Zwischenbericht für den Zeitraum 01.09.2006-31.01.2007

1 Forschungsthema

AiF-Nr.: 14.975B/DVS-Nr.: 0.7004
„Detektion von Verunreinigungen beim bleifreien Wellen- und Selektivlöten und deren Auswirkungen auf die Lötstelle“

Kurzbezeichnung: Bleifreies Selektivlöten Förderzeitraum: 01.09.2006-31.08.2008

2 Durchführende Forschungsstellen

Forschungsstelle 1
Institut für Werkstoffkunde, Universität Hannover
An der Universität 2
30823 Garbsen
Leiter der Forschungsstelle 1: Prof. Dr.-Ing. Fr.-W. Bach
Projektleiter: Dr. rer. nat. U. Holländer

Forschungsstelle 2
Institut für Aufbau- und Verbindungstechnik der Elektronik,
Technische Universität Dresden
Mommsenstr. 13
01062 Dresden
Leiter der Forschungsstelle 2: Prof. Dr.-Ing. K.-J. Wolter
Projektleiter: Dr.-Ing. T. Herzog

Forschungsstelle 3
Lehrstuhl für Verbundwerkstoffe, Technische Universität Chemnitz
09107 Chemnitz
Leiter der Forschungsstelle 3: Prof. Dr.-Ing. B. Wielage
Projektleiter: Dr.-Ing. Th. Lampke

Forschungsstelle 4
Institut für Oberflächentechnik, RWTH Aachen
52056 Aachen
Leiter der Forschungsstelle 4: Prof. Dr.-Ing. K. Bobzin
Projektleiter: Dipl.-Ing. J. Rösing

3 Wissenschaftlich-technische und wirtschaftliche Problemstellung

Der Einsatz von bleifreien Loten führt aufgrund ihrer im Vergleich zu den eutektischen Sn-Pb-Loten höheren Schmelztemperaturen auch zu erhöhten Prozesstemperaturen von bis zu 280 °C, wodurch das Problem des Ablegierens von Metallen aus den Bauteilen und der Lötanlagen in das zinnreiche Lotbad weiter verschärft wird. Speziell Cu löst sich mit ansteigender Temperatur exponentiell schneller im Lot auf und reichert so das Lotbad mit Cu an. Das Auflegieren mit Cu hat neben einer massiven Störung des Lotflusses und einer

Brückenbildung an den Lötstellen eine Verschiebung seiner Liquidustemperatur sowie ein verschlechtertes Fließ- und Benetzungsverhalten zur Folge.
Um bleifreie Zinnbasislote zukünftig prozesssicher handhaben zu können, ist es dringend erforderlich, den Einfluss der sich im Lötprozess ändernden Lotbadzusammensetzung zu ermitteln. Neben der Ermittlung von zulässigen Toleranzen für das Element Cu, muss darüber hinaus eine kostengünstige Messmethode entwickelt werden, die es ermöglicht, die vorgegebenen Toleranzen durch eine Online-Kontrolle des Lotbades zu überwachen.

3.1 Forschungsziel

Das erste Forschungsziel ist es, bei Verwendung der drei Basislote SnCu0.5Ni0.07, SnAg3.8Cu0.7 sowie SnCu0.5Co0.03 für den Prozess des Selektivlötens zulässige Toleranzen für Cu zu bestimmen. Das zweite Ziel besteht darin, geeignete messtechnische Verfahren zu entwickeln und zu evaluieren, die es erlauben, o.g. Toleranzen möglichst einfach „online“ am Lotbad zu kontrollieren.

3.2 Stand der Forschungsarbeiten

Gemäß der Beschlüsse der ersten PBA-Sitzung vom 04.10.2006 in Kreuzwertheim sind in der ersten Bearbeitungsphase folgende Lote und Steckverbinder bei den Untersuchungen zu verwenden:

Lote

SnCu0,5Ni0,07 (Basislot)	**SnAg3,8Cu0,7 (Basislot)**	**SnCu0,5Co0,03 (Basislot)**
SnCu0,7Ni0,07	SnAg3,8Cu0,9	SnCuXCo0,03 *
SnCu0,9Ni0,07	SnAg3,8Cu1,1	
SnCu1,0Ni0,07	SnAg3,8Cu1,1	
SnCu1,1Ni0,07	SnAg3,8Cu1,2	
SnCu1,2Ni0,07		

*Der Cu-Gehalt soll erst bei Vorliegen der Versuchsergebnisse mit den Loten auf SnCu0,5Ni0,07 - Basis festgelegt werden.

