

MULTILAGIGE MIKROOPTISCHE MODULE

MULTILEVEL MICRO-OPTICAL MODULES

Mit Massenanwendungen wie Mobiltelefon-Kameras ist Wafer-Level-Optik in den Fokus verstärkter Interessen gerückt; sie wird aber in verschiedenen Ausprägungen für viele weitere Anwendungen im Bereich Tele- und Datenkommunikation, Messtechnik/Sensorik, LED-Beleuchtung und Displays schon länger verfolgt. Eine am Fraunhofer IOF entwickelte Technologie zur Erzeugung zunehmend komplexer mehrlagiger Systeme [1] (Abb. 1) basiert auf der wiederholten Verwendung lithografischer Strukturierung in Kombination mit Beschichtung und UV-Abformung sowie auf der Kompatibilität dieser drei Schritte, wie im Folgenden erläutert wird.

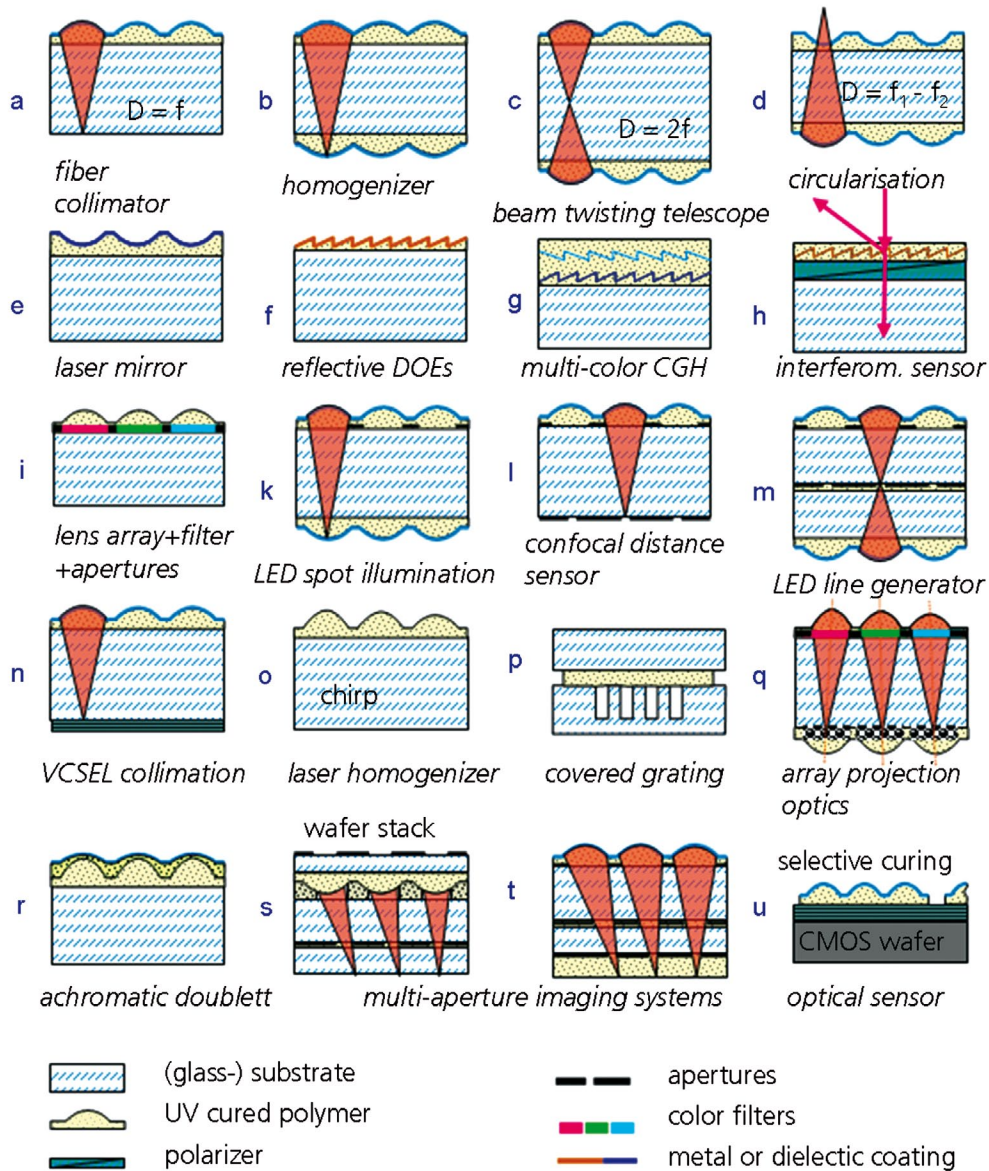
Lithographie wurde insbesondere für das Mastering optischer Funktionsflächen verwendet. Sie garantiert die präzise laterale Anordnung vieler Elemente auf einem Wafer, wie sie für gut zentrierte gestapelte Systeme unverzichtbar ist. Das Potenzial der UV-Abformung von Mikrolinsen und diffraktiven Elementen in dünnen Polymerschichten auf Glaswafern liegt in der hohen Präzision der erzeugten Oberflächen bei moderaten Kosten, der geringen lateralen thermischen Ausdehnung und der hohen Stabilität (z. B. Lötbarkeit). Mechanische Abstandhalter wurden ebenfalls durch UV-Abformung erzeugt.

