

Magnetron-PECVD von a-Ge/C:H-Schichten

F. Olcaytug, H. Schalko

Institut für Allgemeine Elektrotechnik und Elektronik, TU Wien,
1040 Wien

In Zusammenhang mit PECVD wird eine Elektrodenkonfiguration mit eingebauten Elektromagneten vorgestellt. Zwei stabförmige Elektroden wurden in einem Glockenreaktor plaziert. Die Anordnung dient zur Anreicherung und Lokalisierung der Gasentladung an gewünschten Stellen des Rezipienten. Diese Effekte können *in situ* und kontinuierlich eingestellt bzw. variiert werden, in dem man den Erregerstrom der Magnete verändert. Einen ganz besonderen Fall dieser Variation stellt der kontinuierliche Übergang zwischen Magnetronspütern und PECVD bzw. Plasmapolymersation dar. Dadurch wird die Formierung des Interfaces zwischen Schichtarten, die nach unterschiedlichen Verfahren hergestellt werden, gezielt kontrolliert. Unter anderem wird eine effiziente Steigerung der Haftfestigkeit zwischen metallischen und PECVD Schichten erwartet. Zwecks Optimierung ist ein sehr weiter Parameterbereich auszutesten. Über Experimente, die mit metallorganischen Germaniumverbindungen bei 13,56 MHz und im niedrigen Leistungsbereich bis max. 60 W durchgeführt wurden, wird berichtet.

1. Einleitung

In Plasmaprozessen spielen eingeprägte Magnetfelder beim Magnetronspütern eine Schlüsselrolle. In Zusammenhang mit Plasmaprozessen wird lediglich über die Anwendung variabler Magnetfelder außerhalb der Rezipienten berichtet [1], [2]. Zur Herstellung von Metall/Polymer-Mischschichten wird in [3] ein planares Elektromagnet unter der Kathode verwendet, jedoch liegt hier die inhaltliche Betonung mehr auf Spütern, das parallel zur Plasmapolymersation läuft. Untersuchungen über Anwendung von Magnetfeldern gezielt auf reine Abscheidungsprozesse sind in [4] – [6] zu finden. In diesen Arbeiten werden durchwegs Dauermagnete verwendet, die in die Elektroden integriert wurden. Im vorliegenden Beitrag wird eine Elektrodenanordnung vorgestellt, die aus einem Paar zylindrischer Elektroden besteht, in die Elektromagnete eingebaut wurden. Es wird ein Überblick über Arbeiten gegeben, die im Rahmen eines Forschungsprojektes durchgeführt wurden, aber auch über diesen Rahmen hinaus noch fortgesetzt werden.

2. Die Systembeschreibung

Ein Schnittbild und die wesentlichen Abmessungen der verwendeten Elektroden, sowie die Feldstärken der parallelen und vertikalen Komponenten des Magnetfeldes zeigt Abb. 1. In Abb. 2 wird die Beschaltung der Elektroden und der Hochfrequenzversorgung gezeigt. Der Magnetkern, bzw. Grundkörper der Elektrode besteht aus Weicheisen. Darüber ist eine Aluminium-Hülse aufgezogen, die die Elektrodenoberfläche darstellt. Sie wird dann mit einem Blech des aufzusputternden Materials überzogen. Die Magnetsegmente sind alternierend jeweils entgegengesetzt gepolt. Die Elektroden sind in der Grundplatte floatend montiert, so daß unterschiedliche Potentialzustände bewerkstelligt werden können. In Abb. 3 ist das Gesamtsystem schematisch dargestellt. Nähere Informationen über die Systembeschreibung können in [7], [8] gefunden wer-

den. In weiterer Folge der Arbeiten wurde die Kühlung der Kerne so modifiziert, daß die Erregerspulen sich außerhalb der Arbeitsvakuums befinden. Das System kann mit einer HF-Leistung bis zu 500 W (13,56 MHz) versorgt werden. Die Gleichstromkreise der Magnete sind für ca. 6 A ausgelegt und liefern eine maximale Feldstärke von 20 mT in 3 mm Abstand von der Elektrodenoberfläche.

