APPLIKATIONSBERICHT

Vergleich von Schertestergebnissen und BAMFIT-Ergebnissen im Rahmen einer Bondparameterstudie*

Im Rahmen eines orientierenden Experiments wurden 300 µm Dickdrähte mit zwei Bondparametereinstellungen gebondet. Anschließend wurden Schertests und BAMFIT-Tests durchgeführt. Der Umfang der Untersuchung war für das orientierende Experiment zunächst auf jeweils 10 zu testende Bondstellen eingeschränkt. Die im grauen Kasten zusammengefassten Bond- und Testparameter wurden verwendet.

Im Schertest wird diejenige Kraft [cN] ermittelt, die zur Zerstörung des Bondkontaktes notwendig ist. Im BAMFIT-Test wird die Zeit bis zur Ablösung des Kontaktes gemessen und auf Basis der anliegenden Anregungsfrequenz in die Anzahl mechanischer Schwingspiele (LoadCycles) umgerechnet. Beide Größen, Scherkraft und LoadCycles, quantifizieren also die mechanische Belastbarkeit der Bondkontakte nahe der Interfacezone.

Abbildung 1 zeigt die erreichten Schertestergebnisse (oben) und die erreichten BAMFIT Ergebnisse (unten) – jeweils für beide Bondparametereinstellungen. In Tabelle 1 und 2 sind neben den absoluten Mittelwerten der Messwerte auch die Veränderung des jeweiligen Messwertes zwischen beiden Bondparametereinstellungen in [%] angegeben.

Die Scherkraft verändert sich zwischen beiden Bondparametereinstellungen kaum (siehe Tabelle 1). Der prozentuale Unterschied liegt bei nur ca. 1%. Im Rahmen einer Prozessoptimierung wäre eine Entscheidung, welches der „bessere“ der beiden Bondparameter ist, nur auf Basis der Scherkraft nicht zielführend. Sehr wahrscheinlich würde daher die Entscheidung auf Basis visueller Kriterien getroffen werden, z.B. Bondkontaktdeformation, Schädigung der Oberfläche des Bondkontaktes usw.. Beim BAMFIT-Test hingegen zeigt sich ein Unterschied der erreichten mittleren LoadCycles zwischen den beiden Bondparametereinstellungen von ca. Faktor 3,5 bzw. ca. 350 % (siehe Tabelle 2). Bondparametereinstellung B benötigt signifikant mehr mechanische Schwingspiele, bis der interfacenahe Riss komplett durch den Kontakt gedrungen ist. Ein solch signifikanter Unterschied ermöglicht eine Bewertung eines Bondkontaktes nur auf Basis dieses einen mechanischen Tests bezüglich seines Ermüdungsverhaltens und damit bezüglich seiner Lebensdauer bei z.B. thermo-mechanischer Wechselbelastung.

Bond- und Testparameter
Touchdown Kraft: 200 cN
Bondzeit: 120 ms
Bondkraft: 600 cN
US-Leistung (variiert): 110 digits (A) und 160 digits (B)
Default-Force: 260 cN
Drahtbonder: F&S Bondtec 5850
Bonddraht: Heraeus Al-H11 300 µm, RL 318 cN, D 22,7%
Bondfrequenz: 58 KHz
Schertester: F&S Bondtec 5600
Schertool: Breite 1,2 mm
Scherhöhe: 10 µm
BAMFIT-Tester: F&S Bondtec (58 kHz)
BAMFIT US-setting: 70 digits
BAMFIT pre-load: 40 cN
BAMFIT clamping-height: 30 µm (10% Drahtdurchmesser)