Recently, high-volume applications like mobile phone cameras have sparked interest in wafer level optics; this technology, however, has been developing in different forms for a long time with a focus on application in telecoms and data communications, sensors and measurement, LED illumination, and displays. At Fraunhofer IOF, we developed a technology for the generation of increasingly complex multilevel systems (Fig. 1) based on coating, lithographic patterning, and UV molding, and on the compatibility of these steps, as shown in the following.

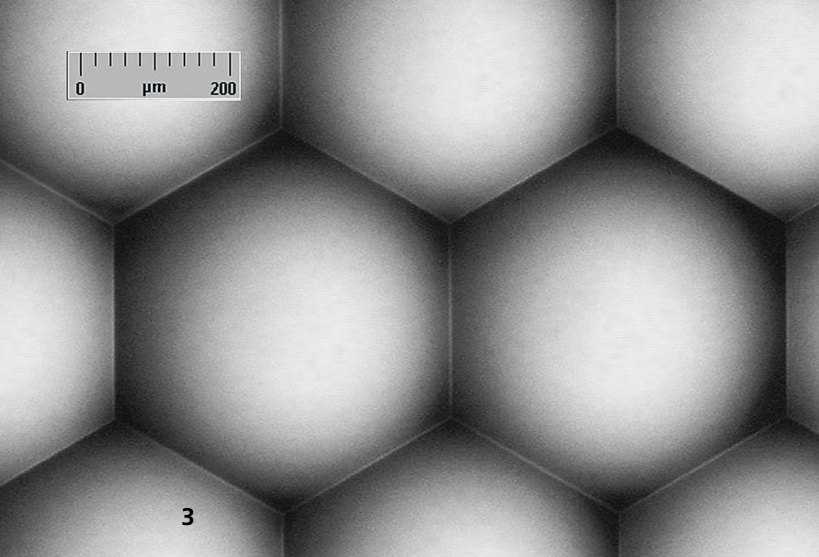
In our approach, we use lithography particularly for the mastering of optical functional surfaces. This assures the precise lateral position of a huge number of elements on a wafer, and thus the correct centering of each module. UV molding of microlenses or diffractive elements in a thin polymer layer on a glass substrate is characterized by high precision at moderate costs, low lateral CTE, and high stability (e. g. to reflow soldering). In addition, the process is capable of generating polymer spacers.

