

Keine Angst vor FlipChips

Von Helmut Pawelka, Senior Application/Sales Engineer, Speedline Technologies

Nach dem erfolgreichen Einsatz von BGA's und MikroBGA's fragt sich der Anwender heute, wie er mit der Flut von I/O's bei immer geringerer Packungsdichte zurechtkommen soll. War für bestimmte Funktionen vor einiger Zeit noch ein BGA mit Abmessungen von 27x27mm (BGA225T1.5) notwendig, so konnten die selben Funktionen kurz danach von μ BGAs der Dimension 12x8mm mühelos bewältigt werden.

Aus heutiger Sicht ist in aktuellen Schaltungen wie beispielsweise Mobiltelefonen, PCMCIA-Karten, Speichermedien für Laptop-Computer, SmartCards, etc. allerdings meist kein Platz mehr für diese "Dinosaurier".

Besonders in der Medizintechnik ist die Miniaturisierung nicht mehr wegzudenken - man denke nur an die elektronischen Implantate (Hörgeräte, Herzschrittmacher,...). War die reguläre BGA Technologie bei Bestückung und Lötung noch verhältnismäßig unkompliziert, so wird den μ BGAs und besonders den FlipChips gnadenlose Präzision und Materialgüte abverlangt. Gleiches gilt auch für die Maschinen, die im Umgang mit dieser Technologie mit den Präzisionsanforderungen Schritt halten müssen. Während sich BGAs mit 1 mm Rastermaß und 200 μ Lotkugeldurchmesser fast von selbst beim Löten zentrieren, sind μ BGAs mit 0,4mm Pitch und 100 μ Lotkugeldurchmesser schon weitaus anspruchsvoller.

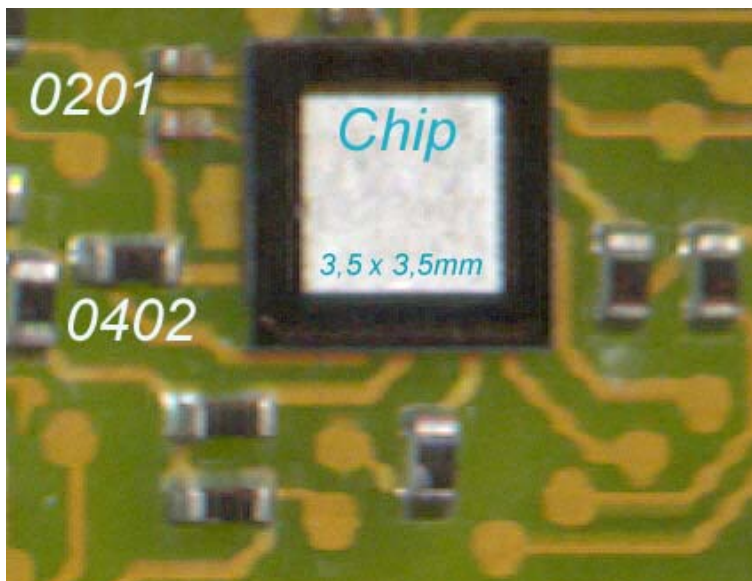


Abbildung 1: Beispiel eines Chip neben 0201 & 0402 Bauteilen

FlipChips sind nun immer mehr auf dem Vormarsch, um die BGA's abzulösen. Mit Lotkugeldurchmessern von 80 μ und kleiner sind sie das Maß der Dinge heutiger Miniaturisierung. Der grundsätzliche Aufbau von FlipChips ist recht simpel. Verglichen mit herkömmlichen COBs, deren Kontaktierung mittels feiner Bonddrähte zur Leiterplatte erfolgt, haben FlipChips an dieser Stelle kleinste Lotkugeln im Stil von BGAs. Durch ihren Aufbau jedoch haben FlipChips, verglichen mit BGA's, einen Nachteil. Während BGA's auf einem Trägermaterial sitzen, das die Schaltung selbst vor äußeren Einflüssen schützt, ist der Siliziumchip der FlipChip's ungeschützt auf der Leiterplatte verlötet. Bei den geringen Ausmaßen der FlipChips fällt es nicht schwer sich vorzustellen, wie empfindlich diese Bauteile

sind. Das Haupt-Augenmerk bei FlipChips richtet sich auf den Temperaturkoeffizient der verschiedenen Materialien.

