

# Sensorpackaging im Batchverfahren mit RMPD<sup>®</sup> und 3D-CSP

**Die Integration von Sensoren und Auswerteelektronik in einem für den Messort angepassten Gehäuse ist eine der vielfältigen Aufgaben der Mikrosystemtechnik. Standard-Sensoren zu günstigen Preisen stehen zur Verfügung, können aber in herkömmlichen Technologien nur schwer in kleine Messräume integriert werden. In der Regel braucht man ein Kabel, welches mit der Auswerteelektronik verbunden werden muss. Kurze Wege der meist analog anfallenden Signale zur Umwandlung in ein busfähiges digitales Signal haben den Vorteil der geringeren Querempfindlichkeit. So können parasitäre Kapazitäten und Induktivitäten, die auf den Leitungen anfallen, auf ein Minimum reduziert werden.**

Basierend auf dem MID-Verfahren wurden Lösungen erarbeitet, bei dem die Auswerteelektronik direkt am Ort der Messwertaufnahme das analoge Signal in ein busfähiges digitales Signal umwandelt. Das MID-Verfahren ist jedoch ein werkzeuggestütztes Verfahren, das insbesondere bei kleinen Bauteilen sehr hohe Werkzeugkosten verursacht.

In einem solchen Fall bestimmt allein die Losgröße, ob sich der Einsatz von Werkzeugen lohnt. Die RMPD-Verfah-

ren zusammen mit dem 3D-CSP-Verfahren bieten hier eine kostengünstige Alternative. Diese 4-Schritt-Produktionsverfahren kommen ohne teure Werkzeuge aus.

Bei RMPD<sup>®</sup>-Mask ist wie in der Mikroelektronik die Maske das individuell auf das Produkt zugeschnittene Produktionsmittel. Zurzeit stehen bei microTEC Masken im 5-Zoll-, 9-Zoll-, und 14-Zoll-Format zur Verfügung. Über eine angepasste Auswahl des Maskenformats im Zusammenhang mit der

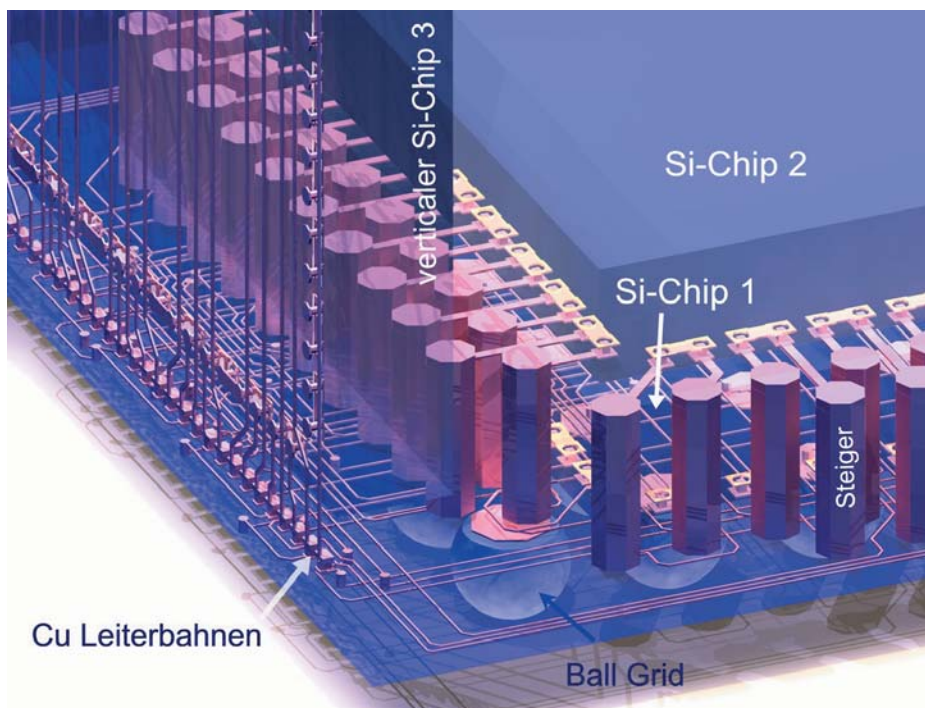
maximalen Bauteilgröße wird die im Batchverfahren parallel produzierte Anzahl der Produkte bestimmt. Je kleiner das System, um so mehr können davon parallel produziert werden. Die Kleinheit des Produkts wird im Gegensatz zu spritzgussbasierten Produktionsverfahren zum Kostenvorteil. Eine Losgrößen unabhängige Produktion ist hiermit möglich. Die Produktionszeit für eine Maske liegt bei einigen Tagen, was zu schnelleren Innovationszyklen führt. Auf die kostenintensiven, bereits existierenden Werkzeuge muss keine Rücksicht beim nächsten Innovationsschritt genommen werden.