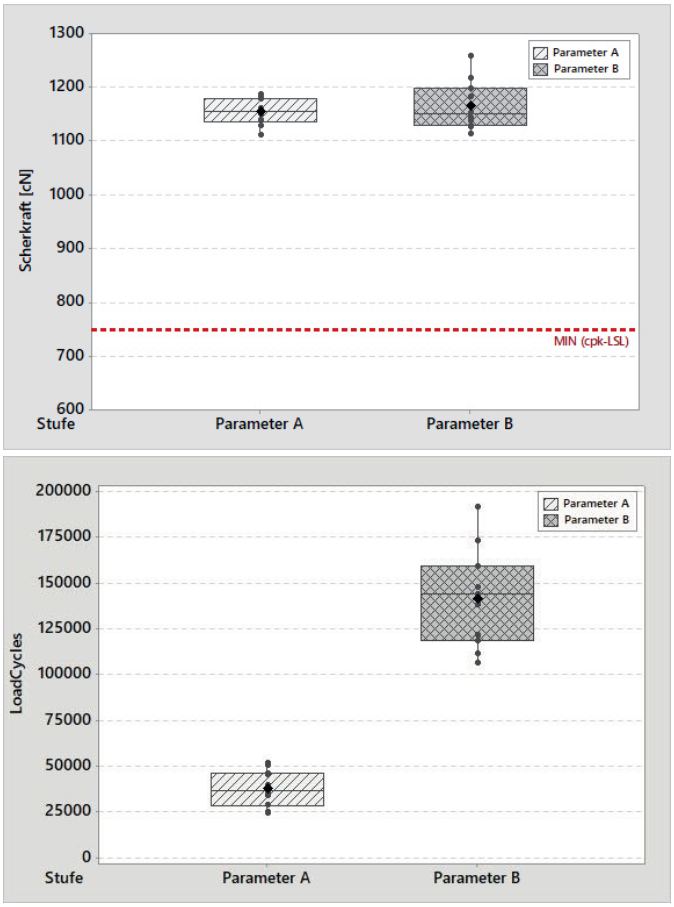

Abbildung 1: Testergebnisse nach Schertest (oben) und BAMFIT (unten)

Tabelle 1: Schertestergebnisse

	Scherkraft MW [cN]	s [cN]	s [%]	Unterschied A zu B
Parameter A (US=110 digits)	1154	23,8	2,1	ca. 1 %
Parameter B (US=160 digits)	1165	44,2	3,8	

Tabelle 2: BAMFIT Ergebnisse

	LoadCycles MW	s [cN]	s [%]	Unterschied A zu B
Parameter A (US=110 digits)	37577	9610	25,6	ca. 350 %
Parameter B (US=160 digits)	141158	26341	18,7	

Das BAMFIT Verfahren ist eine Entwicklung der TU-Wien. Patentnummer: DE102016107028A1

Abbildung 2 zeigt jeweils drei Schertest-Bruchbilder für Parameter A und B. Die höhere US-Leistung (US 160 digits) bei Parameter B hat klar erkennbar zu einer höheren Bondstellendeformation geführt. Die Interfaceform bei Parameter B ist deutlich „runder“ im Vergleich zu der schlanken Interfaceform bei Parameter A. Der Schermeißel schneidet bei beiden Parametereinstellungen zu ca. 40-50% in das Drahtmaterial (bei Parameter B geringfügig weiter) und anschließend läuft der Bruch in einer interfacenahen Region weiter. Aufgrund der beim Schertest erzeugten Verschmierungen des Drahtmaterials im Scherbereich, ist eine Bewertung nicht verbundener Regionen im Interface nur schwierig möglich.

