

Geprägte Glaskeramik für optische und optoelektronische Anwendungen

Wolfgang Buß, Peter Schreiber, Bernd Höfer, Ralf Rosenberger, Gilbert Leibelng, Ralf Steinkopf



Wolfgang Buß

Einleitung

In einem technologischen Vorlaufprojekt werden die Modifikationsmöglichkeiten von „Low Temperature Cofired Ceramics“ (LTCC) und insbesondere ihrer Herstellungstechnologie mit der Zielstellung untersucht, eine erweiterte Nutzbarkeit moderner Glaskeramikwerkstoffe für reflektierende oder definiert vorwärtsstreuende optische Baugruppen z. B. in kompakten Sensor- oder Beleuchtungsmodulen voranzutreiben.

Idee

Kommerziell angewandte Materialien für mikrooptische Bauelemente sind Glas, Silizium, Quarz, Polymere und verschiedene Molekülkristalle. Zur Herstellung spezieller Elemente werden gezielt die Oberflächen der Halbzeuge strukturiert oder Brechzahlvariationen in diesen Materialien erzeugt. Der

wachsende Kostendruck, insbesondere bei der Fertigung von Massenbedarfs-optiken, hat zur Entwicklung hochpräziser Replikationsverfahren für mikrooptische Bauelemente geführt. Die dabei verwendeten Materialien sind bisher im Wesentlichen auf Polymere beschränkt. Gläser kommen nur bedingt zum Einsatz, da der Aufwand beispielsweise beim Heißprägen oder Trockenätzen erheblich ist.

Trotz der Einschränkung, dass keine transmittierenden Elemente realisiert werden können, bietet die Verwendung von Glaskeramik für die Fertigung bestimmter mikrooptischer Bauelemente zahlreiche Vorteile. So ergibt sich aus der Strukturierbarkeit und Laminierbarkeit der grünen Keramik die Chance, mit relativ einfachen Serientechnologien, wie dem Kaltprägen, optische Funktionsflächen mit definierten Reflexionseigenschaften zu generieren. Dazu kommen vorteilhafte thermomechanische Eigenschaften wie geringer thermischer Ausdehnungskoeffizient, hohe Hitzebeständigkeit und eine gegenüber Glas bessere Wärmeleitfähigkeit. Weiterhin ist eine direkte Integration von optischen Funktionsgruppen in LTCC-Stapelbauten mit elektronischen, mechanischen oder fluidischen Funktionsebenen realisierbar, wodurch dann z. B. der Aufbau von komplexen Sensorbaugruppen mit erhöhter Temperaturwechselbelastbarkeit möglich ist.

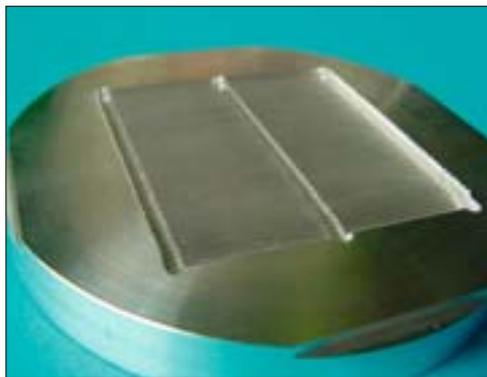
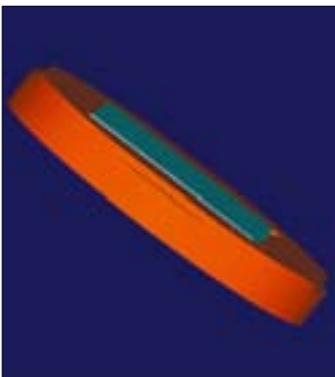


Abb 1: Designvorgabe und Umsetzung des Masterwerkzeuges zum Prägen von Diffusor-Strukturen. Dieses Ur-Werkzeug zum Klonen der Nickel-Prägestempel besteht aus einem Aluminium-Grundkörper und eingesetzten, hochgenau geschliffenen Glasplättchen, um exakte Kanten mit sehr geringen Radien abformen zu können.