## Design- und Entwurfsphase

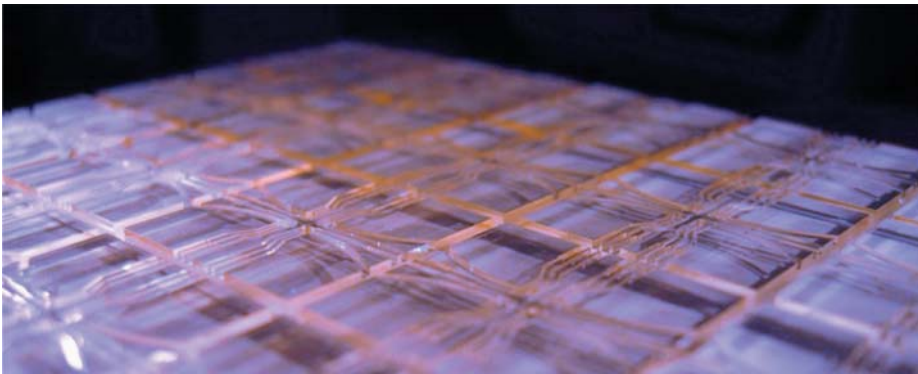
In der Designphase werden folgende Programme eingesetzt: Zum einen ist das ein 3D-CAD-Programm, mit dem alle mechanischen Komponenten definiert und konstruiert werden können. Auch ein ungehäuster Chip (Die) wird hier zum mechanischen Bauelement, das in allen seinen Dimensionen und Toleranzen definiert sein muss.

Zum zweiten wird ein EDA-System benötigt, das beim Routen von komplexen Schaltungslayouts unabdingbar ist. Die EDA-Systeme ermöglichen auch die Berechnung der Geometrie von HF-Bauelementen wie Baluns, Antennen und Spulen. Design Rules für die EDA-Anwendungen stehen zur Verfügung und werden laufend auf den neuesten Stand der Technologien gebracht.

Dieses Schaltungslayout kann dann in das 3D-CAD-System übernommen werden und definiert alle metallischen Strukturen im Gesamtsystem. Die Verbindungen können bis hinab zum Pad des Sensors bzw. des elektronischen Bauteils geführt werden. Das Gesamtsystem steht als dreidimensionales System zur Verfügung und kann entsprechend der eingesetzten Materialien mit