Die Bruchbilder nach BAMFIT-Test zeigt Abbildung 3. Der Unterschied in der Deformation der Bondkontakte zwischen Parameter A und B ist ebenfalls deutlich erkennbar. Darüber hinaus zeigt sich bei den BAMFIT-Bruchbildern die unterschiedliche Ausformung des Interface aber wesentlich deutlicher. Bei Parameter A, also einer geringeren Ultraschalleistung, ist das Interface elliptisch geformt. Die Verbindungszonen (Aluminium-Anhaftungen) bedecken einen großen Bereich der Kontaktfläche. Bei Parameter B konzentriert sich die Verbindungsbildung auf ca. 70% des Zentrums der eigentlichen Kontaktfläche. Links- und rechtsseitig sind jeweils ungefähr 15% der Fläche nicht mit Aluminium-Anhaftungen bedeckt (graue Bereiche). In diesen Bereichen hat daher keine ausreichend große Verbindungsbildung stattgefunden. Dadurch bildet die Verbindungszone bei Parameter B eine eher runde Form. Der Flächeninhalt der verbundenen Bereiche ist bei beiden Parametereinstellungen ungefähr vergleichbar. Im Gegensatz zum Bruchbild im Schertest sind die nicht verbundenen Regionen deutlich erkennbar. Hier gibt es keinen wesentlichen Unterschied zwischen Parameter A und B.

