027
Professur Physik fester Körper

Betreuer: Dr. Zdenek Stryhal, Dr. Hartmut Kupfer, Tel.: 531 38259, Zi. P138

Mittels Magnetronspu-tern lassen sich nichtreaktiv und auch reaktiv die unterschiedlichsten Dünnschichten abscheiden. Ziel des Versuches ist es, charakteristische Eigenschaften der Magnetronzerstäubung kennenzulernen, die Abscheide-
rate zu bestimmen und die Oberflächenmorphologie von Schichten mit dem Atom-
kraftmikroskop (AFM) zu untersuchen. An einer Schichtoberfläche werden weiter-
führend die Möglichkeiten des AFM zur Bestimmung von Rauigkeiten erprobt.

Arbeits- und Meßprogramm:

1. Schichtabscheidung mittels DC-Magnetron
 - Abscheidung einer metallischen Schicht (Chrom) ohne und mit zusätzlicher Bogen-
verdampfung von Kohlenstoff (zwei Beschichtungsexperimente),
 - Messungen an abgeschiedenen Proben mittels Profilometrie zur Ermittlung der
Schichtdicke,
 - Untersuchung der Oberflächentopografie zum Einfluss der Bogenverdampfung auf
das Wachstum der Chromschichten.

2. AFM-Abbildung mittels Topografiesignal und Errorsignal bei einer geeigneten Scanlän-
ge:
 - Oberflächenabbildung 2-dimensional (Aufsicht); scan-Länge 1 μm , evtl. 2 μm
 - 3-dimensionale Abbildung, scan-Länge 1 μm , evtl. 2 μm
 - Linienprofil der Oberfläche
 - Vergleich mit Proben, die in weiteren Durchgängen des Umlaufpraktikums abge-
schieden wurden.

3. Messungen zur Rauigkeit einer Schichtoberfläche
 - Die Rauigkeit ist bei 4 verschiedenen Auflösungen (64 Linien, 126 Linien, 256 Li-
nien, 512 Linien) zu messen und in einem Excel-Diagramm darzustellen.

*Für die Kommunikation am Experiment sind Englischkenntnisse erforderlich. Das Kollo-
quium findet in Deutsch statt.*

Einführung, Stichworte zur Vorbereitung:

Schichtabscheidung

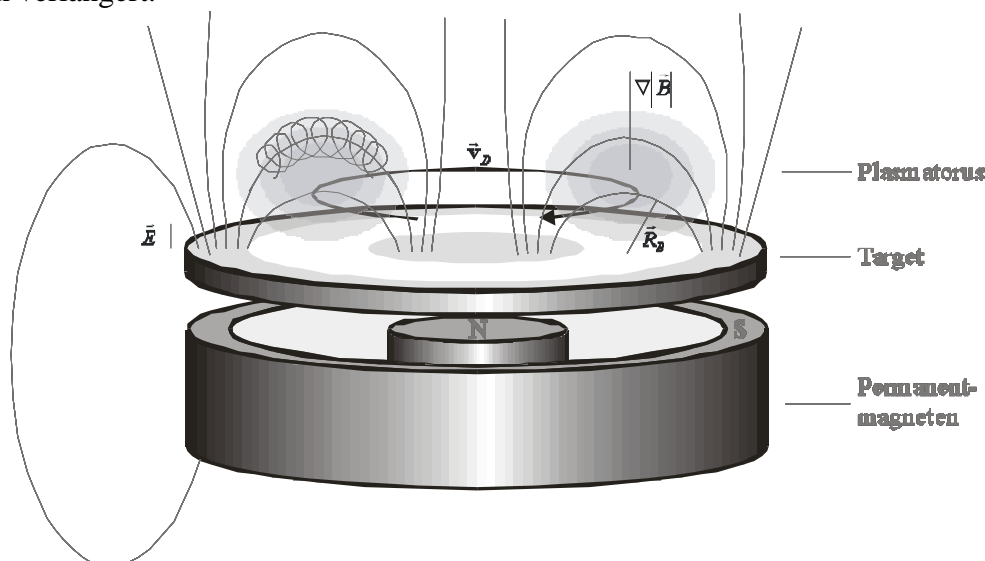
- Sputtern (Zerstäubungsprozess)
- Plasmaeigenschaften
- Magnetronsputtern
- Schichtdickenmessung (interferometrisch, Profilometrie)

