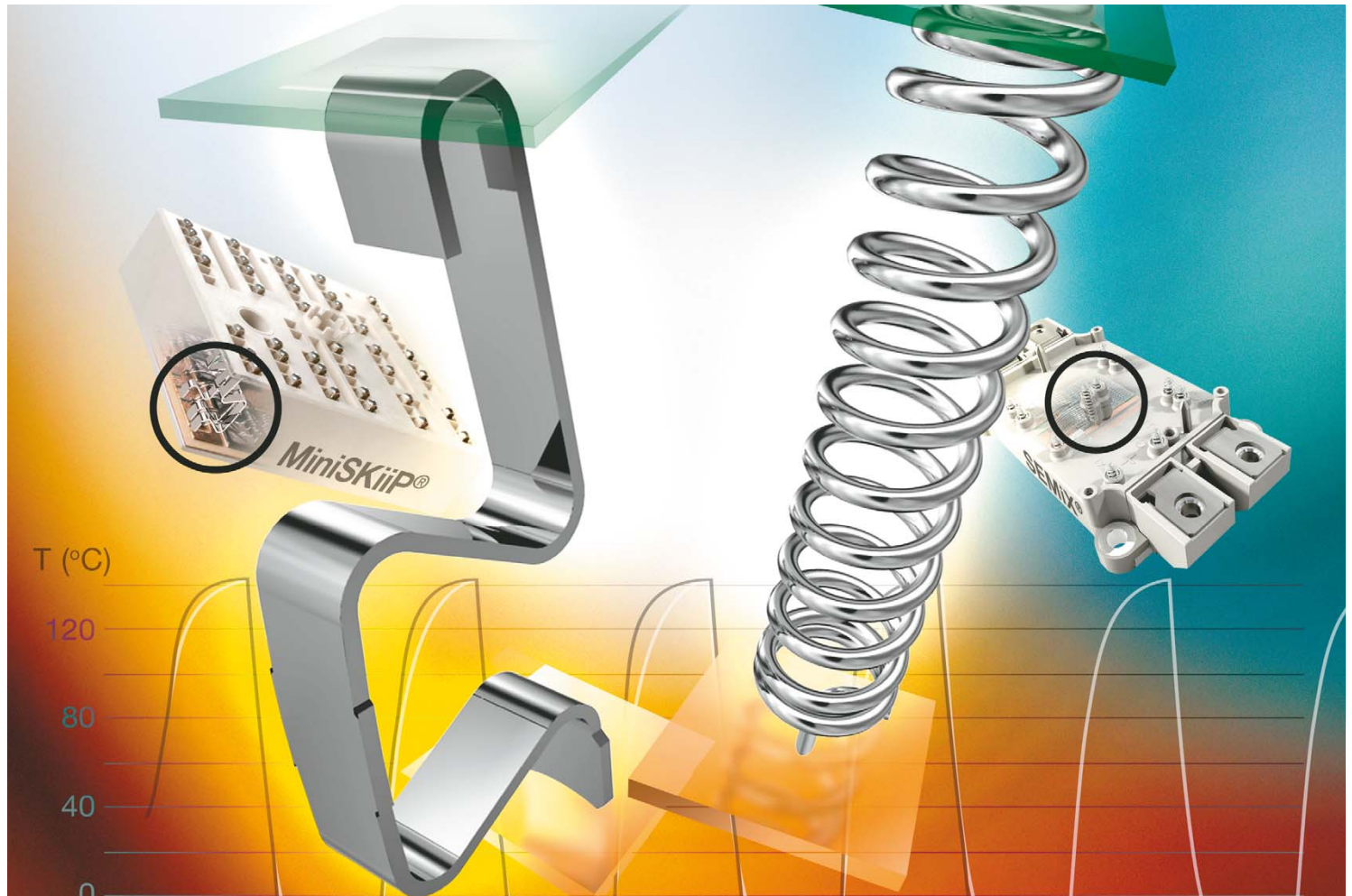


Federn: sichere elektrische Kontakte

Federdruckkontakte ermöglichen eine vereinfachte Montage ohne zusätzliche Lötprozesse



