

Monolithisches Fertigungskonzept für die kostengünstige Herstellung optischer Mikrosysteme

Fernando Merchán, Karl-Heinz Brenner

Lehrstuhl für Optoelektronik, ziti, Universität Heidelberg

<mailto:fernando.merchan@ziti.uni-heidelberg.de>

Heutige Übertragungssysteme in Nahbereich erfordern kompakte Lösungen um hohe Datenraten zu erzielen. Die Integration optischer Mikrosysteme in einem monolithischen Aufbau optimiert diese Anforderungen. Das Konzept und die Herstellung eines solchen Kopplers sowie Ergebnisse eines Testsystems werden vorgestellt.

1 Einführung

Die auf das Volumen bezogene Rechenleistung in einem Chip folgt immer noch Moore's Gesetz mit einer Verdoppelung pro Jahr. Heutige Super-Computer zeigen eine Rechenleistung von mehreren Peta-FLOPS (10^{15} Floating Point Operationen pro Sekunde). Dem entsprechend steigen die Anforderungen an den Datentransfer zwischen den Komponenten. Bei Signalbandbreiten oberhalb von 1 GHz zeigen elektrische Verbindungen hohe Dämpfungswerte und einen Abfall der Signalqualität. Mit steigender Signalbandbreite wird die zuverlässige Verbindungsdistanz immer kürzer. Diese Problematik kann durch eine Wandlung des elektrischen in ein optisches Signal behoben werden. Unabhängig davon ob es sich um einen HPC (High Performance Computer) oder um ein Smartphone handelt, wird nach kompakten Lösungen gesucht, die es ermöglichen, hohe Datenraten auch über längere Distanzen (bis zu 100 m) mit guter Signalqualität zu übertragen.

2 Koppelkonzept

Das Koppelkonzept basiert auf der Kopplung des vom VCSEL austretenden Strahls in die Lichtleitfaser unter Verwendung eines Umlenkspiegels. Für diesen Zweck wird gem. Abb. 1, 2 entweder Luft oder Polymer als Ausbreitungsmedium verwendet (Abb 1 und 2). Zur Erhöhung der Koppeleffizienz, ist eine Integration von GRIN-Linsen [1] im Mikrokoppler möglich. Im Empfänger wird symmetrischer Weise das gleiche Konzept für die Kopplung des aus der Faser austretenden Lichts in die Photodiode angewendet.

VCSELs werden wegen ihrer guten Strahlqualität und ihrer kleinen Baugröße für den Aufbau des optischen Kommunikationspfads verwendet. Mikroelektronische Bauteile wie VCSEL, Photodiode, VCSEL-Treiber und Transimpedanzverstärker sind derzeit für Bandbreiten bis zu 12,5 GBit/s tauglich und als Array verfügbar. Damit ermöglichen diese Bauteile eine hohe Parallelisierbarkeit in einem

kompakten Aufbau und ermöglichen somit eine Erhöhung der Bandbreite im Gesamtsystem.

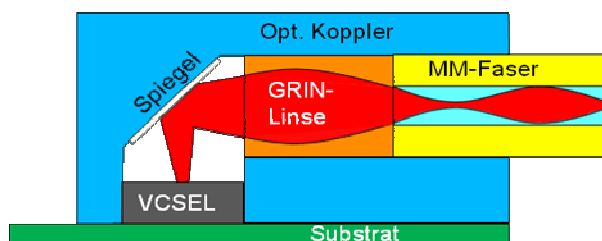


Abb. 1 Strahlumlenkung in Luft

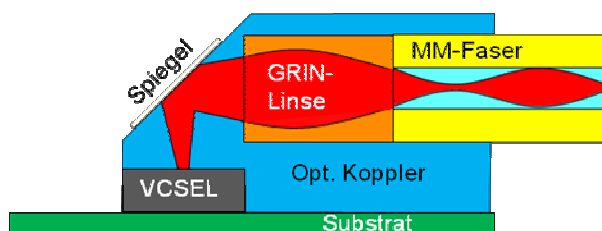


Abb. 2 Strahlumlenkung in Polymer

3 Bestehende Herstellungsmethoden

Der optische Koppler wird durch Replikation eines negativen Masters hergestellt. Dieser Master kann

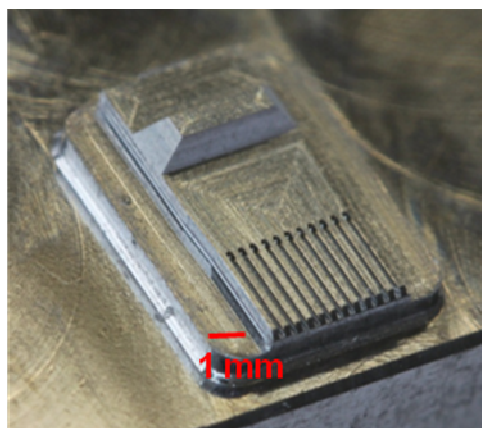


Abb. 3 Metallmaster für ein 12-kanaliges System

lithographisch mittels eines SU8 Prozesses [2] oder maschinell in einem metallischen Substrat [3] hergestellt werden. Der Master wird mit einem UV-härtbaren Polymer repliziert [3]. Anschließend werden die spiegelnden Oberflächen des Kopplers mit einer 100 nm Silberschicht gesputtert, um ihre Reflektivität zu erhöhen.

