

Weit abstimmbare optische Filter um 1550 nm basierend auf $\text{SiO}_x\text{-SiC}_z$ MEMS-DBR



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

J. Cesar, F. Küppers, T. Kusserow

Motivation

- Wachsende optische Datenübertragung und spektroskopische Messverfahren benötigen kleine energieeffiziente weit abstimmbare Bauteile.
- **Elektrothermisch** abstimmbare **Fabry-Pérot Filter** basierend auf $\text{SiO}_x\text{-SiC}_z$ DBR Spiegeln
- Hohe **Reflektivität** durch große **Brechungsindexdifferenz** ($n_{\text{SiO}_2,1550\text{nm}} = 1,45$; $n_{\text{SiC}_z,1550\text{nm}} = 2,45$)
- Hohe **Finessen** der Kavität möglich
- Verringerung der Bauteilgröße durch **Reduktion der Schichtanzahl** und lateraler Maße
- Prozesskompatibilität durch **PECVD** Abscheidung von SiO_x und SiC_z bei $<100^\circ\text{C}$

Bisherige Arbeiten

- VCSEL ($\text{SiO}_x\text{-SiN}_y$ DBR)
 - Paul et al., *10-Gb/s direct modulation of widely tunable 1550-nm MEMS VCSEL*, IEEE Journal on Selected Topics in Quantum Electronics, 2015
- Photodioden ($\text{SiO}_x\text{-SiN}_y$ DBR)
 - Cesar et al., *Surface Micromachined MEMS-Tunable PIN-Photodiodes around 1550-nm*, in CLEO, 2017
- Filter ($\text{SiO}_x\text{-SiN}_y$ DBR)
 - Paul et al., *Vortex-MEMS filters for wavelength-selective orbital-angular-momentum beam generation*, in SPIE Photonics, 2017

Funktionsweise

- **Fabry-Pérot** Resonator mit breitbandigen, hochreflektiven Spiegeln
- **Resonante** Wellenlänge bestimmt durch Abstand der beiden Spiegel
- Spiegelabstand kann durch **elektrothermische** Ausdehnung vergrößert werden. Modulation des MEMS Stroms I_M von 200 Hz möglich.
 - **Kontinuierlich abstimmbares** Filter
- Ein- und Auskopplung durch **Glasfasern** mit Kollimatoren
- Substrattemperatur **stabilisiert**
- Strukturierung durch **Oberflächen Mikromechanische** Verfahren
 - **2D Array**
 - on-wafer testen
 - Massenfertigung möglich
- Dicke DBR $< 2,8 \mu\text{m}$
- Apertur $\varnothing = 50 \mu\text{m}$
- Luftspalt L_{air} ca. $10 \mu\text{m}$

