



Kundenspezifisches Packaging in der Mikrosystemtechnik
Ball-Grid-Array in 3D-Technologie

Von Udo Dehne, RHe Microsystems GmbH, Radeberg

In der Mikrosystemfertigung spielt neben der Auswahl geeigneter Aufbau- und Verbindungstechnologien die Art und Form der äußeren Schnittstellen und damit das Packaging der Baugruppe eine bedeutende Rolle. So sind mikroelektronische Module gefragt, welche die geforderte Funktionalität realisieren und zugleich den Anforderungen der jeweiligen Applikation hinsichtlich Kontaktierung bzw. Integration in das Gesamtsystem optimal gerecht werden. In diesem Beitrag ist eine mittels Dickschicht- und speziellen Montagetechnologien realisierte Sensorelektronik für die akustische Diagnose von Materialien beschrieben.

Bei komplexen Sensoranwendungen wird im Allgemeinen angestrebt, das Sensorelement und die Elektronik möglichst nah zueinander zu positionieren, um die Kabelwege und damit die Störeinflüsse auf der Verbindungsleitung zwischen dem eigentlichen Sensorelement und der Erfassungs- bzw. Auswerteelektronik zu reduzieren. Dies ist mit einer herkömmlichen Elektroniktechnologie aus Platzgründen selten möglich. Aus diesem Grund wurde eine mikroelektronische Schaltung in Form eines gestapelten 3D-BGA-Package von der RHe Microsystems GmbH (RHe) in Kooperation mit entsprechenden Partnern entwickelt und gefertigt. Dies geschah im Rahmen des gemeinsam mit FhG IZFP Dresden, Möller GmbH und Marco GmbH gestalteten und durch das BMBF geförderten Projektes ASiMiK (Akustische Signaturanalyse mit Mikromodulen zur Diagnose und Qualitätsbewertung von Bauteilen im Maschinen- und Anlagenbau, FKZ: 16SV1704). Ein weiterer Zweck der BGA-Lösung ist die Fertigung von standardisierten Modulen (z.B. Match-X), die je nach Anforderungen, kundenspezifisch zusammengestellt werden können.

Bei der Anwendung handelt es sich um ein mikroelektronisches Sensor-System für die zerstörungsfreie Prüfung von Faserverbundmaterialien (CFK, GFK) im Flugzeugbau mittels akustischer Diagnose. Dieses Sensorsystem dient zur Echtzeit-Erfassung von Materialschäden hervorgerufen durch inneren Stress oder äußere Einflüsse, wie z. B. Fremdkörpereinschläge. Durch die Erfassung von Laufzeitunterschieden akustischer Wellen wird

das Ereignis in einem zerstörungsfreien Verfahren geortet, in der Elektronik weiterverarbeitet und mittels Software graphisch dargestellt.

Das piezo-elektrische Sensor-/Aktor-Element, die kompakte Auswerteelektronik und die Software zur graphischen Darstellung der Ergebnisse bilden die Hauptbestandteile dieser kundenspezifischen Sensorlösung. Die als BGA-Stapel ausgeführte und in der Abb. 1 dargestellte Auswerteelektronik vereint folgende funktionelle Einheiten:

- Sensorinterface mit analogem Vorverstärker
- Waveform-Generator mit Leistungsverstärker
- digitaler Signalprozessor (DSP) mit Analog/Digitalwandlung für die Signaldetektion, Signalverarbeitung, Steuerung und Kommunikation
- Stromversorgung
- CAN-BUS Schnittstelle

Das zentrale Bauelement ist der DSP, welcher zusammen mit peripheren Komponenten wie RAM

