

Optische Multischichten und ihre Anwendungen

Kooperation: HS FU, AA und ILM UL

Dr. A. Kovacs

Prof. Dr. U. Mescheder

M.Sc. A. Ivanov

Dipl. Ing. A. Filbert

Überblick

- **Grundkonzept**
- **Einstellung der Peaklage**
- **Einstellung der Peakbreite**
- **Funktionstest**
- **Transport in porösen Multischichten**
- **Das optische Gesamtsystem**
- **Zusammenfassung**

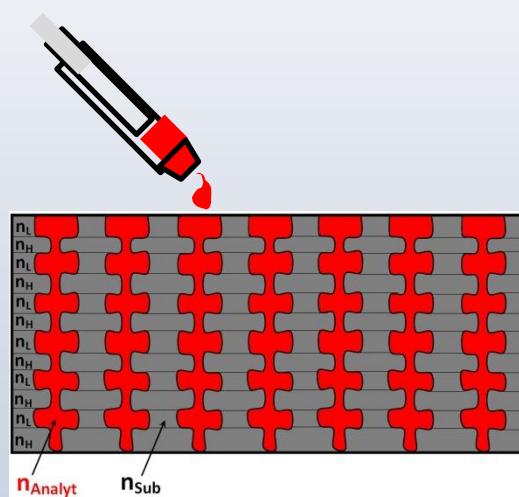
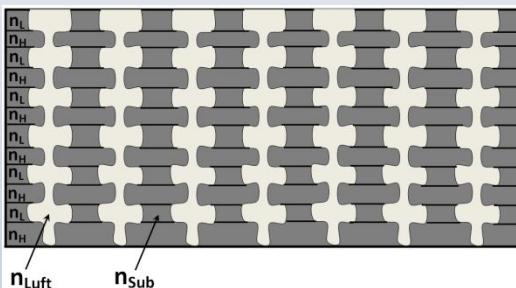


Grundkonzept

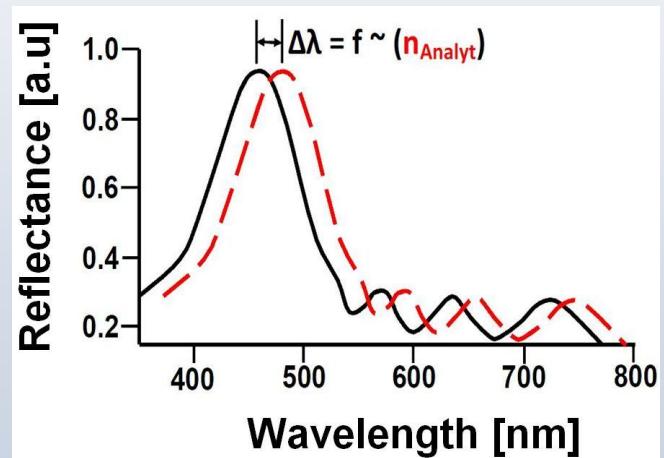
Poröses Silizium:

- Multilayer-Strukturen als optische Filterschicht
- Schwammartige Struktur mit großer innerer Oberfläche und Porosität