Fig. 1: Design and realization of the master tool for embossing diffusor structures. This tool consists of a aluminium body with inserted high precision grinded glass chips. These chips are required to form edges with very small radii. The complete master toll will be cloned by a nickel punching tool.

Embossing of glass-ceramics (LTCC) for optical and opto-electronic applications

Wolfgang Buß, Peter Schreiber, Bernd Höfer, Ralf Rosenberger, Gilbert Leibelng, Ralf Steinkopf

Introduction

The modification potential for low temperature cofired ceramics (LTCC) and the processes by which they are manufactured are tested in an advanced R & D project with the aim of incorporating modern glass-ceramic materials as optical elements for reflection or for defined forward scatter.

Idea

Commercially used materials for micro-optic elements are glass, silicon, silica, polymers or molecule crystals. Their optical properties are manipulated by structuring the surfaces or by variation of the refractive index of these materials. The increasing cost pressure, particularly with regard to the large-scale production of optical consumer goods, has affected the development of high-precision replication techniques for micro-optics. Polymers are usually used because structuring glass surfaces by hot embossing or dry etching is very expensive.

Using glass ceramics for manufacturing special micro-optics can be advantageous even though it is not possible to use it for transmitting elements. The facility for structuring and laminating the LTCC green foil allows the generation of optical surfaces with defined reflective properties by simple series-technologies like (cold) embossing. Furthermore this substrate has some favourable thermo-mechanical properties such as a low thermal expansion coefficient, a high heat resistance and a better thermal conductivity compared to glass. It is also feasible to integrate optical structures into LTCC-stacks together with electronic, mechanical or fluidic layers for the production of complex sensor modules with an increased temperature-cycling load capacity.



Peter Schreiber



Bernd Höfer



Ralf Rosenberger



Gilbert Leibelng



Ralf Steinkopf

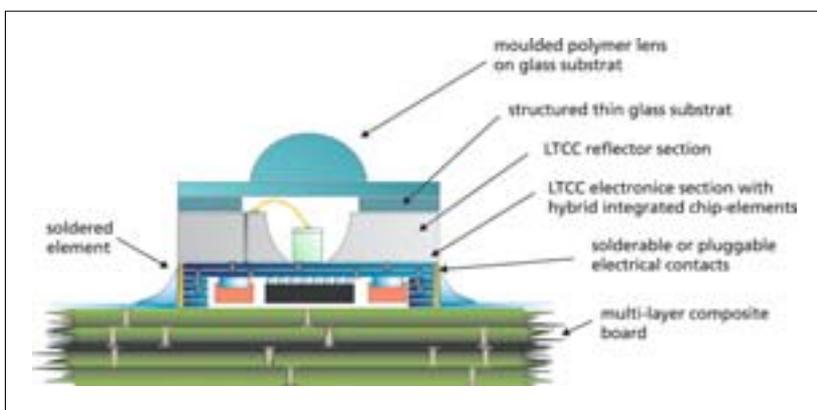


Abb. 2: Realisierungsvariante eines miniaturisierten LED-Beleuchtungsmoduls mit integrierter Stromquelle. Verwendung geprägter Reflektoren in einer hybrid montierten LTCC-Reflektorebene.

Fig. 2: Option of a miniaturized LED-illuminating-module with integrated current source. Application of embossed reflectors in a hybrid mounted LTCC reflection area.

Entscheidend für die Funktion geprägter Reflektoren ist es, nach dem Sintern eine Oberflächenrauigkeit $< 50 \text{ nm rms}$ zu erreichen. Neben einer speziellen Glaskeramik aus hochfein gemahlten Ausgangsstoffen, wie sie vom Projektpartner HITK entwickelt wurde, ergänzt durch einebnende Sol-Gel- oder Galvano-Beschichtungen, setzt diese Anforderung Abformwerkzeuge mit optisch glatten Funktionsflächen ($< 20 \text{ nm rms}$) voraus. Diese werden im IOF mittels Ultrapräzisionsdrehen auf vorgefertigten Prägemastern realisiert. Das eigentliche Prägewerkzeug für den Serieneinsatz entsteht danach durch galvanische Abformung der in einer Trägerplatte gruppierten Prägemaster.