▲ Vollständiges E-CAD-Modell  
Complete E-CAD model



▲ **Batch RMPD Strukturen**  
*Batch RMPD structures*

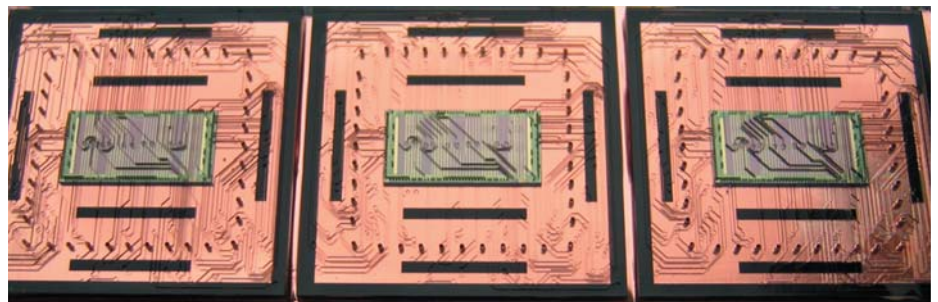
seinen für die Simulation interessanten Parametern definiert werden. In der Simulation können EMV, Wärmeabfuhr, Strömungsverhalten und die mechanischen Belastungen optimiert werden. Die Verschmelzung von 3D-CAD- und EDA-System zu einem integrierten Designwerkzeug wurde von microTEC entwickelt und nun als E-CAD bezeichnet. Zum Teil werden an dieser Stelle die zur Verfügung stehenden Rechnerkapazitäten überschritten, so dass erst eine Vereinfachung auf die simulationsrelevanten Komponenten vorgenommen werden muss.

### Die vier Produktionsschritte zum System

*Erster Schritt:* Zur Produktion der Mikrosysteme werden die seit 10 Jahren etablierten RMPD®-Verfahren eingesetzt. Hierbei wachsen die Bauteile mittels Photopolymerisation parallel im Batchverfahren auf einem Substrat. Schichtdicken und Bauteilabmessungen bis hinab in den µm-Bereich sind möglich. Multimaterial (bereichsspezifische Materialeigenschaften in einem Bauteil) wird seit langem eingesetzt, vielfältige Materialien von weich bis hart, von transparent bis opak oder von hydrophil bis hydrophob finden Anwendung in den Produkten.

*Zweiter Schritt* ist die Integration der Bauteile. Hierbei werden die Bauteile in die mit dem RMPD®-Verfahren produzierten Kavitäten eingelassen, so dass sie bündig mit der Oberfläche abschließen. Dazu wird das Substrat mit den parallel gebauten Bauteilen in den Bestückungsautomaten gegeben.

Dies ist der einzig nicht parallelisierte Schritt, bei dem die Kosten über die Schnelligkeit der Bestückungsautomaten bestimmt werden. Bei sehr großen Stückzahlen ist dieser serielle Schritt der entscheidende Kostenfaktor.



▲ **Zwischenschritt, Batch mit Masselayer und integriertem Chip vor der zweiten Metallisierung**  
*Intermediate stage, batch with earth layer and integrated chip before the second metallisation*

*Dritter Schritt* ist die Metallisierung der Batches, nachdem sie mittels des RMPD®-Verfahrens mit einer Abdeckung versehen wurden, die nur an den für vertikale elektrische oder fluidische Verbindungen zu den unteren Ebenen Öffnungen enthält. Bei der Metallisierung werden alle Bauteile parallel mit einer Metallschicht überzogen, die über die Öffnungen auch die darunter liegenden Bauteile elektrisch kontaktiert. Alle Kontakte werden parallel hergestellt.

*Vierter Schritt* ist die Strukturierung der Metallschicht. Hierfür stehen eine Reihe von Verfahren zur Verfügung, die je nach geforderter Präzision der elektrischen Leitungsebene eingesetzt werden. Die für Hochfrequenzanforderungen benötigte Präzision der Leiterbahngeometrien und der Abstände zu

den Masselagern wird erreicht und im Rahmen des EC-geförderten Projektes INOS ([www.INOS-ist.org](http://www.INOS-ist.org)) nachgewiesen.