Brechungsindex-Modulation der porösen Schichten durch Porenfüllung von Analyten



$$n_{\text{eff}} \sim f(n_{\text{sub}}; n_{\text{Luft}}; n_{\text{Analyt}})$$



Grundstruktur: **Distributed Bragg Reflector (DBR)**

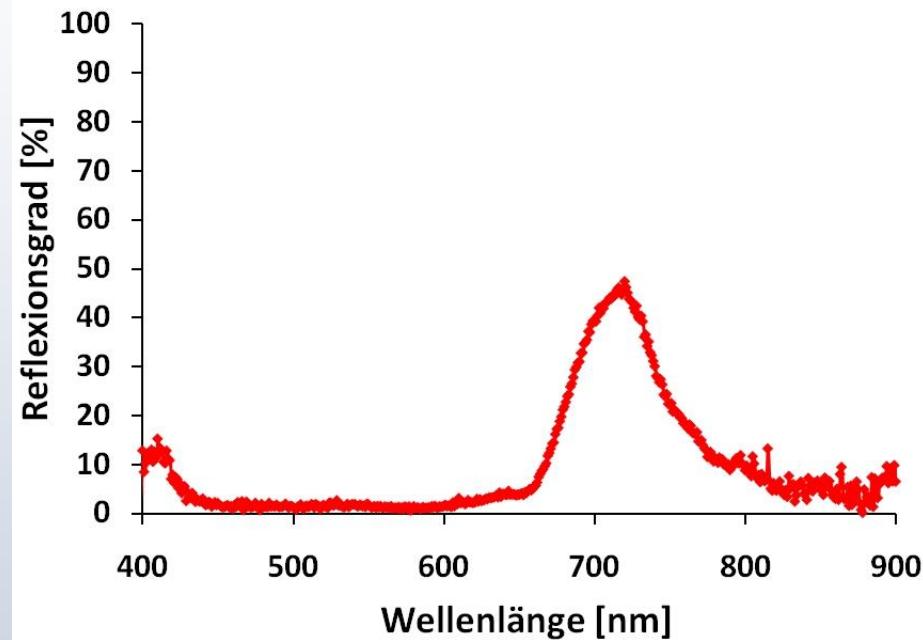
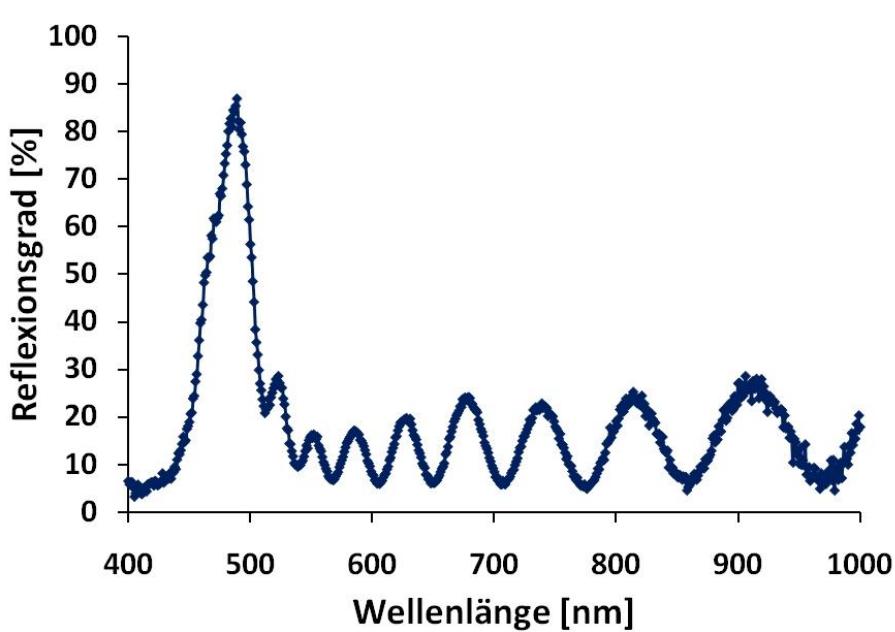
Überblick

- Grundkonzept
- **Einstellung der Peaklage**
- Einstellung der Peakbreite
- Funktionstest
- Transport in porösen Multischichten
- Das optische Gesamtsystem
- Zusammenfassung