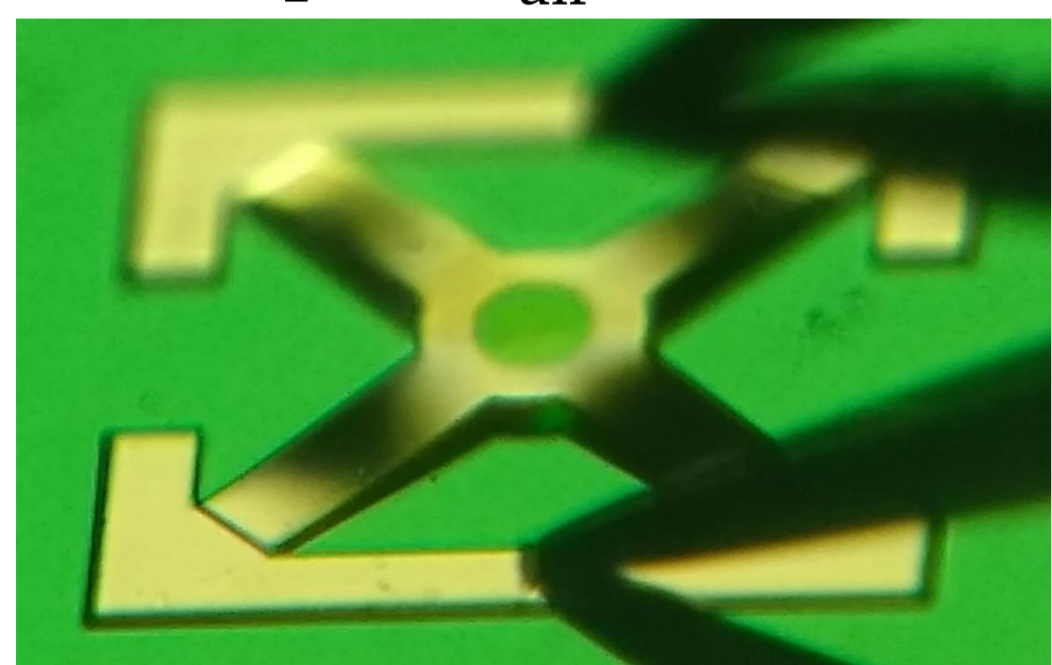
