DIPLOMARBEIT

Simulation des mechanischen Verhaltens von Lötverbindungen mit der Finiten Elemente Methode

Ausgeführt unter Leitung von

OR. Dipl.-Ing. Dr.techn. WALTER SMETANA

bei

Ao. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. HANS HAUSER

am

INSTITUT FÜR SENSOR- UND AKTUATORSYSTEME (TU WIEN)

zur Erlangung des akademischen Grades

MAGISTER DER NATURWISSENSCHAFTEN

an der

UNIVERSITÄT WIEN

ROBERT SCHEIBER Mat.Nr. 9202981 Löwengasse 16/15 A-1030 Wien

Wien, im Februar 2005

Abstract

This thesis investigates plastic deformation of soldered joints in electronics.

Because of the low melting temperature solders are soft and highly deformable. As new soldering alloys are used because of ecological reasons, experiments regarding durability of soldered joints under mechanical stress are being performed. For better understanding of deformation processes the distribution of stress and strain in the solder is being investigated. Therefore the experiments are being modeled in a computer simulation using the finite elements method (FEM).

In a step by step method the process of deformation under mechanical stress is being calculated. Simple orthogonal homogenous solder-joints are simulated for an overview of the whole deformation process. Areas of peak stress and peak strain are being determined (areas in danger of crack formation), and also the changing of the solder's outline. Also effects from solder deformation on the overall setting, such as tilting, are being investigated.

For a more correct simulation of the complex composition of real soldered joints intermetallic areas are being added to the simulation model. Conclusions to different alloys of solder and pads and their mutual solubility are taken.

Then soldering joints with spherical holes are being modeled and simulated. Such holes result of gas production during the melting of the solder. Holes of different sizes are being simulated and their effect on stress and strain dispersion is being determined. Also series of nearby Holes are being simulated.

Large Holes show peaks in strain and stress in the middle of the solder beside the holes instead of the boundary surfaces between solder and pads. Series of Holes in the middle plane between the pads increase the stress- and strain-peaks further.

As a conclusion, the danger of crack formation is highest at series of holes inside the solder, at series in a plane parallel to the pads. Single holes, even large ones, are crack formation centers of second rank, as are edges between the solder and the pads.

Kurzfassung

Die vorliegende Diplomarbeit befasst sich mit der plastischen Verformung von Lötstellen unter mechanischer Belastung.

Aufgrund des niedrigen Schmelzpunktes sind Lote bereits bei Raumtemperatur sehr weich und stark verformbar. Zur Charakterisierung der mechanischen Festigkeit von Lötverbindungen werden Scher- und Zugversuche eingesetzt [1]. Durch zyklische Belastung der Lötstellen kann das Kriechverhalten des Lots analysiert werden. Die auftretende Spannungsund Dehnungsverteilung in Lötverbindungen kann durch numerische Simulation mit Hilfe der der Methode der Finiten Elemente bestimmt werden.

Die Durchführung einer solchen Rechnersimulation über die Verformung einer Lötverbindung ist Gegenstand dieser Arbeit. Die Ergebnisse von vorhergehenden mechanischen Belastungsuntersuchungen wurden als Randbedingungen für die numerische Simulation herangezogen.

Es werden die einzelnen Verformungsschritte einfacher quaderförmiger Lötverbindungen unter Belastung simuliert. In der Folge werden Bereiche hoher Spannung bzw. Dehnung bestimmt (Rissgefahr), und die Formänderung (Scherung, Ausbuchtungen, Einschnürungen, Verkippungen) der gesamten Lötverbindung bestimmt.

Um die Simulation am Beispiel realitätsnaher Lötverbindungen durchführen zu können werden dem Modell intermetallische Zonen hinzugefügt.

Weiters werden Lötverbindungen mit kugelförmigen Hohlräumen simuliert, die den Poreneinschlüssen realer Lötverbindungen entsprechen. Es wird der Einfluss sowohl kleiner als auch großer Poren auf die Spannungs- und Dehnungsverteilung in der Lötfuge bestimmt. Weiters wird untersucht, zu welchen Spannungsverteilungen bestimmte geometrische Anordnungen von Poren führen, bzw. in welchem Ausmaß eine Serie kleiner Poren die Verbindung schwächt.

Es zeigt sich, dass die Belastung und damit auch die Verformung der Lötverbindungen an den Kanten quer zur Zugrichtung zwischen Kontaktflächen und Lot am größten sind. Weiters zeigt sich ein Verkippen der Träger, das manche Spannungs- und Dehnungsspitzen verstärkt, und andere schwächt.

Bei großen Poren zeigt sich, dass die Bereiche höchster Belastung von den Grenzflächen zwischen Lot und Kontaktmetallisierung ins Innere des Lotes wandern. In der Umgebung der Poren kommt es, außer in Kontaktbereichen zwischen Poren und Plättchen, zu hohen Spannungen. Bei Serien von Poren in Ebenen parallel zu den Kontaktflächen zwischen Lot und Plättchen resultieren daraus sehr große die Spannungs- bzw. Dehnungsmaxima.

Die Gefahr von Rissbildung ist im Bereich der Außenkanten zwischen Lot und Kontaktflächen sowie im Lotinneren im Bereich von Poren am größten. Anhäufungen von Poren zeigen größere Wirkung als einzeln auftretende Poren.