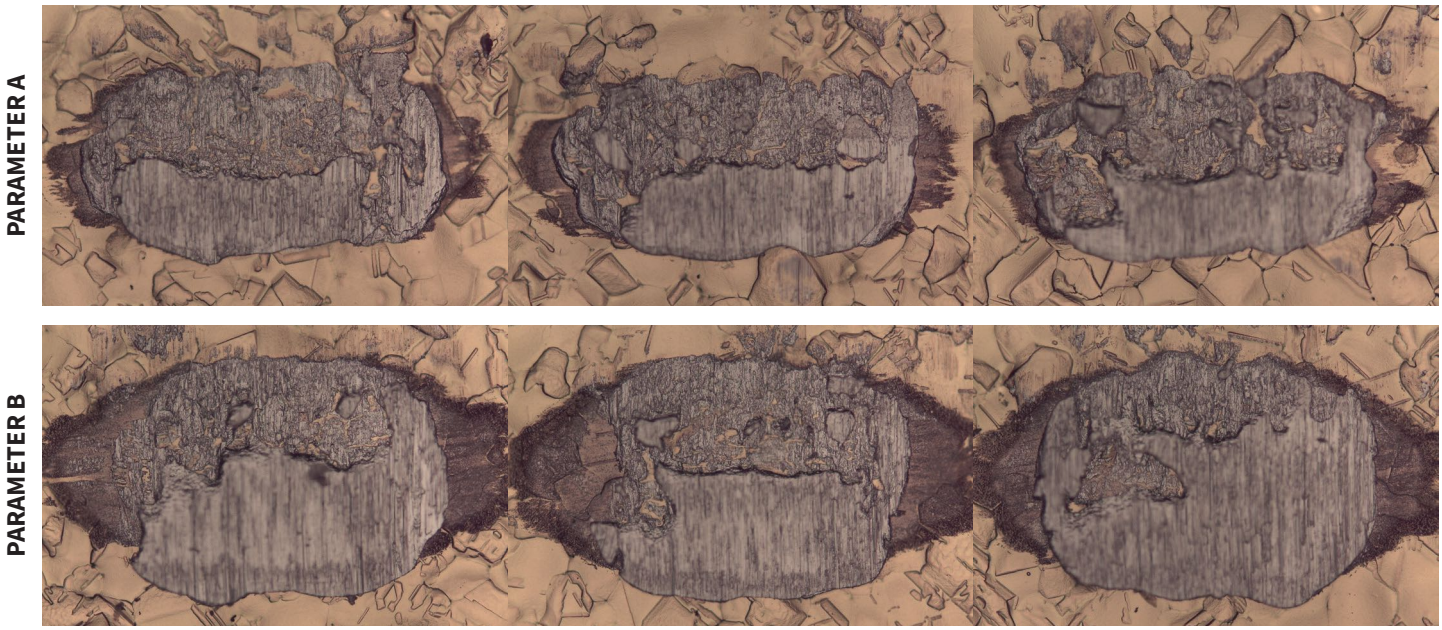

Abbildung 2: Schertest-Bruchbilder

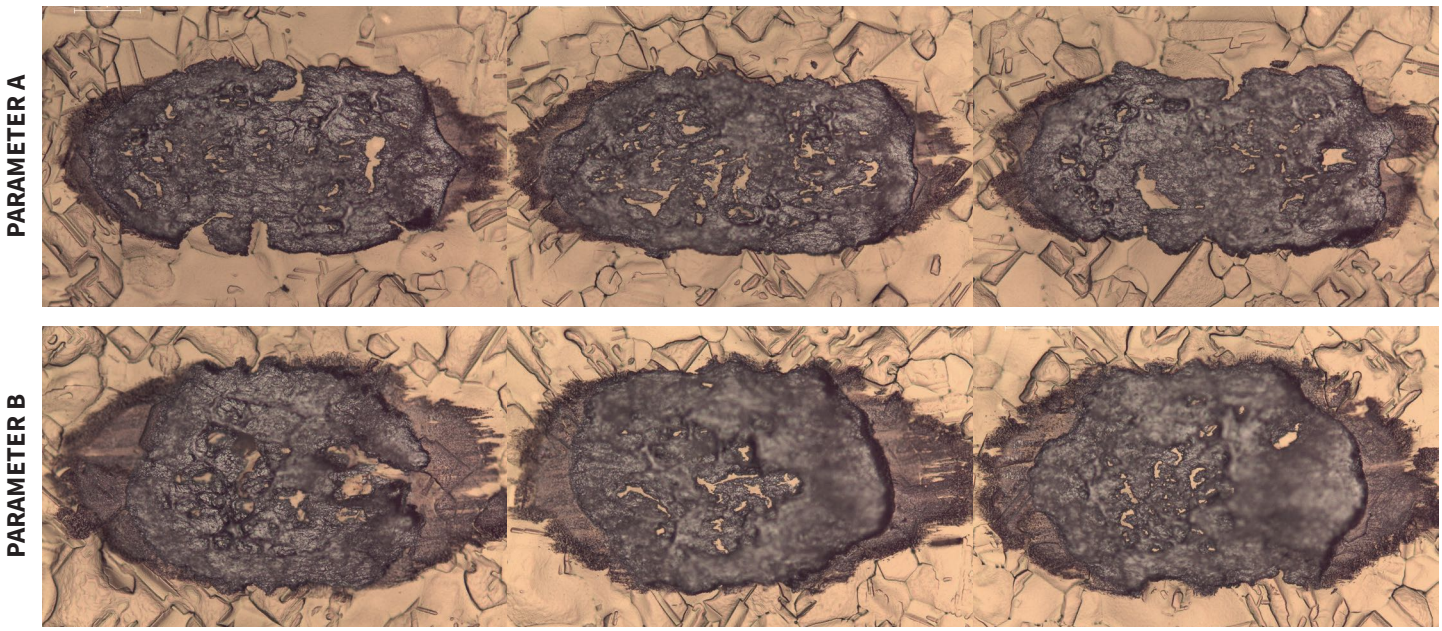

Abbildung 3: BAMFIT-Bruchbilder

Interessant ist die Tatsache, dass trotz sehr ähnlicher Anbindungsfläche im Interface so starke Unterschiede zwischen beiden Testverfahren (Schertest und BAMFIT) auftreten. Der Schertest zeigt keine signifikante Veränderung zwischen beiden Parametereinstellungen. Das ist nachvollziehbar, da die Scherkraft neben der Festigkeit des durchscherten Materials auch durch die Fläche des durchscherten Bereiches bestimmt wird. Die resultierende Festigkeit des Interface, welche durch die Bondparametereinstellungen maßgeblich bestimmt wird, ist vermutlich bei beiden Bondparametereinstellungen sehr vergleichbar. Die stoffschlüssig verbundene Interfacefläche ist in beiden Parametereinstellungen sehr ähnlich, das zeigt die visuelle Auswertung der Bruchbilder. Folglich zeigt der Schertest ein sehr vergleichbares Scherkraftergebnis zwischen beiden Bondparametereinstellungen.