Rasterkraftmikroskopie

- Kontaktmodus
- Non-Kontaktmodus
- Diskussion der Kraftwirkungen zwischen Probe und Spitze und der wesentlichsten daraus resultierenden Probleme
- Abbildungs- und Meßfehler
 - Spitzengeometrie und -radius
 - Schwingungen unterschiedlicher Frequenzen und Gegenmaßnahmen
 - Probleme der Bildbearbeitung und daraus resultierende Fehler (Glättung)
- Rauigkeitsuntersuchungen / OF-Kenngrößen
 - R_T , R_{ave} , R_{rms}
 - wahre Oberfläche, geometrische Oberfläche

Schichtabscheidung mittels DC-Magnetron:

Aus einer Platte eines im Allgemeinen leitfähigen Materials (Target) werden durch Ionenbeschuss Atome herausgelöst und scheiden sich auf einem gegenüber positionierten Substrat als Dünnschicht nieder. Die Ionen stammen aus einem Plasma, das vor dem Target brennt. Die ionisierenden Elektronen stammen aus Stoßionisationsvorgängen im Gasraum (Prozessgas: typischerweise Argon) und aus der Sekundärelektronenemission am Target bei Ionenbeschuss. Um eine möglichst hohe Ionisierung des Plasmas zu erreichen, werden die ionisierenden Elektronen in gekreuzten elektrischen und magnetischen Feldern auf Zykloidenbahnen gezwungen und so der Weg der Elektronen zwischen Katode und Anode drastisch verlängert.

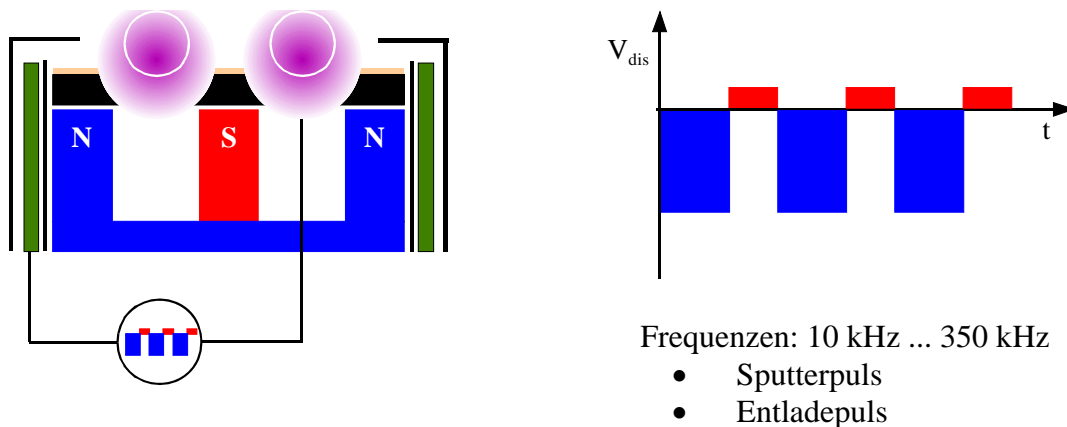


Sollen chemische Verbindungen (z. B. Oxyde, Nitride, Karbide) des Targetmaterials abgeschieden werden, mischt man dem Prozessgas Argon ein Reaktivgas bei. Der reaktive Prozess kann ohne Regelung des Reaktivgasflusses im oxydischen Target-Mode oder bei Reaktivgasregelung im so genannten Transition-Mode betrieben werden,

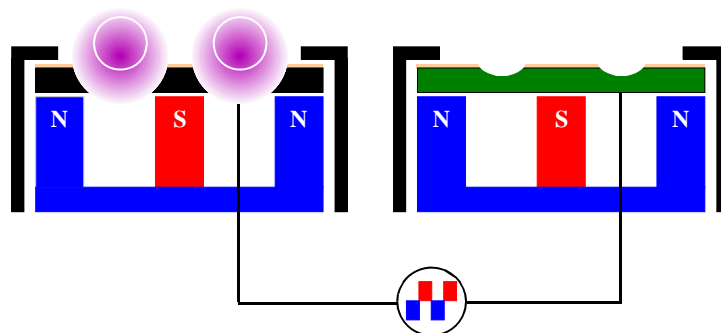
Gepulste Entladungen werden nicht nur reaktiven Abscheideprozessen (z.B. zur Abscheidung von Oxydschichten) eingesetzt, sondern bieten auch Vorteile bei der Abscheidung von Kohlenstoffschichten oder Siliziumschichten. Sie verhindern das Zünden von Bogenentladungen, die von isolierenden Bereichen auf der Targetoberfläche bzw. der Rückspalterzone des Targets ausgehen, und stabilisieren die Entladung. Sie sind die Basis für moderne Schichtabscheidetechnologien in der Industrie und gewährleisten eine langzeitstabile Abscheidung defektfreier Schichten.