Einstellung der Peaklage

Einstellung der Peaklage



Reflexionsgrad als Funktion der Wellenlänge für unterschiedliche PSML Strukturen

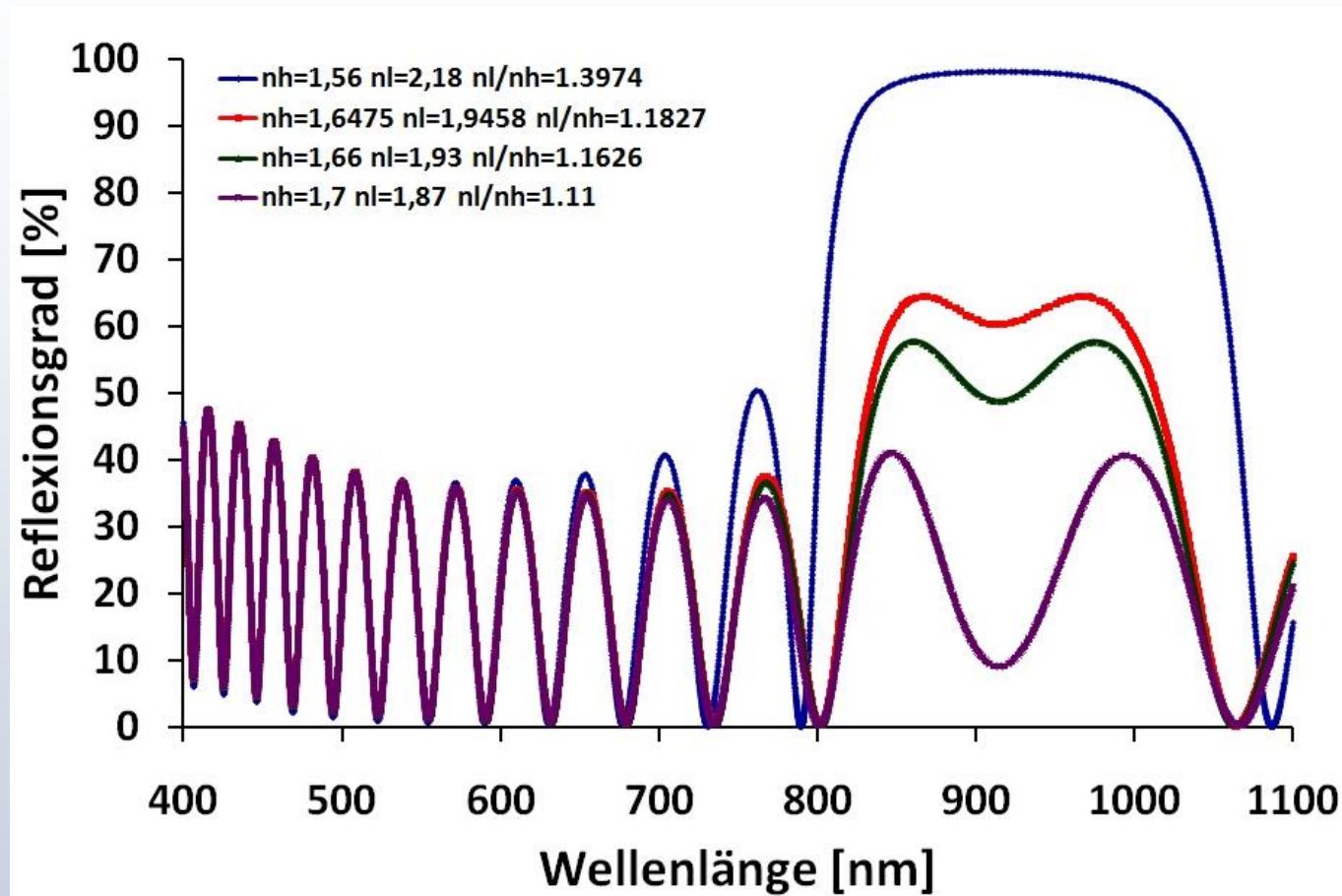
Überblick

- Grundkonzept
- Einstellung der Peaklage
- **Einstellung der Peakbreite**
- Funktionstest
- Transport in porösen Multischichten
- Das optische Gesamtsystem
- Zusammenfassung



Einstellung der Peakbreite

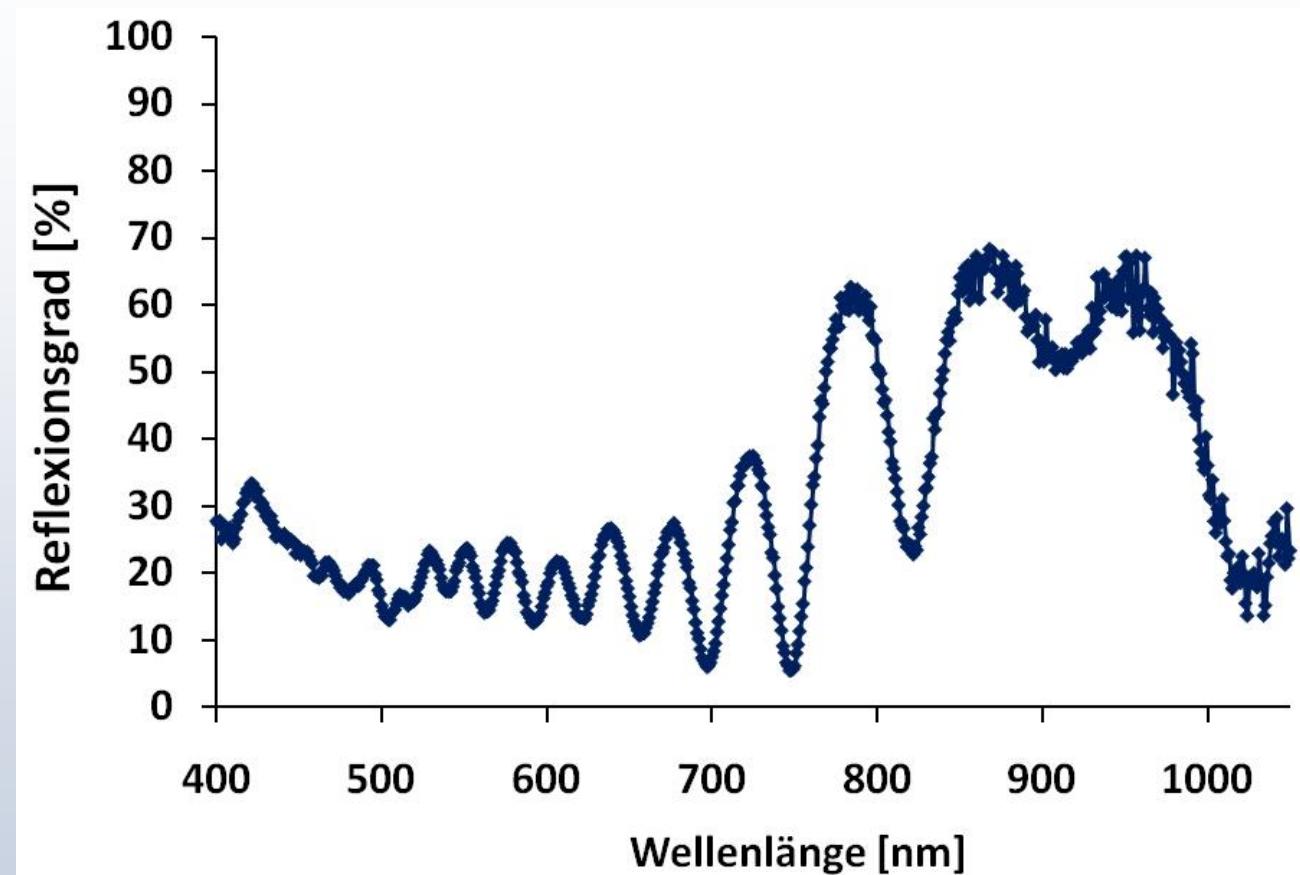
Optische Simulation:



