Universität Konstanz

Oberflächeneffekte und erweiterte Bor-Kalibration für GD-OES Tiefenprofile in der Siliziumbasierten Photovoltaik

Fabian Geml

18. GDS Anwendertreffen

Freiberg, 26. September 2019

Einführung

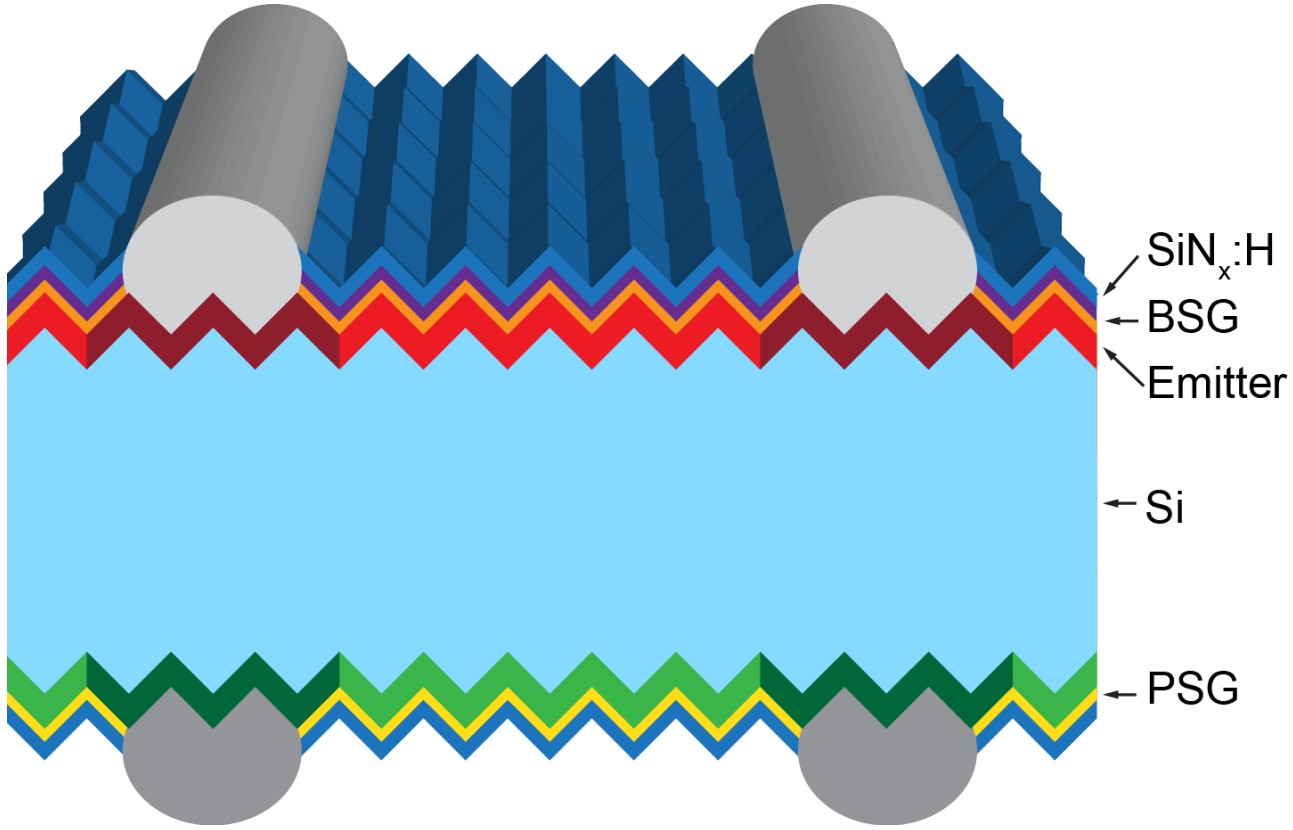
Einsatz der GD-Analyse in der Photovoltaik und in der Dünnschichtindustrie

Einführung

Einsatz der GD-Analyse in der Photovoltaik und in der Dünnschichtindustrie

Analyse von
- dielektrischen Schichten
- hochdotiertem Silizium

Herausforderung durch
- Unterschiedliche Matrizen
- Schichtdicke
- Analytkonzentration
- Oberflächenrauigkeit
- Reflexion/Interferenz



