

productronic

DAS MAGAZIN FÜR DIE ELEKTRONIKFERTIGUNG



Minuten statt Monate mit dem BAMFIT-Verfahren

Revolutionärer Schnelltest für die
Zuverlässigkeit von Dickdrahtbonds

S.46



Minuten statt Monate mit dem BAMFIT-Verfahren

Revolutionärer Schnelltest für die Zuverlässigkeit von Dickdrahtbonds

Dickdrahtbonds sind ein unverzichtbarer Baustein, gleichzeitig aber eine empfindliche Schwachstelle der gesamten Aufbau- und Verbindungstechnik in der Leistungselektronik. Doch sind Lebensdauerersts vor allem zeitaufwendig, weshalb F&S Bondtec im Verbund mit der TU Wien das BAMFIT-Verfahren entwickelt hat, das einen minutenschnellen Power-Cycling-Test simuliert.

Autor: Dr. Josef Sedlmair

Ein modernes Auto ist eine sehr zuverlässige Maschine. Wenn es aber doch einmal stehenbleibt, ist meist ein Ausfall in der Elektronik schuld, und der wird am häufigsten von einem ausgefallenen Drahtbond verursacht. Dickdrahtbonds sind damit gleichzeitig unverzichtbarer Baustein und empfindliche Schwachstelle der gesamten Aufbau- und Verbindungstechnik in der Leistungselektronik. Eine Bondstelle versagt meist deswegen, weil ein Riss entsteht, der durch das Bond-Interface wandert und mit der Zeit den kompletten Bond abhebt. Schuld ist die Physik, weil sich bei einem Temperaturwechsel das Aluminium des Bonddrahtes mit etwa 25 ppm pro K viel stärker ausdehnt als das Chipmaterial Silizium mit nur etwa 3 ppm/K.

Das aufgebondete Drahtstück, üblicherweise 1 bis 1,5 mm lang, zerrt und drückt abwechselnd an dem darunterliegenden Silizium. Früher oder später fängt dann der Bond an, vor allem an den beiden Enden kleine Ermüdungsrisse zu bekommen, die den gesamten Bond unterwandern, bis er abhebt und ausfällt.

BAMFIT-Verfahren zum Schnelltest für die Zuverlässigkeit

Ob das früher oder später geschieht, wie lang also das gesamte Bauteil lebt, hängt von vielen Faktoren ab, besonders stark aber natürlich von der Anzahl dieser Temperaturwechsel und von ihrer Höhe. In der Praxis versucht man solche Lebensdauerersts



Das BAMFIT-Verfahren für die Drahtbonderfamilie 56XX einsatztauglich adaptiert: Dabei wird der Bondkopf einfach gegen den BAMFIT-Testkopf ausgetauscht.

beschleunigt nachzustellen, indem man eine Schaltung aktiv betreibt und sie in kurzen Zyklen ein- und ausschaltet, wobei der Temperaturhub an der betrachteten Stelle gemessen und auf einen gewünschten Wert eingestellt wird. Dieser Schaltzyklus wird dann bis zum Defekt wiederholt und die Anzahl der überlebten Zyklen registriert. Selbstredend ist dieser Power-Cycling-Test (PC-Test) zwar einigermaßen realitätsnah, aber recht aufwändig und vor allem bei Bauteilen, die besonders zuverlässig sein müssen, entsprechend langwierig: 1 Mio. Schaltspiele dauern selbst bei einem recht kurzen Zyklus von nur 5 Sekunden immerhin an die 2 Monate!

An der TU Wien wurde jetzt von der Arbeitsgruppe um Dr. Khatibi eine sehr attraktive Alternative dazu entwickelt, das BAMFIT-Verfahren. Das Akronym steht für Bond Accelerated Mechanical Fatigue Interconnect Test. Es beruht auf einer Idee von bestechender Einfachheit, nämlich die mechanische Zugbelastung des Bond-Interface, die von der thermischen Fehlanpassung der beiden Materialien Aluminium und Silizium verursacht wird, direkt mechanisch aufzubringen. Das geschieht mit einer Klemmzange, die den Bondfuß an einer definierten Höhe greift und dann um eine ebenfalls definierte Strecke in der Größenordnung von 1 µm in Drahtrichtung vor- und zurückzieht, also etwa der gleichen Distanz wie die thermische Ausdehnung bei einem typischen Temperaturhub. Eine solche zyklische Belastung lässt sich sehr gut mit hoher Frequenz erzeugen, wenn diese Klemmzange mit einem Ultraschallgenerator angeregt wird; im Effekt kann man einen Ultraschall-Drahtbender so modifizieren, dass das Bondwerkzeug durch die Klemmzange ersetzt wird, die in Resonanz arbeitet. Statt einer Bondkraft nach unten wird mit einer geringen Kraft am Bond nach oben gezogen, sodass nach einer gewissen Anzahl von Zyklen der Bond abhebt, was vom Testgerät registriert wird.