Silizium vs. Substrat

Während Silizium einen relativ geringen Ausdehnungskoeffizienten hat, ist der des Substratmaterials FR4 oder schlimmer noch FR2 bis zu 8 mal höher. Daher verwundert es kaum, daß man in Zukunft wohl kaum FlipChips direkt auf FR2 sehen wird. Obgleich die Materialausdehnungen der unterschiedlichen Materialien auf den ersten Blick nicht sonderlich hoch erscheinen, so ist es den Lotkugeln, die die Verbindung zwischen ihnen schaffen, trotzdem nicht möglich, diese Ausdehnungen zuverlässig abzufangen, selbst wenn es sich "nur" um Temperaturbereiche zwischen 0°C und 100°C handelt.

Diese Kompensation kann nur durch ein drittes Material erfolgen, welches sich zwischen Chip und Leiterplatte befindet. Diese sogenannten "Underfiller" schaffen also die Verbindung zwischen Chipunterseite und Leiterplattenoberseite und sind in der Lage, die unterschiedlichen Materialeigenschaften zu kompensieren. Erstaunlicherweise kommt als Material für diese sensitive Aufgabe ein wohlbekanntes Material in Frage, nämlich das, aus herkömmlichen SMT-Klebstoffen bekannte Epoxidharz.

Im Gegensatz zu handelsüblichem SMT-Klebstoff, muß der Underfiller weitaus gegensätzlichere Kriterien erfüllen. Wie sich auf der ersten Abbildung gut erkennen läßt, ist der Spalt unter dem Chip nach dem Löten geringfügig kleiner als die Lotkugeldurchmesser. Geht man von einem Durchmesser von 25µ vor dem Löten aus, ist das effektive Spaltmaß nach dem Löten gerade noch durchschnittlich 20µ groß. Man kann sich gut vorstellen, daß konventionelle SMT-Klebstoffe hier physikalisch überfordert sind.

Underfill-Materialien haben typischerweise folgende Charakteristika:

Sie sind im Gegensatz zu SMT-Klebern, die eine relativ hohe Viskosität aufweisen, sehr niederviskos (ölige Konsistenz), da sie unter Berücksichtigung der "Kapillarkräfte" unter dem Chip den Spalt in angemessener Zeit komplett ausfüllen können müssen.

Sie müssen sich durch hervorragende Benetzungseigenschaften auszeichnen. Diese Benetzungseigenschaften müssen gleichermaßen für Silizium als auch für Lötstoplack geeignet sein. Eine schlechte Benetzung am Chip kann im schlimmsten Fall ein Absplittern von Silizium beim Aushärten zur Folge haben. Auch Delaminierungen beim Aushärten sind häufige Folgen schlechter Benetzung. Diese jedoch entstehen meist dann, wenn die Flußmittelrückstände nicht vollständig beseitigt wurden, oder der Underfiller nicht mit den Inhaltsstoffen der Flußmittel kompatibel ist.

