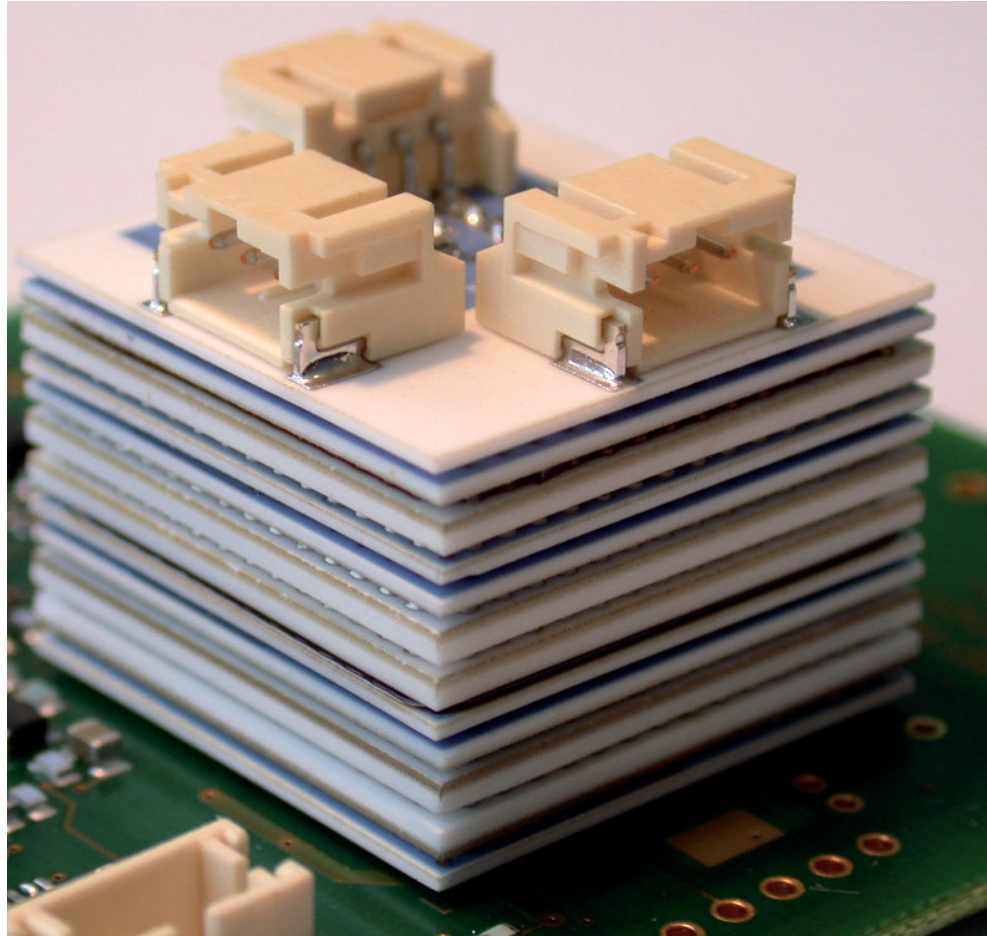


Innovation in der dritten Dimension

Sensornahe Mikrosysteme im 3D-BGA-Hybridbau für die akustische und zerstörungsfreie Prüfung von Materialien

Viele Sensor- und Überwachungsanwendungen können nur dann optimal realisiert werden, wenn die Auswertung der Signale sensornah passiert. Für diese Aufgabe haben sich dreidimensionale Mikrosysteme als ideale Lösung etabliert. In der Fertigung dieser Systeme spielt neben der Auswahl geeigneter Aufbau- und Verbindungstechnologien die Art und Form der äußeren Schnittstellen und damit das Packaging der Baugruppe eine bedeutende Rolle. Am Beispiel eines 3D-BGA-Hybridbaus zur akustischen und zerstörungsfreien Prüfung von Materialien gibt dieser Beitrag Einblick in das Design und die Herstellung derartiger mikroelektronischer Module.