Erhöhung des Brechungsindexgradienten führt zur Erhöhung der Peakbreite

Einstellung der Peakbreite

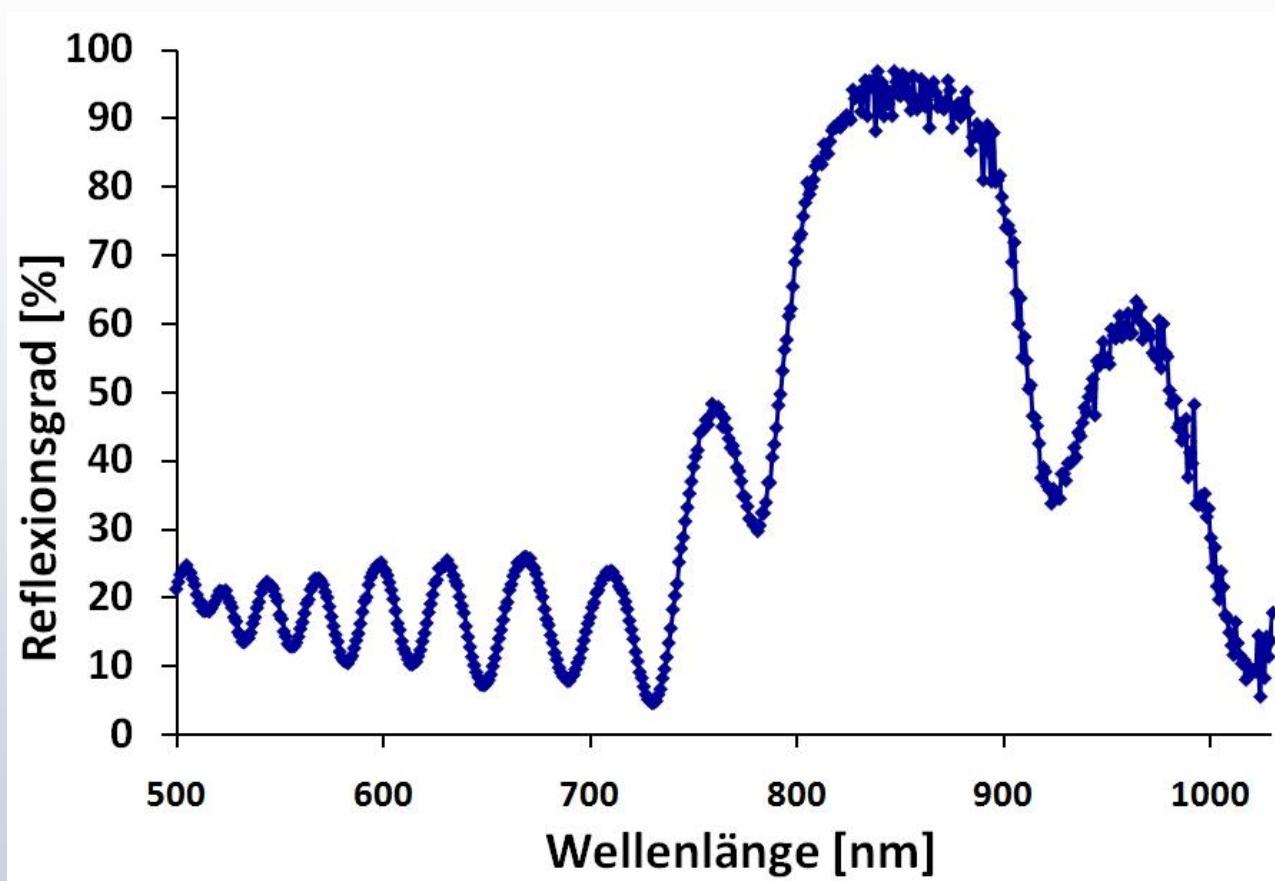
Gemessene Ergebnisse:



Reflexionsgrad von PSML mit $n_L = 2,181$, $n_H = 1,565$

Einstellung der Peakbreite

Gemessene Ergebnisse:



Reflexionsgrad von PSML mit $n_L = 2,312$, $n_H = 1,524$

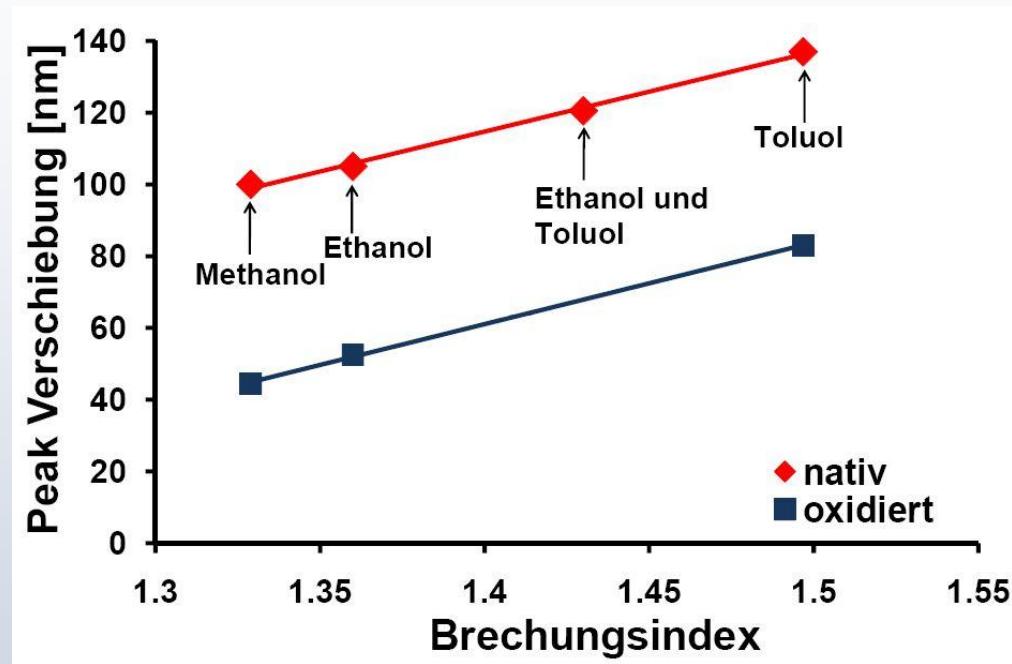
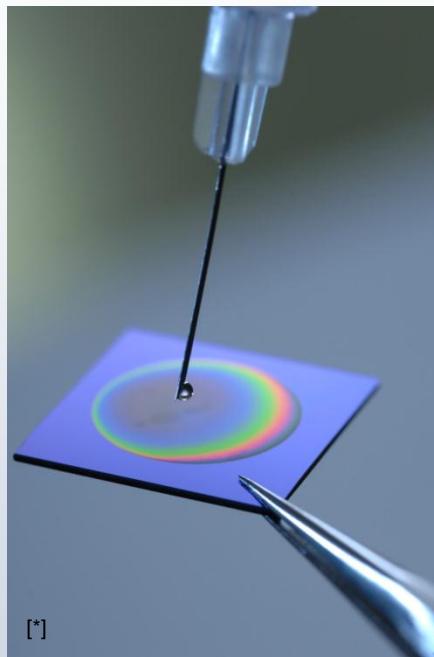
Überblick

- **Grundkonzept**
- **Einstellung der Peaklage**
- **Einstellung der Peakbreite**
- **Funktionstest**
- **Transport in porösen Multischichten**
- **Das optische Gesamtsystem**
- **Zusammenfassung**



Funktionstest

- Organische Lösungen



Wellenlängenverschiebung der nativen und oxidierten porösen Multischichten (DBRs) für unterschiedliche organische Lösungen.

Überblick

- Grundkonzept
- Einstellung der Peaklage
- Einstellung der Peakbreite
- Funktionstest
- **Transport in porösen Multischichten**
- Das optische Gesamtsystem
- Zusammenfassung

