



Bachelorarbeiten auf dem Gebiet der integrierten Optik (Silizium-Photonik)

-
in der Gruppe “Silicon to Light”
des ZIK SiLi-nano®

Jun.-Prof. Dr. Jörg Schilling

ZIK SiLi-nano®, Martin Luther University Halle (Saale)

Vorteile von Silizium :

- + geringe Absorption im nahen Infrarot – kompatibel mit Faseroptik im Spektralbereich $1,3\mu\text{m} < \lambda < 1,6\mu\text{m}$ (Telekom)
- + hoher Brechungsindex von $n_{\text{Si}} \sim 3,5$ im IR – schmale Wellenleiter und kleine Wellenleiterbiegeradien ($< 5\mu\text{m}$) möglich – kompakte optische „Schaltungen“ möglich
- + Erfahrung bei Strukturierung von Si aus Mikroelektronik
- + Direkte Kompatibilität von Siliziumphotonik mit Siliziumelektronik (CMOS)

Nachteile von Silizium :

- Si ist indirekter Halbleiter – äußerst schwache Lumineszenz – keine effiziente siliziumbasierte Lichtquelle
- kein $\chi^{(2)}$ (optische Nichtlinearität zweiter Ordnung) – kein elektrooptischer Effekt, keine Differenzfrequenzerzeugung – kein einfacher Modulator, kein einfacher OPO

Strategie

Optimierung der optischen Eigenschaften von Silizium durch Mikro- und Nanostrukturierung

- erhöhte Emission durch Nanokristalle
- erhöhte Emission durch Purcell-Faktor

Kombination von Silizium mit Materialien mit komplementären optischen Eigenschaften

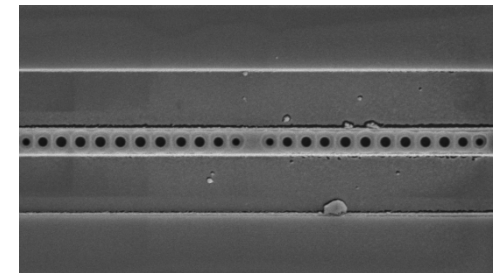
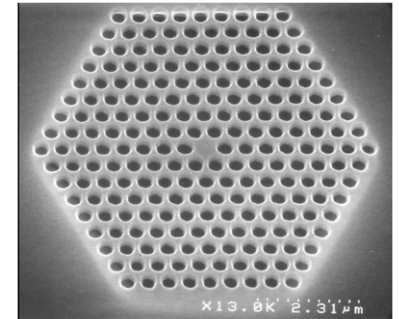
- Hybrid-Wellenleiter (nichtlin. opt. Material / Si)

Wichtigstes Hilfsmittel: Mikroresonatoren

Liefern starke Feldüberhöhung durch Lichtkonzentration in kleinem Volumen (hoher Q-Faktor)



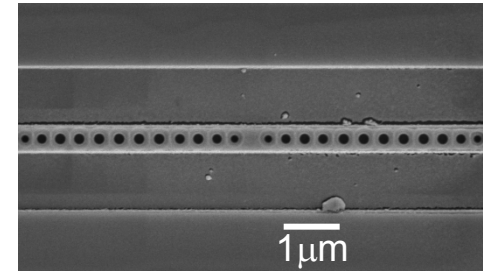
Wichtig für effiziente nichtlinear optische Effekte



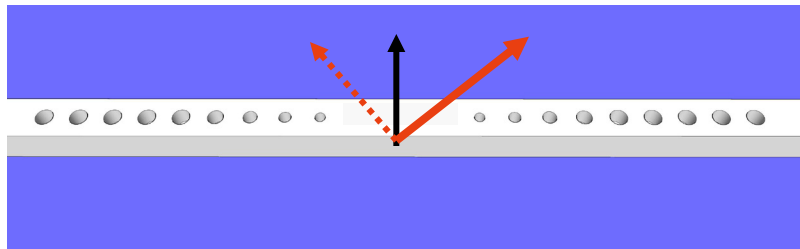
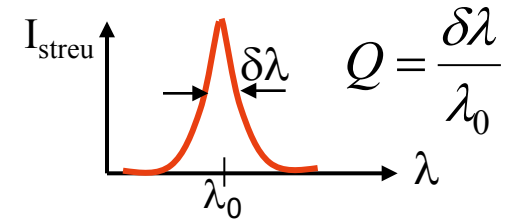
Optische Charakterisierung von Si Mikroresonatoren

Aufgaben:

1) Herstellung von einfachen Wellenleiterresonatoren und komplexeren „nanobeam“- Mikroresonatoren mittels fokussiertem Ionenstrahlbohren (Zusammenarbeit mit Fraunhofer Institut)



2) Bestimmung der optischen Q-Faktoren (Intensitätsüberhöhung) durch Messung des resonant gestreuten Lichtes