Dr. Uwe Scheuermann
ist im Bereich Product Reliability bei Semikron tätig



Florian Lang
gehört ebenfalls dem Bereich Product Reliability bei Semikron an
T +49/911/6559-438
Florian.Lang@semikron.com

Die Verbindung zwischen dem Substrat eines Leistungsmoduls und der Leiterplatte kann über Federdruckkontakte hergestellt werden. Das Leistungsspektrum der Federkontakte reicht von nur wenigen Milliampere in Sensoren bis hin zu Lastströmen von mehreren Ampere.

■ Dr. Uwe Scheuermann, Florian Lang

Mechanischer Verschleiß, schnelle Temperaturwechsel und Korrosion – jede Applikation ist im Feldeinsatz erheblichen Beanspruchungen ausgesetzt. Federkontakte werden in Bezug auf ihre Zuverlässigkeit oft mit Steck- oder Lötverbindungen verglichen.

Jedoch gibt es Unterschiede im Anpressdruck zwischen herkömmlichen Steckverbindungen und dem Federdrucksystem. In einem Federdrucksystem wird die Verbindung zwischen Leiterplatte (PCB mit Treiberkomponenten und Leistungsanschlüssen) und Keramiksubstrat

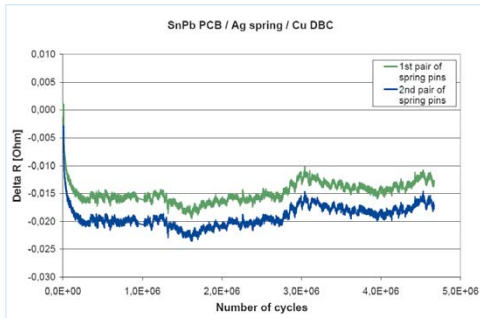


Abb.1: Federkontakt – Veränderung des Kontaktwiderstandes bei zwei Federpaaren (4,65 Mio. Zyklen, 50µm, 1Hz)

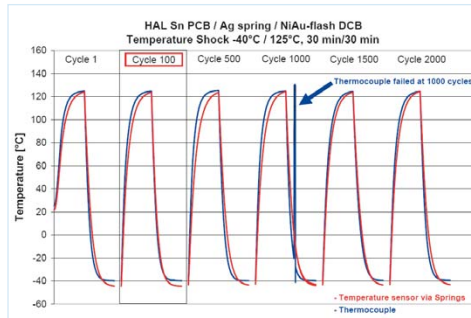


Abb.2: Temperaturaufzeichnung mit gelötetem Thermoelement (blaue Linie) und an zwei Federn angeschloss-nem Temperatursensor (rote Linie)

(DCB mit Chips) über Federn realisiert. Jede Feder verfügt dabei über zwei Kontaktpunkte. Die Anpresskraft wirkt entlang der Federlängsachse. Wegen des konstruktiven Aufbaus ist die Messung eines einzelnen Kontaktpunktes nicht möglich, ohne den mechanischen Aufbau zu verändern. Für das Prüfverfahren wird deshalb eine Kontaktschleife mit mindestens zwei Federn und somit vier Kontaktpunkten getestet.

Die Höhe der Anpresskraft ist für die Wahl des Kontaktmaterials der Verbindungen ausschlaggebend. Metallisierungen mit Zinn oder Silber eignen sich bei einer Anpresskraft von ca. 2–20 N, im Bereich von 1–2 N ist eine Auflage aus Gold vorzuziehen. Anpresskräfte bei den Federkontaktmodulen von Semikron liegen in der Größenordnung von 4–10 N. Steckverbinder haben typische Anpressdrücke von ca. 1 N.

Fretting

Unter Fretting (auch Schwingungsverschleiß oder Reibkorrosion) versteht man die Entstehung von Oxidpartikeln und deren Abrieb und Verdichtung, ausgelöst durch wiederholte Schwingungen im Mikrometerbereich. Ein Anstieg des Übergangswiderstands durch Fretting würde zu einem Ausfall des Kontaktsystems führen.

