

Evaluation eines polymerbasierten, spritzgegossenen Arrayed Waveguide Grating Demonstrators für den Einsatz in der optischen Kurzstreckenkommunikation

Katharina Strathmann, Sebastian Smarzyk, Matthias Haupt

Jade Hochschule, Friedrich-Pafrath-Str. 101, 26389 Wilhelmshaven

[mailto: katharina.strathmann@jade-hs.de](mailto:katharina.strathmann@jade-hs.de)

Wellenlängenmultiplexing (WDM) auf Basis eines Arrayed Waveguide Grating (AWG) ist als Schlüsseltechnologie zur Erhöhung der Datenrate in der glasfaserbasierten optischen Kommunikation kommerziell etabliert. Zum Einsatz in der polymerbasierten optischen Kommunikation ist aufgrund abweichender Materialeigenschaften ein komplettes Neudesign erforderlich.

1 Einführung

Optische Polymerfasern (Plastic Optical Fiber, POF) finden Anwendung in der optischen Kurzstreckenkommunikation. Im Unterschied zur optischen Langstreckenkommunikation via Optischer Glasfaser (Glass Optical Fiber, GOF) sind via POF bislang nur Übertragungen mit geringer Datenrate möglich. Bei Nutzung von GOF wird die Datenrate durch simultane Übertragung mehrerer Kanäle auf einer einzigen Faser, beispielsweise mittels Wellenlängenmultiplexing (Wavelength Division Multiplexing, WDM), signifikant erhöht. Entsprechende Funktionsbauteile sind für die GOF bestens etabliert und kommerziell verbreitet, für die POF jedoch nicht verfügbar. Dies ist in den deutlich voneinander abweichenden optischen Eigenschaften von Glas und Polymeren begründet. Nicht nur die verwendete Wellenlänge, sondern auch die verwendeten Faserdurchmesser unterscheiden sich erheblich. Im Gegensatz zur Glasfaser wird die Polymerfaser dadurch ausschließlich multimodal betrieben. In der Folge ist eine komplette Neuauslegung des optischen Bauteils erforderlich.

Hier setzt das Projekt „Opti-AWG 3D“ der Jade Hochschule an, in dessen Rahmen ein WDM-Bauteil auf Basis eines Arrayed Waveguide Grating (AWG) für POF entwickelt wird. Nach Durchführung umfangreicher Simulationen erfolgt die Herstellung eines Demonstrators, dessen Funktion mit der Simulation verglichen wird. Diese Veröffentlichung befasst sich mit der Validierung der Strahlaufweitung.

2 Wellenlängenmultiplexing (WDM)

Wellenlängenmultiplexing bezeichnet ein Verfahren zur simultanen Übertragung mehrerer Datenkanäle (welche jeweils einer Wellenlänge entsprechen) über eine einzige Faser. Hierzu werden, wie in Abbildung 1 dargestellt, mehrere Datenkanäle (ausgehend von mehreren separaten optischen Fasern) auf einer einzelnen Faser mittels Multiplexer „WDM MUX“ kombiniert. Anschließend erfolgt die

Wiederauftrennung der zuvor kombinierten Kanäle mittels Demultiplexer „WDM DEMUX“.

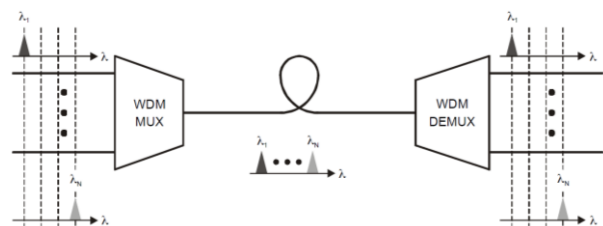


Abbildung 1: Illustration des WDM-Prinzips [1]

Verschiedene Ansätze wie Filter [2], Prismen [3], Gitter [2,3,4] oder AWG [5,6] kommen zur Realisierung der benötigten Bauteile infrage.

3 Arrayed Waveguide Grating (AWG)

Ein AWG ist ein Bauteil, welches die Auftrennung polychromatischen Lichts in seine Anteile ermöglicht und damit als Demultiplexer eingesetzt werden kann. Abbildung 2 veranschaulicht das Funktionsprinzip eines AWG: Polychromatisches Licht tritt aus einer einzelnen Faser aus (1), wird aufgeweitet (2) so dass ein Array aus Wellenleitern zu identischen Anteilen beleuchtet wird (3). Aus dem Array austretendes Licht weist aufgrund unterschiedlich langer Wellenleiter eine Phasendifferenz zueinander auf, wodurch unterschiedliche Wellenlängen an verschiedenen Orten konstruktiv interferieren (4) und in separaten Fasern weitergeführt werden können (5).

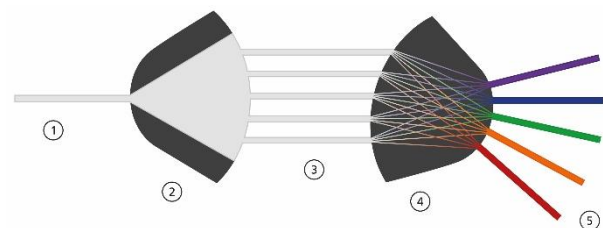


Abbildung 2: Illustration des AWG-Prinzips (1: Eingangsfasern, 2: Strahlaufweitung, 3: Faserarray, 4: Interferenzregion, 5: Ausgangsfasern)

4 Validierung der Simulation (Strahlaufweitung)

Zur Validierung durchgeführter Simulationen der Strahlaufweitung kam ein an der Jade Hochschule entwickeltes Goniometer [7] zum Einsatz. Hiermit wurden Messungen winkelabhängiger Intensitätsverteilungen am Ausgang der Strahlaufweitung bei vier verschiedenen Wellenlängen (470 nm, 528 nm, 590 nm, 645 nm) und sonst identischen Bedingungen durchgeführt. Der Sensor des Goniometers bewegt sich hierzu um das aus PMMA gefertigte und mit einer POF an die Lichtquelle fasergekoppelte Probestück herum.

