

Doppelbelichtung und Replikation von Mikrostrukturen für die optische Informationsverarbeitung

D. Wohlfeld, S. Scheffelmeier, K.-H. Brenner

Lehrstuhl für Optoelektronik, Universität Mannheim

wohlfeld@rumms.uni-mannheim.de

Für eine kostengünstige Replikation von Mikrostrukturen muss die Entformbarkeit der Strukturen gewährleistet sein. Das Konzept der Doppelbelichtung für die UV-Tiefenlithographie ermöglicht die Herstellung von entformbaren, hochkompakten optisch-passiven Mikrostrukturen.

1 Einführung

Für die Massenproduktion von optischen Mikrokomponenten ist eine kostengünstige Replikationsmethode zwingend erforderlich. Mittels UV-Tiefenlithographie können hochpräzise Strukturen für unterschiedlichste Anwendungen hergestellt werden, beispielsweise Faserhalterungen, die zusätzlich eine 90° Strahlumlenkung bewirken. Strukturen dieser Art lassen sich durch Schrägbelichtung herstellen [1], jedoch aufgrund ihrer beidseitigen Schräge nicht abformen. Die Einführung einer zweiten Belichtungsphase im Lithographieprozess unter einem veränderten Bestrahlungswinkel ermöglicht wieder die Entformbarkeit der Strukturen. Für die Replikation eignet sich die Methode mittels PDMS (Polydimethylsiloxan).

2 UV-Tiefenlithographie und Doppelbelichtung

UV-Tiefenlithographie ist ein Überbegriff für das Belichten von Photoresists mit hohen Schichtdicken ($>10\mu\text{m}$) im UV-Bereich. Durch Variation des Einstrahlwinkels sowie mehreren Belichtungsphasen mit unterschiedlichen Winkeln können neue Funktionalitäten in die abformbaren Strukturen integriert werden, beispielsweise Reflexion

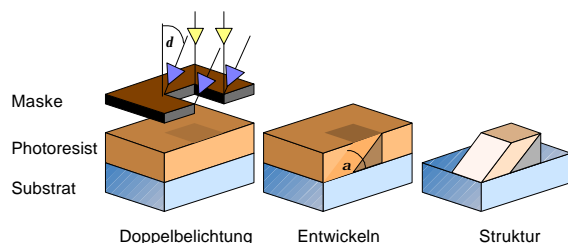


Abb. 1 Tiefenlithographie und Doppelbelichtung

Die Reihenfolge der Belichtungsschritte spielt dabei keine Rolle, jedoch muss auf die Lichtdosis geachtet werden, denn die Doppelbelichtung führt

automatisch zu einer uneinheitlichen Lichtverteilung im Photoresist. Dies kann zu Veränderungen im Verhalten des Photoresists führen. Bei SU-8 quellen die Strukturen mit zunehmender Belichtungs-dosis auf. In unseren Experimenten stellten wir eine Abweichung von wenigen Mikrometern fest, die sich aber nicht weiter negativ auswirkten.

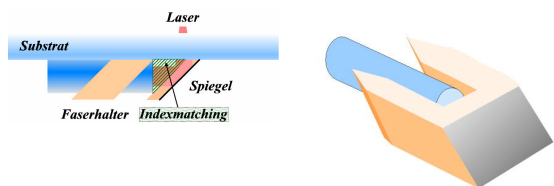


Abb. 2 Konzept einer Faserhalterung für VCSEL

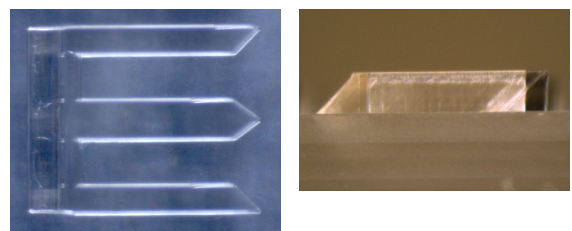


Abb. 3 Faserhalterung von oben sowie seitlich
(Strukturlänge $700\mu\text{m}$, Höhe $125\mu\text{m}$)

Abbildung 2 zeigt das Konzept einer Faserhalterung für VCSEL (Vertical-Cavity Surface-Emitting Laser) und Abbildung 3 die Realisierung einer bidirektionalen optischen Verbindung mit zwei $125\mu\text{m}$ Glasfasern mittels Doppelbelichtung. Die 45° Schräge am Faseranschlag bewirkt eine 90° Strahlumlenkung und die seitliche Führung erleichtert das Einlegen von Fasern in die Halterung.

