Forschungsvereinigung Schweißen
und verwandte Verfahren e. V.

Sitzung des FA 10 am 28.11.2007

AiF-Vorhaben-Nr.: 14.819 N
DVS- Nr.: 10.02.7-1

Universität Freiburg
IMTEK – Institut für Mikrosystemtechnik
Professur für Aufbau- und Verbindungstechnik
Georges-Köhler-Allee 103
79110 Freiburg im Breisgau
Telefon: 0761-203-7291, -7212,
Leiter: Prof. Dr.-Ing. Jürgen Wilde
Projektleiter: Dipl.-Ing. T. Fellner

Kurzbericht zum Vorhaben

Beständige, dichte Metall-Kunststoff-Verbindungen an Premolded Gehäusen.

Forschungsziel

Forschungsziel ist die Entwicklung und Qualifizierung eines Verfahrens um stabile, dichte Metall-Kunststoff-Durchführungen an spritzgegossenen Gehäusen der Mikroelektronik, der Kfz-Elektronik und von Sensoren herzustellen. Dieses Ziel soll durch eine Verbesserung der Anbindung des spritzgegossenen Kunststoffkörpers an die integrierten Metallrahmen erfolgen. Hierzu ist eine lokale Oberflächen-Vorbehandlung vorgesehen, welche die Haftfestigkeit über eine stabile chemische Anbindung verbessert.

Durchgeführte Arbeiten / Ergebnisse

Es wurden Haftfestigkeitsuntersuchungen an den im ersten Projektreffen ausgewählten Oberflächenbehandlungen auf industriell hergestellte Proben in deutlich größeren Stückzahlen ausgedehnt. Hierfür wurde ein neues Formwerkzeug konstruiert und von Heraeus hergestellt. Mit diesem Formwerkzeug wurden neue Proben in großen Stückzahlen mit verschiedenen Oberflächenbehandlungen hergestellt. Der verwendete Kunststoff ist PBT-GF30 von BASF. Ebenfalls wurden Proben mit LCP-GF30 von Ticona jedoch in deutlich geringeren Stückzahlen bereits hergestellt. Die relativ hohen Stückzahlen sind nötig um statistisch aussagekräftige Messungen für verschiedene Alterungs-Zyklen und Tests zu erhalten. Die in Frage kommenden Alterungstests wurden im ersten Projekttreffen definiert. Zur Bestimmung der Haftfestigkeit eines solchen Metall-Kunststoff-Verbundes werden zunächst weitere Pulltests durchgeführt. Die Proben werden hierfür vor jedem Pulltest im Normklima 25/50 für mindestens 24 Stunden gelagert. Der Auszug erfolgt mit einer Universalprüfmaschine bei konstanter Geschwindigkeit und unter torsionsfreier sowie uniaxialer Belastung. Die Prüfmaschine zeichnet dabei die Kraft-Weg-Kurve auf (Abb. 5). Hieraus kann über die eingespritzte Fläche die Haftfestigkeit bestimmt werden.

Die bei Heraeus hergestellten Verbundproben sind im Folgenden aufgelistet:

- Ultradur PBT (GF30)
  - Unbehandelt
  - Chemisch aktiviert
  - Korundgestrahlt
  - Beschichtet (Messing, Nickel, SnNi)
  - Epoxid- und Polyurethan-Primer

    - Polymerbeschichtet (CPI, IMTEK)
    - Silanprimer
- Vectra LCP (GF30)
    - Unbehandelt
    - Chemisch aktiviert
    - Korundgestrahlt
    - Beschichtet (Messing, Nickel, SnNi)
    - Epoxid-Primer

Ein Teil der PBT-Proben wurde bereits mit ersten Temperaturwechselzyklen belastet. Die Randbedingungen des Tests sind -40 °C bis 125 °C bei einer Haltezeit von ca. 10 min sowie einer Transferzeit von ca. 12 min.

Abbildung 1 zeigt eine Beispielmessung von zwei verschieden behandelten Kupferproben mit PBT-GF30.