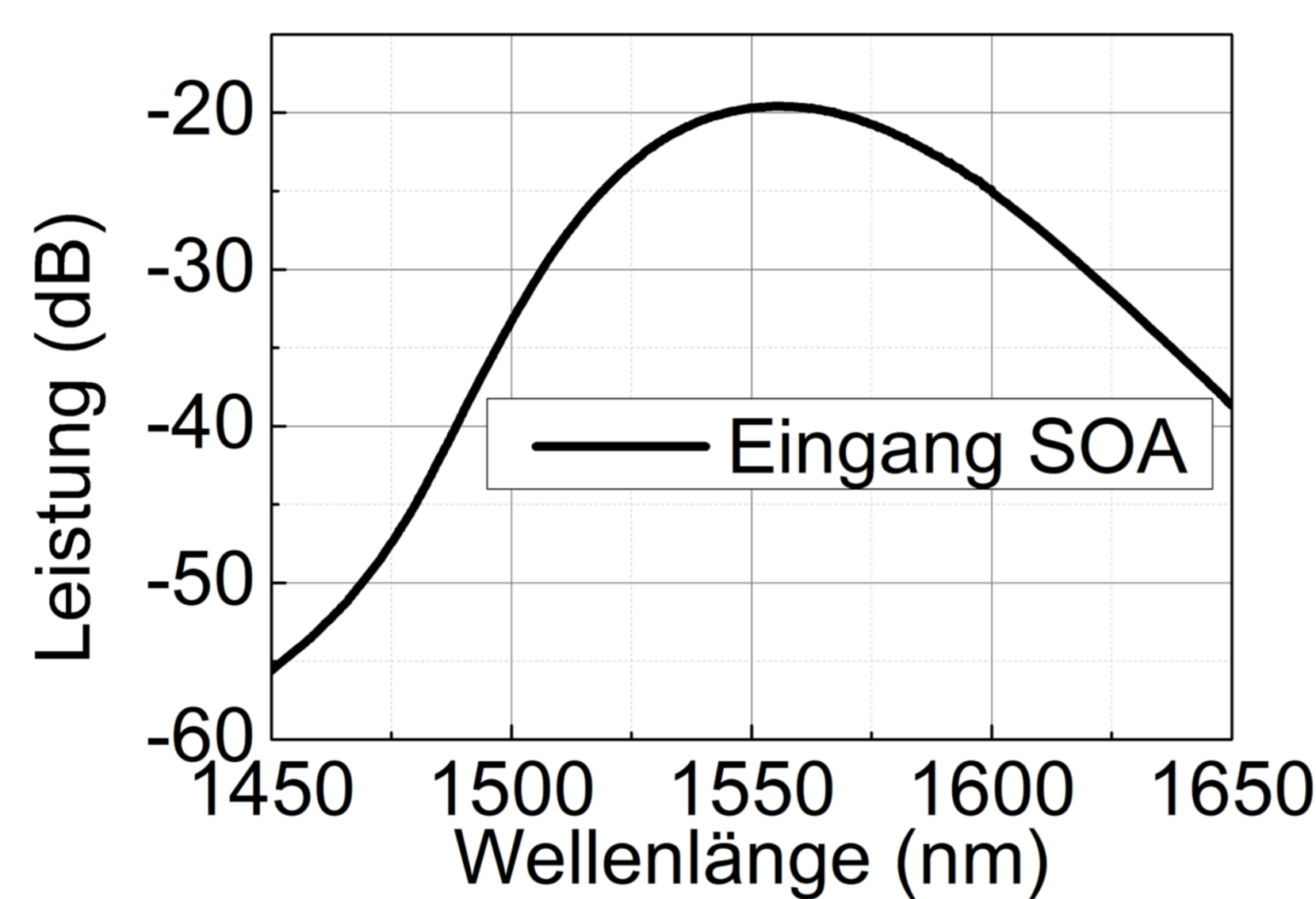
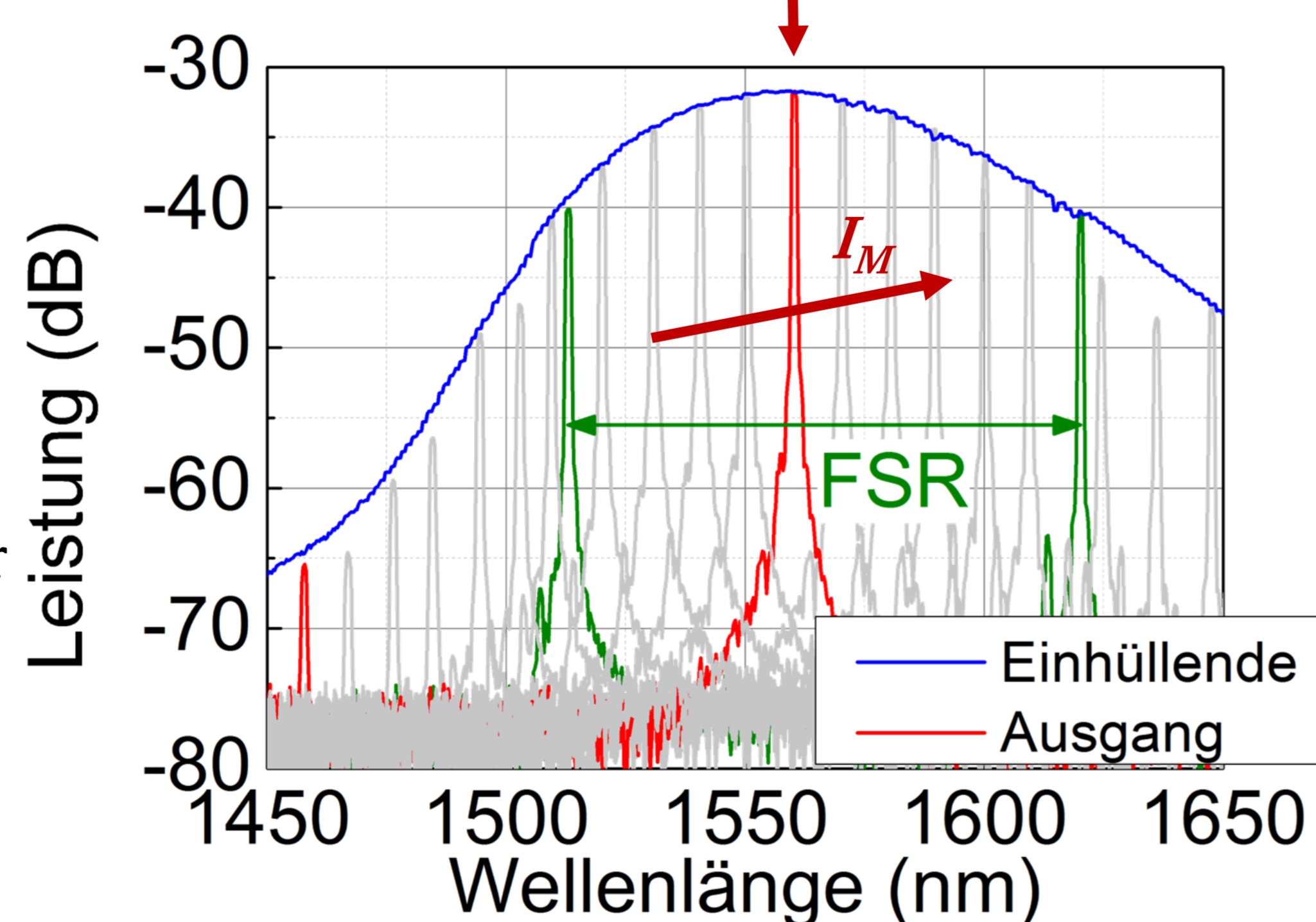
