

Kunststoffwafer-Technologie zur parallelen Erzeugung miniaturisierter optischer Systeme

Peter Dannberg, Jacques Duparré, Andreas Gebhardt, Martin Bitzer¹, Reinhard Völkel²

¹Fresnel Optics GmbH Apolda, ²SUSS MicroOptics SA Neuchâtel



Peter Dannberg



Jacques Duparré



Andreas Gebhardt



Martin Bitzer



Reinhard Völkel

Waferkonzepte haben sich über die Mikroelektronik hinaus in Bereichen etabliert, wo Miniaturisierung und parallele Herstellung vieler Systeme, lithografische Strukturierung und die Justage mehrerer Ebenen zueinander eine Rolle spielen. Auch im Bereich miniaturisierter und Mikro-Optik gibt es hierzu erste Ansätze /1/, /2/. Die im Folgenden beschriebenen Arbeiten* sollen am Beispiel der Erzeugung eines mehrlinsigen VGA-Kameraobjektivs mit sehr kurzer Baulänge die Herstellung von Linsen im Array, die Justage und Montage gestapelter Wafer und die Vereinzelung geeignet technologisch umsetzen und kritisch bewerten. Eine Herausforderung sind hierbei die aufgrund des Waferkonzeptes passiv erfolgende Zentrierung und Fokussierung der Einzelsysteme in der Array-Anordnung. Des Weiteren können die Linsenoberflächen nicht mit lithografischen Verfahren erzeugt werden. Werkzeugherstellung, Kunststoffverarbeitung und thermische Ausdehnung limitieren die erreichbaren Justagetoleranzen. Dazu kommen die anwendungsspezifischen Forderungen bezüglich Streulicht und Reflexen, Winkelabhängigkeit, spektraler Charakteristik, Kompatibilität zu CMOS-Sensoren und die Verträglichkeit mit weiteren technologischen Schritten bei der Systemintegration.

Im Gegensatz zu bisherigen Ansätzen erfolgte die Realisierung auf der Basis Heißprägen in thermoplastische Kunststoffe. Diese Technik hat gegenüber UV-Abformung auf Glaswafern zwar eine geringere laterale Präzision, aber Vorteile bei Baulänge, Vereinzelung und Herstellungskosten. Ein angepasstes Optikdesign berücksichtigt die optischen Eigenschaften von Kunststoffen, die technologischen Grenzen beim Heißprägen incl. Justagetoleranzen sowie das Design nicht-optischer Oberflächen und den Einfluss

auf Streulicht und Reflexe. Im Einzelnen folgten daraus die Verwendung von PMMA (Zeonex auch möglich), Substratgröße 6 Zoll, die Verwendung asphärischer Linsenelemente, einseitig plan, mit Mottenaugenstrukturen zur Entspiegelung. Die Aperturblende wurde als schwarze PMMA-Platte mit konischen Durchbrüchen realisiert. Master für die Abformung wurden durch Ultrapräzisionsbearbeitung erzeugt; Diamantdrehen eröffnet hierbei durch das programmierte Abfahren der Linsenkontur maximale Freiheiten hinsichtlich asphärischer Formen. Verfahrensbedingt wird immer nur ein Lenslet, welches sich im Spindelzentrum befindet, hergestellt. Die einzelnen gefertigten Linsenspins werden zu einer Gesamtanordnung assembliert (Abb. 1). Eine Präzision der Array-Anordnung von $< 5 \mu\text{m}$ lateral bzw. $< 10 \mu\text{m}$ axial konnte erzielt werden. Durch mehrere Generationen galvanischer Abformungen wurden die eigentlichen Stempel für das Heißprägen erzeugt. Abb. 2 zeigt Kunststoffplatten mit Linsen sowie Aperturblenden. Erste Tests haben die Möglichkeit der Montage in einem modifizierten Mask-Aligner (SUSS MA8) gezeigt.

* gefördert im EU Projekt IST2001 35366 (WALORI)

Literatur:

- /1/ Roks, Edwin: „Imaging for mobile phones“, 2nd Fraunhofer IMS Workshop for CMOS imaging, Duisburg 2004.
- /2/ Dannberg, P.; Mann, G.; Wagner, L. and Bräuer, A.: „Polymer UV-moulding for micro-optical systems and opto-electronic integration“ SPIE Proceedings 4179 (2000), 137–145.