3 Replikation mittels PDMS (Polydimethylsiloxan)

Die Replikation erfolgt in mehreren Schritten. Zuerst wird PDMS mit einem Bindemittel auf die abzuformende Struktur gegeben. Nach dem Aushärten können Original und Negativmaster voneinander getrennt werden. Der hergestellte PDMS-Negativmaster dient als wiederverwendbare Form zur weiteren Replikation in beispielsweise UV-Kleber. Um die Trennung zwischen Master und Kopie zu vereinfachen, wurde ein Antihafmittel verwendet [2].

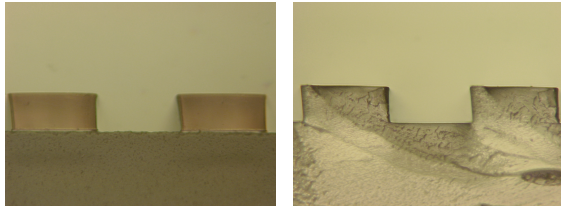


Abb. 4 Originalstruktur mittels Lithographie und Replikation in NOAI 61 (Strukturhöhe 100 μ m)

Der Schrumpf während des gesamten Prozesses beträgt ca. zwei Prozent und kann in der Herstellung des Originals berücksichtigt werden. Dieses Verfahren gewährleistet eine kostengünstige, formtreue Replikation in hoher Stückzahl.

4 Anwendung in der Produktion

Entwickelt wurde das Verfahren für die optische Verbindungstechnik. Die Herstellung von VCSEL und anderen optischen Bauelementen ist günstig, das Alignment mit Halterungen oder weiterführenden Medien jedoch teuer. Könnte man direkt im

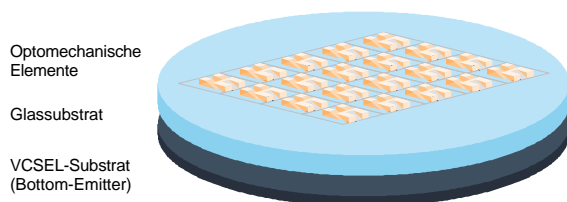


Abb. 5 VCSEL-Wafer mit integrierten Halterungen vor der Vereinzelung

Anschluss an die Herstellung der VCSEL diese schon mit Haltestrukturen versehen, würde dies zu einer deutlichen Kostenersparnis führen. Ein Weg besteht darin, lithographisch ein wafer-großes Array von Halteelementen herzustellen, das bereits an das VCSEL-Raster auf dem Wafer angepasst ist. Das Array wird anschließend auf einem dünnen Glassubstrat repliziert und in einem einzigen Alignmentsschritt am Wafer ausgerichtet und verklebt. Im letzten Schritt werden die VCSEL wie

gehabt vereinzelt und man erhält VCSEL mit integrierten Faserhalterungen.

5 Zusammenfassung

UV-Tiefenlithographie in Kombination mit Doppelbelichtung ermöglicht die Herstellung einer Vielzahl von abformbaren Strukturen. Dabei ist auf die Lichtdosis der einzelnen Belichtungsphasen zu achten. Für eine kostengünstige Replikation eignet sich PDMS. Durch Verwendung von UV-Klebern mit unterschiedlichen Brechungsindizes kann unabhängig von der Herstellung der lithographischen Struktur in einem großen Spektrum der Brechungsindex sowie weitere optischen Eigenschaften des Replikats ausgewählt werden. Anwendungsmöglichkeiten gibt es beispielsweise im Bereich der VCSEL-Produktion, die noch auf dem Wafer mit Halteelementen versehen werden können.

Literatur

- [1] D. Wohlfeld und K.-H. Brenner, "Anwendung optischer Verbindungstechnik in der Hochenergiephysik" Tagungsband 8. Workshop Optik in der Rechentechnik- (2005)
- [2] S. Scheffelmeier, „Untersuchung von Verfahren zur Replikation mikrooptischer Elemente“ Diplomarbeit am LS Optoelektronik Universität Mannheim (2006)