

## Innovative Reaktoren und In-situ-Analytik für Nano-Schutzschichten

## Hintergrund

Das permanente Wachstum der Computer-Industrie und der Aufbruch in das digitale Informationszeitalter erzeugen einen enormen, stetig zunehmenden Bedarf an Speicherkapazität. Magnetische Festplattenspeicher (HDD = Hard Disk Drive) dominieren bis heute die Speichertechnologie, wenn die jährlich umgesetzte Speichermenge zugrunde gelegt wird. Diese Vorrangstellung wird sich auch in den nächsten Jahren nicht ändern. Der große Vorteil der magnetischen Datenspeicherung gegenüber anderen Technologien ergibt sich aus einer sehr hohen Steigerungsrate der Speicherdichte auf den Datenträgern.

Mit der Einführung von Dünnschicht-Speichermedien und den ersten magneto-resistiven Leseköpfen (MR-Leseköpfe) ist die jährliche Erhöhung der Speicherdichte auf 60 % gestiegen. Durch die Entwicklung von GMR-Köpfen (Giant Magneto Resistive) wurde diese sogar auf 90 - 100 % pro Jahr erhöht.

Die Forderung nach immer höheren Flächenspeicherdichten (Produkt aus Bit- und Spurdichte) auf den verwendeten Dünnschichtplatten (Hard Disks) impliziert eine Reduzierung des magnetischen Abstandes zwischen Kopf und Platte.

Neben der Verringerung der Flughöhe des Kopfes über der Magnetspeicherplatte besteht in der Dickenverminderung der magnetisch inaktiven, kohlenstoffbasierten Schutzschichten ein wesentlicher Ansatz zur Verkleinerung des magnetischen Abstandes. Die Schutzschichten müssen beispielsweise für die Realisierung zukünftiger Spei-

cherdichten von über 100 Gbits / in<sup>2</sup> unter Aufrechterhaltung ihrer Funktionalität auf 1 - 2 nm Dicke reduziert werden. Bei der Beschichtung von Kopf und Platte mit amorphem Kohlenstoff wird der oberflächennahe Bereich der magnetischen Funktionselemente durch das Eindringen der schichtbildenden Kohlenstoffspezies zerstört. Dieser sog. "Dead Layer" (magnetisch "toter" Bereich) darf für die angestrebten Speicherdichten maximal 0,5 - 1,0 nm dick sein. Weiterhin werden RMS-Rauigkeitswerte von 0,1 - 0,2 nm für Schutzschichten auf Kopf und Platte gefordert.

Gegenwärtig kommen unterschiedliche Schichttypen für Kopf und Platte zum Einsatz. Zum Schutz des Schreib-Lese-Elementes des Kopfes werden wasserstoffhaltige Kohlenstoffschichten (bezeichnet als a-C:H- oder CH<sub>x</sub>-Schichten) mittels Ionenstrahlverfahren (IB-CVD = Ion Beam Chemical Vapor Deposition) in einer Argon-Methan-Atmosphäre abgeschieden. Die Magnetspeicherplatte dagegen wird durch eine Schicht aus amorphem Kohlenstoffnitrid (bezeichnet als a-C:N oder CN<sub>x</sub>) geschützt. Diese wird durch reaktives Magnetronspütern eines Graphittargets in einem Argon-Stickstoff-Plasma auf die darunterliegende magnetische Legierung aufgebracht. Nach derzeitigen Erkenntnissen ist zu bezweifeln, dass die verwendeten Schichttypen eine ausreichende Funktionalität, insbesondere hinsichtlich ihrer korrosionsschützenden Wirkung, bei Dicken < 3 nm gewährleisten.

## Zielsetzung

Vor diesem Hintergrund wurden folgende Ziele für das durchgeführte Gesamtvorhaben definiert:

- Systematische Entwicklung, Optimierung und Hochskalierung von innovativen Plasmabeschichtungsreakto-



Abb. 1: IBM-Microdrive, eines der kleinsten der derzeit im Handel befindlichen Laufwerke (Kapazität: 1 GB, Gewicht: nur 16 g, Größe: 42,8 · 36,4 · 5 mm<sup>3</sup>) Seine Speicherdichte beträgt 15,2 Gbit in<sup>-2</sup>. (Bild: IBM Deutschland E&TS GmbH Mainz)

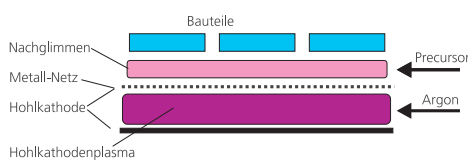


Abb. 2: PACVD-Beschichtung mit MHC-Quelle (schematisch) (Bild: Fraunhofer IST Braunschweig)

## Am Projekt beteiligte Partner:

- CCR GmbH Rheinbreitbach
- Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST Braunschweig
- Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS Dresden
- IBM Deutschland E&TS GmbH Mainz
- IFU GmbH Lichtenau
- Sentech Instruments GmbH Berlin
- Technische Universität Chemnitz, Institut für Physik
- Unaxis Deutschland GmbH
- Universität Cambridge, Department of Engineering
- Universität Mainz, Physik

ren, die für eine industrielle Produktion und Herstellung von funktionalen ultradünnen Schutzschichten im 2 nm-Bereich als geeignet einzuschätzen sind.