Demonstratoren

Um die Einsatzmöglichkeiten neu entwickelter Glaskeramik für den Aufbau optischer und optoelektronischer Module nachzuweisen, werden Demonstratoren konstruiert, gefertigt

und getestet. Die Umsetzung rein optischer Demonstratoren wie Hohlspiegel oder Diffusor mit elliptischer Reflektionsverteilung dient dabei vorrangig der Untersuchung von Substitutionsmöglichkeiten traditioneller Optikmaterialien durch präzisionsbearbeitete Glaskeramik. Bei ihrer Fertigung kommen neben der Prägetechnologie auch modifizierte feinoptische Bearbeitungstechniken, wie das Schleifen und Polieren, zum Einsatz. Als optoelektronischer Demonstrator wurde ein kaskadierbares LED-Beleuchtungsmodul mit integrierter Stromquelle konzipiert. Es enthält neben der, dem modernen Stand der LTCC-basierenden Hybridelektronik entsprechenden, Elektronikenebene eine LTCC-Reflektorebene, die unter Verwendung der neu entwickelten HITK-Glaskeramik realisiert wird. Mittels einer mehrstufigen Präge-/Stanztechnik werden für die LEDs Reflektorräume mit parabelähnlich gekrümmten Seitenflächen in die grüne Keramik eingebracht. Das Prägen der optischen

Funktionsgruppen ist dabei wie der Aufbau der Elektronikenebene oder der aufgesetzten Optikebene zur Strahlformung im-Nutzen möglich und gewährleistet die kostengünstige durchgängige Wafer-Level-Fertigung des Moduls. Die Demonstratorstudie eines LED-Beleuchtungsmoduls bildet den Ausgangspunkt für die Entwicklung variabel kombinierbarer kompakter Beleuchtungsfelder mit erhöhter Temperaturbeanspruchung.

Danksagung

Die Arbeiten wurden unter dem Aktenzeichen 03WKFO1E durch das BMBF gefördert. Die Autoren danken den Projektpartnern von SIEGERT TFT GmbH, via electronic GmbH und vom HITK Hermsdorf für die effektive enge Zusammenarbeit.



Abb 3: Prägekörper für LED-Gruben: Schema, realisierte Muster und Schnitt eines geprägten Reflektors.

Fig. 3: Embossing tool for LED-grooves: Scheme, realized examples and profile of an embossed reflector.



Abb. 4: Trägerplatte mit neun hochgenau bearbeiteten Prägekörpern. Mit dieser Vorrichtung werden bis zu 15 Lagen LTCC-Grünfolie gestapelt und nachfolgend unter hohem Druck zu einem homogenen Substratkörper laminiert. Gleichzeitig erfolgt das Einprägen der Reflektorstruktur.

Fig. 4: Mounting plate with nine high precision embossing paraboloids. Up to 15 plies of LTCC green-foil will be stacked and afterwards laminated by high pressure into a homogenous substrate body here. The embossing of the reflector structures occurs concurrently.

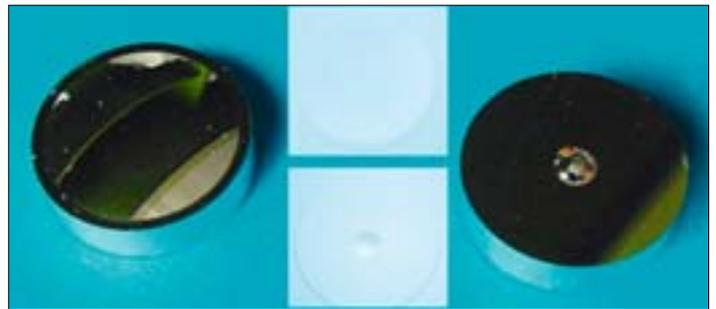


Abb. 5: Hohlspiegel in LTCC: Prägewerkzeuge mit optisch glatten Oberflächen und gesinterte Abformungen.

Fig.5: LTCC concave mirror: embossing tooling inserts with optical surfaces and sintered moulding results.