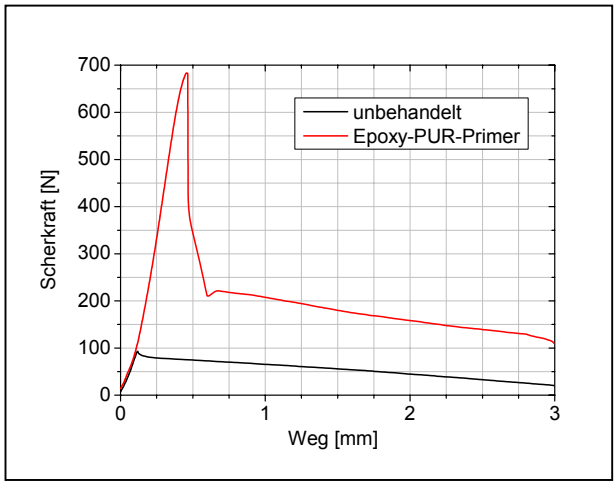

Abb. 1: Pulltest von PBT-Verbundprobe

Die schwarze Kurve zeigt die Pullkraft einer unbehandelten PBT-Ausziehprobe. Die rote Kurve zeigt die Pullkraft einer mit Epoxy-Polyurethan beschichteten PBT-Probe. Die Kraft steigt zunächst bei beiden Kurven näherungsweise linear-elastisch mit der Dehnung an. Ebenfalls ist bei beiden Proben im hinteren Teil der Kurve eine reibungsbehaftete Delamination und somit eine linear mit der herausgezogenen Fläche abfallende Kraft zu erkennen. Der deutliche Unterschied beider Kurven liegt jedoch in ihrem maximalen Peak der Scherkraft. Die schwarze Kurve geht bei etwa 90 N direkt vom linearen in den reibunsbehafteten Bereich über. Die rote Kurve hingegen zeigt ein deutliches Bruchverhalten. Die Maximalkraft ist hier um das ca. 7,5 fache höher als bei der unbehandelten Probe und nimmt nach dem Bruch schlagartig ab.

Abbildung 2 zeigt die Ergebnisse des Pulltests für nicht korundgestrahlte PBT-Proben im ungealterten Zustand für verschiedene Oberflächenmodifikationen. Die Proben mit Epoxy-PUR-Primer erzielen dabei die höchste Haftfestigkeit von mehr als 14,2 MPa. Hierbei handelt es sich lediglich um einen Minimalwert, da die hohe

Haftung zu keiner Delamination mehr sondern zum Bruch der eingespritzten Kupferplättchen führte. Außerdem wurde bei den Messungen von Nickel bzw. SnNi beschichteten Proben wie auch bei verunreinigten Proben eine Verringerung der Haftfestigkeit gemessen.

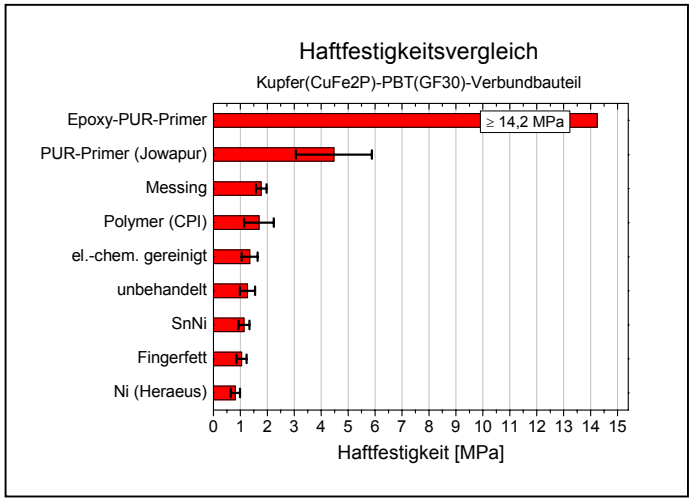

Abb. 2: Pulltest für PBT-Proben
für nicht mit Korund gestrahlte Substrate

In Abbildung 3 ist der Vergleich der Ergebnisse höchster Festigkeit mit den zusätzlich korundgestrahlten PBT-Proben ebenfalls im ungealterten Zustand zu sehen. Grundsätzlich sind die Haftfestigkeiten aller korundgestrahlten Proben deutlich höher. Bei den Epoxy-PUR beschichteten Proben spielt es bezogen auf die Haftfestigkeit im ungealterten Zustand keine Rolle, ob die Substrate vorher unbehandelt, korundgestrahlt oder kombiniert korundgestrahlt und mit Messing beschichtet worden sind. Um hier eine Unterscheidung zu ermöglichen, müssen die Proben nach der Herstellung gealtert werden. Außerdem geben verschieden gealterte Proben Aufschluss über den Einfluss von beispielsweise thermo-mechanischen Spannungen und Feuchte auf die Dauerfestigkeit des Verbunds.

