Come together
with ORC

DIMPACT
DXP-3301
With UV-Lamp source.

PRODUCTRONICA
13.–16. NOV. 2007
Besuchen Sie uns in
Halle B3, Stand 230
Neue Messe München

ORC Manufacturing Vertriebs GmbH 40211 Düsseldorf + 49 211 617182-0 info@o-r-c.de www.o-r-c.de

PRODUKTION VON LEITERPLATTEN UND SYSTEMEN

ORGAN DER FACHVERBÄNDE

FED ZVEI: VdL DVS

+DESIGN
+BESTÜCKUNG
+PACKAGING
+FORSCHUNG & TECHNOLOGIE

11
NOVEMBER 2007
SEITEN 2049-2312
BAND 9

ISSN 1436-7505
B 49475

www.leuze-verlag.de

105 JAHRE EUGEN G. LEUZE VERLAG KG 1902 – 2007

Danksagung

Wir möchten unseren Kooperationspartnern, dem *Joanneum Research – Institut für Nanostrukturierte Materialien und Photonik* für die Strukturierung der Wellenleiter, dem *Fraunhofer Institut für Silikatforschung* für die Entwicklung des optischen Materials und *Dr. Martin Mündlein* für die Durchführung der thermischen Analyse danken. Diese Arbeit wurde in einem Forschungsprojekt der *AT&S* durchgeführt, das über den Forschungscluster *ISOTEC* (*www.isotec-cluster.at*) durch die *Austrian Nano Initiative* gefördert wurde.

Literatur

[1] A. Kriechbaum, W. Bauer: „Embedding of active components into multilayer printed circuit boards", Proc. *4th European Microelectronics and Packaging Symposium*, Catez ob Savi, Slovenia, pp. 129-134, May 22-24, 2006

[2] K. Nieweglowski, R. Rieske, D. Schulze, K.J. Wolter: „Technology Downscale for Optical Waveguides in Cost Performance Electrical-Optical Circuit Boards", IEEE Proc. of 28th *Int. Spring Seminar on Electronics Technology*, ISSE 2005, Wiener Neustadt, Austria, pp. 189-192, May 19-22, 2005

[3] G. Langer, M. Riester: „Leiterplatten mit integrierten optischen Verbindungen realisiert mittels Zwei-Photonen-Absorptionstechnologie", *PLUS* **Vol. 9, No. 2** (Febr. 2007) 250-254

[4] G. Leising, A. Klamminger, G. Langer, V. Schmidt, R. Reitzer: „Leiterplattenelement mit wenigstens einem Licht-Wellenleiter sowie Verfahren zur Herstellung eines solchen Leiterplattenelements", *Austrian Patent* AT 413891, Dec. 2003

[5] M.P. Joshi, H.E. Pudavar, J. Swiatkiewicz, P.N. Prasad, B.A. Reinhardt: „Three-dimensional optical circuitry using two-photon-assisted polymerization", *App. Phys. Letters*, **Vol. 74, No. 2** (1999) 170-172

[6] G. Langer, M. Wuchse, A. Zluc, N. Haslebner, W. Schrittwieser, A. Kriechbaum, E. Moderegger, W. Bauer, M. Riester: „Integrated Smart System Solution", Conf. Proc. of *ESTC 2006*, Dresden, Germany, pp. 1137-1142, Sept 5-7, 2006

[7] J.W. Scott, R.S. Geels, S.W. Corzine, L.A. Coldren: „Modeling temperature effects and spatial hole burning to optimize vertical-cavity surface-emitting laser performance", *IEEE J. Quantum Electronics*, **Vol. 29, No 5** (1993) 1295-1308

[8] C. Chen, P.O. Leisher, A.A. Allerman, K.M. Geib, K.D. Choquette: „Temperature Analysis of Threshold Current in Infrared Vertical-Cavity Surface-Emitting Lasers", *IEEE J. Quantum Electronics*, **Vol. 42, No. 10** (Oct. 2006) 1078-1083

[9] G. Van der Sande, M. Peeters, I. Veretennicoff, J. Danckaert, G. Verschaffelt, S. Balle: „The effects of stress, temperature, and spin flips on polarization switching in vertical-cavity surface-emitting lasers", *IEEE J. Quantum Electronics*, **Vol. 42, No. 9** (2006) 898-906

[10] K.E. Chlouverakis, M.J. Adams: „Temperature sensitivity of injection-locked vertical-cavity surface-emitting lasers", *IEEE J. Quantum Electronics*, **Vol. 40, No. 3** (March 2004) 189-196

[11] A.V. Krishnamoorthy, K.W. Goossen, L.M.F. Chirovsky, R.G. Rozier, P. Chandramani, S.P. Hui, J. Lopata, J.A. Walker, L.A. D'Asaro: „16×16 VCSEL array flip-chip bonded to CMOS VLSI circuit", *IEEE Photonics Technology Letters*, **Vol. 12, No. 8** (Aug. 2000) 1073-1075