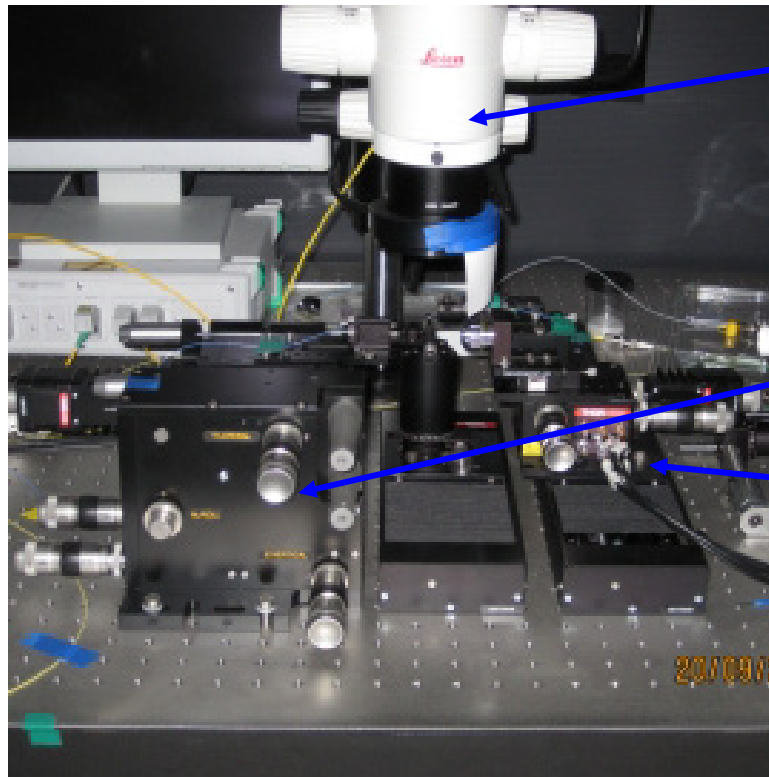
Polarisation des einfallenden (anregenden) Lichtes

Polarisation der Resonanz

Polarisation des detektierten Streulichtes aufgrund der Resonanz

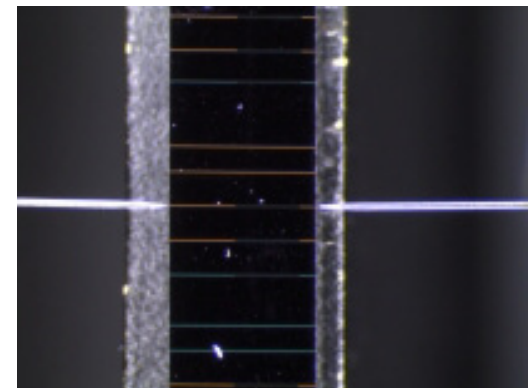
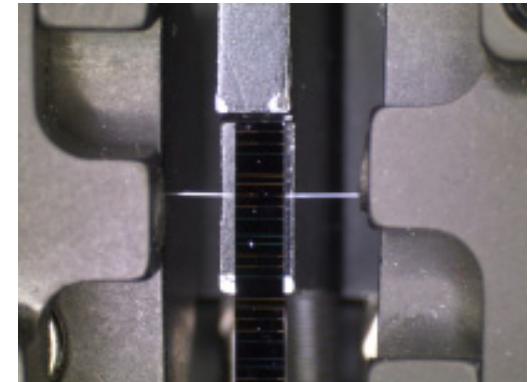
3) Optische Charakterisierung durch Transmissionsmessung mit Fasereinkopplung

- Durchstimmbarer Faserlaser (1480nm – 1630nm)
- Spotgröße am Faserende ca. $3\mu\text{m}$



Stereolupe zur Beobachtung

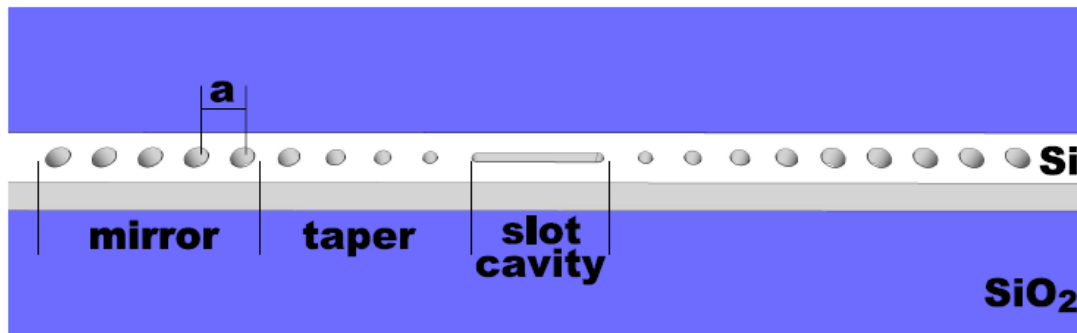
Piezostellische zur Faserjustierung in x,y,z