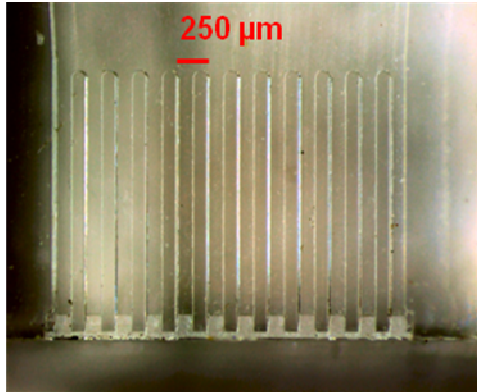


Abb. 4 Plastische Replik des Masters in Abb. 3

4 Neuer Ansatz

Für eine industrietaugliche Lösung kommen als weitere Forderungen die Reproduzierbarkeit und die kostengünstige Herstellbarkeit hinzu. Ein mit der lithographischen Methode hergestellter und in PDMS abgeformter Master ist UV-lichtdurchlässig, wodurch eine Replikation auf fast jedes beliebige Substrat möglich wäre. Die Zentrierung könnte wegen der Durchsichtigkeit des Masters vor dem Aushärten erfolgen. Ein mit der maschinellen Methode hergestellter Master weist dagegen hohe Reproduzierbarkeit und Genauigkeit (~1µm) wegen der Härte des Materials auf. Eine Kombination beider Vorteile könnte durch Mikropräzisionsbearbeitung von Glas erreicht werden.

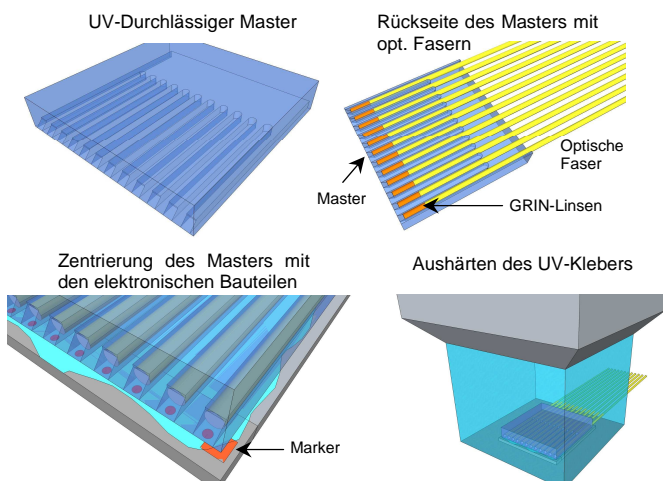


Abb. 5 Herstellung eines 12-kanaligen Kopplers unter Verwendung von Soft-UV-Lithographie

In Abbildung 6 ist der durch Softlithographie auf dem elektronischen Chip hergestellte Koppler zu sehen.

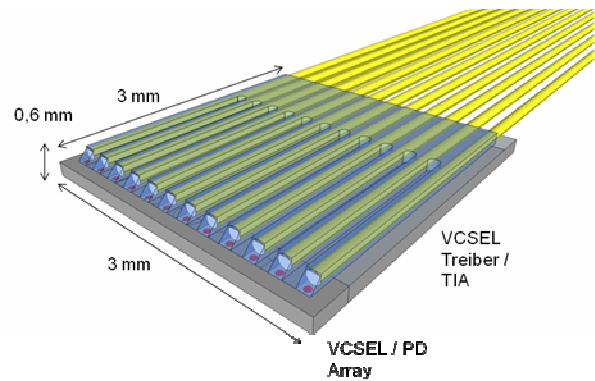


Abb. 6 Direkt auf den elektronischen Bauteilen hergestellter Koppler

5 Zusammenfassung

Ein monolithischer, auf einer einfachen Herstellungsmethode basierend optischer Koppler wurde vorgestellt. Er weist folgende Eigenschaften auf: hoher Integrationsgrad in einem monolithischen Aufbau, Einsetzbarkeit in vielfältigen Anwendungen, hohe Parallelisierbarkeit und in Einklang mit gängigen Justiermethoden der Halbleitertechnik.

Leistungsverbrauch und Signalqualität	Integrationsgrad	Kosten
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Leistungsreduktion um 50% ✓ Höhere Signalintegrität 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Integrierbar mit zukünftigen Packaging-Methoden ✓ Gleicher Pitch wie VCSEL/PD Array ✓ Gleiches Prinzip vielfältig einsetzbar 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Gleicher Justiermechanismus wie in der Halbleitertechnik ✓ Monolithischer Aufbau

Tab. 1 Vorteile des vorgestellten Ansatzes bzw. der optischen gegenüber der elektrischen Übertragung

Literatur

- [1] F. Merchan, X. Liu, K.-H. Brenner, "Effiziente Faserkopplung mit Gradientenindex-Stablinsen", DGaO-Proceedings (Online-Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für angewandte Optik e. V.), 111. Jahrestagung
- [2] Denis Wohlfeld, Karl-Heinz Brenner, "UV-Tiefenlithographie mit Zweiphasenbelichtung zur Herstellung von replizierbaren optischen Verbindungsstrukturen", ORT 2006, 9. Workshop Optik in der Rechentechnik, p. 106 - 109, Siegen, <http://www.gsi.de/documents/DOC-2007-Jul-7.html>, (2006)
- [3] F. Merchán, K.-H. Brenner, R. Börret, U. Berger, "Cost optimized fabrication of Micro-Optical Couplers", Optical Fabrication and Testing (OF&T), OSA, 13.-16.06.2010, Jackson Hole, Wyoming, USA, (2010). OWC3: OSA / IODC/OF&T 2010