Experiment

GD-OES Eigenschaften

Spektruma Analytik GDA 750 HR

Gepulstes RF-Plasma

- Dielektrika
- Sputterrate ($\sim 10\,\frac{\mathrm{nm}}{\mathrm{s}}$)
- Plasmaparameter
  - 5 W, 5 hPa
  - 1011 Hz, 20%

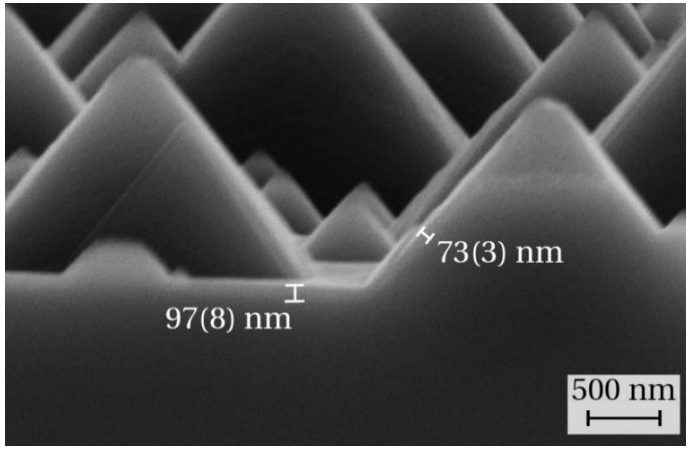
Messung über Photomultiplier

Spectruma Analytik GMBH Homepage
https://www.spectruma.de/de/gda550750.html

Einfluss der Oberfläche auf das Tiefenprofil

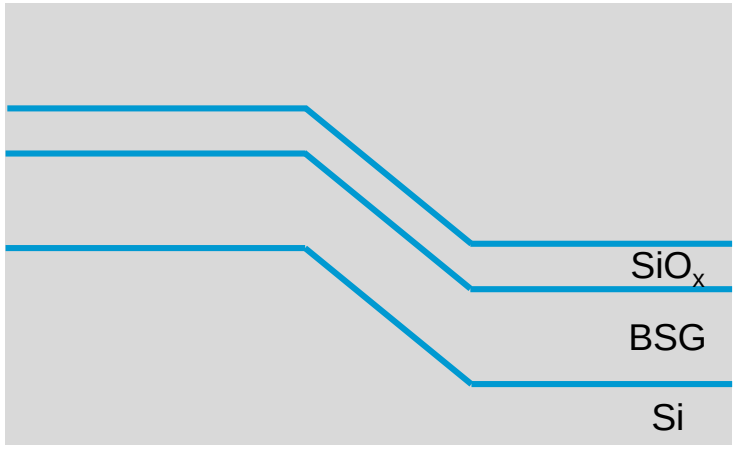
Oberfläche oft nicht glatt

→ Sputtern bewirkt Poliereffekt der Oberfläche



F. Geml, Master thesis (2018)

Glatte Oberfläche



Strukturierte Oberfläche

Durch Abscheidung bedingte dünnere Schicht auf Schräge

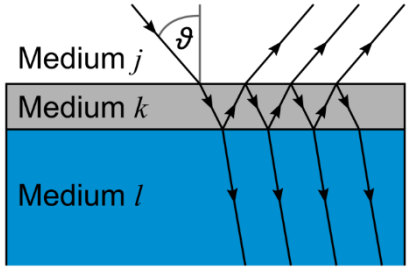
→ Schicht auf Schräge ist zuerst abgetragen

→ Nebenpeak durch Zeitversatz auf das Tiefenprofil

Geml et. al., AIP Conference Proceedings **2147**, 020003 (2019)

Optischer Einfluss

Modulierte Reflexion
- Aufgrund von Interferenzeffekten
- Modulation des Messignals durch veränderte Schichtdicke



Transfermatrix-Methode
- Simulation der Reflektivität
- Bestätigt Interferenzeffekt

Unterdrückung des Effekts
- Durch Zwischenschicht
- Enger aneinanderliegende Brechungsindices

Messung

Geml et. al., AIP Conference Proceedings **2147**, 020003 (2019)

Simulation

Geml et. al., AIP Conference Proceedings **2147**, 020003 (2019)