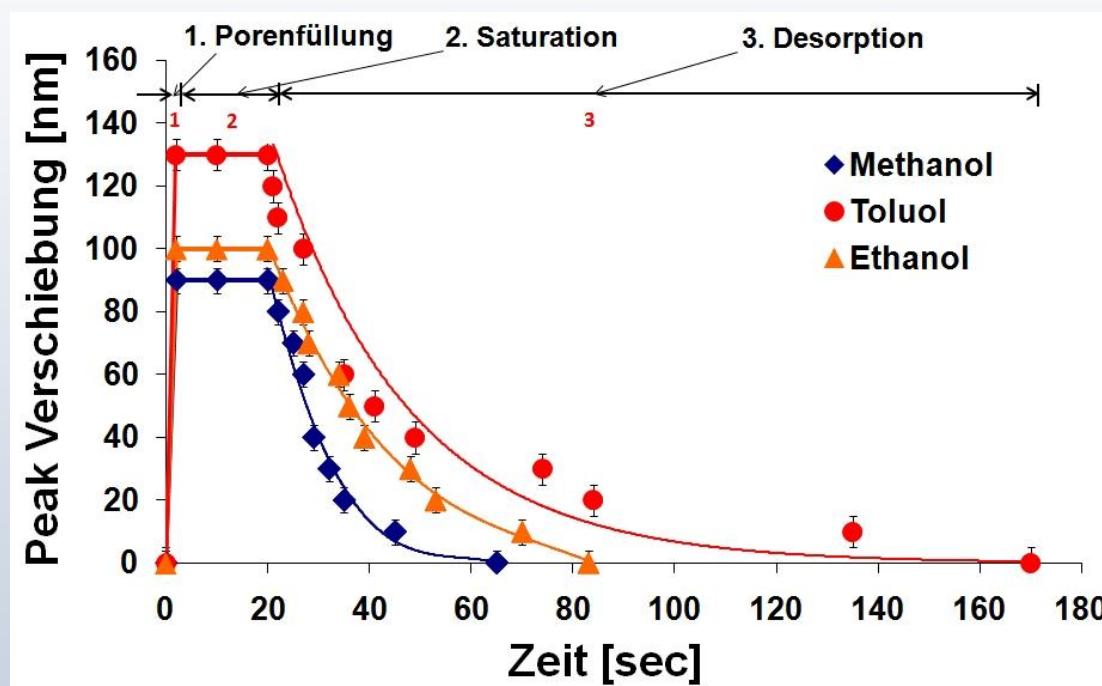


Transport in porösen Multischichten

Porenfüllung: organische Lösung

Saturation: gefüllte Poren

Desorption: natürliche Desorption



	Vapor pressure [hPa]
Methanol	129
Ethanol	58
Toluol	29

$$t_{\text{Füllung}} = 3 \text{ sec}$$

$$t_{\text{natDes}} = 40-150 \text{ sec}$$

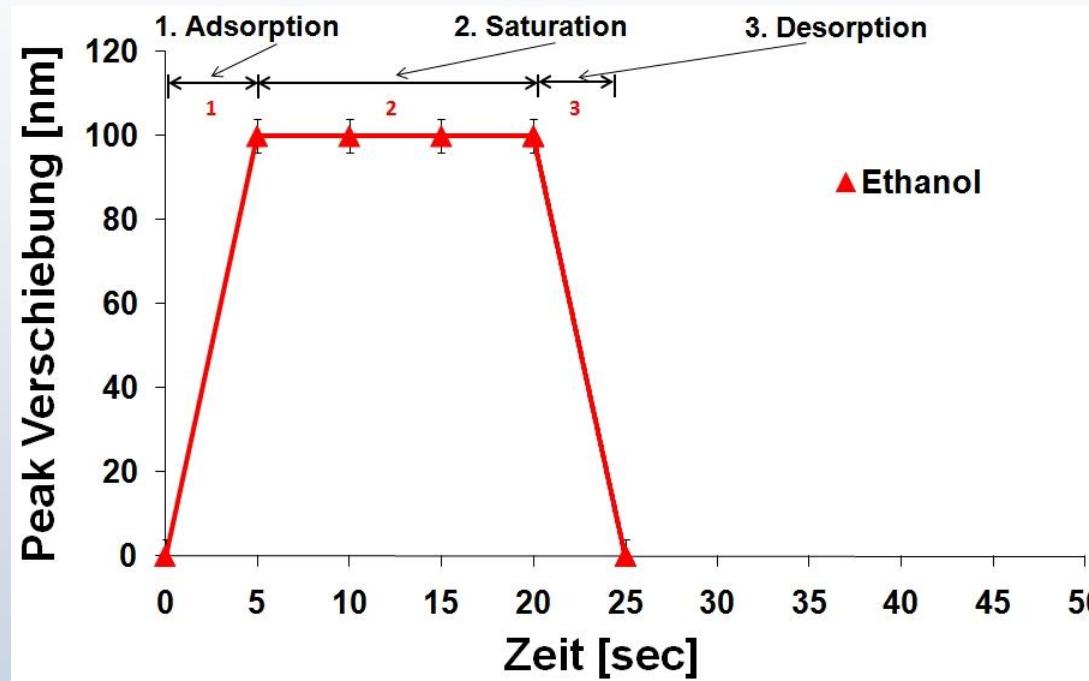
Wellenlängenverschiebung der oxidierten porösen Multischicht (DBR)
für unterschiedliche organische Lösungen als Funktion der Zeit.

Transport in porösen Multischichten

Adsorption: kapillarische Kondensation mit Ethanoldampf

Saturation: gefüllte Poren

Desorption: N₂ Spülung



t=5sec

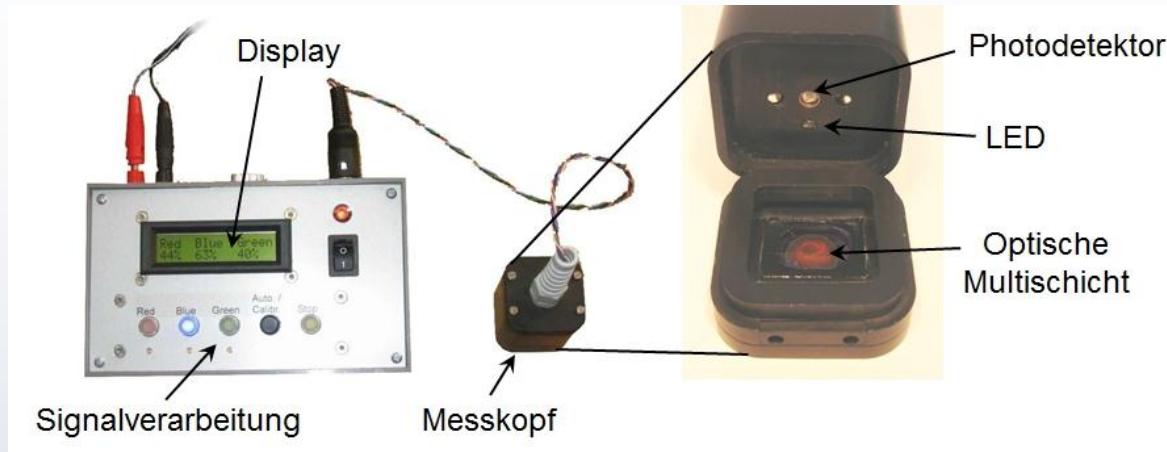
Wellenlängenverschiebung der oxidierten porösen Multischicht
(DBR) für Ethanoldampf als Funktion der Zeit.