[12] A.V. Krishnamoorthy, L.M.F. Chirovsky, W.S. Hobson, R.E. Leibengath, S.P. Hui, G.J. Zydzik, K.W. Goossen, J.D. Wynn, B.J. Tseng, J. Lopata, J.A. Walker, J.E. Cunningham, L.A. D'Asaro: „Vertical-cavity surface-emitting lasers flip-chip bonded to gigabit-per-second CMOS circuits", *IEEE Photonics Technology Letters*, **Vol. 11, No. 1** (Jan. 1999) 128-130

[13] G. Hanreich, M. Mayer, M. Mündlein, J. Nicolics: „Thermal Investigation of GaAs Microwave Power Transistors", *Journal of Microelectronics and Electronic Packaging*, **Vol. 1, No. 1** (2004) 1-8

[14] J. Nicolics, M. Mündlein, M. Fasching: „Minimization of the Thermal Interface Resistance of Power SMD Assemblies for High-Temperature Applications", IEEE Proc. of *29th Int. Spring Seminar on Electronics Technology*, ISSE 2006, St. Marienthal, Germany, IEEE Catalog Number: 06EX1493C, ISBN: 1-4244-0551-3, pp. 49-54, May 10-14, 2006

Kontaktadressen

Gregor Langer, AT&S, Austria Technologie & Systemtechnik AG, Fabriksgasse 13, A-8700 Leoben, g.langer@ats.net

Johann Nicolics, AEM, Abteilung für Materialwissenschaften in der Elektronik, Institut für Sensor- und Aktuatorsysteme, TU Wien, Gusshausstraße 27-29, A-1040 Wien, johann.nicolics@tuwien.ac.at

Fertigungstoleranzen bei Multilayern

mit definierter Leitungsimpedanz – Theorie, Berechnungsgrundlagen, Fallbeispiele

Von Prof. Dipl.-Ing. Helmut Müller. Erste Auflage 1991. 273 Seiten. M 53,– inkl. 7 % MwSt.in der BRD. ISBN 3-87480-067-9

Die Thematik, die durch den Buchtitel angesprochen wird, bezieht sich auf Hochgeschwindigkeitsschaltungen der Digitalelektronik, (HSPCB: High Speed Printed Circuit Boards). Hierbei ist die Frage nach der Dimensionierung der Leiterstrukturen und deren Dimensionstoleranz von zentraler Wichtigkeit. In aller Regel sind die Leiterstrukturen von definierter Impedanz (CIC: Controlled Impedance Circuits).

Eugen G. Leuze Verlag KG

Karlstraße 4 · D-88348 Bad Saulgau · Tel. 0 75 81/48 01-0 · Fax 0 75 81/48 01-10
e-mail: brigitte.brotzer@leuze-verlag.de · Internet: www.leuze-verlag.de

Herstellung dreidimensionaler Strukturen in LTCC-Technologie am Beispiel eines Monitoring-Moduls für Bio-Reaktionen

Von Walter Smetana, Bruno Balluch und Günther Stangl, Institut für Sensor- und Aktuatorsysteme, TU-Wien

Die LTCC (Low temperature co-fired ceramic) wurde für den Aufbau von hoch zuverlässigen Mehrlagenschaltungen entwickelt. Sie wird als bedeutsame Weiterentwicklung der Dickschichttechnik angesehen, insbesondere da sich durch sie die Möglichkeiten eröffnet, komplexe dreidimensionale Strukturen in einfacher Weise aufzubauen, wodurch sich neue Applikationsfelder für diese Mikroelektronik-Technologie eröffnen. So kann sie in der Mikrofluidik, im Bereich des Device-Packagings zur Realisierung von Bioreaktoren, Sensoren und Aktuatoren eingesetzt werden. Am Beispiel eines Monitoring-Moduls zur Erfassung von biologischen Reaktionen, der von einem Netzwerk von Kanälen durchzogen ist und Hohlräume beinhaltet, sollen Aspekte, die bei der Realisierung von komplexen dreidimensionalen Strukturen beachtet werden müssen, aufgezeigt werden.

Low temperature co-fired ceramic (LTCC) technology was originally developed for the realization of multilayer circuits of high reliability. LTCC-technology is now considered as a valuable further development in thick film technology, which launches new application areas as it becomes evident that complex three-dimensional structures can easily be realized. This covers areas like microfluidic, integrated device packaging where optical fibers and MEMS may be integrated, bioreactors, sensors and transducers. Aspects of realization of a complex biological monitoring module comprising a three-dimensional network of channels and cavities will be demonstrated.