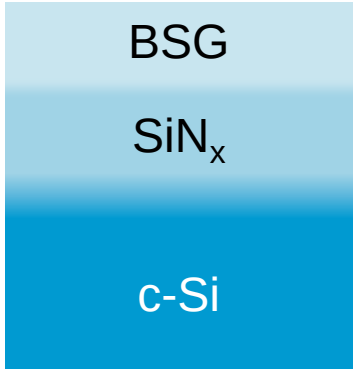
Erweiterte B Kalibration

Analog zur H-Kalibration

J. Steffens et. al., Energy Procedia **124** (2017)

Verfügbare Bor-Standards nicht im relevanten Bereich

Standard	c_B (m%)
BS 200-2	0,0031
EZRM D 297-1	1,146
SP-3B	0,88
SP-5B	0,14



Geml et. al., AIP Conference Proceedings **2147**, 020003 (2019)

Erstellung von Laborstandards mit optimiertem Schichtsystem

- BSG-Standards im relevanten Kalibrationsbereich
- Gegenmessung mit ICP-OES

Kalibration

- Parabolische Regression
- Legt Selbstabsorption nahe

Multi-Matrix-Kalibration: $\sum_z c_z = 1 \quad \rightarrow \quad c_z = \frac{c_{z'}\, q}{\sum_{z'} c_{z'}\, q}$

Hier Atomdichte: $c_\mathrm{B} = \frac{n_\mathrm{B}}{n_\mathrm{total}}$

Workaround: $n_\mathrm{B} = \frac{(n_\mathrm{B}\, q)}{q}$

Zusammenfassung

GD-OES zur Analyse von dünnen, dielektrischen Schichten geeignet

Ebene Oberflächen vorteilhaft für Kalibration

Optische Effekte aufgrund von Interferenz und modulierte Reflexion beeinflussen Messung

SiN_x:H-Zwischenschicht erlaubt Tiefenprofilmessung mit reduzierter modulierter Reflexion

Erweiterte B-Kalibration mit selbst hergestellten dünnen BSG-Schicht-Laborstandards

Herausforderung bei der Umrechnung zwischen Atomdichte, Massen- und Atomkonzentration

Universität Konstanz

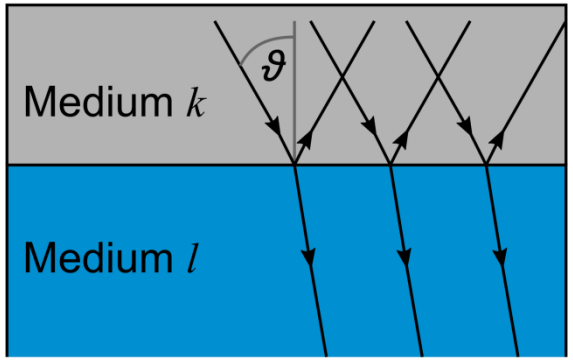
Herzlichen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit!

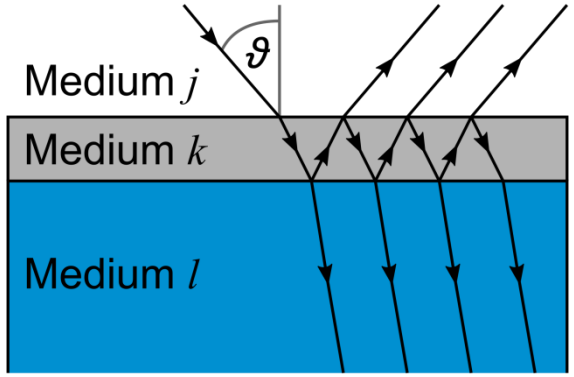
Fabian Geml, M.Sc.

Universität Konstanz
Fachbereich Physik / Abteilung Photovoltaik

Tel.: +49 (0) 75 31/88 4995
fabian.geml@uni-konstanz.de

Extrafolie: Interferenz und Reflection – Formeln





$$R_{kl} = r_{kl}^2 = \left(\frac{\tilde{n}_k - \tilde{n}_l}{\tilde{n}_k + \tilde{n}_l}\right)^2$$

$$R_{jk} = \frac{r_{jk}^2 + r_{kl}^2 + 2r_{jk}r_{kl}\mathrm{e}^{-2\mathrm{i}\cdot 2\pi\tilde{n}_k\frac{d_k}{\lambda}}}{1 + r_{jk}^2 r_{kl}^2 + 2r_{jk}r_{kl}\mathrm{e}^{-2\mathrm{i}\cdot 2\pi\tilde{n}_k\frac{d_k}{\lambda}}}$$