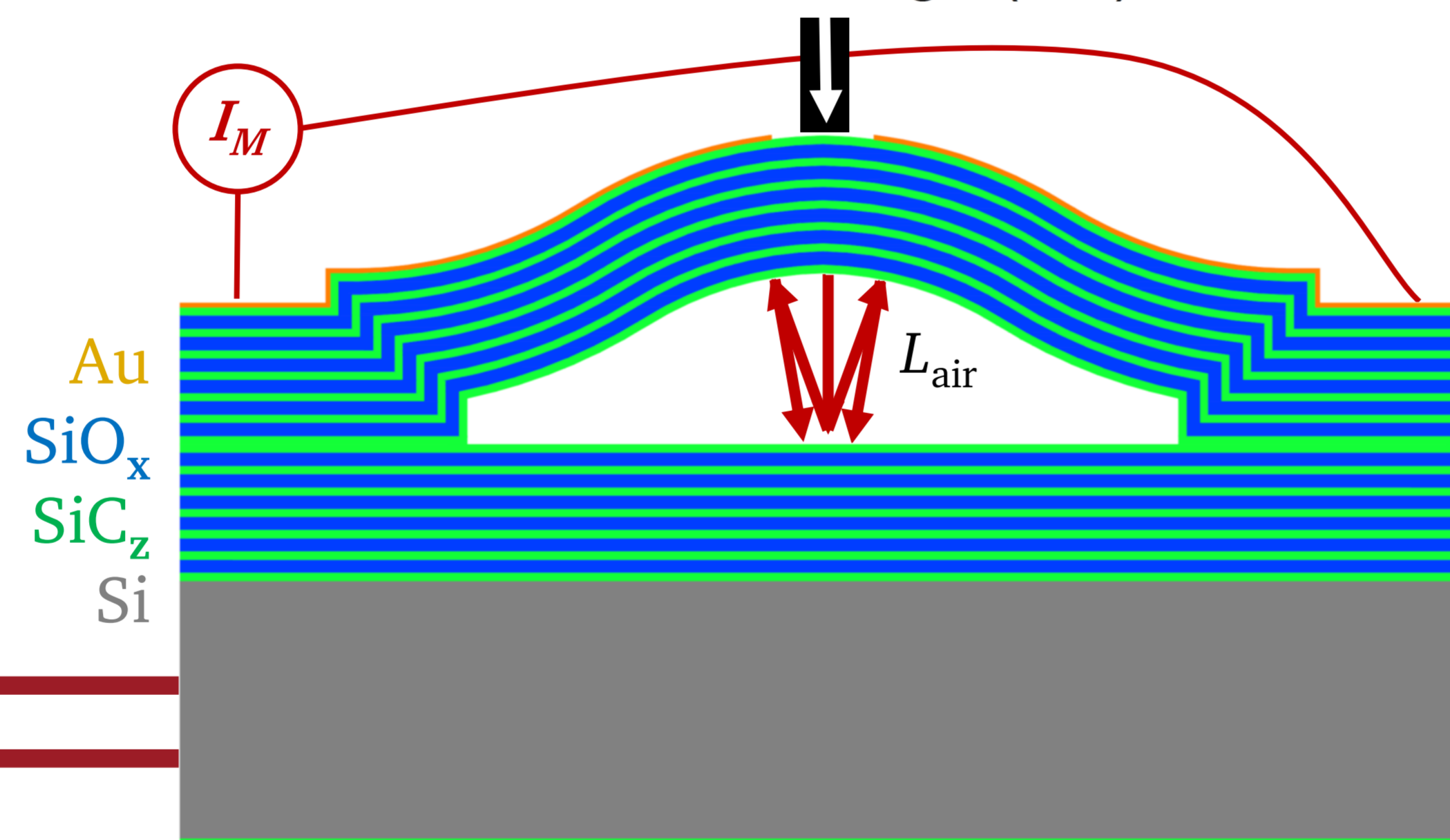