Einleitung

Die LTCC-Technologie stellt eine Weiterentwicklung der Dickschichttechnik dar. Sie wurde eingeführt, um die Zuverlässigkeit und Fertigungsausbeute von Mehrlagenschaltungen zu erhöhen [1]. In konventioneller Dickschichttechnik werden bei der Herstellung von Mehrlagenschaltungen die einzelnen Isolationslagen im Siebdruckprozess aufgebracht. Bei einem großflächigen Pastenauftrag steigt das Risiko, dass sich im Druckbild eine Fehlstelle ausbildet. Eine einzige Pore in einer Isolationslage kann aber bereits zum Ausfall einer gesamten Schaltung führen. Als Alternative zu den im Siebdruckverfahren aufgebrachten einzelnen Isolationslagen stehen bei der LTCC-Technologie „grüne" (ungebrannte) Keramikfolien in unterschiedlicher Stärke zur Verfügung, die als kompakte Isolationslagen zum Aufbau von Mehrlagenschaltungen verwendet werden. Die Keramikfolien können durch Stanzen oder mittels Laser strukturiert und mit Durchkontaktierungslöchern versehen werden. In einem Metallschablonendruck werden die Durchkontaktierungslöcher metallisiert und in einem konventionellen Siebdruckprozess die Leiterbahnzüge auf den Folien hergestellt. Nach einem Trockenprozess werden die Folien zu einem Stapel aufgebaut, in einer uniaxialen oder isostatischen Presse laminiert und nachfolgend einem Sinterprozess unterzogen. Abschließend werden die im Großnutzen hergestellten Mehrlagenschaltungen vereinzelt und mit Bauelementen bestückt. Da die Keramikfolien in unterschiedlicher Stärke (50 µm bis 500 µm) und mit unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften verfügbar sind, eröffnen sich für die LTCC-Technologie neben dem Aufbau von Mehrlagenschaltungen und dem Einsatz im Bereich des System-Packagings neue Anwendungsfelder insbesondere auf den Gebieten der Sensorik, Aktuatorik und Mikrofluidik [2, 3].

So weisen einzelne dünne Keramikfolien eine hohe Flexibilität auf, wodurch sie als Biege-, Kragbalken oder als Membran, als Komponente für den Aufbau

von mechanischen Sensoren und Aktuatoren eingesetzt werden können. Einzelne dünne LTCC-Folien eignen sich auch als Substrat für Sensor- oder Heizelementapplikationen, bei denen eine Heizzone in einem kleinen Bereich lokalisiert auftreten und daher die laterale Wärmeausbreitung im Substrat gering gehalten werden soll. Dickere Keramikfolien eignen sich für den Aufbau von komplexen dreidimensionalen Kanalstrukturen, da mit diesen ein Einsacken der Strukturen während des Sinterns vermieden werden kann. All diese Eigenschaften eröffnen neue unkonventionelle Applikationen für die LTCC-Technologie. In LTCC-Technologie können – ähnlich zur Silizium-Technologie – MEMS hergestellt werden, wobei deren Strukturen, so genannte Mesostrukturen, entsprechend größere Abmessungen aufweisen. Diese Ceramic-MEMS weisen im Vergleich zu den konventionellen MEMS in Si-Technologie eine höhere mechanische Festigkeit und Temperaturbeständigkeit auf. Die Strukturierung der Keramikfolien mittels Lasers gestattet darüber hinaus ein Rapid Prototyping selbst von komplexen Systemen in LTCC-Technologie.

Am Beispiel eines Monitoring-Moduls zur Überwachung von biologischen Reaktionen sollen die Möglichkeiten der LTCC-Technologie im Hinblick auf den Aufbau von komplexen dreidimensionalen Strukturen aufgezeigt werden [4].

Herstellung des Monitoring-Moduls

Das Monitoring-Modul besteht aus einer großvolumigen Reaktorzelle (1 cm^3), in der kontinuierlich Reagensflüssigkeiten gemischt und auf konstanter Temperatur gehalten werden (*Abb. 1*). Von der Mischkammer wird das Testmedium an die verschiedenen Messstellen des Moduls geleitet, die mit diversen Sensoren und Lichtleiteranschlüssen bestückt sind. Zur Temperaturstabilisierung wird eine entsprechend vorgewärmte Temperierflüssigkeit durch ein Netzwerk von Kanälen durch das Modul gepumpt.