In order to create reflective structures it is important to achieve a surface roughness < 50 nm rms after sintering the glass ceramics. This requirement led to the development of a completely new LTCC raw material, with hyper fine milled basic materials, by our partner institute HITK. Furthermore, embossing tools have been constructed with optical surfaces (roughness < 20 nm) to transmit the optic structures into the LTCC green-foil stacks during the lamination process. Finally, new coating technologies are being tested for the final smoothing of the sintered optical surfaces. Master tooling inserts for embossing processes are produced at the IOF by ultra precision turning and the final tools, which will be used for the series-production techniques, will be made by galvanic casting of different arrays of master tools fixed on mounting plates.

Demonstrators

To demonstrate possible applications of the new LTCC-material in optical and opto-electronic modules demonstration models have been constructed, mounted and tested. Optical demonstrators such as concave mirrors or diffusers have been constructed to investigate the possibilities of substitution of traditional optical materials by precision-machined glass ceramics. A cascable LED-lighting-module with an integrated current source has been designed as an opto-electronic demonstrator. It includes both an electronic section and an LTCC-reflector section with parabolic LED-reflection-cavities, which have been formed by a combined punching-embossing technique. Finally an optic section with beam shaping elements on a structured glass

chip covers the module. All these techniques for building and mounting the different module sections are compatible with the competitive wafer-level-packaging technology. The LED-illumination module should be the starting point for the development of compact illuminating arrays with increased temperature loading.

Acknowledgement

This work was supported under contract 03WKF01E by the German BMBF. We would like to thank our project partners from SIEGERT TFT GmbH, via electronic GmbH, and HITK Hermsdorf for an effective and close collaboration.

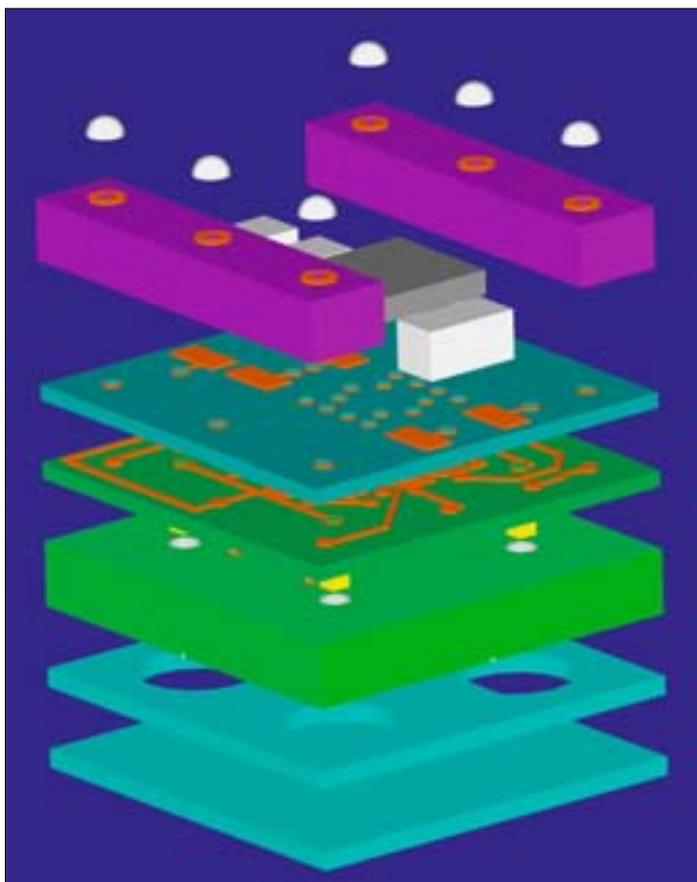


Abb. 6:
CAD-Design des optoelektronischen Demonstrators:
Kaskadierbares LED-Beleuchtungsmodul mit vier LED und integrierter Stromquelle, Abmaße: 6,6 mm x 6,6 mm x 3,4 mm.

Fig. 6:
CAD-design of an opto-electronic demonstrator module:
Cascable LED illuminating module with four LEDs and an integrated current source, dimensions: 6.6 mm x 6.6 mm x 3.4 mm.