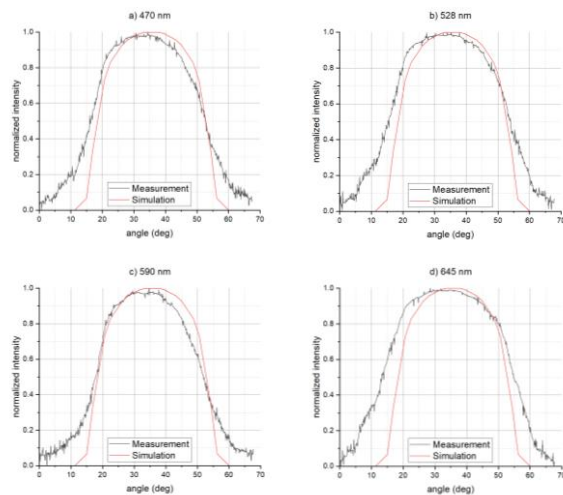


Abbildung 3: Darstellung der simulierten sowie gemessenen Intensitäten bei 470 nm, 528 nm, 590 nm, 645 nm.

Abbildung 3 zeigt den Vergleich simulierter und gemessener Intensitäten bei vier untersuchten Wellenlängen. Die Kurvenformen stimmen weitestgehend überein – allen Kurven gemein ist ein breiter zentraler Bereich mit hoher Intensität, sowie ein steiler Abfall zu den Seiten, wobei die simulierten Kurven steiler abfallen. Auffällig ist die Verschiebung jeweils zwischen simulierter und gemessener Kurve. Dieser Offset ist bedingt durch die Konstruktion des Goniometers: Obwohl die Position des Sensors kalibriert und infolgedessen genau erfasst wird, kann die exakte Positionierung der Probe im Goniometer derzeit noch nicht gewährleistet werden. Hierdurch ergibt sich ein Offset zwischen Probenplatzierung und kalibriertem Koordinatensystem des Goniometers. Obwohl diesbezüglich Verbesserungen am Goniometer notwendig sind, bestätigen die Messungen die Simulationsergebnisse.

5 Zusammenfassung

Wellenlängenmultiplexing (WDM) ist eine Schlüsseltechnologie zur Erhöhung der Datenrate in der optischen Kommunikation. Die Technologie ist in der glasfaserbasierten Kommunikation auf Basis eines Arrayed Waveguide Grating (AWG) kommerziell etabliert. Aufgrund abweichender Materialeigenschaften von Polymeren und optischen Gläsern ist jedoch ein komplettes Neudesign aller AWG-

Elemente zur Nutzung in der polymerbasierten Kommunikation erforderlich.

Mithilfe aus PMMA angefertigter Probestücke konnte die Simulation der Strahlaufweitung validiert werden: Es zeigen sich weitgehend übereinstimmende Kurvenformen, die vor allem in den Randbereichen voneinander abweichen. Darüber hinaus ist eine Verschiebung zwischen simulierter und gemessener Kurve zu beobachten. Diese ist auf die Konstruktion des Goniometers zurückzuführen und beeinträchtigt die abschließende Bewertung nicht.

6 Förderung

Gefördert durch: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Literatur

- [1] Fischer, Ulrich (2002): Optoelectronic Packaging: Optische Netze. Komponenten, Aufbautechniken. Faser-Chip-Kopplung, 1. Aufl., Berlin, Offenbach: VDE Verlag.
- [2] Jončić, Mladen (2016): Wavelength Division Multiplexing for Short-Range Communication Over 1 mm Step-Index Polymer Optical Fiber, Ulrich H. P. Fischer-Hirchert (Hrsg.), Band 14, 1. Aufl., Göttingen: Cuvillier.
- [3] Haupt, Matthias (2010): Wellenlängenmultiplex im sichtbaren Spektrum für optische Polymerfaser-Systeme, Ulrich H. P. Fischer-Hirchert (Hrsg.), Band 9, 1. Aufl., Göttingen: Cuvillier.
- [4] Höll, Sebastian (2018): Entwicklung eines Wavelength Division Multiplex (WDM) Demultiplexer für Optische Polymerfasern (POF), Ulrich H. P. Fischer-Hirchert (Hrsg.), Band 16, 1. Aufl., Göttingen: Cuvillier.
- [5] Smit, M. K. (1988): New focusing and dispersive planar component based on an optical phased array. In: Electron. Lett. 24 (7), S. 385. <https://doi.org/10.1049/el:19880260>
- [6] Smit, M. K.; van Dam, C. (1996): PHASAR-based WDM-devices: Principles, design and applications. In: IEEE J. Select. Topics Quantum Electron. 2 (2), S. 236–250. <https://doi.org/10.1109/2944.577370>
- [7] Strathmann, K; Acauã Dias, M.; Smarzyk, S.; Tietze, J.; Haupt, M. (2025): Design and Development of a Goniometer for Measuring Light Distribution of Optical Components, NWK Tagungsband