PLUS

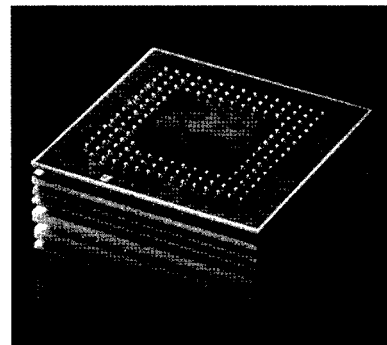


Abb. 1: Kompletter BGA-Stapel

und Quarz-Oszillator in einem Modul untergebracht ist. Der Stromversorgungsbaustein stellt bei einem Eingangsspannungsbereich von 9-28 V die notwendigen Spannungen für alle Teilkomponenten bereit. Als analoge Baugruppen werden ein Waveform-Generator/Leistungsverstärker-Baustein und ein Sensorinterface-Baustein integriert. Das generierte akustische Signal steht in Wechselwirkung mit den zu charakterisierenden Prüfobjekten und kann anschließend durch einen Piezo-Sensor detektiert werden. Das Empfangssignal wird mittels eines Sensorinterfaces an die Eingangsbedingungen des im DSP enthaltenen A/D-Wandlers angepasst. Dieser digitalisiert das Empfangssignal und der DSP legt die Daten im RAM ab. Mittels Algorithmen zur Signalverarbeitung (z. B. digitale Filterung, FFT-Berechnung, Korrelation) werden Kenngrößen zur Beschreibung des Übertragungsverhaltens zwischen Sensor und Aktor gebildet und damit der Prüfling charakterisiert.

Alle Einzelmodule im 3D-Stapelaufbau sind als High-Density-Package (HDP) in Dickschichttechnologie realisiert worden. Sie bestehen jeweils aus einem Boden sowie einem Deckel. Das Basismaterial ist 96 %ige Al_2O_3 -Keramik mit einer Dicke von 0,635 mm. Die Größe der Substrate von 25,4 mm x 25,4 mm wird durch die eingesetzten Bauelemente, insbesondere durch den DSP bestimmt. Alle Löt pads und Durchkontaktierungen bzw. die Leitbahnen der äußeren Lagen wurden in AgPd und die inneren Leitbahnen und Finline-Strukturen mit min. 90 µm Breite in Ag ausgeführt. Die Ag-Leitbahnen gewährleisten die entsprechende Niederohmigkeit der Verdrahtung. Auf der Substratvorderseite wurden bis zu 5 und auf der Rückseite bis zu 2 leitende Ebenen zur Verdrahtung und Entflechtung verwendet. Zusammen mit den Isolations- und Viafülldrucken ergibt dies eine max. Anzahl von 35 Drucke pro Verdrahtungsträger, d. h. pro Deckel bzw. Boden. So werden z.B. beim DSP-Modul folgende Einzeldrucke durchgeführt: 4x Leitbahn AgPd, 7x Leitbahn Ag, 8x Viafüllung Ag und 16x Isolation.

Die Bauelementebestückung erfolgt auf der Bodenober- bzw. Deckelunterseite. Die Verbindung von Boden und Deckel übernimmt ein Rahmen der bei RHe mit Hilfe eines Keramiklasers her-

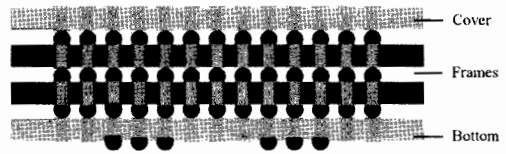


Abb. 2: Schematische Darstellung Einzelmodul

gestellt wurde. Der Rahmen dient gleichzeitig als Dickschicht-Verdrahtungsträger und verfügt über 108 Durchkontaktierungen. Der Durchmesser der Durchkontaktierlöcher beträgt 300 µm. Als Durchkontaktierpaste wird eine spezielle Ag-Pd-Paste verwendet. Als Material für die Kontaktierungs-Balls zu Deckel und Boden wurde Ni/Au ausgewählt. Ein schematischer Aufbau mit Boden, Rahmen und Deckel ist in der Abb. 2 dargestellt. Bei Bedarf, z. B. im Fall eines sehr hohen Bauelements, können, wie in der Abb. 3 gezeigt, mehrere Rahmen zwischen Boden und Deckel übereinander gestapelt werden. Die interne Kommunikation zwischen den Nachbarmodulen im Stapelverbund erfolgt über eine 144 Pins zählende standardisierte BUS-Schnittstelle, die ebenfalls als BGA ausgeführt ist. Damit ist die Kompatibilität der Bausteine untereinander gewährleistet. Für die Montage der BGA-Rahmen und -Module wurde eine im Rahmen der Entwicklung qualifizierte Leitlebtechnologie gewählt.