Steckverbinder

1. Steckverbinder mit Eisen-Nickel-Pins
2. Steckverbinder mit Kupfer-Zinn-Pins

(Testleiterplatten und Steckverbinder analog zu dem Projekt microflow, o.ä.)

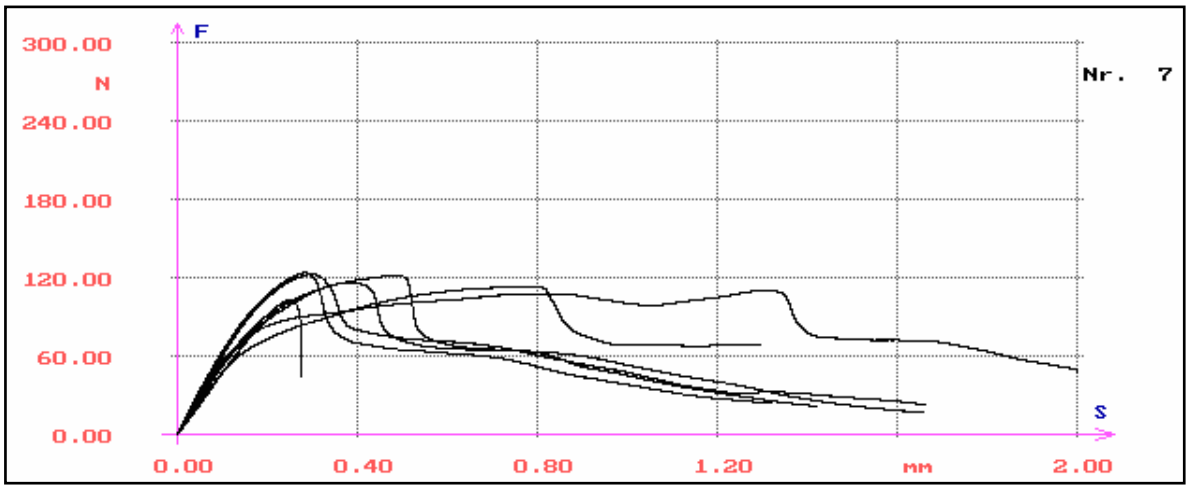
3.2.1 Bisher durchgeführte Arbeiten

IAVT Dresden

Untersuchung der generellen Eignung von mechanischen Tests, in diesem Fallen Zugtests an Steckerleisten, zu Beurteilung der Qualität der Lötverbindungen

Da die im Projekt vorgesehen Steckleisten noch nicht vorliegen, wurde eine herkömmliche PC-Steckbuchse (aus einem ATX-Board) verwendet (Ort der Testdurchführung: TechnoLab Berlin) Es wurden von diesem fixierten Sub-D-Stecker 8 Stifte nacheinander in die Spannbacken eingespannt und mit der Geschwindigkeit von 1mm/min nach oben gezogen. Die 2. Reihe der Anschlussstifte musste dazu abgewinkelt werden. Die Stifte sind noch mit einem Standard-Zinn-Blei-Lot gelötet gewesen.

Ergebnis:
Es ergibt sich eine mittlere Auszugskraft von ca. 120 N.



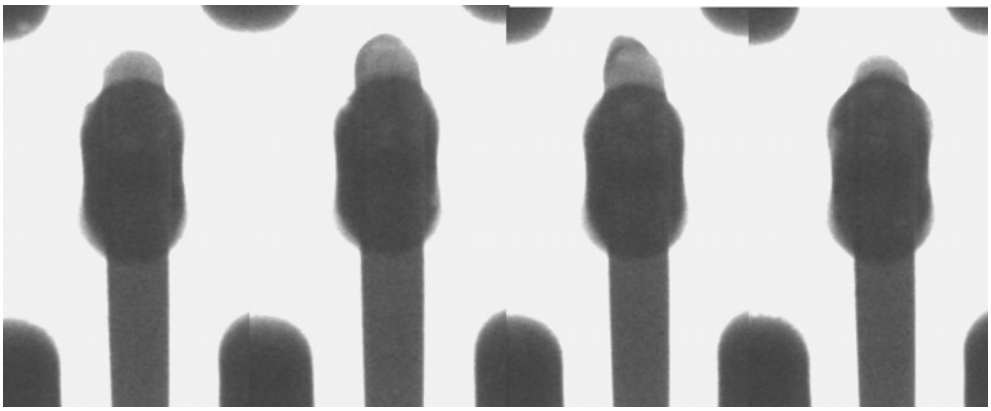
Kraft-Weg-Diagramme der Zugtests

Fazit:
Durch das Einspannen der Stifte sind Fehler durch zu geringes bzw. zu starkes manuelles Fixieren kaum vermeidbar. Die dadurch entstehenden Fehlmessungen können wahrscheinlich nur zum Teil erkannt werden. Ob diese Kraftwerte eine Korrelation bei Verwendung bleifreier Lote zu dem enthaltenen Kupferanteil zulassen, konnte noch nicht bewertet werden. Weiterhin ist anzunehmen, dass bei benachbarten Stiften eine Vorschädigung erfolgen kann, so dass auch hier eine nicht nachvollziehbare Verfälschung der Messwerte auftreten wird.