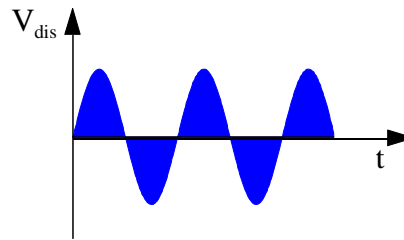
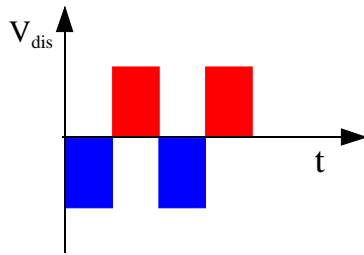
Nachfolgende Abbildung demonstriert den Einsatz asymmetrisch bipolar und symmetrisch bipolar gepulster Stromversorgungen sowie die Anwendung von Sinusgeneratoren. Um die Oxydbelegung der Anode (grün in der Abbildung) und damit ihr „Verschwinden“ aus dem elektrischen Stromkreis zu verhindern, schirmt man sie ab (Abb. a) oder reinigt sie durch den Abstäubevorgang.

Für die Abscheidung von Chromschichten wird eine einfache Gleichstrom-Magnetronentladung (DC) genutzt.



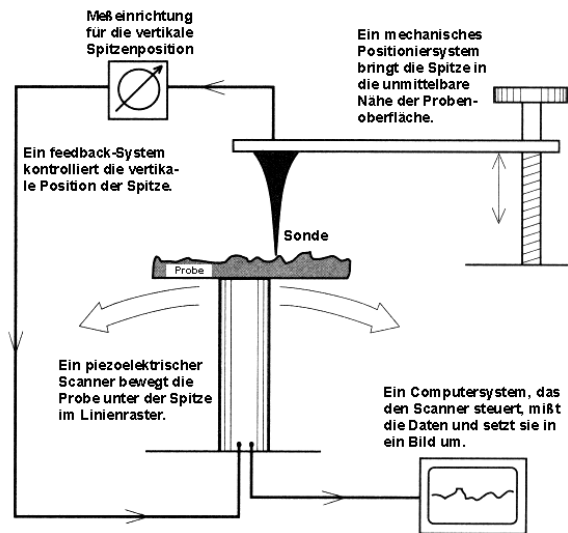
a) Asymmetrisch bipolar gepulstes Sputtern





b) Symmetrisch bipolar gepulstes Sputtern Meßprinzip AFM:

Die Oberfläche der Probe wird von sehr feinen Meßspitzen bei Auflagekräften im Bereich von einigen nN in einem Zeilenraster abgetastet. Die vertikale Auslenkung der Meßspitze wird in ein elektrisches Signal umgesetzt und vom Computer digital abgespeichert. Es sind laterale Auflösungen von etwa 0,08 nm und eine vertikale Auflösung von 0,04 nm mit dem vorhandenen 100 µm-Scanner erreichbar.



Literaturhinweise:

1. Aufgabenstellung
2. Paper aus dem Band „SVC 50 years“
 - S. G. Walton, „An Overview of Plasma Processes“, Chapt. 13, p. 96
 - M. M. Wait, S. I. Shah, D. A. Glocker, „Sputtering Sources“, Chapt. 15, p. 108
3. T. Welzel, Laborbericht „Grundlagen des Magnetronsputterns“
4. A. Bergauer, C. Eisenmengner-Sittner, „Physik und Technologie Dünner Schichten“, TU Wien, http://www.ifp.tuwien.ac.at/forschung/duenne_schichten/pdf/
5. R. Howland, L. Benatar, „A Practical Guide to Scanning Probe Microscopy“, Firmenschrift der ATOS GmbH, Park Scientific Instruments 1993
6. DIN Norm 4762 und 4768, Ermittlung der Rauheitskenngrößen R_a , R_z , R_{max}

Die Literatur kann beim Betreuer entliehen werden.