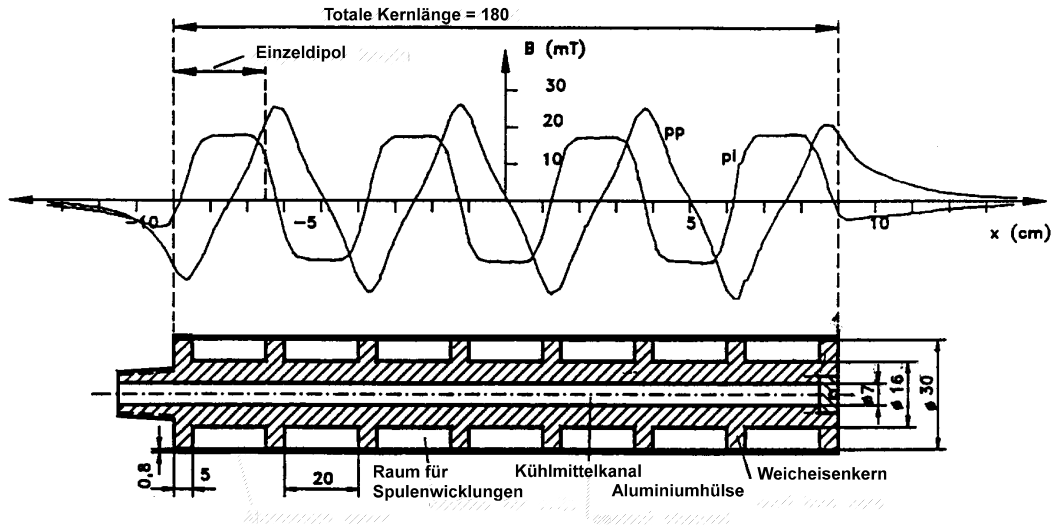


Abb. 1: Schnittbild der Elektrode mit den wesentlichen Abmessungen und den Magnetfeldkomponenten (pp: vertikal; pl: parallel) in einem Abstand von 3 mm zur Oberfläche bei einem Erregerstrom von 5A