Ein komplett aufgebauter BGA-Stapel besteht somit aus 4 Modulen mit insgesamt 50 Leitebenen und ca. 1550 Balls.

Mit dieser Lösung wurde ein sehr kompaktes und damit sensornahes Mikrosystem geschaffen. Am Ausgang der Elektronik erhält man das bereits vollständig berechnete und bewertete, digitale



Abb. 3: Doppelrahmen zw. Deckel und Boden

Signal. Aufgrund der integrierten BUS-Schnittstelle wird nur noch ein Anschlusskabel für alle im System befindlichen Sensor/Aktor-Module zur Übertragung zum PC oder Laptop benötigt. Ein weiterer Vorteil des gewählten Aufbaus liegt in der sehr guten Wärmeleitfähigkeit der verwendeten Al_2O_3 -Keramik und der damit erreichbaren Verlustleistungskonzentration.

Anwendungsmöglichkeiten einer dementsprechenden BGA-Lösung bestehen z. B. in der zerstörungsfreien, akustischen Diagnose von Ventilen in schwer zugänglichen Bereichen oder in der Überwachung von Konstruktionselementen im Flugzeugbau. Die hier verwendeten Technologien können ebenso für ein kundenspezifisches Packaging in Form eines herkömmlichen Hybridschaltkreises mit BGA-Kontaktierung eingesetzt werden.

In Ergänzung dieser BGA-Lösungen ist *RHe* in der Lage, kundenspezifische Mikrosysteme, Hybride oder Module verschiedenster Applikationen zu realisieren. In diesem Zusammenhang bietet *RHe* folgende Dienstleistungen an:

- Design/Layout
- Substratherstellung in Dick- und Dünnschicht sowie Polymersubstrate
- Montagetechnologien für nahezu alle Bauelemente einschließlich Nacktchip und Flip-Chip-Verarbeitung



Abb. 4: Reinraumgalvanik RHe

- Schaltungsschutz/Packaging
- Screening/Tests und Qualifikationen
- Laserbearbeitung von Keramik

Die Qualifikationen nach DIN ISO 9001:2000, ISO TS 16949, KTA 1401 und ESA-PSS-01-606 sowie die Fertigung gemäß der ESA- und MIL-Normen garantieren dabei die exzellente Qualität aller Endprodukte. Um diesen Anspruch noch besser gerecht zu werden, wurde in diesem Jahr in die Komplettrekonstruktion der Reinraumgalvanik investiert (Abb. 4).

Kontaktadresse

Udo Dehne, RHe Microsystems GmbH, Heidestraße 70, 01454 Radeberg, Tel. 03528/4199-20, Fax -99, udo.dehne@rhe.de, www.rhe.de

**P
L
U
S**

Strategien zur wirtschaftlichen Produktion von elektronischen Baugruppen

Von Ewald Gailing und weitere Autoren. Erste Auflage 1999. 124 Seiten. ISBN-Nr. 3-87480-149-7. Preis € 47,- inkl. MwSt., zuzüglich Porto

Das Werk vermittelt Erfahrungen und Kenntnisse aus Industrie und Wissenschaft und macht den Versuch, die unterschiedlichen Anforderungen des Marktes darzustellen, Hinweise für ein fertigungs- und prüfgerechtes Design zu geben, Unterschiede von SMT-stand-alone- und Linienkonzepten für die Herstellung darzustellen, sowie Prüfverfahren und Prüfstrategien zu erläutern.

Eugen G. Leuze Verlag

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 <http://www.leuze-verlag.de>