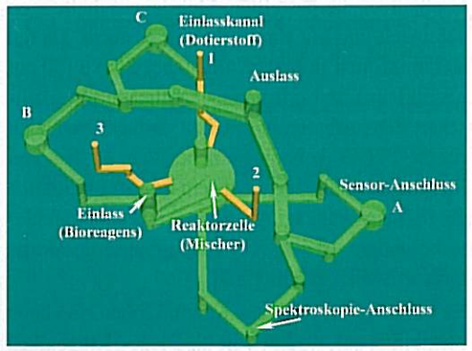


Abb. 1: Schematischer Aufbau des Monitoring-Moduls

Bei der Auswahl geeigneter Keramikfolien für die genannte Applikation muss sowohl auf die Biokompatibilität als auch auf die technologische Eignung des Materials für den Aufbau von dreidimensionalen Strukturen geachtet werden. Im Zuge der Evaluierung von LTCC- Materialien verschiedener Hersteller hinsichtlich deren Biokompatibilität wurden Standardtestverfahren mit HeLa-Zellen (menschliche Gewebezellen der ersten permanenten Zelllinie) angewandt. Bezüglich des Anhaftens und Vermehrens der Zellen auf der Keramikfolienoberfläche musste bei der Auswahl geeigneter Tapes ein Kompromiss gefunden werden, da ein Verstopfen der Kanäle durch sich anlagernde Zellen einen Ausfall des Monitoring-Moduls zur Folge habe kann. Bei der Auswahl der Tapes war ein unkontrolliertes Verformen des Kanalquerschnitts bedingt durch ein Einsinken der Kanaldeckwände während des Sinterns ein technologisches Ausschließungskriterium. *Ceramtec-GC*-Tapes mit einer Foliendicke von 240 µm haben den genannte Kriterien am besten entsprochen und wurden für den Aufbau des Monitoring-Moduls herangezogen. Die Herstellung des Monitoring-Moduls konnte nicht nach einem Standard-LTCC-Prozess durchgeführt werden, da für den Aufbau des Systems 133 Keramikfolienlagen eingesetzt werden mussten. Die Anzahl der in diesem Verbund eingesetzten Folien weicht stark von jener für konventionelle Anwendungen ab, sodass die Prozessparameter wie Laminierdruck und -dauer sowie Sinterprofil für diese Anwendung erst experimentell ermittelt werden mussten. Besondere Aufmerksamkeit musste auf den Laminierprozess gelegt werden, da das Modul von Hohlräumen und einem Netzwerk von Kanälen, mit einem Querschnitt von 200 µm x 200 µm bis 2 mm x 2 mm durchsetzt ist. Über den Laminierdruck und -dauer können die Querschnitte von Kanälen verändert werden (*Abb. 2*). Es musste jener

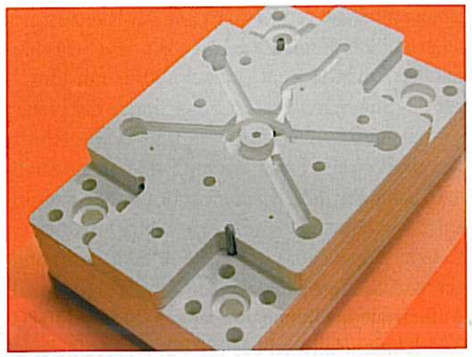


Abb. 2: Keramikfolienstapel mit fehlenden Deckelfolien

Laminierdruck ermittelt werden, bei dem noch die rechteckige Querschnittstruktur der Kanäle erhalten bleibt, ohne dass es aber zu einer Delamination der Keramikfolien kommt. So konnte ein solcher Keramikfolienstapel ab einem Druck von 30 bar, der für eine Dauer von 3 Minuten konstant gehalten wurde, bei einer Vorwärmtemperatur von 70 °C bereits erfolgreich laminiert werden. *Abb. 3* zeigt einen Keramikfolienstapel in einer offenen Pressform vor dem Laminieren. *Abb. 4* zeigt einen noch unvollständigen Stapel, der einen Einblick auf die offene Reaktorzelle und die Kanäle für die Temperierflüssigkeit gewährt, die die Reaktorzelle umgeben. Für eine zuverlässige Lamination der Keramikfolien ist es weiters notwendig, darauf zu achten, dass beim Laminieren im Keramikfolienstapel eine gleichmäßige Druckverteilung aufrecht erhalten wird. Die

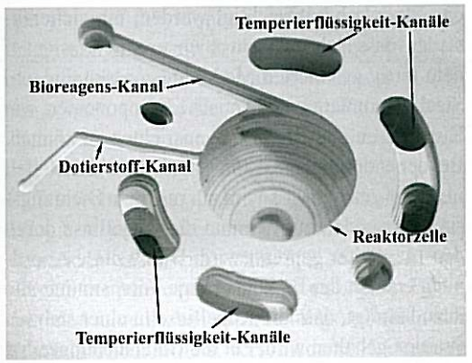


Abb. 3: Ansicht auf Reaktorzelle mit Kanalsystem (teilweise aufgefüllter Keramikfolienstapel)