Zur Simulation der wiederholten Bewegung von sich kontaktierenden Flächen, wie sie beispielsweise durch Vibrationen oder unterschiedliche Wärmeausdehnungskoeffizienten ausgelöst wird, wurde ein Versuchsaufbau entwickelt, der die kontrollierte Bewegung der Leiterplatte über einer Feder bei einer definierten Frequenz, Last und Amplitude ermöglicht. Die Prüfungsergebnisse für das Federkontaktsystem wichen erheblich von den bisher veröffentlichten Ergebnissen für Steckkontakte ab.

Ein guter Kontakt wird in der Literatur mit einem Anstieg des Kontaktwiderstandes um weniger als 10 mOhm nach 100.000 Zyklen definiert [1]. Abbildung 1 zeigt die Veränderung des

Kontaktwiderstandes der zwei Federn gegenüber dem Anfangswert. Zu Beginn nimmt der Kontaktwiderstand ab. Dieser Prozess geht mit der Reinigung der Kontaktpunkte einher. Über eine Sequenz von 4,65 Mio. Bewegungszyklen konnte kein Ansteigen des Kontaktwiderstandes festgestellt werden. Dies ist auf den hohen Anpressdruck im Federdrucksystem sowie auf die Form der Federköpfe und das verwendete Kontaktmaterial zurückzuführen.

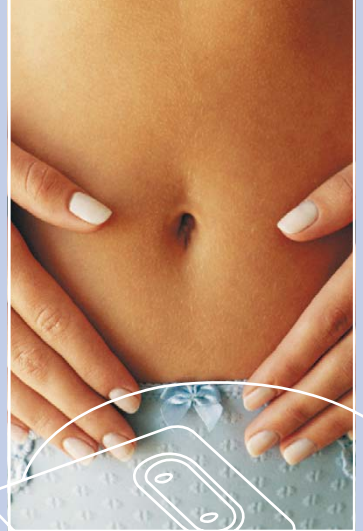
Thermoschocktest

Schnelle Temperaturwechsel induzieren mechanische Spannungen an den Grenzflächen zwischen Materialien mit unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten. Da die Verbindung über Federkontakte nicht formschlüssig ist, ist sie potenziell anfällig für thermische Bewegung und Verschleiß. Dies könnte zu einer Veränderung von Anpressdruck, Lage und Kontaktfläche führen.

Um die Entwicklung des Kontaktwiderstandes der Federn zu überprüfen, wurde die Veränderung des Widerstandes gegenüber dem ersten vollen Lastwechsel aufgezeichnet. Die Temperaturänderung pro Lastwechsel wurde mit Hilfe eines am Prüfling angelöteten Thermoelementes gemessen. Es stellte sich heraus, dass einige Kontaktmaterialien zu einer deutlichen Verschlechterung des Kontaktwiderstandes führten. So ergab sich beispielsweise bei einem Testaufbau mit vernickelter DCB ein Anstieg des Kontaktwiderstands in Folge des Oxidationsprozesses. Aus diesem Grund sind vernickelte DCBs für druckkontaktierte Systeme nicht geeignet.

In einer weiteren Versuchsreihe sollte der positive Effekt von höheren Strömen auf den Kontaktwiderstand nachgewiesen werden. In der Fachliteratur werden als Ursache für die Veränderung des Kontaktwiderstandes oft dünne Oberflächenschichten angeführt [1]. Nach DIN EN 60512-2-1 sind trockene Lasten auf >