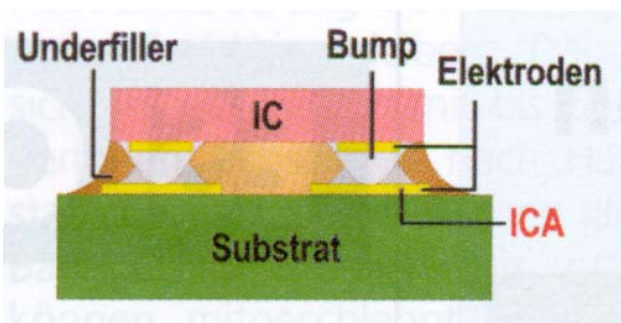
Die Partikel der Underfiller müssen in Größe und %-Anteil in ausgewogenem Verhältnis zum Spaltmaß stehen. Zu kleine Partikel oder eine zu hohe Konzentration derselben führen zu Partikelanhäufung unter dem Chip. Ein gleichmäßiges Kompensationsverhalten ist dann nicht mehr gegeben. Der Underfiller soll in angemessener Zeit bei relativ niedrigen Temperaturen aushärtbar sein, um möglichst nicht schon beim Aushärten die Auswirkungen der unterschiedlichen Temperatur- und Ausdehnungskoeffizienten zu provozieren. Ist das entsprechende Material erst einmal gefunden, verlagert sich der Schwerpunkt der Applikationen auf die Maschinen. Die Bestücker müssen nie da gewesene Präzisionsarbeit leisten und das Bauteil sogar vor der Bestückung mit Flußmittel versehen, um eine perfekte Lötung zu gewährleisten.

Die gängigsten Verfahren hierbei sind:

a. Durch Zentrifugalkraft wird auf einer rotierenden Scheibe ein Flußmittelfilm von 10-15µm erzeugt, in den das Bauteil vor der eigentlichen Bestückung eingetaucht wird, und der im günstigsten Fall die Lotkugeln zur Hälfte mit Flußmittel benetzt. So wird sichergestellt, daß das Flußmittel in ausreichendem Maße an der eigentlichen Lötstelle vorhanden ist, ohne einen Überschuß zu verursachen, der bis zur Chipunterseite aufsteigt.

b. Durch ein äußerst präzise ausgerichtetes Rakel wird eine Flußmittelschicht von ca. 10µm erzeugt. Wie bei dem Verfahren unter "a." beschrieben, werden die Lotkugeln des Chips in diese Schicht eingetaucht.

c.

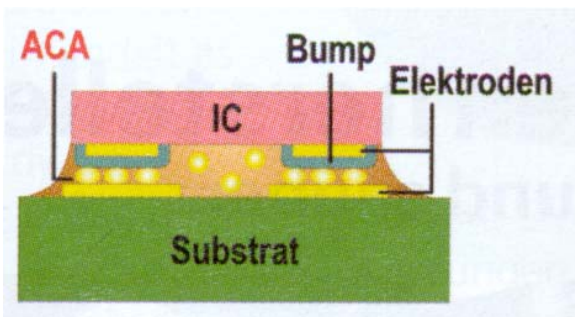


Dispensen oder Drucken von isotropen Leitklebern

Isotrope Leitkleber sind besser als ihr Ruf. Besonders auf flexiblen Schaltungsträgern ist der Einsatz von isotropen Leitklebern (ICA) unverzichtbar. Der Umgang mit ICA ist nicht schwieriger als der mit SMT-Klebstoffen. Die Grenze des zuverlässig Machbaren beim Dispensen oder Drucken von ICA sind allerdings Durchmesser von 25-30µm.

Da bei ICA die leitfähigen Partikel nicht als Kugeln sondern als "Flakes"=Flocken vorliegen, ist die Dispensfähigkeit dieser Materialien durch Mikrokanülen oftmals mit Schwierigkeiten verbunden, die stark von der Homogenitätsgüte der Paste abhängen.

d.



Dispensen oder Drucken von anisotropen Leitklebern.

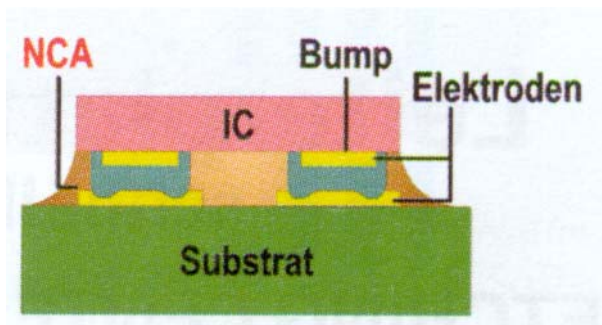
So genial wie einfach ist der Einsatz von anisotropen Leitklebern. Diese Klebstoffe (ACA) sind zusammen mit ICA Produkte der konventionellen SMT-Kleberfamilie. Anisotrope Leitkleber haben

gerade soviel leitfähige Partikel, daß diese unter der Perkolationsgrenze liegen. Das bedeutet, daß sich (gute Homogenität vorausgesetzt) die einzelnen leitfähigen Partikel nicht untereinander berühren.