Foto: Kontaktiertes Filter



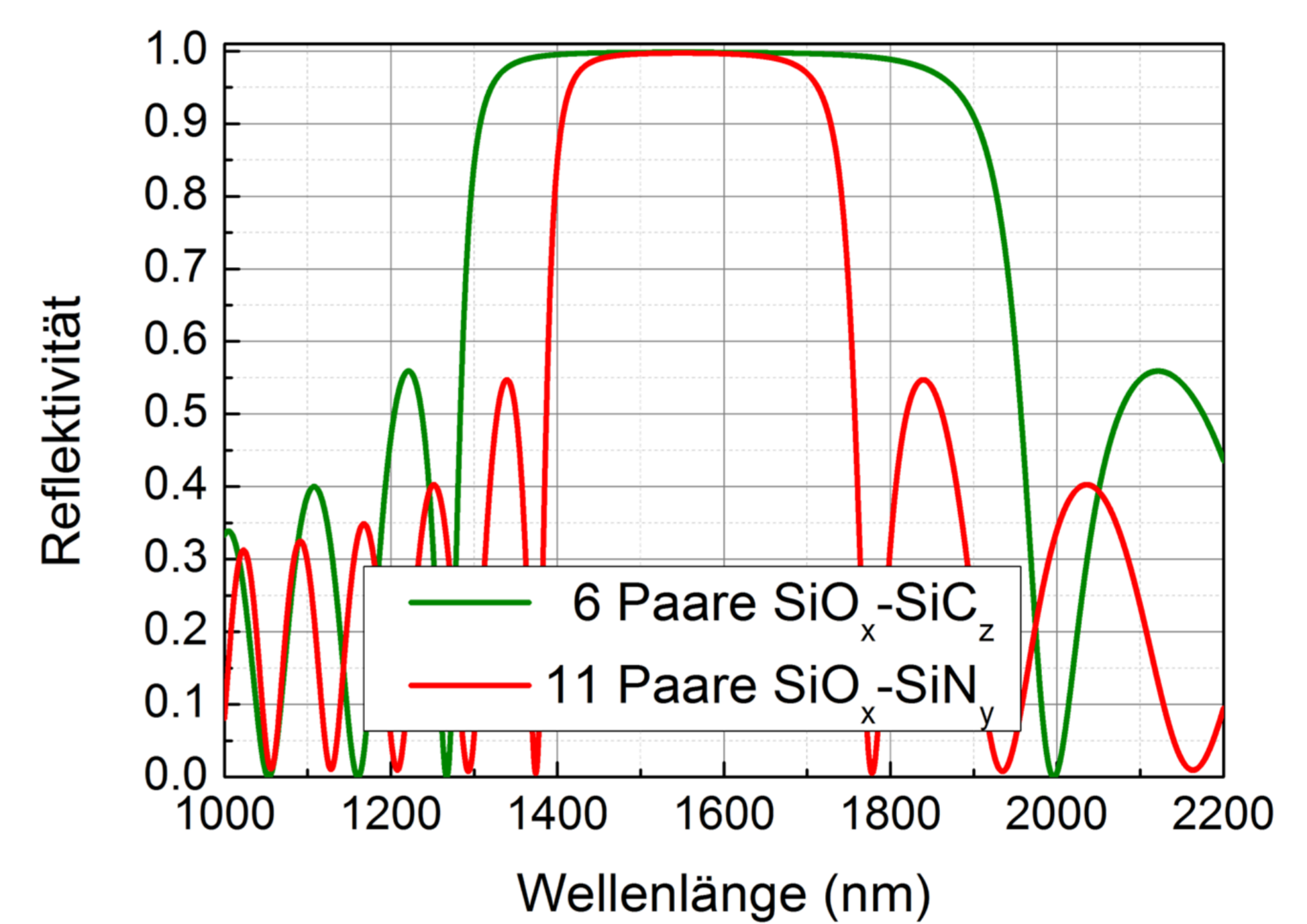
- Materialeigenschaften SiC_z**
- **Amorphe**, dielektrische Schichten
 - **Youngs Modul 20 GPa**
 - **Poission Verhältnis 0,25**
 - **Schichtstress -150 bis -300 MPa** (kompressiv)