Plastic wafer technology for parallel generation of miniaturized optical systems

Peter Dannberg, Jacques Duparré, Andreas Gebhardt, Martin Bitzer¹, Reinhard Völkel²

¹Fresnel Optics GmbH Apolda, ²SUSS MicroOptics SA Neuchâtel

Apart from microelectronics, wafer-scale concepts are established in fields where miniaturisation and parallel generation of a high number of systems, as well as lithography and alignment of different layers, are involved. There are also preliminary investigations in the field of miniaturized optics [1], [2]. The aim of the following project* is the construction of a VGA camera lens which has a short overall length. Such a lens would validate the wafer approach including: the generation of lenslets in an array geometry, alignment and bonding of wafer stacks and subsequent dicing. This approach requires an enhanced level of precision in order that each individual system can be accurately centred and focused without additional active alignment. In addition the surface of the lenses cannot be generated by means of lithography. Tooling, plastic processing and thermal expansion all limit the precision of alignment. Additional challenges are the specific requirements concerning: flare, veiling

glare, angle dependence of the imaging, spectral characteristics, tolerance to CMOS image sensors and compatibility with subsequent process steps.

In contrast to previous approaches our concept is based on hot embossing of thermoplastic material. This may result in reduced lateral accuracy but has the advantages of shorter overall length, ease of dicing and lower fabrication cost. The lens design allows for the optical properties of thermoplastics, technological limits in the tooling and hot embossing, including alignment tolerances, as well as for the influence of non-optical surfaces on the flare level. Specifically we used PMMA (Zeonex should also be possible), 6 inch substrates, aspherical lenslets in a plano-konvex geometry together with moth eye structures for flare reduction. A black PMMA substrate with conical openings was used as the aperture stop. Master structures for replication have been generated using ultra-precision machining. In such cases, diamond turning offers the maximum flexibility

in the fabrication of aspheres. According to the turning process every lens surface was fabricated in the form of a single pin. The array geometry has been achieved by the assembly of pins on a base plate (see Fig. 1). The corresponding accuracy was better than 5 µm laterally and 10 µm axially. Final hot embossing tools were generated by subsequent electroplating steps. Fig. 2 shows replicated plastic substrates carrying lenslets as well as aperture stops. Initial tests proved the alignment and bonding of the substrates in a modified mask-aligner (SUSS MA-8) is possible.

* supported by EU in project IST2001 35366 (WALORI)

References:

- /1/ Roks, Edwin: „Imaging for mobile phones“, 2nd Fraunhofer IMS Workshop for CMOS imaging, Duisburg 2004.
- /2/ Dannberg, P.; Mann, G.; Wagner, L. and Bräuer, A.: „Polymer UV-moulding for micro-optical systems and opto-electronic integration“ SPIE Proceedings 4179 (2000), 137–145.

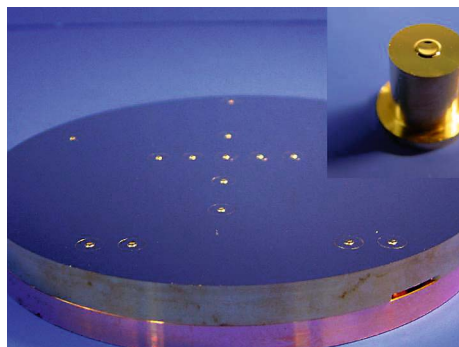


Abb. 1: Ultrapräzisionsgedrehte Pins in Matrixanordnung. Die Anzahl der Systeme ist auf 15 reduziert.

Fig. 1: Ultra-precision machined pins in a matrix configuration. The number of systems on a wafer has been reduced to 15, but the process is capable of much higher numbers (like the desired ~200).

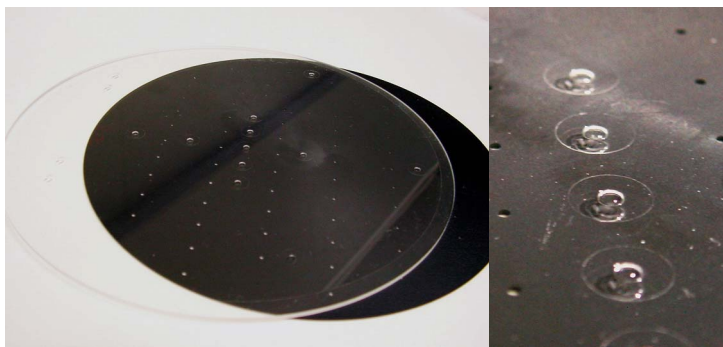


Abb. 2: Ø 6 Zoll Kunststoffwafer: transparent mit Arrays präziser asphärischer Linsen (Formfehler < 300 nm PV) sowie darunter schwarz mit konisch geformten Blenden.

Fig. 2: Ø 6 inch PMMA wafers carrying precise aspheres (form deviation < 300 nm PV) and aperture stops.