2 *Vereinzelt gechirptes Linsenarray mit Blenden und Farbfiltern für einen kompakten farbcodierten LED-Spot-Array-Generator.*

2 *Separated module consisting of a chirped lens array integrated with apertures and color filters for a color coded LED spot array generator.*



1 Beispiele realisierter mikrooptischer Module als schematischer Querschnitt. | Survey of realized micro-optical modules shown as schematic cross-section.



Die Einbeziehung von Blenden, Farbfiltern, Spiegeln und Entspiegelungen in die Module erfolgte durch lithographisch strukturierte oder großflächige Metall-, dielektrische oder Polymerbeschichtungen. Beschichtungen und lithographische Strukturierung sind sowohl auf den Glassubstraten als auch auf den UV-gehärteten Polymerschichten möglich. Die Haftung der verschiedenen Schichten wurde über Materialauswahl, Silanisierung und Plasmaaktivierung sichergestellt. Durch die Verwendung eines Mask-Aligners (SUSS MA8e) für das Mastering von Linsenarrays, die Strukturierung der Beschichtungen sowie für die UV-Abformung und die Montage von Waferstapeln konnte eine der Photolithographie vergleichbare Präzision in allen Herstellungsschritten erreicht werden.

Abbildung 1 zeigt schematisch Beispiele für realisierte Module mit Angabe der jeweiligen Anwendung. Durch Photolithographie und Reflow erzeugte Mikrolinsenarrays konnten in vielfältigen Layouts realisiert werden, wobei für spezielle Anwendungen Position, Größe und Brennweite der Linsen unabhängig voneinander variiert wurden (statistische Arrays, »Chirp«, Abb. 1o, q, t, Abb. 2). Über spezielle Mastering-Technik wurden Linsenarrays ohne Totzonen (Abb. 3) oder hybride refraktiv-diffraktive Elemente generiert. UV-Abformung erlaubt das direkte Stapeln von Polymerebenen (achromatische Doublets, Abb. 1r) oder das Stapeln im Wechsel mit Beschichtung (RGB-Hologramm, Abb. 1g). Durch geeignete Wahl der Polymer- und Glaswaferdicken bei der Linsenabformung entstanden vergrabene Aperturblenden (Abb. 1k, l, m, s, t) oder ganze Blendenstapel zur Kanaltrennung in mehrkanaligen optischen Systemen (Abb. 1s, t).

3 *Mikroskopphoto eines lithographisch erzeugten Linsenmasters für LED-Beleuchtungsmodule.*

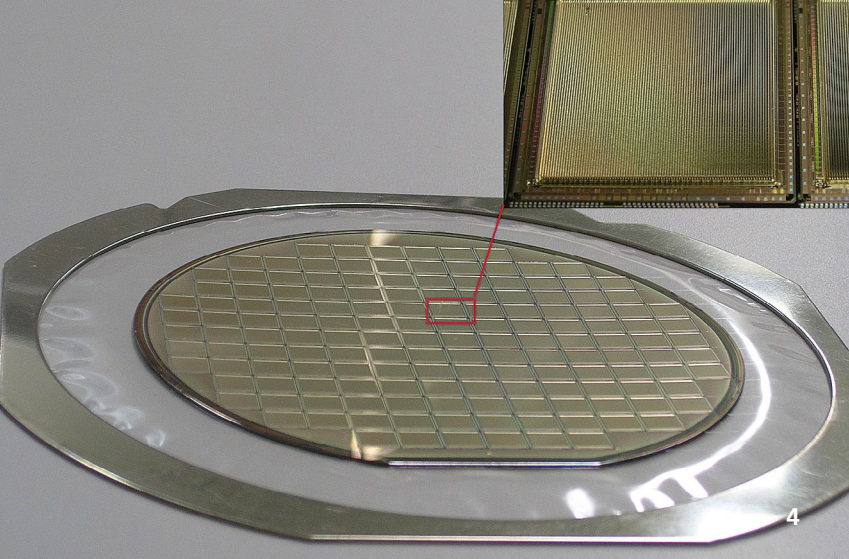
4 *Si-CMOS-Wafer mit UV-abgeformten Zylinderlinsenarrays zur Füllfaktorhöhung.*