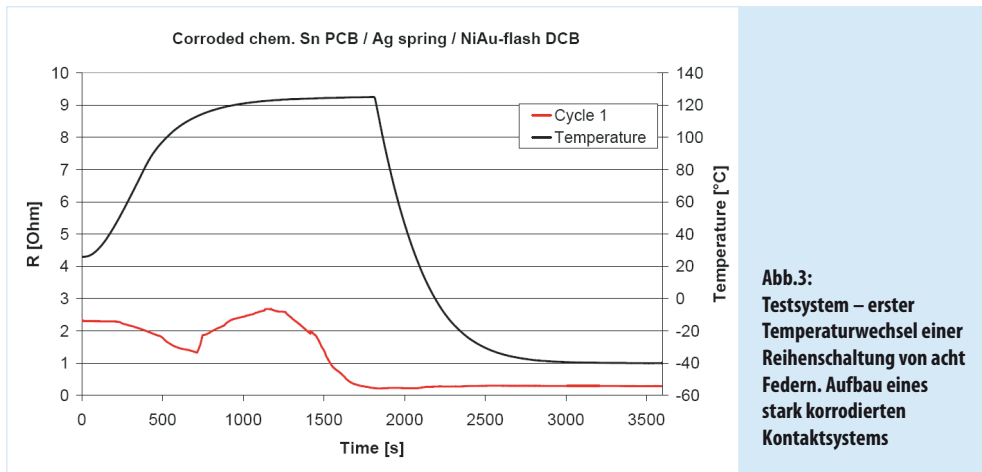
innere
Kraft



Partner im Zeichen des Fortschritts. JAUCH. Ihr Spezialist für Batterien der Marken RENATA, SONY, OMNICEL, SEIKO-SEIZAIKEN, LENMAR. Standard und individuell – lieferschnell. Dauer-Leistung mit riesigem Energiepotenzial.



Jauch Quartz GmbH
In der Lache 24
78056 VS-Schwenningen
Tel. 07720/945-0
Fax 07720/945-102
info@jauch-batteries.com
www.jauch-batteries.com



Ströme bis 100 mA und Spannungen bis 20 mV begrenzt, um ein Schmelzen bzw. dielektrischen Durchschlag zu vermeiden. In einer Prüfanordnung wurde eine Materialkombination getestet, die über den gesamten Testverlauf einen allmählichen Anstieg des Kontaktwiderstands zeigte. Die Stromstärke wurde schrittweise von 1 mA auf 400 mA erhöht. Dabei nahm der Kontaktwiderstand mit jedem Sprung der Stromstärke ab. Versuche mit konstant höherem Dauerstrom bestätigten dieses Ergebnis. Bei einer Stromstärke von 6 A veränderte sich der Kontaktwiderstand im Lauf von 200 Temperaturwechseln praktisch nicht. Die Zuverlässigkeit von Federkontakten als Lastkontakte konnte somit nachgewiesen werden.

In einer verlängerten Temperaturwechselprüfung wurde die Temperatur über einen an die Federn angeschlossenen Temperatursensor und über ein Thermoelement gemessen. Abbildung 2 veranschaulicht die Temperaturmessung für ausgewählte Temperaturzyklen. Aufgrund verschiedener Wärmekapazitäten unterscheidet sich die über das Thermoelement ermittelte Temperaturentwicklung leicht von der Messkurve des Temperatursensors. Das Signal des Temperatursensors blieb während 2.000 Lastwechseln stabil. In Anbetracht der extremen Temperaturwechsel entspricht dieses Ergebnis dem 20-fachen Wert der geforderten Lebensdauer für Leistungshalbleitermodule. Die Lötverbindung des Referenzthermoelements brach nach 1.000 Lastwechseln und musste erneuert werden (siehe Pfeil in Abbildung 2).

Korrosive Atmosphäre

Die Prüfung in korrosiver Atmosphäre untersucht die Kontaktzuverlässigkeit im industriellen Umfeld. Dank des hohen Anpressdrucks in Federkontaktsystemen sind die metallischen Kontaktflächen unempfindlich gegenüber Ver-

unreinigungen von außen. Innerhalb der Kontaktbereiche konnten mittels EDX-Analyse keine Korrosionsprodukte festgestellt werden.

Die Auswertung des Tests erfolgte durch eine Messung des Kontaktwiderstands vor und nach dem Test. Die Veränderung des Kontaktwiderstandes bei den unterschiedlichen Kontaktsystemen war vernachlässigbar. Bei Prüfung mit zusätzlich angelegter Spannung konnten keine Anzeichen einer Elektromigration nachgewiesen werden.