Röntgendetektion der Durchstieghöhe des Lotes in THT-Stift-Lötverbindungen.

Ziel ist zunächst die generelle Überprüfung, ob dieses Verfahren geeignet ist, als ein Qualitätsmaßstab für die Lötverbindungen der THT-Lötstellen zu dienen. Für diese Tests wurden vorhandene ATX-PC-Boards verwendet (Mehrlagen-LP mit HAL-Oberfläche; bleifrei). Als Stifte wurden mangels der später zu verwendenden Materialien handelsübliche einreihige Stiftleisten (RoHS-konform) verwendet. Diese wurde mittels Wellenlöten am IAVT gelötet. Verwendetes Lot war SnAg3,8Cu0,7.

Ergebnis:
Die Detektion der Lothöhe in den Durchkontaktierungen ist bei einer Schrägdurchstrahlung prinzipiell möglich.
Die Aufnahmen wurden durch die Firma Viscom in Hannover mit einem AOI-System gemacht. Die Abbildung zeigt Beispielbilder. Es ist deutlich das Lot in der Hülse einschließlich des Meniskus auf der Lötseite (oben) zu sehen. Die Länge des angeflossenen Lots ist eindeutig ein Qualitätsmerkmal. Diese Länge ist auf dem AOI-System auch automatisch bestimmbar, was aber einen höheren Programmieraufwand voraussetzt, der für diesen Test noch nicht betrieben wurde.


(Manuell zusammengesetzte) Ergebnisse der Schrägdurchstrahlung

Anzustreben ist die Messung der Benetzungshöhe auf der Lötseite und der Durchstieg. Dazu sind als Bezugsmarken benachbarte Lötaugen zu nutzen.
Als Steckertyp sind maximal zweireihige Stecker (versetzte Anordnung) zu benutzen. Bei einer dreireihigen Anordnung besteht die Gefahr, dass die verlängerten Pins die Bilder des durchgestiegenen Lots überdecken und somit keine Messergebnisse zur Verfügung stehen.
Weiterhin ist es anzustreben, die Lötseite durch ein AOI-System zu kontrollieren und neben der Gut-Schlecht-Beurteilung eine Vermessung von Menisken usw. vorzunehmen. Damit würde ein weiteres messbares Merkmal für die Qualitätsbeurteilung der Lötstellen zur Verfügung stehen, die eine bessere Detektierung von Unterschieden zwischen den verwendeten Loten garantiert.

Die Messungen könnten bei der Firma Viscom durchgeführt werden. Es ist anzustreben, dass diese Firma mit in den projektbegleitenden Ausschuss aufgenommen wird.

Nächste Schritte:
- Festlegung der zu nutzenden Steckerleisten; erst danach ist der Entwurf des Testboards möglich, die Verwendung von vorhandenen Layouts wird als problematisch betrachtet; dreireihige Stecker sollten nicht benutzt werden
- Durchführung von Probelötungen mit den endgültigen Testboards auf einer selektiven Anlage und Durchführung von Kontrollmessungen

IW Hannover

Es wurde eine Messzelle aus Borosilicatglas entwickelt, die mit Inertgas gespült und mittels eines externen Ofens beheizt werden kann. In der Messzelle sind neben der Gegen- und der Referenzelektrode (beide aus reinem Kupfer) das zu untersuchende Lot, welches die Messelektrode darstellt, sowie der Elektrolyt untergebracht. Weiterhin wurden verschiedene Elektrolyte hinsichtlich ihrer Eignung für die angestrebten EMK-Messungen untersucht, wobei bisherige Untersuchungen gezeigt haben, dass neben SnF_2 und $SnCl_2$ auch die eutektische Mischung LiBr-RbBr (0,59/0,41 mol%) mit entsprechenden Beimengungen von CuCl eine für derartige Messungen geeignete Ionenleitfähigkeit besitzen.
Erste Untersuchungen zur funktionellen Abhängigkeit der EMK vom Kupfergehalt in binären Sn-Cu-Schmelzen zeigten, dass sich bei Verwendung der Zinnhalogenid-Elektrolyten ein Mischpotential an der PhasengrenzeElektrolyt/Lotlegierung einstellt, während die elektrochemische Konzentrationskette mit eutektischen (Li,Rb)Br nahezu Nernst`sches Verhalten bezüglich der mittels elektrochemischer Titration eingestellten Cu-Konzentration zeigen, solange die Liquiduslinie nicht überschritten wird. Somit stellt letzteres System die sensitivere Messvariante für eine elektrochemische Cu-Detektion dar. Gegenwärtig werden