Überblick

- Grundkonzept
- Einstellung der Peaklage
- Einstellung der Peakbreite
- Funktionstest
- Transport in porösen Multischichten
- **Das optische Gesamtsystem**
- Zusammenfassung



Das optische Gesamtsystem



$$S_{system} = \frac{\delta n}{\delta A} \cdot \frac{\delta \lambda}{\delta n} \cdot \frac{\delta I_{meas}}{\delta \lambda}$$

- $\frac{\delta n}{\delta A}$ ist die Veränderung des Brechungsindex, die durch die Änderung der Analytkonzentration (A) verursacht wird
- $\frac{\delta \lambda}{\delta n}$ ist die Rotverschiebung des Spektrums verursacht durch die Brechungsindexänderung
- $\frac{\delta I_{meas}}{\delta \lambda}$ ist die Veränderung der relativen Reflektionsintensität für die einzelnen LEDs verursacht durch die Rotverschiebung

$$I_{meas} = \int_0^{\infty} I_{LightSource}(\lambda) \cdot R_{PSML}(\lambda) \cdot D(\lambda) d\lambda$$

Zusammenfassung

- Einstellung der Peaklage und Peakbreite der optischen Multischichten wurden untersucht
- Breitbandiger optischer Filter wurde realisiert
- Validierungen der optischen Multischichten am ILM ULM wurde durchgeführt
- Oberflächenstabilisierung des porösen Silizium und Langzeitstabilität wurden untersucht
- Transport in porösen Multischichten wurde untersucht
- Eigenschaften des optischen Sensorsystems wurden bestimmt



Literatur

Literatur (Auswahl):

- [1] S. Chan, P. M.Fauchet, Y.Li and L. J. Rothberg, "Nanoscale Microcavities for Biomedical Sensor Application", In Micro and Nanotech. for Biomedical and Environmental Appl., Proc. of SPIE Vol. 3912, pp 23-34, 2000.
- [2] C.Mazzoleni, L.Pavesi, "Application to optical components of dielectric porous silicon layers", Appl. Phys. Lett 67(20), pp 2983-2985, 1995.
- [3] M.Ghulinyan, C.J.Oton, Z.Gaburro, P.Bettotti, L.Pavesi, "Porous silicon free-standing coupled microcavities", Appl. Phys. Letters, Volume20, pp 1550-1552, 2003.
- [4] V.Torres-Costa, R.J. Martin-Palma, J.M.Martinez-Durat, "Optical characterization of porous silicon films and multilayer filters", Appl. Phys.A79, pp 1919-1923, 2004.
- [5] V. Torres-Costa, F. Agullo-Rueda, R.J.Martin-Palms, J.M.Martinez-Duart, "Porous silicon optical devices for sensing applications" Optical materials 27, pp 1084-1087, 2005.
- [6] A.Loni, L.T.Canham, M.G.Berger, R.Arens-Fischer, H.Munder, H.Luth, H.F. Arrand, T.M.Benson, "Porous silicon multilayer optical waveguides" , Thin solid films 276 (1996), pp 143-146.
- [7] J.Volk, M.Fried, A.L. Toth, I.Barsony, "The ideal vehicle for optical model development: Porous silicon multilayers", Thin Solid Films 455-456 (2004) , pp 535-539.
- [8] Young-You Kim, Ki-Won Lee, Sugie Shim, Shin-HHO Yang and Seon-Hwa Park, "Photoluminescent Region in a Porous Silicon Layer" Journal of the Korean Physical Society, Vol. 43, No. 1, July 2003, pp 170-173.
- [9] Andreas Janshoff, Keiki-Pua S.Dancil, Claudia Steinem, Douglas P.Greiner, Victor S.-Y. Lin, Christian Gurtner, Kianoush Motesharei, Michael j.Sailor, and M.Reza Ghadiri, "Macroporous p-type Silicon Fabry-Perot Layers. Fabrication, Characterization, and Application in Biosensing" Journal of American Chemical Society.1998, 120, pp 12108-12116.
- [10] Danilo R.Huanca, Francisco J. Ramirez-Fernandez, Walter J. Salcedo, " Porous silicon optical cavity structure applied to high sensitivity organicsolvent sensor" Microelectronics Journal 39 (2008) 499-506.
- [11] Andrea Edit Pap, Krisztian Kordas, Jouka Vähäkangas, Antti Uusimäki, Seppo Lappävuori, Laurent Pilon, Sandor Szatmari, "Optical properties of porous silicon. Part III: comparision of experimental and theoretical results" A.E. pap et al. / optical materials 28 (2006), pp 506-513
- [13] L.Pavesi, V.Mulloni, "All porous silicon microcavities: growth and physics", Journal of Luminescence 80 (1999), pp 43-52.
- [14] Huimin Ouyang and Philippe M.Fauchet, "Biosensing using porous silicon Photonic Bandgap Structures", SPIE Optics East 2005, 23 October 2005, Boston, MA, USA.
- [15] M.S.Salem, M.J.Sailor, K.Fukami, T.Sakka and Y.H.Ogata, "Sensitivity of porous silicon rugate filters for chemical vapor detection", Journal of Applied Physics 103, 083516 (2008).
- [16] M.S.Salem, M.J.Sailor, T.Sakka and Y.H.Ogata, "Electrochemical preparation of a rugate filter in silicon and its deviation from the ideal structure", Journal of Applied Physics 101, 06353 (2007).
- [17] S. Ilyas, T. Böcking, K. Kilian, P. J. Reece, J. Gooding, K. Gaus and M. Gal, " Porous silicon based narrow line-width rugate filter", Optical Materials 29, pp. 619-622, 2007
- [18] H. Ouyang and P. M. Fauchet, "Biosensing using Porous Silicon Photonic Bandgap Structures, Photonic crystals and Photonic Crystal fibers for sensing applications, in Photonic crystas and Photonic crystal fibers for Sensing Applications,Proceedings of SPIE, pp.600508 1-15, 2005
- [19] N. Koshida, "Porous silicon optical Label-free Biosensors" in Device application of Silicon Nanocrystals and Nanostructurs, 2009