The implementation of apertures, color filters, mirrors, and anti-reflection layers was realized by metal, dielectric, or polymer coatings. These films are possible on top of either the glass substrate or the molded polymer, either large-area or structured by means of lithography. Proper adhesion of layer stacks was assured by the choice of the different materials, and by silane or plasma treatment. A mask aligner (SUSS MA8e) was used in the mastering of lens arrays, in the patterning of coatings, and in the UV molding and the stacking of wafers, thus realizing a lateral and axial precision comparable to that of photolithography throughout the process.

A schematic cross-section of realized modules together with an indication of the application is shown in Fig. 1. Microlens arrays fabricated by photolithography and reflow were used in many different layouts. Size, position, and focal length of the lenslets were varied across the array for special applications ("statistical" arrangement, chirped arrays, Fig. 1o, q, t, Fig. 2). In addition, 100 % fill factor arrays (Fig. 3) and refractive-diffractive hybrids were generated in special mastering processes. UV-cured polymer layers can be stacked directly on top of each other (to generate achromatic doublets, Fig. 1r), or alternating with filter coatings (for RGB holograms, Fig. 1g). We generated buried apertures (Fig. 1k, l, m, s, t) or even stacks of diaphragms for channel separation in multi-aperture systems (Fig. 1s, t) by proper control of the polymer and glass thickness.

3 *Micrograph of a lens master for LED illumination generated by means of lithography.*

4 *Si CMOS wafer carrying UV-molded cylindrical microlens arrays for fill factor enhancement.*



Silizium- oder GaAs-Optoelektronik-Wafer konnten geeignet integriert werden (Abb. 1n, u), wobei durch selektive UV-Härtung Bondpads etc. freigehalten wurden (Abb. 4 und 1u). Beim Stapeln von Wafern mit Abstandshaltern aus UV-Polymer wurden Kavitäten im Inneren des Stapels erzeugt (Abb. 1s), z. B. für mehrlinsige Abbildungsoptiken. Eine Wafer-säge (Disco DAD3350) wurde erfolgreich eingesetzt, um am Ende der Herstellung separierte, auf Bluetape vorliegende Optikmodule zu erzeugen.

Zusammenfassend konnte anhand realisierter Beispiele die Integration mehrerer optischer Funktionen in lateral und axial sehr komplexen mehrlagigen mikrooptischen Modulen über Abformung im Wafermaßstab demonstriert werden. Aktuelle Anwendungsbeispiele sind LED-Beleuchtungsmodule und ultraflache Abbildungssysteme.

Literatur/References

- [1] Bräuer, A.; Dannberg, P.; Schreiber, P.: Wafer-level Technologie für multilagige Optikmodule, Photonik 3 (2010), S. 50–52.

Furthermore, silicon or GaAs optoelectronic wafer were implemented (Fig. 1n, u). Bond pads can be kept free of polymer in the process by selective UV-curing (Figs. 4 and 1u). Cavities within a wafer stack were created using UV-molded polymer spacers (Fig. 1s), which is essential in the wafer level generation of lens systems. Wafer stacks were successfully cut using a commercial wafer saw (Disco DAD3350), producing separated modules on blue tape for further processing.

In summary, we demonstrated the feasibility of our wafer scale replication approach for the generation of complex multilevel micro-optical modules. Current applications are in the field of LED illumination and ultra-thin imaging lenses.

AUTHORS

*Peter Dannberg
Antje Oelschläger
Sylke Kleinle
Simone Thau
Andre Matthes*

CONTACT

*Dr. Peter Dannberg
Phone +49 3641 807-420
peter.dannberg@iof.fraunhofer.de*