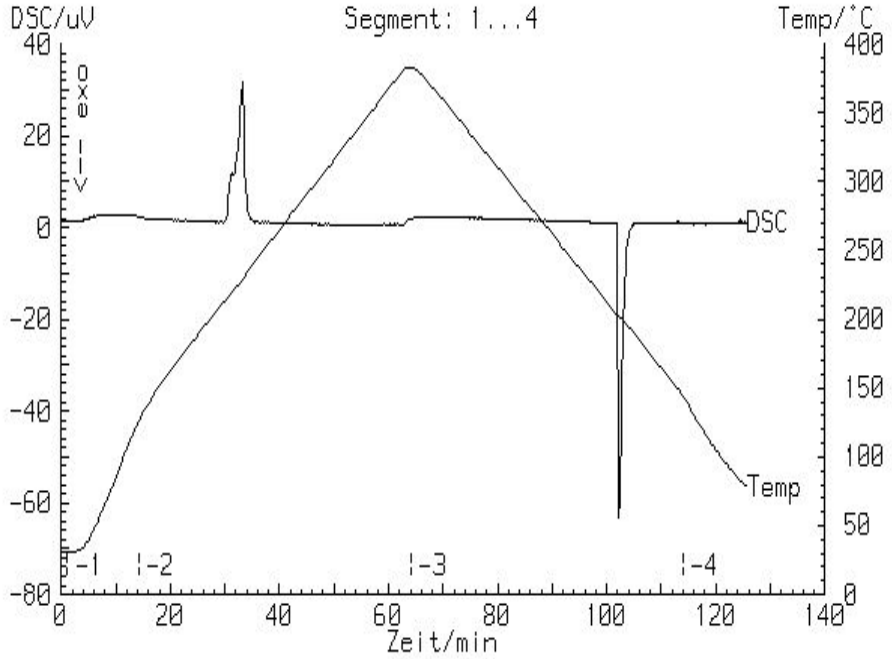
detaillierte Untersuchungen zur Abhängigkeit der EMK von Temperatur und Cu-Gehalt an binären Sn-Cu-Legierungen durchgeführt.

Nächste Schritte:

- Ausweitung der EMK-Messungen auf o. g. Dreistofflote
- Modifizierung des (Li,Rb)Br-Elektrolyten mit einem 3. Alkalihalogenid zur weiteren Absenkung der Schmelztemperatur (gegenwärtig rund 280°C) und somit der minimalen Messtemperatur auf Niveau lötprozessüblicher Arbeitstemperaturen der Lotlegierungen

IOT Aachen

Im Berichtszeitraum wurden Versuchslote zur Durchführung erster thermoanalytischer Versuche in einem Lichtbogenofen hergestellt. Diese waren das Basislot SnCu0,5Ni0,07 mit den entsprechenden Variationen des Cu-Gehalts zwischen 0,5 und 1,2 Gew-%. Zur Aufnahme erster Kurvenzüge wurde eine DSC-Anlage der Firma Netzsch verwendet.
Nachstehend ist der Verlauf des DSC- und Temperatursignals über die Zeit einer Versuchslegierung abgebildet. Die Segmente 1 und 2 zeigen den Aufheizvorgang während der Messung. Der linke Fußpunkt des Peaks markiert den Beginn des Schmelzbereichs der Legierung, die Spitze die Liquidustemperatur. Die Segmente 3 und 4 stehen für den Abkühlvorgang. Die Spitze des Peaks markiert den Beginn der Erstarrung, der rechte Fußpunkt des Peaks dessen Ende. Die Verschiebung der Temperaturen aus der Abkühlkurve stellt eine Prinzip bedingte Verschiebung der Messmethode dar. Interessant zur Nutzung der DSC als Online-Lotbaddiagnostik ist die Auswertung der Abkühlkurve.