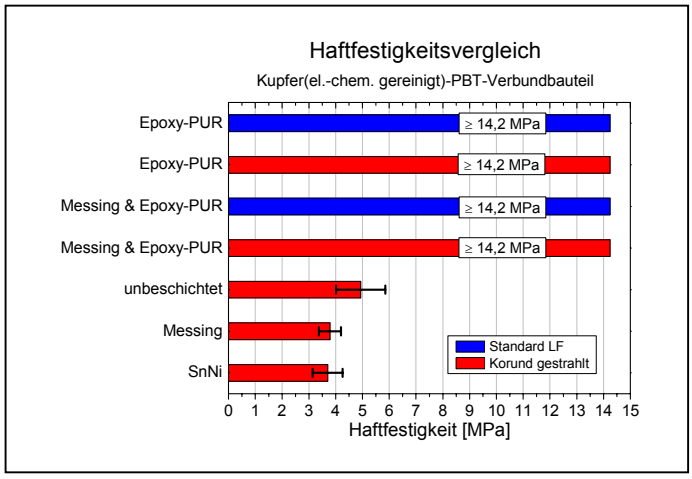

Abb. 3: Pulltest für PBT-Proben
mit teilweise Korund gestrahlten Substraten

Erste Temperaturwechselversuche wurden ebenfalls bereits bei PBT-Proben durchgeführt und ausgewertet (Abb. 4). Weitere Versuche wie Pressure-Cooker, Feuchtelagerung und evtl. Temperaturschock sowie die Ausweitung der Versuche auf LCP-Proben sind in Planung. In Abb. 4 ist die Haftfestigkeit normiert auf den Maximalwert für bis dato zwei verschiedene Alterungszustände dargestellt. Alle Proben zeigen nach 157 Temperaturwechselzyklen (TWZ) mit oben angegebenen Bedingungen einen Rückgang der Haftfestigkeit. Ob die Kurven gegen Grenzwerte größer als 0 konvergieren und wie sich diese für verschiedene Behandlungen Unterscheiden, werden zukünftige Messungen bis 2000 TWZ zeigen.

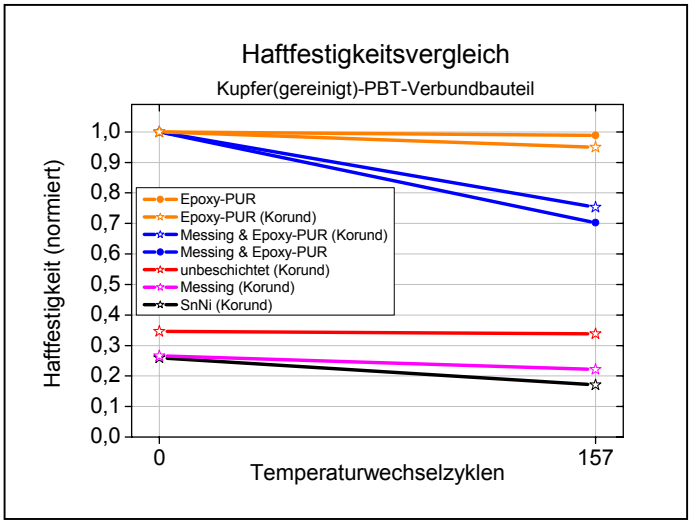

Abb. 4: Pulltest für PBT-Proben vor und nach Temperaturwechselbelastung

Zusammenfassung

Der PBA stimmt der zukünftigen Bearbeitung des Vorhabens gemäß vorgelegter Planung zu. Demnach werden zunächst die am IMTEK begonnenen Pulltests vor und nach Alterungstests fortgeführt sowie auf LCP-Proben ausgedehnt. Anschließend werden Gehäuse mit den Erkenntnissen der Pulltests industriell hergestellt. Anhand dieser Gehäuse werden Langzeitdichtigkeitsprüfungen durchgeführt. Parallel wurden mit bruchmechanischen Untersuchungen von behandelten Metall-Kunststoff-Verbindungen begonnen. Hierbei geht es primär um die Bestimmung der Bruchenergie bzw. K_{1C}-Werte.