■ Udo Dehne, Bernd Frankenstein



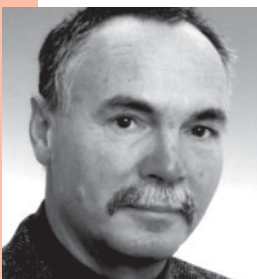
Udo Dehne

ist Leiter Marketing /
technischer Vertrieb bei
RHe Microsystems

T +49/3528/4199-20

F +49/3528/4199-99

udo.dehne@rhe.de



Bernd Frankenstein

ist Leiter mikrointegrierte
Prüftechnik am Fraunhofer-
Institut für Zerstörungsfreie
Prüfverfahren IZFP in
Dresden

T +49/351/26482-32

F +49/351/26482-18

bernd.frankenstein@

izfp-d.fraunhofer.de

Die Überwachung technischer Prozesse mittels akustischer Methoden soll möglichst störungsarm erfolgen. Dazu kann wesentlich die sensornahe Auswertung der Signale beitragen. Die Signalauswertung beinhaltet in diesem Sinne analoge Signalaufbereitung, die Digitalisierung der Signale sowie die Abarbeitung von Algorithmen zur Datenreduktion und digitalen Kommunika-

tion. Digitale Signalprozessoren (DSPs) können die dazu erforderlichen Basisalgorithmen wie Filterung, Down-Sampling, FFT-Berechnung und Korrelation spektraler Komponenten besonders effektiv ausführen. Es besteht somit der Bedarf an einem sensornahen, kompakten Aufbau, der sowohl die analoge Elektronik als auch einen DSP mit peripheren Komponenten integriert.

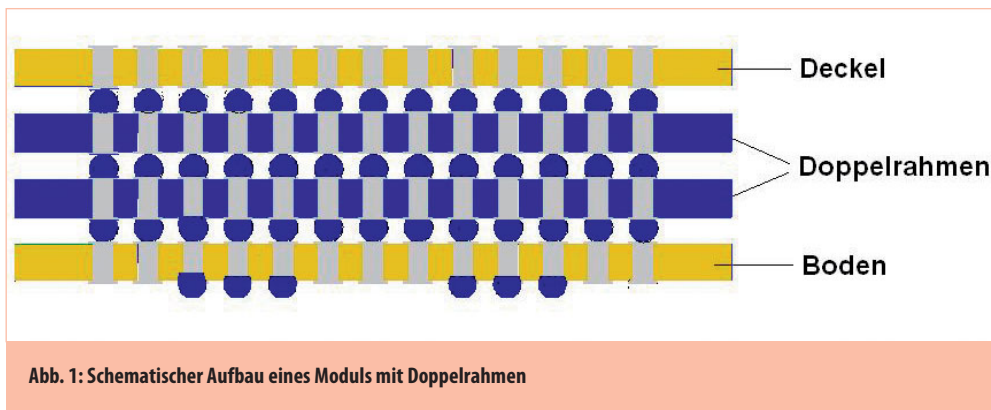


Abb. 1: Schematischer Aufbau eines Moduls mit Doppelrahmen

Die sensornahere Auswertung zur Vermeidung von Störeinflüssen auf Verbindungsleitung zwischen Sensorelement und Erfassungs- bzw. Auswertelektronik ist mit einer herkömmlichen Elektroniktechnologie aus Platzgründen selten möglich. Aus diesem Grund wurde eine mikroelektronische Schaltung in Form eines gestapelten 3D-BGA-Package entwickelt.

Für die standardisierte Entwicklung derartiger Mikrosysteme hat der VDMA den Baukasten Match-X spezifiziert. Die unterschiedlichen Match-X-Komponenten, die jeweils eine Teilfunktion des Gesamtsystems erfüllen, können in unterschiedlichen Systemkonfigurationen mit der gleichen Bausteinfunctionalität eingesetzt werden. Mit dem Bausteinatalog wird für Interessenten eine Basis geschaffen, auf bereits existierendem Know-how aufzubauen und durch eigene Module zu ergänzen. Die hier vorgestellte Entwicklung wurde im Rahmen dieser VDMA-Spezifikation durchgeführt.

Dicht gepackt

Durch die Verwendung von keramischen Trägermaterialien, die dreidimensional übereinander gestapelt werden können, wird eine mit konventioneller Leiterplattentechnologie nicht

erreichbare räumliche Integration erzielt. Dies stellt für Anwendungen, die besonders robuste Technologien erfordern, einen erheblichen Vorteil dar.