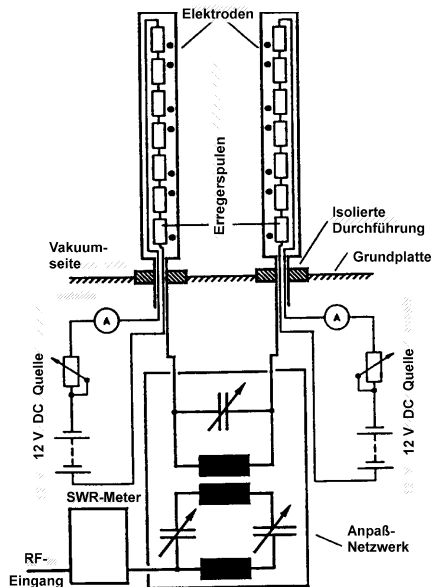


Abb. 2: Die HF- und DC-Beschaltung der Elektroden

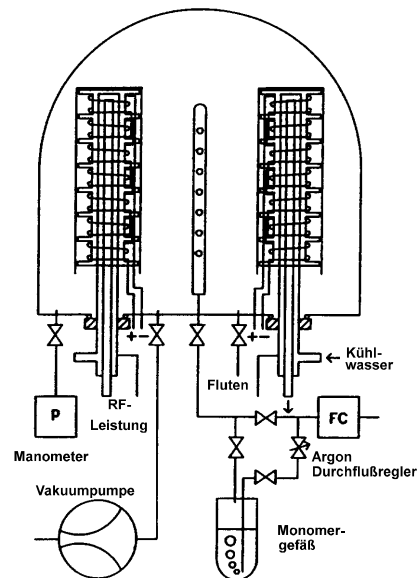


Abb. 3 Schematische Darstellung der Reaktorordnung

3. Beschichtungen und Ergebnisse

Beschichtungsversuche wurden mit Methan (CH_4), Azetylen (C_2H_2), und dem Flüssig-Monomer Tetraethylgermanium $\text{Ge}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$ durchgeführt. Argon oder Stickstoff wurden als Mischgas verwendet. Mit diesen Monomeren wurde das grundsätzliche Verhalten der Anordnung studiert. Im Besonderen wurde mit $\text{Ge}(\text{Et})_4$ der Einfluß des variablen Magnetfeldes auf die Beschichtungsbedingungen und die resultierenden Schichteigenschaften, sowie die Abhängigkeit dieses Einflusses von der Position im Entladungsbereich näher untersucht. Bei der Versuchsserie, deren Ergebnisse unten angeführt werden, wurden folgende Parameter gewählt: 50 sccm Ar, 0.5 sccm $\text{Ge}(\text{Et})_4$, 50 mTorr Gesamtdruck, 50 W HF Leistung. Abb. 4 zeigt die Abhängigkeit der Abscheidungsrate vom Erregerstrom mit Position (siehe Insert in Abb. 4) als Parameter. Die Schichten wurden mit ESCA analysiert. Abb. 5 zeigt das Verhältnis von Ge/C als Funktion des Magnetfeldes mit dem Ort als Parameter.

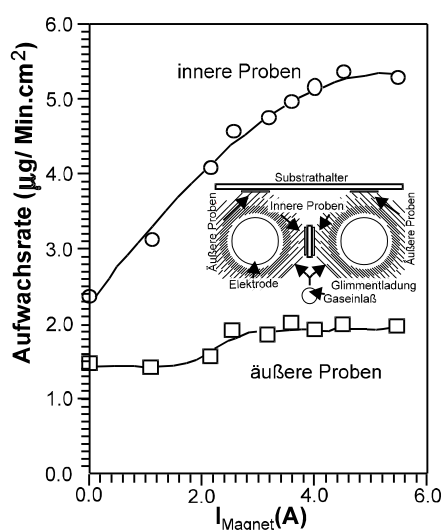


Abb. 4: Abscheidungsrate als Funktion des Magnetfeldes

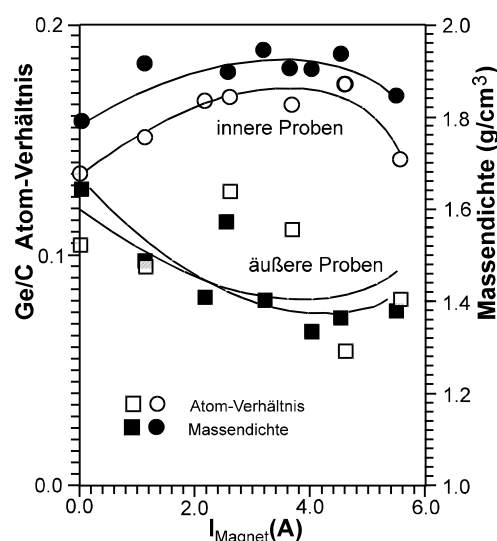


Abb. 5: Ge/C Verhältnis und die Dichte als Funktion des Magnetfeldes

Die Schichten waren isolierend ($> 10^9$ Ohm cm), transparent bis hellgelb, weich (leicht kratzbar mit einer Edelstahlnadel), der Brechungsindex betrug 1.6 – 2.0 und die Dichte variierte zwischen 1.3 und 1.9 g/cm^3 in Abhängigkeit vom Magnetfeld. Eine Strukturanalyse, durchgeführt mit FTIR, beinhaltet aufschlußreiche Detailinformation über den Schichtaufbau. Hinsichtlich der Abhängigkeit vom Magnetfeld findet man, daß die Grundstrukturen, vor allem die Banden $3000 - 2800 \text{ cm}^{-1}$ und $1800 - 1000 \text{ cm}^{-1}$, erhalten bleiben. Jedoch ihre Dichte nimmt bei Magnetfeldanreicherung zu. Ausführlichere Information darüber ist in [9] zu finden.