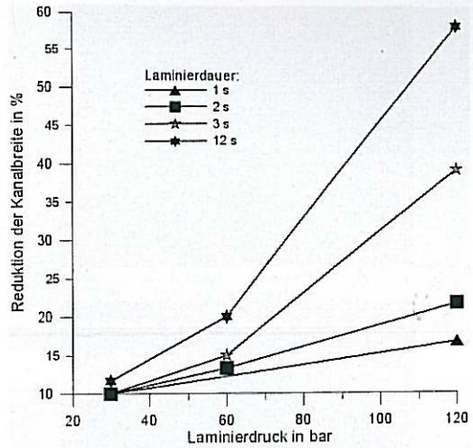


Abb. 4: Änderung der Kanalbreite in Abhängigkeit der Laminierparameter

Hohlräume stellen diesbezüglich kritische Bereiche im Modul dar, bei denen eine Störung der gleichmäßigen Druckverteilung auftritt. Es musste daher ein geeignetes Opfermaterial gefunden werden, mit dem die Hohlräume aufgefüllt werden konnten, um eine möglichst gleichmäßige Druckverteilung im Stapel aufrechterhalten zu können. Bei der Auswahl des Opfermaterials muss darauf geachtet werden, dass es während der Aufheizphase des Sinterprozesses rückstandslos entweicht, ohne das Schrumpfen des Moduls zu behindern, andernfalls es zu Rissbildungen im Keramikblock kommt. Unterschiedliche Opfermaterialien wie Graphit oder Füllungen mit Metalllegierungen, die nach dem Sintern durch Ätzen entfernt werden müssen, werden von einigen Autoren empfohlen [5, 6]. Beide Systeme schienen für diese Anwendung nicht geeignet zu sein. In der Folge wurden daher verschiedene Polymere, die bei Temperaturen <400 °C rückstandslos verbrennen, als Opfermaterialien evaluiert. Detailuntersuchungen wurden an einem Hohlraum mit einem Volumen von 1 cm^3, entsprechend jenem der Reagenszelle, durchgeführt. *Abb. 5* zeigt die Beschaffenheit der Hohlräume nach dem Sinterprozess, die mit unterschiedlichen Opfermaterialien für das Laminieren aufgefüllt worden waren.

Die Optimierung des Brennprofils und die Festlegung der Verweilzeiten bei Haltetemperaturen basie-

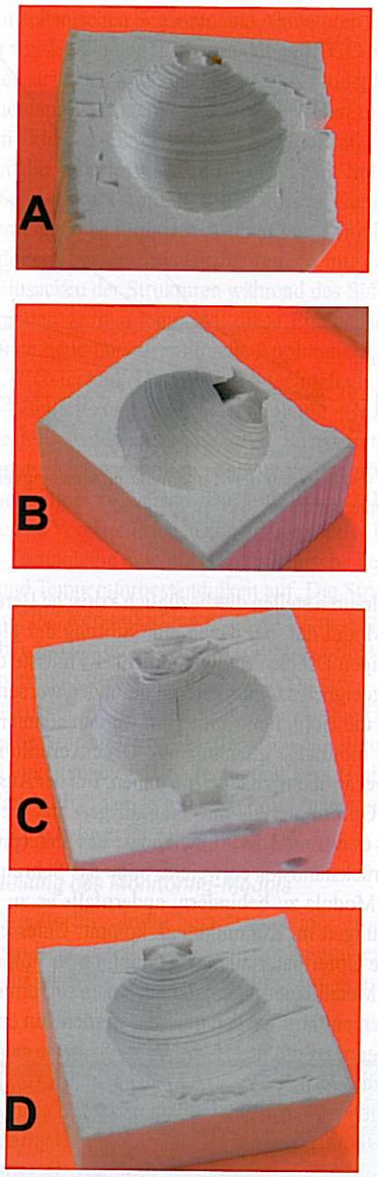


Abb. 5: Einfluss der Opfermaterialien auf die Qualität der Hohlräume: A: Polystyren, B: Hydroxyethylzellulose, C: ohne Opfermaterial, D: PMMA

ren auf thermogravimetrischen Untersuchungen sowie differenziellen Thermoanalysen an LTCC-Proben. So verbrennen und entweichen bei 400 °C die Bindemittel aus den Keramikfolien, ohne dass dies noch ein Schrumpfen zur Folge hat. Das Schrumpfen der Folien beginnt erst bei 600 °C mit Einsetzen des Sinterprozesses. Für das Sintern der Proben wurde ein extern temperaturgeregelter Muffelofen von *Heraeus* eingesetzt, der mit Blenden und Strahlungsschildern ausgestattet wurde, um sicherzustellen, dass während des gesamten Sinterprozesses im Keramikstapel eine Temperaturdifferenz von weniger als 7 K eingehalten werden kann. (Brennprofil: Aufheizrate im Temperaturbereich 20 °C - 150 °C: 0,25 K/min, Haltezeit bei 150 °C: 3 h, Aufheizrate im Temperaturbereich 150 °C - 450 °C: 0,125 K/min, Haltezeit bei 450 °C: 3 h, Aufheizrate im Temperaturbereich 450 °C - 920 °C: 0,25 K/min, Haltezeit bei Maximaltemperatur von 920 °C: 3 h, Abkühlrate: 0,125 K/min). Tritt ein höherer Temperaturunterschied im Stapel auf, kann dies zur Rissbildung und letztendlich zum Bruch des Moduls führen.