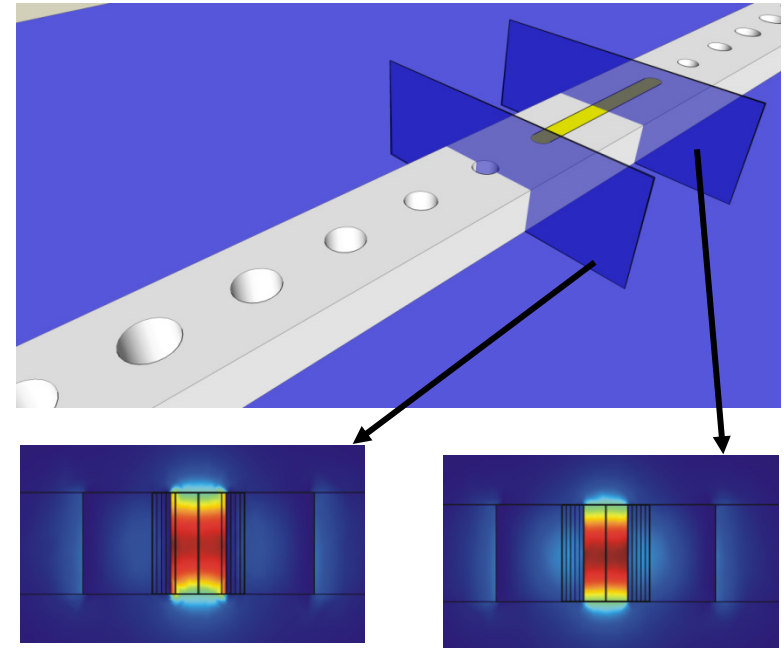
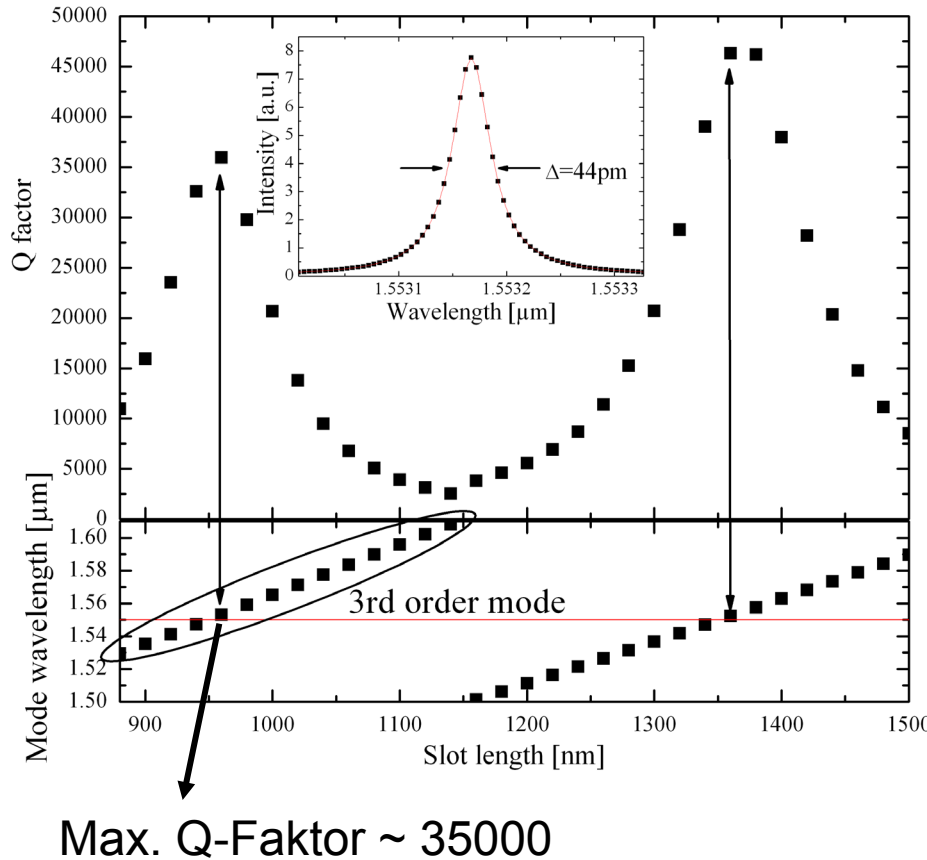
Design von „nanobeam“-Mikroresonatoren mit hohen Q-Faktoren

Aufgabe: Optimieren der Porenanpassungsregion („taper“), um hohe Q-Faktoren zu erreichen und Modenvolumen relativ klein zu halten

- Optimierung der Spiegelreflexion
- Untersuchung von Abstrahlverlusten beim Übergang des Lichtes im Bereich „mirror-taper-cavity“
- Testen alternativer Porenanpassungen, die über lineare Anpassung hinausgehen



Nutzung von vorhandener finite-Elemente Software (COMSOL) und Finite-Differenzen Methode (FDTD) zur Berechnung theoretischen Transmissionsspektren und Q-Werte



Darstellung der Modenprofile (E-Feld) erlaubt Rückschlüsse auf Intensitätskonzentration