- Bereitstellung von geeigneten ex- und in-situ-Analyseverfahren zur Charakterisierung von Schicht- und Plasmamparametern.
- Funktionale Schichtcharakterisierung durch anwendungsnahe Tests, die eine Qualifikation der Reaktoren und Schichten sicherstellen.

Diese Aufgaben wurden in einem Verbund von Industriepartnern, Forschungsinstituten und Universitäten bearbeitet:

- CCR GmbH Rheinbreitbach
- Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST Braunschweig
- Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS Dresden
- IBM Deutschland E&TS GmbH Mainz
- IFU GmbH Lichtenau
- Sentech Instruments GmbH Berlin
- Technische Universität Chemnitz, Institut für Physik
- Unaxis Deutschland GmbH
- Universität Cambridge, Engineering
- Universität Mainz, Physik.

Als informeller Partner konnte zusätzlich die TFH Wildau (FB Ingenieurwesen) gewonnen werden.

## Ergebnisse und Fortschritte

Innerhalb der Projektlaufzeit wurden verschiedene Reaktortypen zur Erzeugung funktionaler, ultradünner Kohlenstoff-Schutzschichten untersucht und in Teilschritten bei den jeweiligen Reaktor-Herstellern optimiert.

Hierzu zählen:

- Copra-Quelle (CCR Technologie)
- Carbon-Gun (Unaxis)
- Hochstrombogenquelle (Fraunhofer IWS)
- Hohlkathoden-Reaktor (Fraunhofer IST)
- Penning-Magnetron (TU Chemnitz)

Als vielversprechende Technologie zur Erzeugung funktionaler, ultradünner Kohlenstoff-Schutzschichten hat sich der vom Fraunhofer IWS Dresden entwickelte gepulste Hochstrombogen herausgestellt. Mit dieser Reaktortechnologie sind korrosionsschützende Kohlenstoffschichten bis zu einer Dicke von nur 1,7 nm möglich. Für den Einsatz in einer industriellen Festplattenfertigung wurde ein Prototyp der Hochstrom-Bogenquelle zur Herstellung ultradünner Kohlenstoff-Schutzschichten entwickelt und in einer Prozessumgebung untersucht und hinsichtlich eines späteren Dauereinsatzes optimiert.

Die RMS-Oberflächenrauigkeit (AFM) der Kohlenstoffschichten, die mit den vorgestellten Quellen erzeugt wurden, liegen bei etwa 0,1 bis 0,15 nm (Ausnahme Penning-Magnetron, 0,5 nm). Die Massendichte (XRR) der bei Raumtemperatur abgeschiedenen DLC-Schichten variiert zwischen  $1,8 \text{ g / cm}^3$  (Copra-Quelle) und  $2,7 \text{ g / cm}^3$  (HCA-Quelle).

Prinzipiell eignen sich alle der untersuchten und hier vorgestellten Quellentypen zur Herstellung ultradünner, harter Kohlenstoffschichten. Im Hinblick auf die für den Verschleiß- und Korrosionsschutz wichtigen Schichtparameter zeigen sich die HCA-Schichten als besonders geeignet, gefolgt von den mittels CVD-Verfahren abgeschiedenen Schichten.



Abb. 3: MHC-Plasmaquelle in Betrieb (aktive Fläche:  $150 \cdot 200 \text{ mm}^2$ , Leistung: 1000 W, Prozeßdruck: 0,2 mbar) (Bild: Fraunhofer IST Braunschweig)

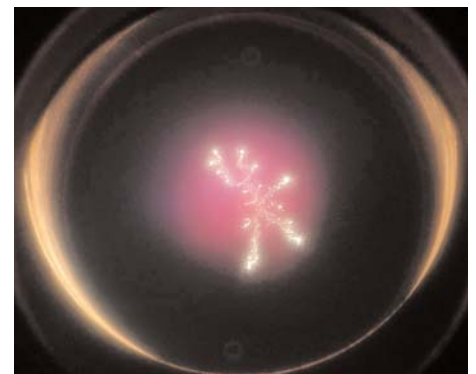


Abb. 4: Gepulste Bogenentladung auf Kohlenstoff als Quelle hochangeregten Plasmas für die Abscheidung superharter diamantähnlicher Deckschichten auf Festplatten und Schreibleseköpfen (Bild: Fraunhofer IWS Dresden)

## Ihr Ansprechpartner für weitere Informationen:

IBM Deutschland E&TS GmbH  
Mainz  
Hechtsheimer Str. 2  
55131 Mainz  
Dr. Heinz Hilgers  
Tel. 06131 / 842 041  
Fax 06131 / 846 810  
Mail hilgers@de.ibm.com