Neben den Untersuchungen bezüglich geeigneter Opfermaterialien wurden von den verschiedenen Funktionseinheiten des Moduls getrennt Funktionsmuster erstellt, an denen die Prozess- und Designparameter sowie die Assemblierung optimiert wurden. Erst danach wurden sie in das Modul integriert. So wurde auch ein Prototyp der Mikro-Perfusionskammer für die Absorptions- und Fluoreszenzspektroskopie aufgebaut. *Abb. 6* zeigt eine Querschnittansicht vom Aufbau dieser Messzelle. Das Schrumpfverhalten (Schrumpfrate: 18 % in der Breite, 21 % in der Länge und 14,5 % in der Dicke) der Keramik musste bereits beim Entwurf des Moduls berücksichtigt werden, um sicherzustellen, dass Bohrungen in einem exakten Raster auf dem fertig gesinterten Modul angeordnet sind, um Stecker montieren, und optische Komponenten, wie Kugellinsen einbringen und ausrichten zu können. Bei der endgültigen Ausführung, wie sie am Modell in *Abb. 7* gezeigt wird, wird nur mehr ein Dichtungsring verwendet, auf den nun die Kugellinse durch den Lichtleiter gepresst wird. Durch diese Anordnung erzeugt der Lichtleiter eine Vorspannung, die dazu beiträgt, dass die Kugellinse in einer stabilen Position gehalten wird. Für die Untersuchungen hat es sich als vorteilhaft erwiesen, den Lichtweg von ursprünglich 2 mm auf 5 mm zu vergrößern.

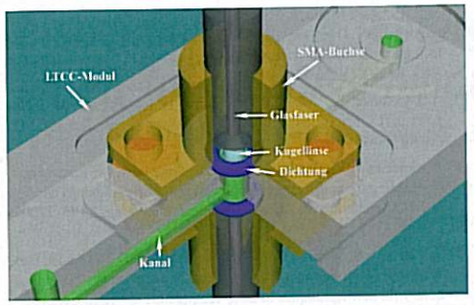


Abb. 6: Schematischer Aufbau einer Mikroperfusionsmesszelle für die Absorptions- und Fluoreszenzmikroskopie

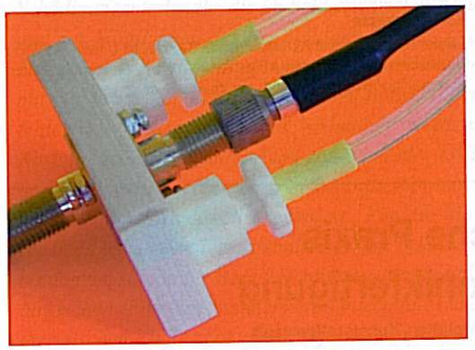
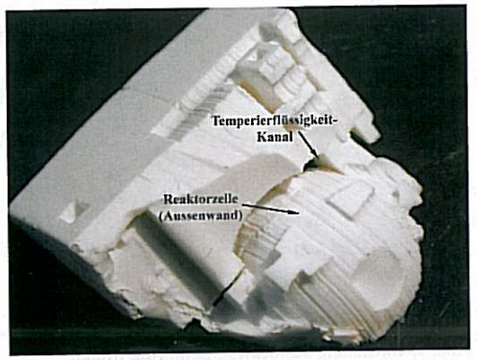


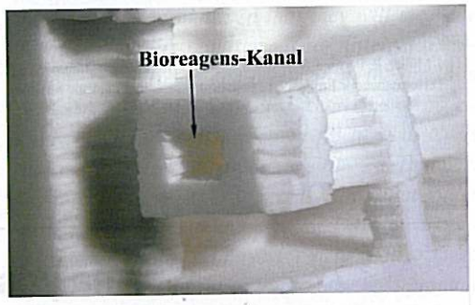
Abb. 7: Vollständig bestückte Mikroperfusionsmesszelle

Abb. 8 zeigt Detailansichten des Kanalsystems an einem aufgetrennten Modul. *Abb. 9* zeigt das vollständig bestückte Monitoring-Modul.

Zusammenfassung

Am Beispiel des Monitoring-Moduls konnte gezeigt werden, dass mit der LTCC-Technologie komplexe dreidimensionale Strukturen hergestellt werden können. Es sind dies Strukturen, die in anderen Technologien, wie zum Beispiel in Spritzgusstechnik, kaum oder nur schwer herstellbar sind. Die LTCC-Technologie, die ursprünglich als eine Technologie für den Aufbau elektronischer Schaltkreise entwickelt wurde, wird sich in Zukunft verstärkt im Bereich der Mikrosystemtechnik etablieren. Durch die unterschiedlichen Bearbeitungsverfahren der Keramikfolien mittels verschiedener Laserarten sowie durch Prägen, Stanzen oder Mikrofräsen können Mikrostrukturen unterschiedlicher Abmessungen und Oberflächenqualität erzeugt werden. Dies sowie die Verfügbarkeit von Keramikfolien unterschiedlicher physikalischer Eigenschaften eröffnen der LTCC-Technologie ein großes Entwicklungspotenzial, wobei sie als eine zukunftsträchtige Erweiterung der MEMS-Technologien anzusehen ist.





