

IR-VASE® Messungen an einer dünner Silizium-Membran

LOT-Oriel GmbH & Co. KG,

J.A. Woollam Co., Inc.

Kontaktperson: Thomas Wagner

19. Juli 1999

Abstract:

Für Photovoltaikanwendungen werden Siliziumwafer auf einige μm zu einer dünnen Silizium-Membran heruntergeätzt. Für fortführende Arbeiten ist die Kenntnis der Schichtdicke einer solchen Membran notwendig. Herkömmliche Meßmethoden liefern leider nicht die gewünschte Genauigkeit und sind zudem nicht zerstörungsfrei.

Hier bietet sich nun die spektroskopische Ellipsometrie an.

Allgemein:

Die ellipsometrischen Messungen wurden mit zwei unterschiedlichen spektroskopischen Ellipsometern der Firma J.A. Woollam Co., Inc. durchgeführt. Das **IR-VASE®** (FTIR-Variable Angle Spectroscopic Ellipsometer) erlaubt Messungen im Spektralbereich von 2 bis 35 μm . Dieses System ist aufgrund des Spektralbereichs empfindlich für Schichtdicke sowie für Dotiergrad und -profil. Zusätzlich wurde das neue Diodenarray **NIR-M-2000** für Messungen im Spektralbereich 1000 bis 1700 nm verwendet. In diesem Spektralbereich >1100 nm wird das Si transparent, wodurch eine Schichtdickenempfindlichkeit besteht, ohne daß die Dotierung die Messung signifikant beeinflußt. Beide Systeme arbeiten mit der ‚Rotating Compensator‘-Methode. Damit kann, neben hochgenauer Messung von Delta über den gesamten Winkelbereich auch die Depolarisation der Probe bestimmt werden.

Zur Bestimmung des Brechungsindex der Si-Membran im NIR-Bereich wurde das Cauchy-Dispersionsmodell verwendet. Dabei wurde zusätzlich eine exponentiell abfallende Absorption (Urbach-Absorption) berücksichtigt.

Zur Beschreibung optischen Konstanten im IR für die unterschiedlich dotierten Bereiche wurden Oszillatormodelle verwendet (T. Tiwald, J. Woollam, Carrier concentration and lattice absorption in bulk and epitaxial silicon carbide determined using infrared ellipsometry).

IR-VASE Messungen:

Das IR-VASE ist mit einem kommerziellen FTIR-Spektrometer ausgestattet. Der gemessene Spektralbereich lag bei 330 bis 3400 cm^{-1} .

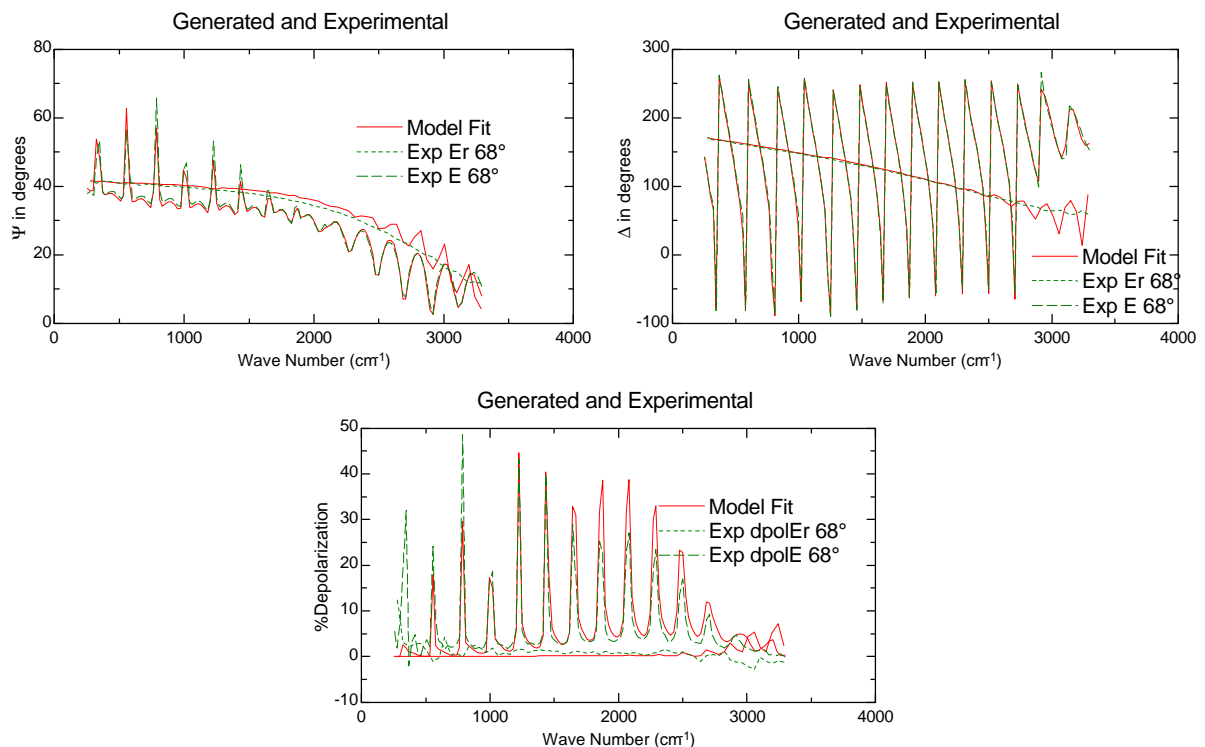
Da beide Seiten unterschiedliche Dotierungen aufweisen, was Einfluß auf die Tiefenempfindlichkeit der IR-VASE-Messungen hat, wurde die Probe von beiden Seiten gemessen. Im Graph werden die Messungen von der hochdotierten Seite mit Er (Ellipsometrie from reverse side) bezeichnet. In der Auswertung wird an alle Daten simultan gefittet. ‚Void‘ beschreibt das ‚Substrat‘ Luft auf der Rückseite der Membran.