Hardware mit wechselbaren Bond- und Testköpfen

F&S Bondtec hat daraus ein Seriengerät entwickelt, das auf Basis der Drahtbenderfamilie 56XX arbeitet und jetzt auf dem Markt ist. Vorteilhafterweise wird der BAMFIT-Testkopf einfach gegen einen Bondkopf ausgetauscht, während sich die restliche Hard- und Software weitgehend unverändert einsetzen lässt. Dadurch arbeitet der Tester nach dem Einrichten eines Testprogramms komplett automatisch: Die gewünschten Testpositionen werden angefahren und falls erforderlich, sogar mit der eingebauten Bilderkennung feinjustiert.

Anschließend wird die Drahtklemmzange geöffnet und heruntergefahren, bis die Backen neben dem Bondfuß auf dem Substrat aufsetzen. Dieser Touch-

Eck-DATEN

Effizientes und zuverlässiges Testverfahren

Die ständig höheren Ströme in der Leistungselektronik stellen neue Herausforderungen an die Verbindungstechnik sowohl in der Herstellung als auch in ihrer Qualitätskontrolle. Mit dem neuentwickelten BAMFIT-Verfahren werden Bondstellen mechanisch einer zyklischen Wechselbelastung unterzogen – und zwar mit erheblichen Zeiteinsparungen.

down wird detektiert und registriert, ganz wie beim Bonder, und anschließend wird die Klemmzange wieder geringfügig angehoben, sodass der Bondfuß in der gewünschten Höhe von etwa 10 Prozent des Drahtdurchmessers gegriffen wird. Dann wird, wie oben erwähnt, eine geringe Zugvorlast aufgebracht und der Ultraschall eingeschaltet. Eine höhere US-Leistung erzeugt dabei eine größere Bewegungsamplitude an der Klemmzange und entspricht somit einem größeren Temperaturhub im PC-Test.

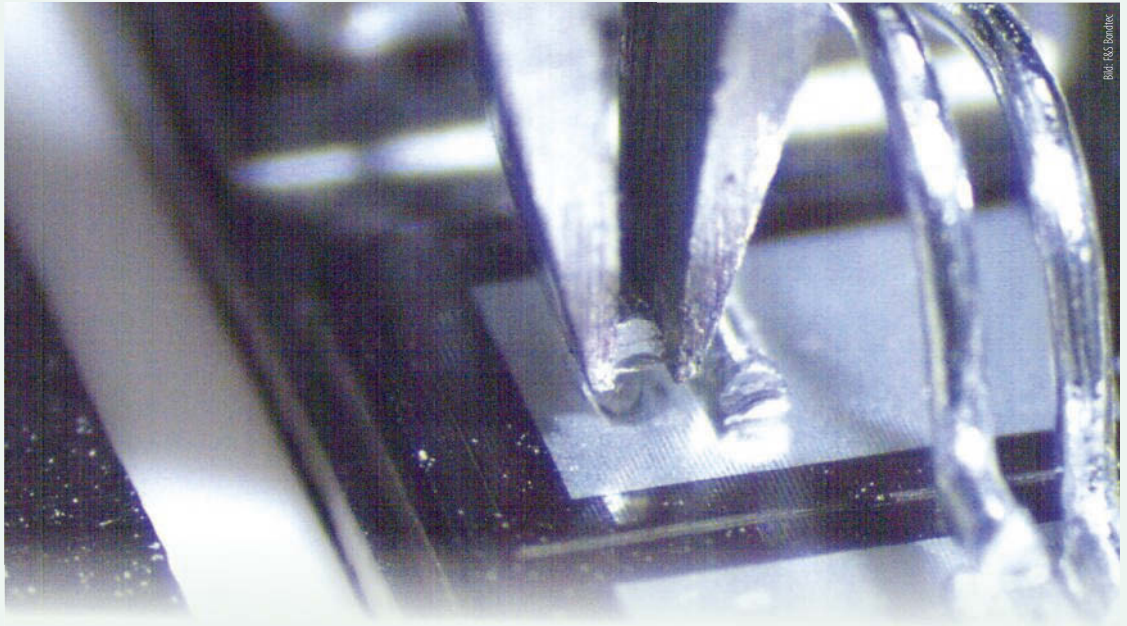
Nach dem Abheben des Drahtbonds, was typischerweise zwischen 10^4 und 10^7 Zyklen, also bei 60 kHz US-Frequenz 0,16 bis 160 Sekunden in Anspruch nimmt, wird der nächste Bond getestet. Eine komplette Schaltung mit mehreren hundert Drahtbonds lässt sich also vollautomatisch in einigen Minuten oder Stunden überprüfen, was im Power-Cycling-Test sonst Monate in Anspruch nehmen würde.

