09.11.10

Forschungsvorhaben: DVS-Nr.: 10.052/ IGF-Nr.: 15.912 N

Forschungsthema: Wärme- und eigenspannungsarmes Fügen für die Mikrotechnik

Laufzeit: 01.04.2009 – 30.09.2011

1 Forschungsziel

Ziel des Forschungsvorhabens ist die Entwicklung einer reaktiven Nanotechnologie zum Fügen von mikrotechnischen Komponenten und Produkten. Als vorteilhaft werden bei diesem technologischen Ansatz die minimale Wärmebelastung der Bauteile und die minimierten Eigenspannungen eingeschätzt. Die Untersuchungen stellen die Basis für das metallurgische Fügen von Werkstoffen bzw. Werkstoffkombinationen bei „Raumtemperatur“ dar. Bei einer erfolgreichen Umsetzung der angestrebten Entwicklungsergebnisse kann es gelingen die Fertigungsprozesskette mikrotechnischer Systeme zu verkürzen und auf Grund der einfachen Handhabbarkeit sowie hohen Prozessgeschwindigkeit die Produktivität zu erhöhen. Das Forschungsvorhaben ist methodisch so angelegt, dass die experimentellen Untersuchungen durch begleitende Simulationsstudien ergänzt werden. Die Ergebnisse werden zur Nutzung im industriellen Umfeld in Form von Prozessdatenblättern für die untersuchten Grundwerkstoffe zusammengestellt, aus denen die notwendigen Folienparameter entsprechend der Anwendung entnommen werden können.

2 Bisherige Arbeiten und Ergebnisse

Es wurden freistehende mit Lot beschichtete 40 µm-AlNi-Folien verschiedener Hersteller (RNT, FhG IWS) hinsichtlich der maximalen Reaktionstemperatur (Pyrometer), der Reaktionsgeschwindigkeit (High-Speed-Kamera) und kalorimetrisch (DSC) auf ihr Reaktionsverhalten charakterisiert. Nachweisbar ist der Einfluss der Herstellungsparameter auf die Reaktivität der Folien. Bei den kommerziellen Nanofoils® wird bei gleichen Folien- und Periodendicken, aber geringfügig dickeren Lotschichten, eine durchgehend geringere Reaktivität festgestellt (T, v, E).
Des Weiteren wurden mit den Folien unterschiedliche Mischverbindungen gefügt und analysiert. Dabei konnten Scherfestigkeiten von bis zu 24 MPa erreicht werden (für Keramik/Stahl-Fügungen). Die Mischverbindungen wurden zudem Temperaturwechseltests (150 Zyklen) unterzogen, dabei konnte eine Abnahme der Festigkeiten festgestellt werden (Degradation des Lotes bzw. Wachstum spröder Phasen zw. Substrat und Lot). Beim Fügen und während der Schertests wurde bei sehr spröden Werkstoffen, die Notwendigkeit der Weiterentwicklung der Fügevorrichtung sowie der Schertestanordnung festgestellt. Die Fügepartner werden teilweise bereits während des Fügens (infolge des starren Aufbaus) zerstört. Während der Schertests findet bei empfindlichen Werkstoffen das Versagen der Verbindung aufgrund von Druckspannungen im Grundwerkstoff und nicht in der Fügezone statt.

Eine Weiterentwicklung des theoretischen Modells erfolgte hinsichtlich der Berechnung von Schmelzzeiträumen des Lotes und symmetrischen Temperaturverläufe in den Bauteilen für Materialen mit unterschiedlichen Wärmeleitfähigkeiten (Keramik, Kupfer). So ist es möglich, Lotbeschichtung für genannte Mischverbindung hinsichtlich einer maximalen Schmelzdauer und symmetrischer Temperaturverläufe auszulegen (Abb. 1).

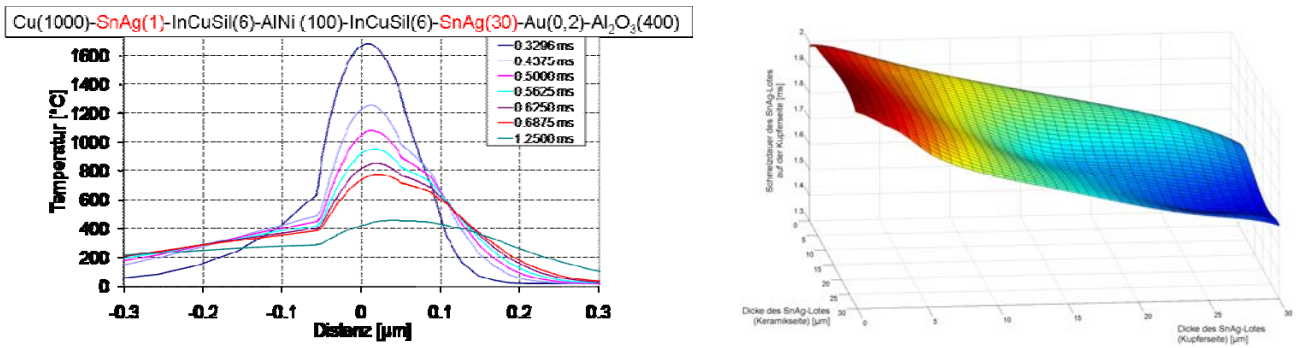

Abb. 1: Temperatur über die Breite des Aufbaus bei verschiedenen Zeitpunkten (links); Schmelzdauer des SnAg-Lotes (Kupferseite) in Abhängigkeit von der Modifikation der Beschichtung auf der Kupfer- und der Keramikseite (rechts)

3 Weitere Untersuchungen

Nach Aufbau eines neuen Fügestandes (mit Fügestoßdämpfung) und Optimierung des Scheraufbaus werden in Absprache mit dem pbA Fügeverbindungen von DCB-Keramiksubstraten und Halbleiterbauteilen (Diode/ IGBT) hergestellt. Untersucht werden diese hinsichtlich ihrer Temperaturwechselbeständigkeit zerstörungsfrei (Ultraschall, Röntgen) und zerstörend (Scherfestigkeit, Querschliff).
Für diese Bauelemente wird das entsprechende Modell aufgestellt und der Wärmefluss im Bauteil berechnet, um Voraussagen für eine optimale Beschichtung der Fügepartner zu ermöglichen. Des Weiteren ist geplant, die substratabhängige Gefügeausbildung (Folie, Lot) bei Fügungen mittels reaktiver Multilayerfolien zu charakterisieren und dieses auf mechanischen Eigenschaften (Scherversuch, Nanoindentation) hin zu untersuchen.

4 PbA-Sitzungen

Nr.	Datum
1	07.10.2009
2	09.03.2010
3	05.10.2010

Nächste Sitzung: voraussichtlich März 2011

5 Durchführende Forschungsstelle

Technische Universität Berlin
Fachgebiet Füge- und Beschichtungstechnik
- Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Johannes Wilden -
Produktionstechnisches Zentrum PTZ
Pascalstraße 8-9
10587 Berlin