Intermetallische Phasen

Bei der Verbindung von Zinn und Kupfer entstehen intermetallische Phasen mit veränderten mechanischen Eigenschaften. Dies kann Lötprozesse durch die Bildung von schwer entfernbaren Oxidschichten beeinträchtigen. Die Ausbildung von intermetallischen Phasen basiert auf einem Diffusionsprozess und ist daher temperaturabhängig. Druckkontaktsysteme in Leistungsmodulen haben jedoch eine erheblich längere Lebensdauer als die Lagerfähigkeit von Leiterplatten. Deshalb muss die Entstehung intermetallischer Phasen bei der Prüfung von Federkontakten berücksichtigt werden.

Zur Prüfung der Zuverlässigkeit der Kontaktierung nach einem längeren Zeitraum wurde das Kontaktsystem unter Annahme eines extremen Alterungsprozesses mit den folgenden Parametern getestet:

- 90 Stunden Lagerung einer Zinn-Leiterplatte und einer HAL-PbSn-Leiterplatte bei 150 °C. Hierbei handelte es sich um unbestückte Test-Leiterplatten.
- 21 Tage Lagerung in korrosiver Atmosphäre (0,4 ppm H₂S, 0,4 ppm SO₂, 0,5 ppm NO_x, 0,1 ppm Cl₂, 25 °C, 75 Prozent relative Luftfeuchtigkeit).
- Temperaturwechsel mit 1 mA Dauerstrombelastung.

Im ersten Schritt wurde sichergestellt, dass sich intermetallische Cu₆Sn₅-Phasen über die komplette Metallisierungsschicht hinweg ausgebildet haben. Als nächstes wurden die offenen intermetallischen Phasen einer extrem aggressiven Mischung aus korrosiven Gasen ausgesetzt und anschließend diese extrem gealterte Leiterplatte mit einem MiniSKiiP-Modul aufgebaut und einem Temperaturwechseltest mit permanenter Überwachung des Spannungsabfalls unterzogen.

Die Veränderung des Kontaktwiderstands über eine Reihenschaltung von acht Federn ist in Abbildung 3 dargestellt. Der zu Beginn der Messung angestiegene Widerstand fiel auf einen stabilen Wert ab, sobald die unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten eine Mikrobewegung der Kontaktpartner auslösten. Der Widerstand stieg im Verlauf des Temperaturwechseltests kontinuierlich an. Es überrascht wenig, dass das Ende der Lebensdauer des Systems mit der vorzeitig gealterten und korrodierten Leiterplatte schneller erreicht wurde als bei einem neuen System. Trotzdem erwiesen sich die Druckkontakte als weiterhin funktionstüchtig, während ein Lötversuch nach der Prüfung in korrosiver Atmosphäre scheiterte.

Fazit

Umfangreiche Tests haben die Zuverlässigkeit der Federkontakttechnologie unter den verschiedenen Bedingungen, die in industriellen Anwendungen herrschen, bei gleichzeitiger Beibehaltung der bewährten einfachen Montage bestätigt. Die Technologie bewährte sich bei Kontaktierungen im Hochlastbereich wie auch bei Sensoren im Schwachstrombereich. ■

Literatur

- [1] P. Slade: Electrical Contacts – Principles and Applications, Marcel Dekker, New York, 1999
- [2] P. van Dijk, M. van Meijl: Contact Problems due to Fretting and their Solution, AMP Journal of Technology, Ausgabe 5, Juni 1996, S. 14ff
- [3] Andus Electronic GmbH: Oberflächen, Download unter: <http://www.andus.de/Leiterplatten/Oberflaechen/oberflaechen.htm> (21.03.2006)
- [4] E. Hornung, U. Scheuermann: Reliability of low current electrical spring contacts in power modules, Microelectronics Reliability 43/9-11 (2003), S. 1859-1864

Weiterführende Infos auf www.EuE24.net

more @ click EE116500