

Kapazitive pH-Sensoren auf der Basis von makroporösem Silizium mit Doppelisolatorschicht aus thermisch oxidiertem SiO₂ und LPCVD-Si₃N₄

A. Simonis^{a,b}, C. Ruge^a, H. Ecken^b, H. Lüth^b, M.J. Schöning^{a,b}

^a Fachhochschule Aachen, Abteilung Jülich, Ginsterweg 1, 52528 Jülich

^b Institut für Schichten und Grenzflächen, Forschungszentrum Jülich GmbH, 52425 Jülich

Registriernummer der Online-Anmeldung: 257

Poster

Halbleitersensoren für den Ionennachweis in wässrigen Lösungen lassen sich einfach und kostengünstig als kapazitive Feldeffektstrukturen in Form von sogenannten EIS- (Elektrolyt-Isolator-Silizium) Sensoren realisieren. Allerdings sind solche Sensoren nur begrenzt miniaturisierbar, da ihre geometrische Fläche direkt proportional in das Meßsignal, die Kapazitätsänderung, eingeht. Um diesen Nachteil zu umgehen, haben wir auf dem ersten BioSensorSymposium in München (1999) einen neuartigen Lösungsansatz vorgeschlagen, bei dem makroporöses Silizium als Basismaterial für verschiedene sensoraktive Substanzen, wie z.B. pH-sensitive Schichten und Enzyme eingesetzt werden kann. Bei der Verwendung von makroporösem Silizium als Transducermaterial hat die durch den Herstellungsprozeß bedingte Vergrößerung der sensoraktiven Oberfläche nämlich eine Zunahme der Meßkapazität zur Folge. Aufgrund der Ätzanordnung zur Herstellung von porösem Silizium war es bisher allerdings nur möglich, Niedertemperaturprozesse, wie das PECVD (Plasma-Enhanced-Chemical-Vapour-Deposition)-Verfahren, zur Abscheidung von SiO₂ als Isolatorschicht und Si₃N₄ als pH-sensitiver Schicht zu verwenden. Solche Sensoren besitzen allerdings keine hohe Langzeitstabilität im Meßbetrieb (ca. 2 Monate), da die dielektrischen Schichten unzureichende Korrosionseigenschaften aufweisen.

Zur Verbesserung der Langzeitstabilität von Sensoren aus porösem Silizium bietet sich die Verwendung von thermisch oxidiertem Silizium als Isolatorschicht und das Abscheiden von Siliziumnitrid als pH-sensitive Schicht mittels LPCVD (Low-Pressure- Chemical-Vapour-Deposition)-Verfahren an. Vorangegangene Arbeiten aus unserer Arbeitsgruppe hatten gezeigt, daß planare Sensoren mit LPCVD-Nitrid als Transducermaterial über einen Zeitraum von sieben Monaten konstant hohe Sensitivitäten nahe dem Nernst-Idealwert aufweisen. Um diese Prozesse für die Sensoranwendung mit porösem Silizium als Substrat zu realisieren, wurde eine neue Ätzanordnung

entwickelt. Die nach dieser Methode hergestellten, porösen Sensoren mit thermischem Oxid als Isolatorschicht und LPCVD-Nitrid als Transducerschicht wurden optisch mittels Rasterelektronen-Mikroskopie und elektrochemisch mittels Kapazitäts-/Spannungs-Messung charakterisiert. Abb. 1 zeigt die rasterelektronenmikroskopische Oberflächenaufnahme einer frisch präparierten porösen EIS-Struktur. Man erkennt die homogene Verteilung der Poren mit einem mittleren Porendurchmesser von ca. 2 μm . Elektrochemische Untersuchungen ergaben eine mittlere pH-Empfindlichkeit von 60 mV/Dekade im Konzentrationsbereich von pH 4 bis pH 9. Aufgrund der durch den Ätzprozess erzeugten Oberflächenvergrößerung erhält man bei den gewählten experimentellen Bedingungen eine Zunahme der Kapazität um einen Faktor von etwa sechs im Vergleich zu planaren EIS-Sensoren. Laufende Untersuchungen zeigen, daß die Stabilität im Bereich mehrerer Monate liegt.

Zur Zeit laufende Experimente zielen auf eine „geschützte“ Immobilisierung von Enzymen innerhalb der makroporösen Schichtstruktur ab. Dazu wird als Modellenzym Penicillinase auf bzw. in die poröse, pH-sensitive EIS-Struktur fixiert.

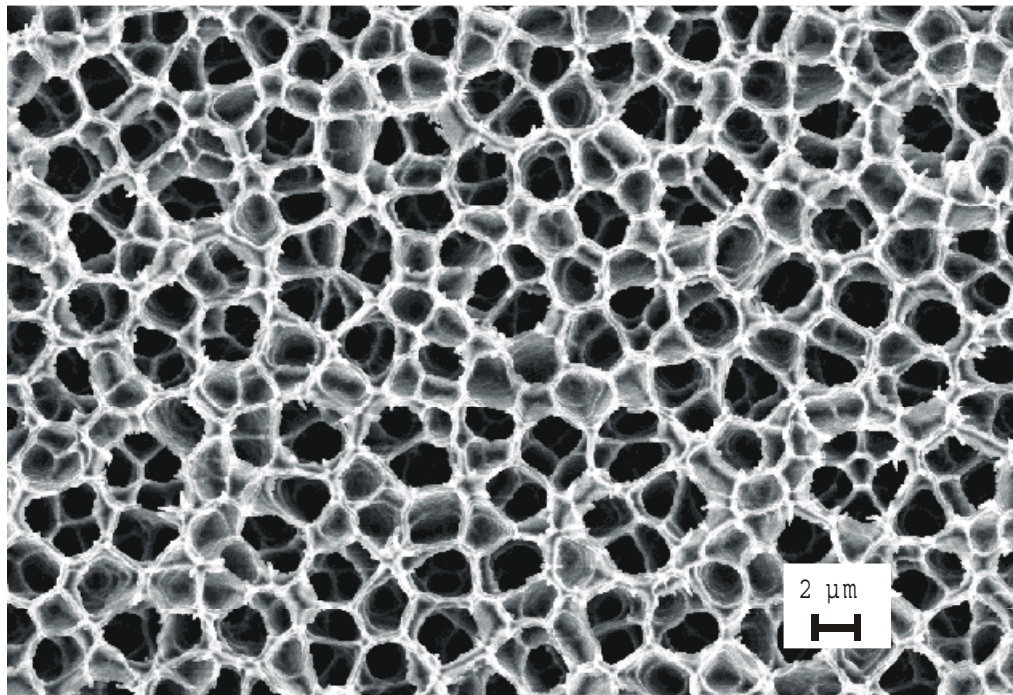


Abb. 1. Oberflächenaufnahme einer makroporösen EIS-Struktur mit SiO_2 als thermischen Oxid und LPCVD- Si_3N_4 als pH-sensitive Transducerschicht.