

Steckbrief des geplanten Projekts im Rahmen des Forschungsförderprogramms
CORNET:

Untersuchung der Zuverlässigkeit und Langzeitstabilität von reaktiven Fügeverbindungen für Anwendungen in der Mikrosystemtechnik und Leistungselektronik

Problemstellung: Seit einigen Jahren werden reaktive Vielfachschichten wie Ni/Al intensiv untersucht und in der Aufbau- und Verbindungstechnik für unterschiedliche Komponenten eingesetzt. Dabei wird die reaktive Fügetechnologie hauptsächlich als stressfreies und schnelles Lötverfahren eingesetzt. Die qualitative und quantitative Bewertung der Fügeverbindungen basiert hauptsächlich auf Scherversuchen, Ultraschall-Mikroskopie und Röntgentomografie. In vielen Fällen werden auch Querschliffe angefertigt und die Mikrostruktur in der Fügezone analysiert. Mithilfe dieser Techniken konnte die grundlegende Eignung der reaktiven Fügetechnologie für unterschiedliche Anwendungen bereits positiv bewertet werden. Die Anwendungen reichen dabei von der Mikrosystemtechnik über die Leistungselektronik bis zur Luftfahrt [1, 2, 3, 4, 5].

Allerdings werden für eine Anwendung in konkreten Produkten Nachweise für die Zuverlässigkeit und Langzeitstabilität gefordert. Diese können nicht einfach von bisherigen Lötverfahren abgeleitet werden, da einerseits lokal gesehen die Aufwärmung und Abkühlung innerhalb sehr kurzer Zeiten erfolgt (< 1 ms) und andererseits eine Temperaturfront durch die Fügezone läuft. Somit handelt es sich um einen Nichtgleichgewichtsprozess. Bedingt durch diese Art das Lot aufzuschmelzen können sich bei der reaktiven Fügetechnologie auf mikroskopischer Ebene inhomogene Gefügestrukturen und Poren- und Defektverteilungen im Lot bzw. in den intermetallischen Phasen an der Grenze zur jeweiligen Metallisierungsschicht (z.B. Ni/Au) einstellen. Diese wiederum reagieren unterschiedlich auf den thermischen Stress und die Umwelteinflüsse wie Temperatur und Feuchtigkeit. Durch die Belastung der Gefüge- und Defektstrukturen im realen Betrieb ergeben sich somit potenziell inhomogene Alterungsprozesse. Die sich daraus ergebende, begrenzte Lebensdauer lässt sich bisher nur sehr unzureichend aus Erfahrungen mit konventionellen Lötverbindungen ableiten. Somit wird deutlich, dass spezielle Versuche zur Zuverlässigkeit und Langzeitstabilität von reaktiv gefügten Verbindungen beispielsweise durch thermische Auslagerung zwingend notwendig sind. Zwar sind schon vereinzelt derartige Versuche durchgeführt worden, aber es mangelt bisher an Systematik und statistischer Aussagekraft. Darüber hinaus sind bei RMS auch teilweise Materialien im Spiel, die beim konventionellen Löten nicht vorkommen (Al, Pd, Zr, ...). Dies wiederum kann ebenfalls die physikalischen Prozesse der Alterung beeinflussen.



RFID-Tag auf chirurgischem
Edelstahl
(Foto: Hahn-Schickard)

Technologie: Für die Durchführung der oben genannten Versuche werden einerseits die Geräte und das Know-how zur Herstellung und Qualifizierung der reaktiven Fügeverbindungen und andererseits die dazu passenden Qualifizierungsmethoden benötigt. Der Schwerpunkt des Vorhabens liegt darin, Alterungsprozesse der Fügeverbindungen auf mikroskopi-

scher Ebene zu analysieren. Dazu stehen die wichtigsten Methoden wie Metallografie, optische Mikroskopie und Rasterelektronenmikroskopie samt EDX zur Verfügung. Aufgrund der prozessbedingten, inhomogenen Erwärmung und Abkühlung müssen vor allem die Bereiche, die nahe und fern der Zündung liegen, verglichen werden. Weiterhin müssen die Ergebnisse soweit möglich quantifiziert werden (z.B. Porendichte, etc.), damit nach vorgegebenen Alterungszyklen in der Klimakammer oder im Vakuumofen Änderungen in der Mikrostruktur eindeutig ermittelt werden können. Die geplanten systematischen Untersuchungen beinhalten die Variation der folgenden Materialien und Parameter:

- 2 – 3 RMS Materialien: Ni/Al, und weitere, noch zu definierende Systeme
- 2 – 3 Lote: SAC, Incusil, etc.
- 2 – 3 Fügepartner: Silizium, Borosilikatglas und Kupfer
- 2 – 3 Geometrien zur Strukturierung der RMS Folien
- RMS als Folie oder als direkt abgeschiedene Schicht
- Variation der Prozessbedingungen wie Fügedruck und Zündbedingung

Zu Beginn des Projekts sollen neben den zu untersuchenden Materialien auch die Parameter für die Temperaturlagerung bzw. die Temperaturwechseltests festgelegt werden. Beispielsweise sind Temperaturwechsel zwischen -20° und 85°C oder zwischen -40°C und 125°C üblich. Diese Vielfalt der Materialien und Parameter in Kombination mit den Zyklen zur beschleunigten Alterung verdeutlicht den enormen Arbeitsumfang des geplanten Projekts. Für die fachliche Begleitung des Projekts werden Firmen für den projektbegleitenden Ausschuss gesucht, die einerseits die Rahmenbedingungen mitgestalten können und andererseits – falls möglich – Geräte zur Verfügung stellen oder eine Auswahl der o.g. Alterungstests durchführen können.

Projektlaufzeit: Q1 2019 – Q4 2020

Projektpartner:

- Hahn-Schickard, Villingen-Schwenningen, Deutschland
- Empa, Dübendorf, Schweiz

Kontakt:

Stephan Knappmann, Hahn-Schickard, Villingen-Schwenningen
Tel.: 07721 943 224, E-Mail: stephan.knappmann@hahn-schickard.de

Literatur:

- [1] R. Longtin, E. Hack, J. Neuenschwander, J. Janczak-Rusch, Benign Joining of Ultrafine Grained Aerospace Aluminum Alloys Using Nanotechnology, *Advanced Materials*, Dec 2011
- [2] M. Herr, Fügen von Hochvolt-Komponenten mittels reaktiver Nanometer-Multischichten, Cuvillier-Verlag, 2012
- [3] G. Dietrich, M. Rühl, S. Braun, A. Leson, Hochpräzise Fügungen mittels reaktiven Nanometermultischichten, *Vakuum in Forschung und Praxis* (Februar 2012) Vol. 24 Nr. 1, 9-15
- [4] M. Mueller, J. Franke, Highly efficient packaging processes by reactive multilayer materials for die-attach in power electronic applications, *Electronics Packaging Technology Conference (EPTC)*, 2014 IEEE 16th
- [5] A. Schumacher, U. Gaiß, S. Knappmann, G. Dietrich, S. Braun, E. Pflug, F. Roscher, K. Vogel, S. Hertel, D. Kähler, W. Reinert, *Assembly and Packaging of Micro Systems by Using Reactive Bonding Processes*, EMPC 2015, September 2015, Friedrichshafen, Germany