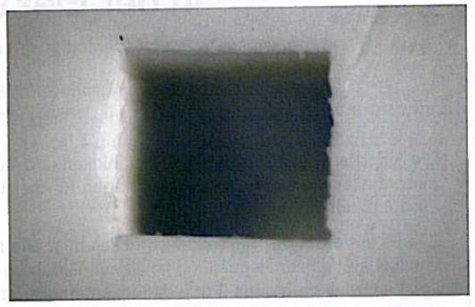


Abb. 8: Innenansicht vom Monitoring-Modul:
A: Außenwand der Reaktorzelle mit umgebenden Kanalsystem, B: Bioreagenskanal umgeben von Kanälen und Hohlräumen (Kanalquerschnitt: 1,56 mm x 1,3 mm), C: Querprofil eines Auslasskanals (1,76 mm x 1,73 mm)

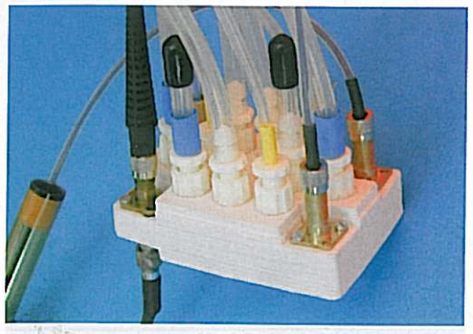


Abb. 9: Vollständig bestücktes Monitoring-Modul

Literatur

[1] J. Müller, R. Perrone, S. Rentsch, M. Hintz, R. Stephan: „Improved RF Performance for Embedded Passives in LTCC by Fine Line Structuring Methods", Proc. *30th Int. Conf. of IMAPS*, Cracow, Poland, 69-77 (2006)

[2] M.R. Gongora-Rubio, P. Espinoza-Vallejos, L. Sola-Laguna, J.J. Santiago-Aviles: „Overview of low temperature co-fired ceramics tape technology for meso-system technology (MsST)", *Sensors Actuat. A Phys.* **89** (2001) 222-241

[3] L.J. Golonka, T. Zawada, J. Radojewski, H. Roguszczak, M. Stefanow: „LTCC Microfluidic System", *Int. J. Appl. Ceram. Technol.* **3 (2)** (2006) 150-156

[4] W. Smetana, B. Balluch, G. Stangl, E. Gaubitzer, M. Edetsberger, G. Köhler: „A multi-sensor biological monitoring module built up in LTCC-technology", *Microelectronic Engineering*, **84 (5)** (2007) 1240-1243

[5] A. Peterson, K.D. Patel, C.K. Ho, S.B. Rohde, C.D. Nordquist, C.A. Walker, B.D. Wróblewski, M. Okandan: „Novel microsystem applications with new techniques in Low-Temperature Co-fired Ceramics", *Int. J. Appl. Ceram. Technol.* **2 (5)** (2005) 345-363

[6] H. Birol, T. Maeder, C. Jacq, S. Straessler, P. Ryser: „Fabrication of Low-Temperature Co-fired Ceramics micro-fluidic devices using sacrificial carbon layers", *Int. J. Appl. Ceram. Technol.* **2 (5)** (2005) 364-373

Kontaktadresse

Institut für Sensor- und Aktuatorsysteme, Technische Universität Wien, Gusshausstrasse 27-29/366-AEM, A-1040 Wien, Österreich, walter.smetana@tuwien.ac.at, www.isas.tuwien.ac.at/aem

Analytische Praxis in der Elektronikfertigung

Baugruppenfertigung, Leiterplatten, Kunststoffgalvanik

Von Dr. Rolf Biedorf. Erste Auflage 2005. 696 Seiten mit 189 Abbildungen und 80 Tabellen.
ISBN 3-87480-211-6. Preis € 98,– incl. 7 % MwSt., zuzüglich Porto.

Die Anforderungen an die Leistungsfähigkeit und Qualität von Produkten nimmt stetig zu. Dies macht den Einsatz aller modernen Analysemethoden für die Herstellverfahren und die Qualitätsprüfung der fertigen Produkte unumgänglich.

Dieses umfassende Handbuch berücksichtigt alle Methoden der nasschemischen Analytik, der Prüfung von Rohstoffen zur Herstellung sowie die Verfahren zur Bestimmung der notwendigen Qualitätsmerkmale von Elektronikprodukten. Für jede Messmethode ist die erforderliche Ausrüstung und Vorgehensweise für den Einsatz angegeben.