Bei einer speziellen Entwicklung für Anwendungen in der akustischen Qualitätsbewertung sind vier Module zu einem 3D-Stapel zusammengefasst worden. Die Hauptbestandteile dieser Sensorlösung bilden das piezo-elektrische Sensor-/Aktor-Element, die kompakte Auswertelektronik und eine zur graphischen Darstellung der Ergebnisse notwendige Software. Die Auswertelektronik vereint folgende funktionelle Einheiten:

- Sensorinterface mit analogem Vorverstärker
- Waveform-Generator mit Leistungsverstärker
- DSP mit Analog/Digitalwandlung für die Signaldetektion, Signalverarbeitung, Steuerung und Kommunikation
- Stromversorgung

Aufbau und Funktion

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

RAM und Quarz-Oszillator in einem Modul untergebracht ist. Der gewählte DSP beinhaltet neben den Komponenten zur schnellen Signalverarbeitung einen 16-Kanal 12-Bit ADC mit einer Abtastrate von 12,5 MSamples/s und ein CAN-Interface. Der Stromversorgungsbaustein stellt bei einem Eingangsspannungsbereich von 9 bis 28 V die notwendigen Spannungen für alle Teilkomponenten bereit. Als analoge Baugruppen werden ein Waveform-Generator/Leistungsverstärker-Baustein und ein Sensorinterface-Baustein integriert. Der Waveform-Generator beinhaltet 64K SRAM, die über SPI-Interface mit einer beliebigen Signalform geladen werden können. Diese Waveform wird mit einer Taktfrequenz bis 18 MHz auf einen DAC ausgegeben und steuert über den Leistungsverstärker einen Piezo-Aktor an. Das generierte akustische Signal wechselwirkt mit den zu charakterisierenden Prüfobjekten und kann anschließend durch einen Piezo-Sensor detektiert werden. Das Empfangssignal wird mittels eines Sensorinterfaces bestehend aus Verstärker und Filterbaugruppen an die Eingangsbedingungen des im DSP enthaltenen ADCs 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.

Herstellung

Alle Einzelmodule im 3D-Stapelaufbau wurden als High-Density-Package (HDP) in Dickschichttechnologie realisiert. Sie bestehen jeweils aus einem Boden sowie einem Deckel. Das Basismaterial ist 96-prozentige Al₂O₃-Keramik mit einer Dicke von 0,635 mm. Die Größe der Substrate von 25,4 mm x 25,4 mm wird >