Modell:

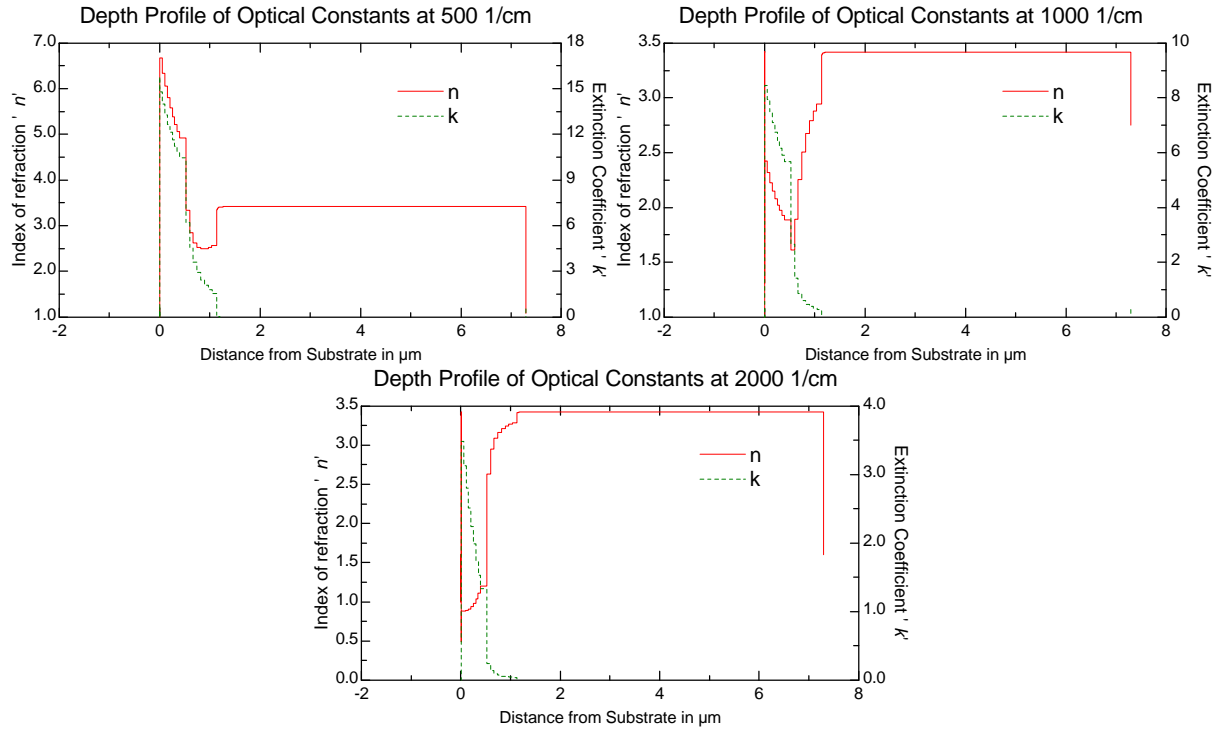
5	native oxide (ir oscillator model)	0.002 μm
4	silicon depletion region	6.0383 μm
3	graded (silicon with free carriers)/(silicon with free carriers)	1.2517 μm
2	silicon depletion region	0 μm
1	native oxide (ir oscillator model)	0.0061246 μm
0	void	1 mm

Der größte Teil der Schicht besteht aus dem niederdotierten Bereich (silicon depletion region) mit einer Dicke von 6,04 μm . Der hochdotierte Bereich besteht nicht aus einer homogenen Schicht sondern aus einer Gradientenschicht von 1,25 μm Dicke.