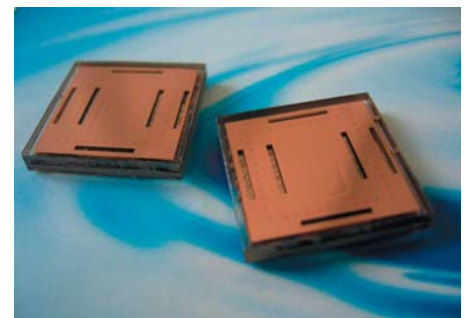
Man kann sich leicht vorstellen, dass durch wiederholte Anwendung der Schritte 1 bis 4 die unterschiedlichsten Funktionen (Mikroelektronik, Mikrofluidik, integrierten Optik) so einen Platz im System finden können.

### Anwendungsbeispiele

Integration eines SAW-Sensors zur Durchflussmessung chemischer und biologischer Parameter:

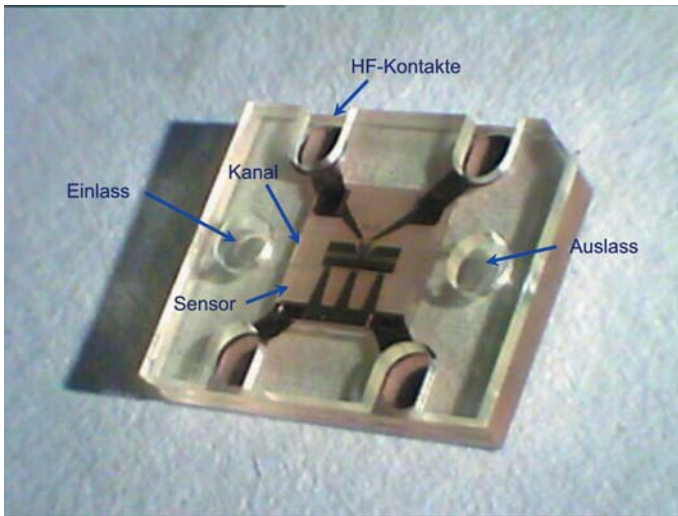
Ein SAW-Sensor besteht aus einem einkristallinen Material, das sehr druckempfindlich ist. Das führt zu einem dazu, das seine Pads nicht her-

kömmlich gebondet werden können und das zum anderen er bei seiner Einbettung in ein Gehäuse gegen Drücke aufgrund von Temperaturschwankungen geschützt werden muss. Diese Temperaturschwankungen führen zu Spannungen im Material, die die Resonanzfrequenz verschieben und eine

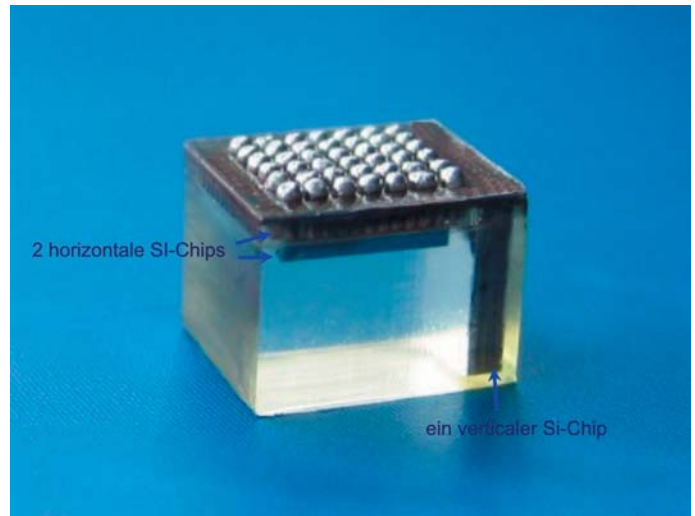


▲ **Sensor module mit Die stacking**  
*Sensor module with die stacking*

kungen geschützt werden muss. Diese Temperaturschwankungen führen zu Spannungen im Material, die die Resonanzfrequenz verschieben und eine



▲ SAW-Sensor Integration microfluidik mit HF-Bauteil  
SAW sensor integration, microfluidics with RF component