Für den Praktiker ein unersetzliches Arbeitsbuch in der Produktion und Qualitätsprüfung eines modernen Elektronikunternehmens.

Die Hauptkapitel des Buches:

1 Aufgaben der Analytik für die Verfahren der Produktion und Prüfung von Baugruppen, Leiterplatten und galvanischen Kunststoffen
2 Methoden der Laboranalytik
3 Analytik der galvanotechnischen und chemischen Verfahren
4 Prüfung und Analyse, Grund- und Hilfsmaterialien
5 Schicht- und Oberflächenanalyse
6 Diagnostik elektronischer Baugruppen

Eugen G. Leuze Verlag KG

Karlstraße 4 · D-88348 Bad Saulgau · Tel. 07581/4801-0 · Fax 07581/4801-10
e-mail: brigitte.brotzer@leuze-verlag.de · Internet: www.leuze-verlag.de

Inspektions- und Testergebnisse an Pb-freien Lötverbindungen – Teil II

Von Prof. Dr. Hans-Jürgen Albrecht, Siemens AG, Berlin

Ziel des Artikels ist die Diskussion der Voraussetzungen für zuverlässige Pb-freie Lötverbindungen unter den Bedingungen beschleunigter Alterungsverfahren. Der Temperaturwechseltest (TWT) ist eine bestätigte Grundlage der thermo-mechanischen Analyse bei der Qualifikation elektronischer Baugruppen. Die Wahl der Testmethoden richtet sich nach den Erkenntnissen der Wirkungsäquivalenz der Schädigungsmerkmale, die im Feld erwartet werden und der Möglichkeit der Nachbildung im Test. Die Definition der Prüfbedingungen muss unmittelbar mit der Frage der Akzeptanzkriterien notwendiger fehlerfreier Belastungszeiten verbunden werden. Abstufungen im absoluten Temperaturhub des TWT und der Zyklenbeschreibungen beeinflussen markant die Zuverlässigkeitsergebnisse. Für die hinreichend bekannten Testergebnisse an SnPb-Lötverbindungen sind unter Berücksichtigung aller metallurgischen (Finishes Bauelement, Leiterplatte) und thermischen Einflussfaktoren (Reflowbedingungen) der Verbindungsbildung, die adäquaten Testergebnisse für SnAgCu-Lötverbindungen zu erarbeiten bzw. Felderweiterungen in Neudefinitionen der Testverfahren zu integrieren. Eine Auswahl bisher bekannter Ergebnisse an SAC-Loten wird nachfolgend vorgestellt und diskutiert.

The purpose of this paper is to review reliability results and also to understand the SAC reliability data associated with different accelerated test procedures. Thermal cycling accelerated life testing is an established technique for thermo-mechanical evaluation and qualification of electronic assemblies. How should the solder joints be tested during the qualification phase so that they will meet the desired reliability requirements of different applications in the field? The comment to the question must consist of two parts: (1) what kind of accelerated tests should be run; and (2) to what levels (cycles, hours) the tests should be run. The first part is straightforward since it is well known that solder joints fail due to crack propagation. Different accelerated temperature cycling tests can be used to speed up solder joint failures as long as the tests produce the same failure mechanisms as observed in the field. A substantial knowledge exists regarding the performance of the conventional SnPb alloy in this area, including analyses of the impact of various different pad surface finishes (e.g., imm. Sn, imm. Ag, Ni-Au, Cu OSP, etc.) upon joint integrity. Due to the popularity of the SnAgCu alloys as Pb-free alternatives, much data have been generated to characterize their performance under similar test conditions. A collection of results will be discussed.

3 Technische Zuverlässigkeit

Innerhalb der Untersuchungen zur technischen Zuverlässigkeit (Board Level Reliability) werden zwei Mindestforderungen fokussiert:

- Die technische Zuverlässigkeit Pb-freier Baugruppen muss mindestens adäquat der Produktzuverlässigkeit Pb-haltiger Baugruppen sein.
- Unter Beachtung anspruchsvollerer Umgebungs-/Einsatzbedingungen werden die Anforderungen an Pb-freie Lote oberhalb der konventionellen Lote adressiert.

Daraus ableitend werden unterschiedliche Philosophien an die Testkonzeptionen gebunden. Die heute üblichen Testverfahren zum Nachweis der technischen Zuverlässigkeit elektronischer Baugruppen sind die Mindestanforderungen zu erfüllender Lebensdauermerkmale Pb-freier Lötverbindungen. Eine Vorbedingung der Adaption konventioneller Testverfahren ist jedoch die Kenntnis bezüglich der Schädigungsmechanismen, die aus der bisherigen Kenntnis der Alterungsmechanismen an Pb-haltigen Lötverbindungen übernommen wurde, eine Voraussetzung, die nicht in jedem Fall gegeben