DSC-Messschrieb der Versuchslegierung SnCu0,5Ni0,07

LVW Chemnitz

Modelllotlegierungen der Gruppen SnAg3,8CuX (X = 0,7 … 1,2) und SnCuXNi0,07 (X = 0,5 … 1,2) wurden als Lotbadalterung, die der steigenden Kupferkonzentration im Lotbad während des Lötprozesses entsprechen soll, definiert. Die mit den Modelllegierungen gelöteten Proben werden metallographisch und mechanisch-technologisch untersucht. Eine

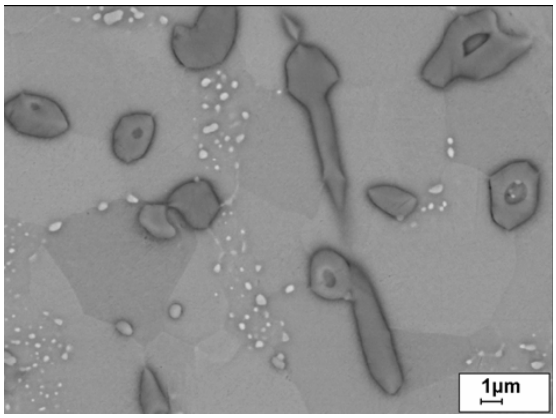
Korrelation zwischen Lotbadalterung, Grad der Verunreinigung, Struktur, Gefüge, Eigenschaften und Lötqualität soll hergestellt werden. Es wurden zunächst die Bulkmaterialien der Extrema sowohl metallographisch als auch mittels XRD, REM und EDXS geprüft.
Die Ergebnisse werden wie folgt zusammengefasst:

1. Vergleich der Legierungen SnAg3,8Cu0,7 und SnAg3,8Cu1,2:
   - Gefunden wurden die intermetallischen Phasen Ag_3Sn und Cu_6Sn_5 (Abb. 1).
   - Die Ag_3Sn-Ausscheidungen sind vorzugsweise an Korngrenzen und -zwickeln zu finden.
   - Der höhere Cu-Gehalt bewirkt größere hohlnadelförmige Cu_6Sn_5-Ausscheidungen in transkristalliner Verteilung, oftmals auch als Doppelhohlnadel vorliegend (Abb. 2).
   - Die Keimbildung der Cu_6Sn_5-Ausscheidungnen beginnt offenbar an Ag_3Sn-Ausscheidungen.
   - Die Hohlnadeln der Cu_6Sn_5-Ausscheidungen sind mit Sn gefüllt. An der Phasengrenze sind Ag_3Sn-Ausscheidungen zu finden.

2. Vergleich der Legierungen SnCu0,5Ni0,07 und SnCu1,2Ni0,07:
   - Gefunden wurden die intermetallischen Phasen $(Cu,Ni)_6Sn_5$ (hohlnadelförmig, transkristallin in der Sn-Matrix) und $(Cu,Ni)_3Sn_4$ (feinverteilt in der Sn-Matrix).
   - Aus den EDXS-Messungen ist auf eine Substitution von Ni- mit Cu-Atomen zu schließen (lückenlose Mischkristallreihe). Nickel verschiebt dabei den Gitterparameter zu kleineren Werten (XRD).
   - Die $(Cu,Ni)_6Sn_5$-Ausscheidungen sind hohlnadelförmig und liegen transkristallin in der Matrix. In der Phase ist ein Ni-Gradient (Seigerung) festzustellen.
   - Ni-Zusätze vermindern die Zahl der $(Cu,Ni)_6Sn_5$-Ausscheidungen und schränkt bei höheren Cu-Gehalten das Nadelwachstum ein. Beim höheren Cu-Gehalt nimmt die Wirkung des Nickels als Kristallwachstumshemmer ab.
   - Die Bildung der Phase $(Cu,Ni)_3Sn_4$ wird bei höheren Cu-Gehalten zurückgedrängt. Ni ist affiner zu Cu als zu Sn.

Im folgenden Bearbeitungszeitraum werden die entsprechend vorgesehenen Untersuchungen an gelöteten Baugruppen, die vom Projektpartner noch zu liefern sind, untersucht.
Im Projekt vorgesehen ist die Determinierung des Cu-Gehaltes über die signifikante Änderung der elektrischen Leitfähigkeit mittels Bestimmung des spezifischen elektrischen Widerstandes. Untersuchungen mittels Vierpunktmessung zeigen noch keine relevanten Ergebnisse. Weitere Untersuchungen, auch mit anderen Messmethoden stehen aus.

SnAg3,8Cu1,2, LM, Phasenkontrast



SnAg3,8Cu1,2, REM, RE