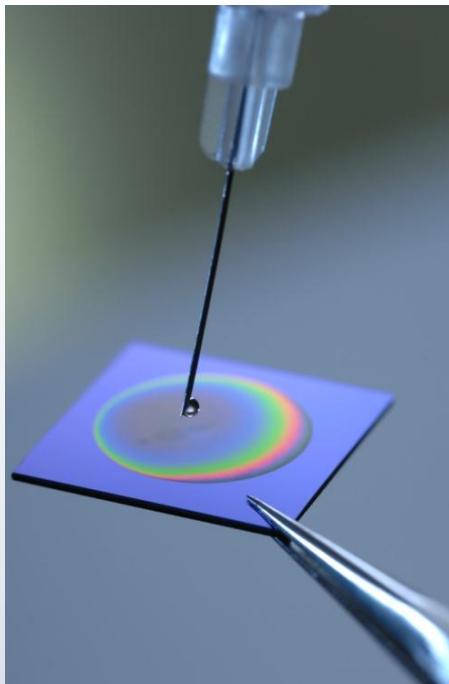


Literatur

Eigene projektrelevante Veröffentlichungen:

- A. Kovacs, P. Jonnalagadda, X.Y. Meng, U. Mescheder: Entwicklung und Charakterisierung von optischen Multischichten aus porösem Silizium für biosensorische Anwendungen, Mikrosystemtechnik-Kongress 2009, pp. 333-336, 12.-14. Oktober 2009 Berlin
- A. Kovacs, P. Jonnalagadda, X. Y. Meng, U. Mescheder: Characterization of porous silicon based optical sensor system for biosensor applications, The 8th Annual IEEE Conference on Sensors, IEEE SENSORS 2009 Conference, pp. 21-26, 25-28 October 2009, Christchurch, New Zealand
- U. M. Mescheder, P. Jonnalagadda, A. Kovacs, X. Meng: Optischer Biosensor mittels selbstorganisierter nanostrukturierter Multilayerschichten, GMM-Fachbericht, Mikro-Nano-Integration Workshop, 3.-4. März 2010, Erfurt, Seite 105-110
- A. Kovacs, U. Mescheder, P. Jonnalagadda und X. Meng: Optisches Messsystem für biosensorische Anwendungen, 15. ITG-/GMA-Fachtagung "Sensoren und Messsysteme 2010", 18-20.05.2010, Nürnberg, Germany
- A. Kovacs, P. Jonnalagadda, U. Mescheder: Optoelectrical detection system using porous silicon based optical multilayers, IEEE SENSORS Journal, Vol. 11, No. 10, October 2011, pp. 2413-2420
- A. Kovacs, U. Mescheder: Transport in nanostructured porous silicon layers, Eurosensors 2011, Eurosensors 2011, September 4-7 2011, Athens, Greece, Proc. Eugineering 25 (2011) 1569-1572
- U. Mescheder, A. Kovacs, A. Ivanov: Electro-optical Biosensor Based on Nanostructured Multilayers, Kando Conference, Nov 17-18, 2011, Budapest, Hungary
- A. Kovacs, U. Mescheder: Transport Mechanisms in Nanostructured Porous Silicon Layers for Sensor and Filter Applications, Sensors and Actuators B 175 (2012) 179–185, DOI: 10.1016/j.snb.2012.03.006
- A. Kovacs, W. Kronast, A. Filbert, U. Mescheder: Transport in Surface Passivated Porous Silicon Membranes, PRIME 2012, Pacific RIM Meeting on Electrochemical and Solid-state Science, October 7-12/2012, Honolulu, Hawaii, USA
- A. Kovacs, A. Ivanov, U. Mescheder: Oberflächenstabilisierung nanostrukturierter poröser Siliziumschichten für sensorische Anwendungen, 4. GMM Workshop Mikro-Nano-Integration, 12-13. November 2012, Berlin





**Vielen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit!**

Kontakt:

Prof. Dr. Ulrich Mescheder

Tel.: +(49) 7723 920 2232

Email: mes@hs-furtwangen.de

Dr. Andras Kovacs

Tel.: +(49) 7723 920 2516

Email: kov@hs-furtwangen.de

ZAFH-Photonⁿ

Project funded by Europe Union European Regional Development Fund and the state of Baden- Württemberg



gefördert durch die Europäische Union
Europäischer Fonds für regionale Entwicklung
und das Land Baden-Württemberg

