Interferometerbasierter Evanescent-Field-Sensor

Diplomand

Marco Roth

Einleitung: Optische Sensoren zur Messung der Brechzahl gelten heute als Schlüsseltechnologie für zahlreiche Anwendungsgebiete.
Wellenleiterbasierte Mach-Zehnder Interferometer (MZI) zählen zu den zentralen Bauelementen solcher Sensorsysteme. Sie bilden die Grundlage für Evanescent-Field-Sensoren, die insbesondere in der Biosensorik verbreitet sind. Dabei ermöglicht die Wechselwirkung des evaneszenten Felds eines oberflächennah geführten Wellenleiters mit einer Probeflüssigkeit die Bestimmung von deren Brechungsindex. Das Femtosecond Laser Direct Writing (FLDW) in Glassubstraten stellt eine vielversprechende Technologie für die Herstellung solcher integrierter Sensorstrukturen dar.

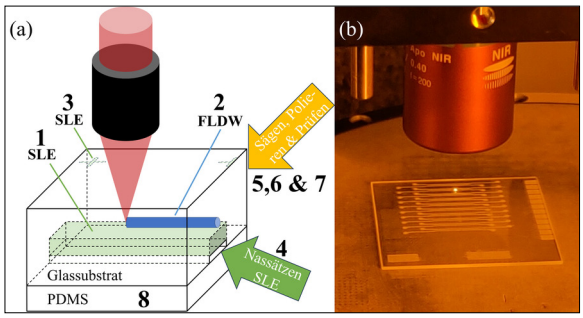
Ziel dieser Arbeit ist die Realisierung eines Demonstrators für einen lasergeschriebenen Evanescent-Field-Sensor, der auf einem MZI in einem Glassubstrat basiert. Dies umfasst die Entwicklung eines Herstellungsprozesses und geeigneter Schnittstellen zum Ein- und Auskoppeln von Licht sowie die Qualifizierung des Systems.

Vorgehen: Zur Auslegung der Wellenleiter-Komponenten und des kompletten Sensors wurde zunächst ein umfassendes Simulationsmodell entwickelt. Für die Realisierung des Sensorpackages wurden verschiedene Lösungsansätze erarbeitet und getestet. Auf Basis des gewählten Gesamtkonzepts wurden anschliessend mehrere Sensoren hergestellt und charakterisiert. Die Messungen erfolgten mit Probeflüssigkeiten mit definierten Brechungsindizes, darunter Lösungsmittel und Glycerin-Wasser-Gemische.

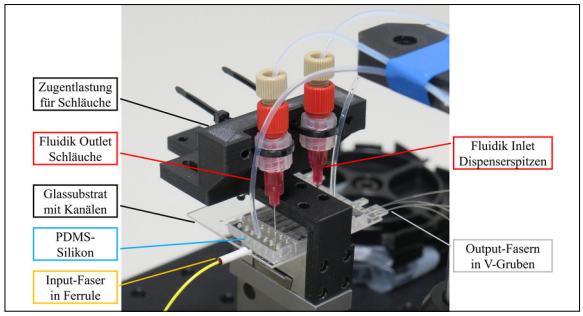
Ergebnis: Es gelang, mehrere hergestellte Glassubstrate erfolgreich zu funktionsfähigen Demonstratoren aufzubauen. Die Kombination eines 2×2-Interferometeraufbaus mit durch Selective Laser-Induced Etching (SLE) erzeugten Fluidikkanälen erwies sich dabei als geeigneter Herstellungsansatz für Evanescent-Field-Interaktionsstellen. Die Anbindung einer optischen Faser mittels einer Keramikferrule bot eine geeignete und robuste Lösung für die Einkopplung des Lichts.
Das Verkleben von Fasern in in das Substrat integrierte V-Gruben stellte sich zudem als zuverlässige Methode für die Auskopplung heraus. Verbesserungspotenzial zeigte sich insbesondere bei der Reproduzierbarkeit der Interaktionsstellen und der Abdichtung der Fluidikkanäle mit PDMS-Silikon.

Die Messungen bestätigten die erwartete Veränderung der Ausgangssignale in Abhängigkeit von der Brechzahl der Probeflüssigkeiten. Mit einem Sensorexemplar konnte eine minimale Brechzahldifferenz von Δn=0.073 gegenüber deionisiertem Wasser zuverlässig detektiert werden. Das übergeordnete Ziel dieser Arbeit wurde durch die erfolgreiche Herstellung und Charakterisierung der Sensoren erreicht. Für künftige Anwendungen in der Biosensorik wird eine Optimierung der Sensoren hinsichtlich ihrer Sensitivität empfohlen.

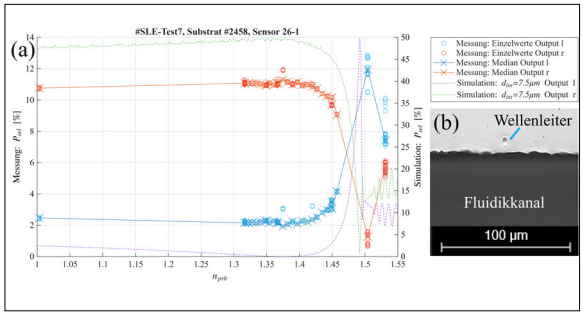
Herstellung der Sensoren: (a) Veranschaulichung der ersten Prozessschritte (b) Substrat während Schritt 2 (FLDW)
Eigene Darstellung



Kompletter Sensor-Aufbau als Demonstrator
Eigene Darstellung



a) Messung der Sensor-Ausgangsleistung in Abhängigkeit vom Probenbrechungsindex b) Querschnitt einer Interaktionsstelle
Eigene Darstellung



Referent
Prof. Dr. Markus Michler

Korreferent
Nikolaus Flöry, vario-optics ag, Heiden

Themengebiet
Photonics, Sensor, Actuator and Communication Systems, Innovation in Products, Processes and Materials - Industrial Technologies