4. Ausblick

Arbeiten und Vorexperimente sind im Gange, um Abscheidungen bei erhöhten Leistungen vorzunehmen. Es wurde auch die Möglichkeit geschaffen, die Anlage in einem Frequenzbereich zwischen 1 – 100 kHz zu betreiben. Reine Sputterexperimente mit Aluminium, ebenso *in situ*-Umschaltung vom Sputtern auf PECVD durch Anlegen und

Abschalten des Magnetfeldes wurden erfolgreich durchgeführt. An kontinuierlichen Übergängen und an leitfähigen Kohlenstoffschichten wird gearbeitet. An der Anlage ist auch die Möglichkeit vorgesehen, Prozessüberwachung mit Emissions- und Quadrupolmassenspektroskopie durchzuführen.

Die Verwendung der Ge/C (a-Ge/C:H) und C (a-C:H) -Schichten ist im vorliegenden Fall primär für die Technologie von integrierten Sensoren vorgesehen.

Danksagung

Die vorliegenden Arbeiten wurden vom Fonds zur Förderung der Wissenschaftlichen Forschung (Projekt Nr. 7234-Tec), von der Österr. Akademie der Wissenschaften und von der Ludwig Boltzmann Gesellschaft. Herzlicher Dank gebührt allen Projekt-mitarbeitern, Autoren und Co-Autoren sämtlicher projektbezogenen Publikationen und Berichte.

Literaturverzeichnis

- [1] M.Taniguchi, M.Hirose, Y.Osaka: „Novel Effects of Magnetic Field on the Silane Glow Discharge“, Appl. Phys.Lett. 37/9 (1980) 787.
- [2] T.Hamasaki, H.Kurata, M.Hirose, Y.Osaka: „Low Temperature Crystallisation of Doped a-Si:H Alloys“, Appl.Phys.Lett. 37/12 (1980) 1084.
- [3] H.Biederman, L.Holland: „Metal Doped Fluorocarbon Polymer Films Prepared by Plasma Polymerisation Using an RF Planar Magnetron Target“, Nuclear Instruments and Methods 212 (1983) 497 – 503.
- [4] K.Sato, Y.Iriyama, D.L.Cho, and H.Yasuda: „Plasma Polymerisation by Magnetron Glow Discharge, Part I: Effect of Magnetic Field on Breakdown of Monomers in Low Pressure“, J. Vac. Sci. Technol., A 7 (2), Mar/Apr, 195 (1989).
- [5] K.Sato, Y.-S.Yeh and H.Yasuda: „Plasma Polymerisation by Magnetron Glow Discharge, Part II: Effect of Magnetic Field on Properties of Plasma Polymers of Tetrafluorethylene“, J. Vac. Sci. Technol., A 7, (1989), 3188.
- [6] D.L.Cho, Y.-S.Yeh and H.Yasuda: „Plasma Polymerisation by Magnetron Glow Discharge, Part III: Effect of Magnetic Field on Sputtering Characteristics of Electrode Materials“, J. Vac. Sci. Technol., A 7, No.5, (1989), 2960.
- [7] H. Yasuda, F. Olcaytug: „A Study on Electromagnetron for Plasma Polymerization“, J. Vac. Sci. Technol. A9(4), Jul/Aug 1991, 2342-2355.
- [8] F.Olcaytug, H.Schalko, M.Ebel, H.Ebel, J.Wernisch, M.Gazicki, H.Yasuda: „Deposition of Organogermanium Films in a Magnetic Field Confined RF Glow Discharge“, 10th International Symposium on Plasma Chemistry, Bochum, August 4 - 9, 1991, Proceedings, Vol 3, 2.3-4., p.1-6.
- [9] M.Gazicki, J.Schalko, F.Olcaytug, M.Ebel, H.Ebel, J.Wernisch, H.Yasuda: „Study on Electromagnetron for Plasma Polymerisation. II. Magnetic Field Enhanced Radio Frequency Plasma Deposition of Organogermanium Films from Tetraethylgermanium“, J.Vac.Sci.Technol.A 12(2), Mar/Apr 1994.