



Doctoral Thesis

A self-alignment strategy for parallel C4 MEMS packaging

Author(s):

Taprogge, Jens Ludwig Manfred

Publication Date:

2013

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-010000270> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

DISS. ETH N° 21030

A Self-Alignment Strategy for Parallel C4 MEMS Packaging

A dissertation submitted to
ETH ZÜRICH

for the degree of
Doctor of Sciences

presented by
JENS LUDWIG MANFRED TAPROGGE
Dipl.-Ing., RWTH Aachen; Dipl.-Kfm., RWTH Aachen

16.06.1977

citizen of the
Federal Republic of Germany

accepted on the recommendation of
Prof. Bradley J. Nelson, examiner
Prof. Christofer Hierold, co-examiner
Dr. Alain Codourey, co-examiner

2013

Kurzfassung

Die Aufbau- und Verbindungstechnik (engl.: packaging) ist einer der Hauptkostentreiber bei der Herstellung elektro-mechanischer Mikrosysteme (MEMS). Derzeit werden MEMS Chips hauptsächlich mittels Drahtbondens (engl.: wire bonding) elektrisch mit dem Verdrahtungsträger verbunden. Im Rahmen dieser Dissertation wurde eine auf Selbstausrichtung zurückgreifende Methode entwickelt, die es erlaubt, mit einem einzigen Manipulator gleichzeitig mehrere MEMS auf Verdrahtungsträgern aufzubringen, an diesen auszurichten und mit diesen zu kontaktieren. Der Prozess bietet hohen Durchsatz und exakte Ausrichtung und verursacht dabei geringe Kosten. Der controlled-collapse chip connection (C4) Flip Chip Prozess wurde den speziellen Bedürfnissen elektro-mechanischer Mikrosysteme angepasst. Indem ein relativ ungenauer Roboter mit von flüssigem Lot angetriebener Selbstausrichtung kombiniert wird, kann eine präzise Positionierung und Ausrichtung der MEMS Chips zu den Verdrahtungsträgern sichergestellt werden.

Die neue Methode wurde in einer Fallstudie angewendet. In der Studie werden Kraftsensoren auf Verdrahtungsträgern aufgebracht und mit diesen verbunden. Um exakte Messungen zu gewährleisten, müssen die Sensoren präzise zum Träger ausgerichtet werden. Die Ergebnisse der Fallstudie werden dargelegt und die Ausrichtungsgenauigkeit ausgewertet. Ferner wird ein Dynamikmodell der Ausrichtung entwickelt. Dieses bezieht Eigenheiten der von flüssigem Lot angetriebenen Selbstausrichtung ein. Hier spielen unter anderem Benetzung, Oxidschichten, die Entfernung selbiger und Flussmittelverdampfung eine Rolle.

In unserem Prozess wird das Lot durch eine neu entwickelte Widerstandsheizung aufgeschmolzen. Diese ist in dem Verdrahtungsträger integriert. Die Heizung ist Bestandteil eines geschlossenen, temperaturgesteuerten Regelkreises. Die Regelung benötigt keinen zusätzlichen Messaufnehmer, um die Temperatur zu ermitteln. Die Löttemperatur wird innerhalb von nur 5 s erreicht. Die Verwendung dieser präzise temperaturgesteuerten Heizung ermöglicht sehr kurze Lötzeiten.

Die Hersteller mobiler Geräte werden weiterhin einen steigenden Bedarf an

KURZFASSUNG

Komponenten in immer kleineren Gehäusen verursachen. Dies wird Motivation für die Umstellung des MEMS Packaging auf Flip Chip Technologie sein. Hierfür bietet die vorliegende Dissertation ein kostengünstiges Verfahren. Die vorgestellte Methode ist ausserdem in der Lage, Chips, die mithilfe von Ätzverfahren vollständig vom Wafer getrennt (also vereinzelt) wurden, mit hohem Durchsatz an Verdrahtungsträger anzubinden.

Abstract

Packaging is one of the major cost drivers for microelectromechanical systems (MEMS). Currently, wire bonding is the dominant method for electrically connecting MEMS chips to substrates. A self-alignment method for packaging multiple MEMS at the same time while using a single manipulator has been developed. The process achieves high throughput and precise alignment at low cost. The controlled-collapse chip connection (C4) process has been adapted to the specific requirements of MEMS. The combination of coarse robotics and liquid solder self-alignment guarantees precise positioning and alignment of the individual MEMS chips to the respective substrates.

The new method has been implemented in a case study. In the study, force sensors are packaged. Precise angular alignment of the sensors is critical for receiving accurate measurements. Results of the application are presented. We analyze the alignment accuracy. Furthermore, a model describing the alignment dynamics has been developed. It takes liquid solder driven self-alignment peculiarities such as the wetting, oxides, oxide removal, and flux solvent evaporation into account.

The soldering process is driven by a newly developed Joule heater that is embedded into the substrate. The heater operates in a closed-loop temperature-controlled fashion. Without additional sensors the heater provides temperature feedback from within the substrate. Soldering temperatures are reached in as few as 5 s. We show that, using the tightly temperature-controlled heater, very short soldering times are feasible.

Major incentives to switch MEMS packaging to flip-chip technology can be expected by the continued drive of the mobile device industry to switch to ever decreasing package sizes. This work provides a low-cost method to do so. The technology also provides a viable high-throughput method for packing chips that have been singulated by etching.