Ergebnisse

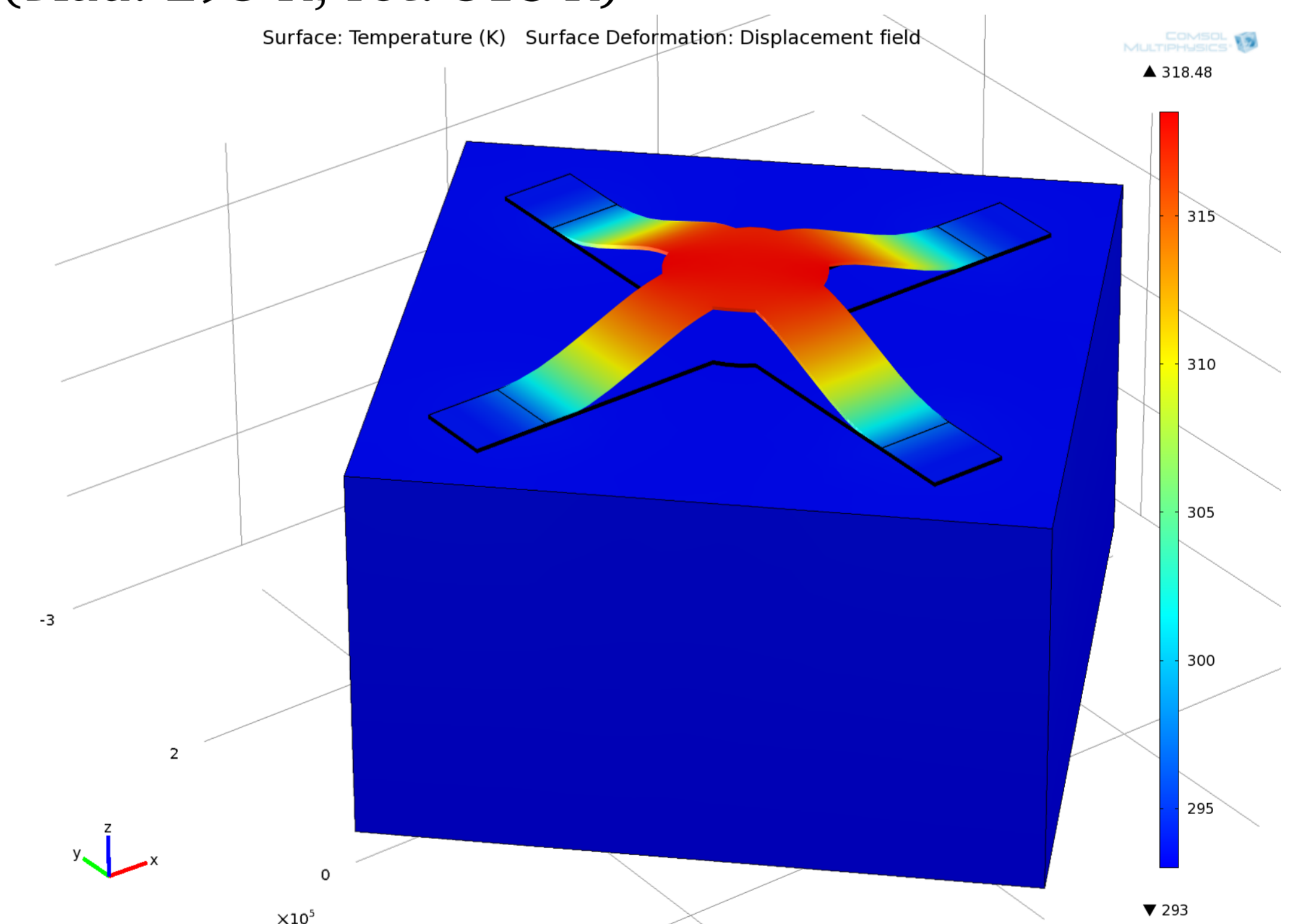
- Spektrale Eigenschaften**
- **FSR = 107,3 nm** bei $L_{\text{air}} = 10 \mu\text{m}$; $T = 20^\circ\text{C}$
 - Longitudinale Ordnung $m = 14$ für TEM_{00}
 - **Auslenkung** von ca. 750 nm für FSR Bereich
 - Kontinuierlich abstimmbar
 - **FWHM** $< 0,1 \text{ nm}$
 - **Finesse** von 1500
 - **SMSR** $> 25 \text{ dB}$
 - **Anpassung** von FSR und Bandbreite je nach Anwendung möglich
 - **Verluste** durch
 - Ein/Auskopplung
 - Prozessbedingte Abweichungen

Simulationen

- **Reflektivität** eines $\text{SiO}_x\text{-SiC}_z$ DBRs auf Si bestimmt durch Transfer Matrix Methode
- **Stopband** von $\text{SiO}_x\text{-SiC}_z$ DBR deutlich breiter bei weniger Schichtpaaren i.Vgl. zu $\text{SiO}_x\text{-SiN}_y$ DBR



- Verformung der MEMS mittels **Comsol** simuliert
 - (electric currents, heat transfer, solid mechanics)
- Verformung und Temperatur bei $I_M = 50 \text{ mA}$ (blau: 293 K ; rot: 318 K)



Ausblick

- **Variable Geometrie** für Filter
- Abstimmbare **VCSEL** für optische Datenübertragung
- Abstimmbare **Photodioden**
- **Elektrostatische** Auslenkung
- Vortrag bei **CLEO/Europe-EQEC 2019** Sonntag 23.06. 18:30 Uhr Raum 6 Halle A1 (CI-4.3) „ SiC-SiO_2 MEMS-DBR based widely tunable optical filters around 1550 nm with narrow FWHM”