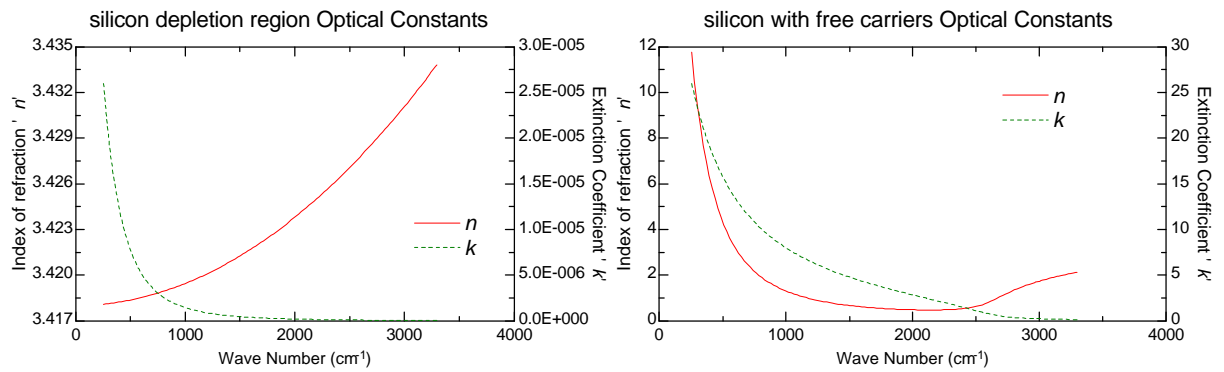
Experimentelle Daten und die entsprechenden Fits:



Ergebnisse: Tiefenprofil der optischen Konstanten bei unterschiedlichen Wellenlängen:



Optische Konstanten:



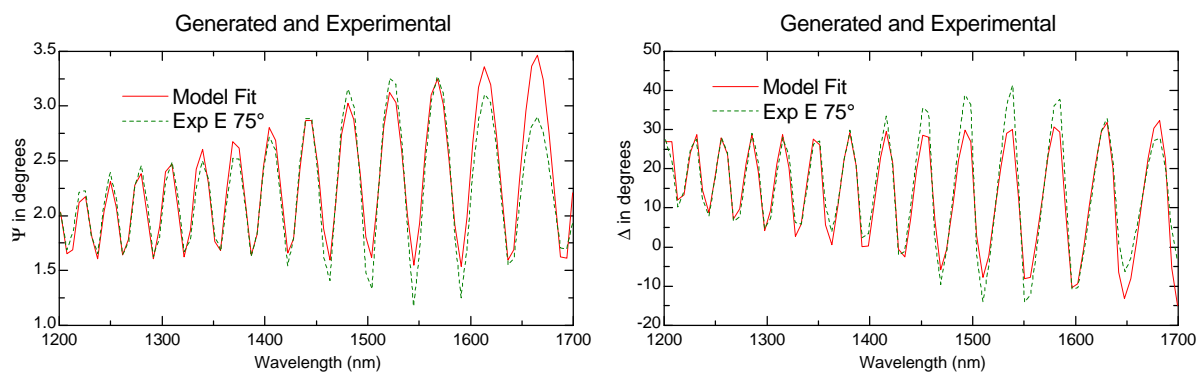
NIR-M-2000-Messungen:

Das verwendete ‚Rotating Compensator Ellipsometer‘ war mit einer InGaAs-Diodenzelle ausgestattet. Es erlaubt Messungen im Spektralbereich von 1000 bis 1700 nm simultan.

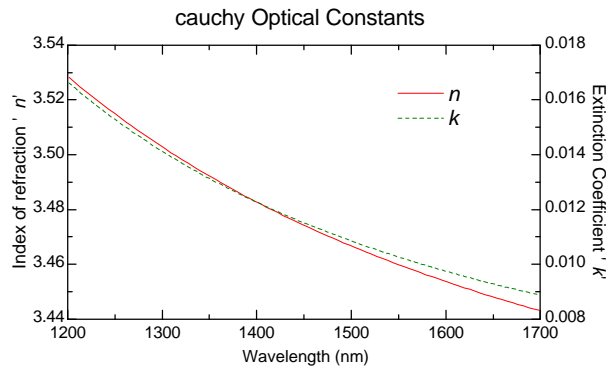
Modell:

2	sio2	0.0019328 μm
1	cauchy	7.6606 μm
0	void	1 mm

Experimentelle Daten und die entsprechenden Fits:



Optische Konstanten:



Zusammenfassung:

Es konnte gezeigt werden, daß mit spektroskopischer Ellipsometrie die Dicke einer dünnen Si-Membran bestimmt werden kann. Die Gesamtdicke wurde mit dem IR-VASE mit 7,29 μm , mit dem M-2000 mit 7,66 μm ermittelt. Zusätzlich konnte mit dem IR-VASE das Dotierprofil beschrieben werden.

Wir danken Frau Sossna, Universität Kassel, Institut für Technische Physik, für die Bereitstellung der Meßprobe.

Falls Sie Fragen zu dem Bericht haben rufen Sie uns bitte unter +49-6151-8806-68 an oder schicken Sie eine E-mail: Wagner@LOT-Oriel.de.