▲ Horizontal und vertikal angeordnete Dies  
Horizontally and vertically arranged dies

Querempfindlichkeit darstellen. Ein weiteres Problem besteht darin, dass über die Sensorfläche das Messgut – in der Regel Gase oder Flüssigkeiten – geführt werden muss. Diese Kombination von Mikrofluidik und Elektronik lässt sich auf einfache und kostengünstige Weise mit dem 3D-CSP-Verfahren in einem Bauteil integrieren. Der Sensor wird in einer mit dem RMPD®-Multimat weich ausgelegten Kavität eingelegt. Im folgenden Layer werden neben dem Kanal direkt über der Sensoroberfläche auch die Vias zum Pad produziert. Der nächste Layer erhält dann die Leiterbahnen aus Kupfer, die die Kontaktflächen mit dem Pad des Sensors durch den Metallisierungsschritt herstellt. Die Kontaktflächen, auf denen der Kontaktdruck ausgeübt wird, sind so vom Sensor entfernt und stellen keine Querempfindlichkeit mehr dar. So bekommt man ein volumen-minimiertes Sensorelement, das sich durch sehr kurze Ansprechzeiten auszeichnet.

Eine weitere, mit Flüssigkeit in Berührung kommende Aufgabe ist die Integration eines Drucksensors. Die Membran eines Silizium Drucksensors kommt direkt mit der Flüssigkeit in Berührung. Viele dieser Drucksensoren arbeiten kapazitiv, das bedeutet, das weite Wege zu einer Auswerteelektronik zu großen Querempfindlichkeiten führen können. Eines ASIC direkt am Ort der Kapazi-

tätsänderung muss das analoge Signal in ein busfähiges digitales Signal umwandeln. Beim 3D-CSP-Verfahren können Sensor und ASIC unmittelbar nebeneinander in einem Gehäuse integriert und mit dem batchorientierten, parallel arbeitenden Metallisierungslayer kontaktiert werden. Dabei können Fenster im Gehäuse eine direkte Verbindung zum Messmedium herstellen und auch die Messmembran von allen Seiten gegen Querdrücke durch die Verpackung bei Temperaturschwankungen schützen.

Richtungsabhängige Sensoren wie Beschleunigungssensoren, Gyroskope oder Magnetfeldsensoren müssen oft in allen drei Raumachsen ausgerichtet werden. Beim 3D-CSP können die Sensor-Chips auch als »Die« in allen drei Raumachsen präzise ausgerichtet werden und mit der auch hier oft notwendigen Elektronik zur Analog-Digital-

Umwandlung mit kürzestem Abstand in ein Gehäuse integriert werden.

**Ausblick**

Mit dem hier vorgestellten batchorientierten Produktionsverfahren steht ein Werkzeug zur Verfügung, das alle für die Sensorintegration notwendigen Eigenschaften auf einfache Weise integrieren kann. Mit den Hochfrequenz Baluns und Antennen im RMPD®, 3D-CSP-System integriert und direkt mit dem Sendemodul in HF-Technik ohne störende Bonddrähte gekoppelt werden. Eine Energiequelle lässt sich mit der gleichen Technologie integrieren, so dass das autonome System über eine ZigBee-Schnittstelle der Leitwarte oder dem Aktor die relevanten Sensorsignale drahtlos übermitteln kann.



▲ Drucksensorverpackung  
Pressure sensor packaging

Autor:  
Dipl.-Ing. Reiner Götzen  
microTEC Gesellschaft  
für Mikrotechnologie mbH  
Bismarckstraße 142b  
47057 Duisburg  
Tel.: 02 03/3 06 20 50  
Fax: 02 03/3 06 20 69  
www.microtec-d.com  
oder  
microTEC Gesellschaft  
für Mikrotechnologie mbH  
67098 Bad Dürkheim  
Tel.: 063 22/65 02 20  
Fax: 063 22/65 02 21  
www.microtec-d.com