Beim BAMFIT Test durchläuft der sich ausbildende Riss zwar ebenfalls die sehr vergleichbaren Interfaceflächen beider Paramertereinstellungen, wird aber deutlich stärker durch die Beschaffenheit der Gefügestruktur des Drahtes beeinflusst und kann zudem in z-Richtung nach oben (in das Drahtmaterial) oder nach unten (in interfacenahe Bereiche) ausweichen. Daraus ergibt sich ein wesentlich komplexeres Verhalten während des Tests und, vermutlich, eine deutlich größere Sensitivität des Tests auf die Materialeigenschaften innerhalb des Bondkontaktes. Bei genauerer Betrachtung der Bruchbilder in Abbildung 3 ist erkennbar, dass der Riss bei Parameter A interfacenah in einer sehr konstanten Höhe verläuft. Bei Parameter B hingegen liegt die Rissebene innerhalb des Randbereiches höher. Das Bild ist in diesem Bereich leicht defokussiert, da die Rissebene höher und damit außerhalb der Fokusebene liegt. Im Zentrum hingegen ist das Bruchbild vergleichbar mit dem des Parameters A.

Wenn also bei gleicher Verbindungsfläche der Riss beim BAMFIT-Test durch andere Regionen des Bondkontaktes (in z-Richtung) läuft, erklärt das vermutlich bereits die Unterschiede in den ermittelten LoadCycles zwischen beiden Bondparametersätzen. In wie weit sich diese im BAMFIT-Test ermittelten Unterschiede in der Lebensdauer bei Temperaturwechselbelastung wiederspiegeln (z.B. im Active Power Cycling von Bondkontakten auf Leistungshalbleitern), kann nun durch ausgewählte Lebensdauerexperimente untersucht und zu den Testergebnissen korreliert werden.

Zusammenfassung:

Im Rahmen eines orientierenden Experiments an 300 µm Dickdrähten, die mit zwei Bondparametersätzen gebondet und anschließend getestet wurden, konnte gezeigt werden, dass der BAMFIT-Test einen Unterschied zwischen beiden Bondparametersätzen zeigt, während anhand der Scherkraft kein signifikanter Unterschied ermittelt werden kann. Die Ursache für das deutlich unterschiedliche Verhalten im BAMFIT-Test ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass der beim BAMFIT erzeugte Riss zumindest teilweise in anderen Ebenen innerhalb der Wedges verläuft, in denen zudem vermutlich unterschiedliche Gefügestrukturen vorliegen. Das zeigt vermutlich bereits, dass der BAMFIT Test deutlich stärker mit der beim Bonden rekristallisierten Gefügestruktur des Drahtes wechselwirkt und dadurch die Materialeigenschaften möglicherweise besser wiedergibt. Ohne weitere materialkundliche Untersuchungen bleiben viele der getroffenen Aussagen spekulativ – das mögliche Potential der BAMFIT Methode lässt sich jedoch anhand dieses Experiments bereits verdeutlichen.

Das Projekt SpeedCycle wird das BAMFIT-Verfahren für den industriellen Einsatz bewerten und die Korrelation zwischen Schertest und BAMFIT-Resultat umfangreich untersuchen.

Informationen zum Projekt SpeedCycle:

www.bond-iq.de/speedcycle

Seminare zum Drahtbonden, rund um Prozessoptimierung und Technologie unter:

www.bond-iq.de

Dieser Applikationsbericht der Bond-IQ entstand mit freundlicher Unterstützung des Fraunhofer IZM Berlin (Felix Fischer und Prof. Dr. Martin Schneider-Ramelow).

ENHANCE WIRE BONDING

www.bond-iq.de
+49 30 46069009
seminaranfrage@bond-iq.de