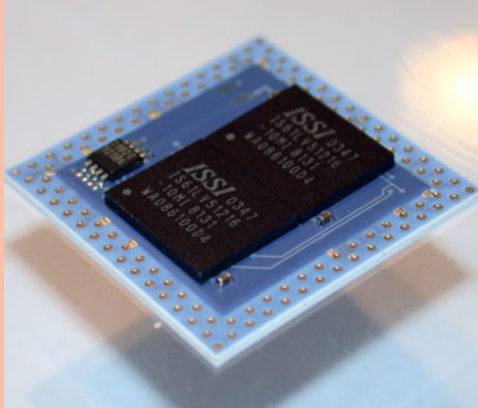


Abb. 2: Auf Keramikboden montierter DSP-Speicher

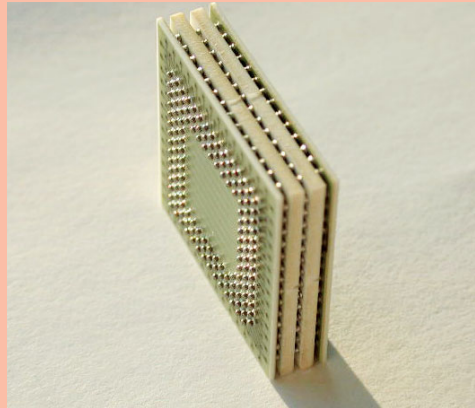


Abb. 3: Stromversorgungsmodul mit Boden, Deckel und Doppelrahmen

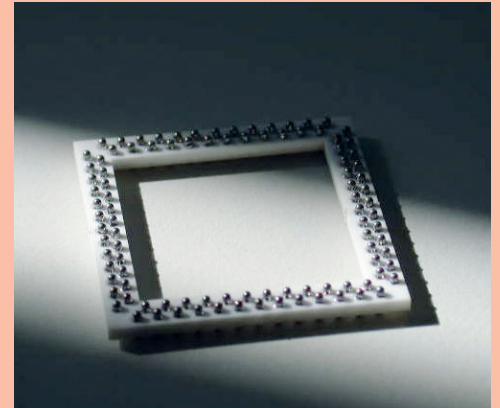


Abb. 4: Verbindungsrahmen mit BGA-Balls

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 Fineline-Strukturen mit min. 90 µm Breite in Ag ausgeführt. Die Ag-Leitbahnen gewährleisten die entsprechende Niederohmigkeit der Verdrahtung. Auf der Substratvorderseite kommen bis zu 5 und auf der Rückseite bis zu 2 leitende Ebenen zur Verdrahtung und Entflechtung zum Einsatz. 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 mithilfe eines Keramiklasers hergestellt 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 AgPd-Paste verwendet. Als Material für die Kontaktierungs-Balls in Richtung Deckel und Boden kommt Ni/Au zum Einsatz. Bei Bedarf, z.B. im Fall eines sehr hohen Bauelements, können mehrere Rahmen zwischen Boden und Deckel übereinander gestapelt werden. Ein integrierter Temperatursensor ermöglicht die Überwachung der Temperatur und die Identifikation der Bausteine.

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 Leitklebtechnologie gewählt.

Ein komplett aufgebautes BGA-Stapel besteht somit aus 4 Modulen mit insgesamt 50 Leitebenen und ca. 1.550 BGA-Balls und stellt ein sehr kompaktes und damit sensornahes Mikrosystem dar. Am Ausgang der Elektronik erhält man das bereits vollständig berechnete und bewertete digitale 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 Al₂O₃-Keramik und der damit erreichbaren Verlustleistungskonzentration. Das so gestaltete Mikrosystem zeichnet sich besonders durch seine Optimierung für piezoelektrische Sensorsysteme und akustische Signaturanalyse (aktiver und passiver Betrieb, Frequenzbereiche) sowie seine störungsarme und sensor-nahe Signalverarbeitung aus. Zudem kann das System durch eine weitere Sensorintegration zum MEMS ausgebaut und mittels CAN-Bus oder optionalem Bluetooth-Modul („Sensor-netzknoten“) vernetzt werden.

Anwendungsgebiete

Mit zunehmender Verbreitung des Match-X-Standards steht eine breite Palette bereits realisierter und bewährter Baugruppen zur Verfügung, die je nach Anforderungen schnell zu einer kompletten Applikation zusammengestellt werden können. Oft genutzte Standardkomponenten können so günstig in hoher Stückzahl gefertigt werden und durch Kombination mit speziellen Modulen zu einer neuen Anwendung kombiniert werden. Beispiele für erfolgreiche Anwendungen sind:

- Überwachung des Abbrandverhaltens von Schaltkontakten (BMBF-Programm Mikrosystemtechnik, ASiMik, Förderkennzeichen 16SV1704)
- Qualitätsbewertung von Bauteilen im Maschinen- und Anlagenbau mit Messanordnungen zur passiven Überwachung und aktiven Schallanregung
- strukturintegrierte Zustandsüberwachung (z.B. Detektion von Enthaltungen in Verbundwerkstoffen für Flugzeuge und Windkraftanlagen)

Bei der zuletzt genannten Anwendung handelt es sich um ein mikroelektronisches Sensorsystem 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. Fremdkörper einschläge. Durch die Erfassung der Laufzeitunterschiede akustischer Wellen wird das Ereignis in einem zerstörungsfreien Verfahren geortet, in der Elektronik weiterverarbeitet und mittels Software graphisch dargestellt. Die hier verwendeten Technologien können aber ebenso für ein kundenspezifisches Packaging in Form eines herkömmlichen Hybridschaltkreises mit BGA-Kontaktierung eingesetzt werden. ■

Dieser Beitrag als PDF und weiterführende Informationen (ähnliche Beiträge, technische Daten, Direktlinks zum Hersteller etc.) sind online verfügbar auf www.duv24.net

more @ click DV095010