Natürlich sind die erreichten Zyklenzahlen nicht ohne Weiteres mit der Anzahl elektrischer Lastwechsel bis zum Ausfall gleichzusetzen. Ein Bond, der im PC-Test beispielsweise nach 50.000 Zyklen ausfällt, erträgt beim BAMFIT-Test das 10- oder 20-fache. Aber auch im PC-Test hängen die erreichten Zyklenzahlen recht stark von den Randparametern wie Einschaltdauer, Zykluszeit etc. ab und sind daher auch nur bedingt miteinander zu vergleichen. Der BAMFIT-Test hat hier als Schnelltest den unschlagbaren Vorteil, dass er auch fertigungsbegleitend oder zur Auswahl zwischen unterschiedlichen Prozessvarianten taugt, also immer dann, wenn halbquantitative Aussagen ausreichen.

Alternative zum Dickdraht-Schertest

Nach den ersten, sehr vielversprechenden Einsätzen des BAMFIT-Testers als Schnelltest zur Ergänzung von Power-Cycling-Tests haben sich aber schon weitere interessante Anwendungsfelder dargestellt, beispielsweise beim Schertest für Dickdrahtbonds. Er ist das Standardverfahren zur schnellen Prüfung der Bondqualität und wird nicht nur eingesetzt, um die Fertigung zu überwachen, sondern auch schon während der Prozessentwicklung, um die Bondparameter

Zeitsparend und zuverlässig: Der Höhengsensor ermöglicht es, dass sich der exakte Versagenszeitpunkt durch deutliches Abheben des Drahtes von der Bondstelle messen lässt.



zu optimieren. Vergleicht man nun die Scherwerte von Drahtbonds, die mit steigenden Parametern wie etwa der Ultraschall-Leistung gebondet wurden, mit den BAMFIT-Resultaten, so zeigt sich zunächst die gleiche Tendenz: höherer Ultraschalleintrag führt zunächst zu höheren Scherwerten und genauso zu höheren Zyklenzahlen im BAMFIT. Aber sobald die Bondparameter in einem Bereich liegen, wo sie ausreichen, üblicherweise als „gut“ befundene Bonds zu produzieren, steigt der Scherwert kaum mehr, er geht quasi in Sättigung. Ganz anders die BAMFIT-Resultate: die Zyklenzahlen steigen weiter deutlich an und zeigen, dass der Bond sich weiterhin verbessert.

Besonders dramatisch stellt sich dieser Befund dar, wenn man die Bruchflächen nach dem Test begutachtet: Der BAMFIT-Test liefert klare Bruchflächen und zeigt sehr deutlich, an welchen Stellen keine Verbindung zwischen Draht und Substrat gebildet wurde. Mit steigenden Bondparametern ändert sich die verbundene Fläche: sie wird typischerweise etwas runder; vor allem aber wird die Fläche größer. Dabei korreliert die Größe der verbundenen Fläche sehr gut mit der Anzahl der Lastwechsel und liefert folglich ein weiteres Maß für die Bondqualität. Im Schertest dagegen wird, vor allem bei Aluminiumdraht, die Interface-Ebene durch das Scherwerkzeug mindestens teilweise verschmiert; nicht verbundene Stellen sind also nicht mehr ohne Weiteres sichtbar.

Fazit

Es deutet damit einiges darauf hin, dass der BAMFIT-Test Unterschiede in der Bondqualität viel stärker erkennbar macht als der konventionelle Schertest. Derzeit ist das Industrieprojekt „Speed Cycle“ bei Bond-IQ (Berlin) in Arbeit, bei dem in Zusammenarbeit mit zahlreichen Industriepartnern die Eig-

nung des Verfahrens als Ergänzung des Schertests eingehender untersucht wird.

Angemerkt sei hier noch, dass diese Testresultate nicht die thermische Zyklenbelastung eines Bonds widerspiegeln müssen, wie eingangs für Aluminiumdrahtbonds auf Silizium geschildert. Sie sind genauso anwendbar für Bonds auf metallischem Substratmaterial mit gleicher Wärmeausdehnung wie der Draht.

Abschließend ist noch erwähnenswert, dass der BAMFIT-Test viel weniger Platz beansprucht als der Schertest und damit auch auf dicht gepackten Drahtbonds eingesetzt werden kann. Da der Bondfuß nur im Mikrometer-Bereich bewegt wird und nur in Längsrichtung des Drahtes, wird der Test nicht von benachbarten Bondfüßen gestört. Die Kontur der Bondpinzette ist fast identisch mit der eines Bondwedges, das Testen braucht also nicht mehr Platz als vorher das Bonden. Beim Schertest dagegen wird nicht nur viel Freiraum in Scherrichtung benötigt, sondern auch noch Platz für den Schermeißel, quasi hinter dem Bond.

Das neue Testverfahren zeigt also bereits großes Potenzial, bestehende Testverfahren zu beschleunigen oder zu verbessern. Auch bei Ball-Bonds von Kupferdrähten bei Leistungsbau-elementen ließ sich das Verfahren bereits mit Erfolg einsetzen, sodass man auf weitere Entwicklungen gespannt sein darf. (mrc) ■

Autor

Dr. Josef Sedlmair
F&S Bondtec Semiconductor, Braunau
www.fsbondtec.at



all-electronics.de

infoDIREKT

► Halle B2, Stand 434

700pr0919