Wenn man sich den Kleber als zweidimensionalen Film vorstellt, ist beispielsweise alle 20µm ein leitfähiges Partikel mit 5-10µm Größe. Der eigentliche Epoxidkleber hingegen ist und bleibt nichtleitend (Isolator). Dadurch wird sichergestellt, daß beim Platzieren des Bauteils zwar leitfähige Partikel zwischen den Kontakt-flächen in Z-Richtung befinden, nicht jedoch in ausreichender Menge in X- und Y-Richtung.

Beim Aushärten der Epoxidharzmatrix ist jedoch neben der Temperatur auch entsprechender Druck vonnöten. Der einzige Nachteil dieses Verfahrens ist der höhere Preis des anisotropen Klebers - dafür spart man hier den Underfiller !

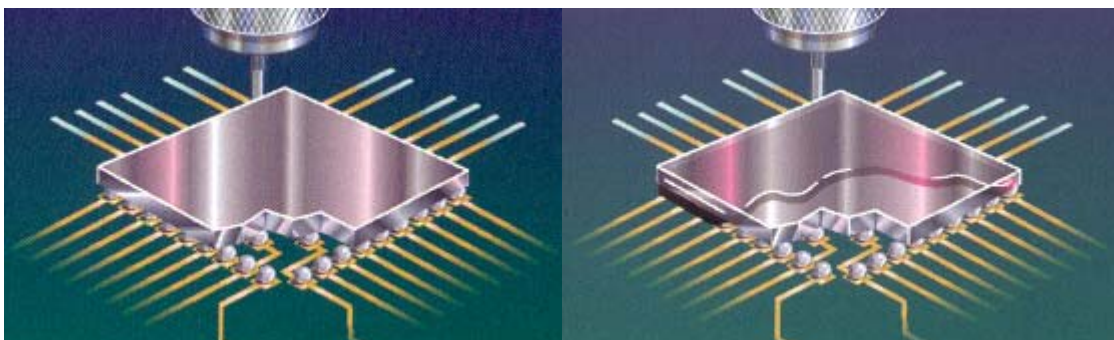
e.



Unter Berücksichtigung gewisser Bedingungen der Bumpformen kann der Kontakt auch mittels nichtleitendem Klebstoff (NCA) erzielt werden. Auch bei diesem Verfahren spielt die Aufsetzkraft eine tragende Rolle. Die entsprechend geformten Bumps und deren Material durchstoßen mühelos dünne Oxydschichten und Verunreinigungen und bilden so einen zuverlässigen Kontakt - obwohl nicht gelötet. Die Volumenkontraktion des NCA beim Aushärten dürfte die Zuverlässigkeit noch erhöhen.

Nichts desto trotz ist die konventionelle Löt- und Underfillmethode das am weitesten verbreitete Verfahren. Sie ist die längste Zeit im Einsatz und hat sich hervorragend bewährt. Um exakte und reproduzierbare Ergebnisse zu gewährleisten, müssen sich Underfill-Dispens-Systeme, wie z. B. die XyflexPro von CAMALOT, Cookson Electronics Equipment, durch hohe Zuverlässigkeit und Präzision auszeichnen.

Dabei hilft die Möglichkeit des "Edge-Detection" dem Anwender auf professionelle Weise: Die Kamera erkennt den Chip und dessen Kanten automatisch, berechnet die Verfahrensweg in Relation zur Nadel und deren Position und fährt so immer in optimalem Abstand zum Chip. Bei modernen Softwareversionen bietet sich sogar die Möglichkeit, oft wiederkehrende Dispensmuster als makro-ähnliche Funktionen festzulegen.

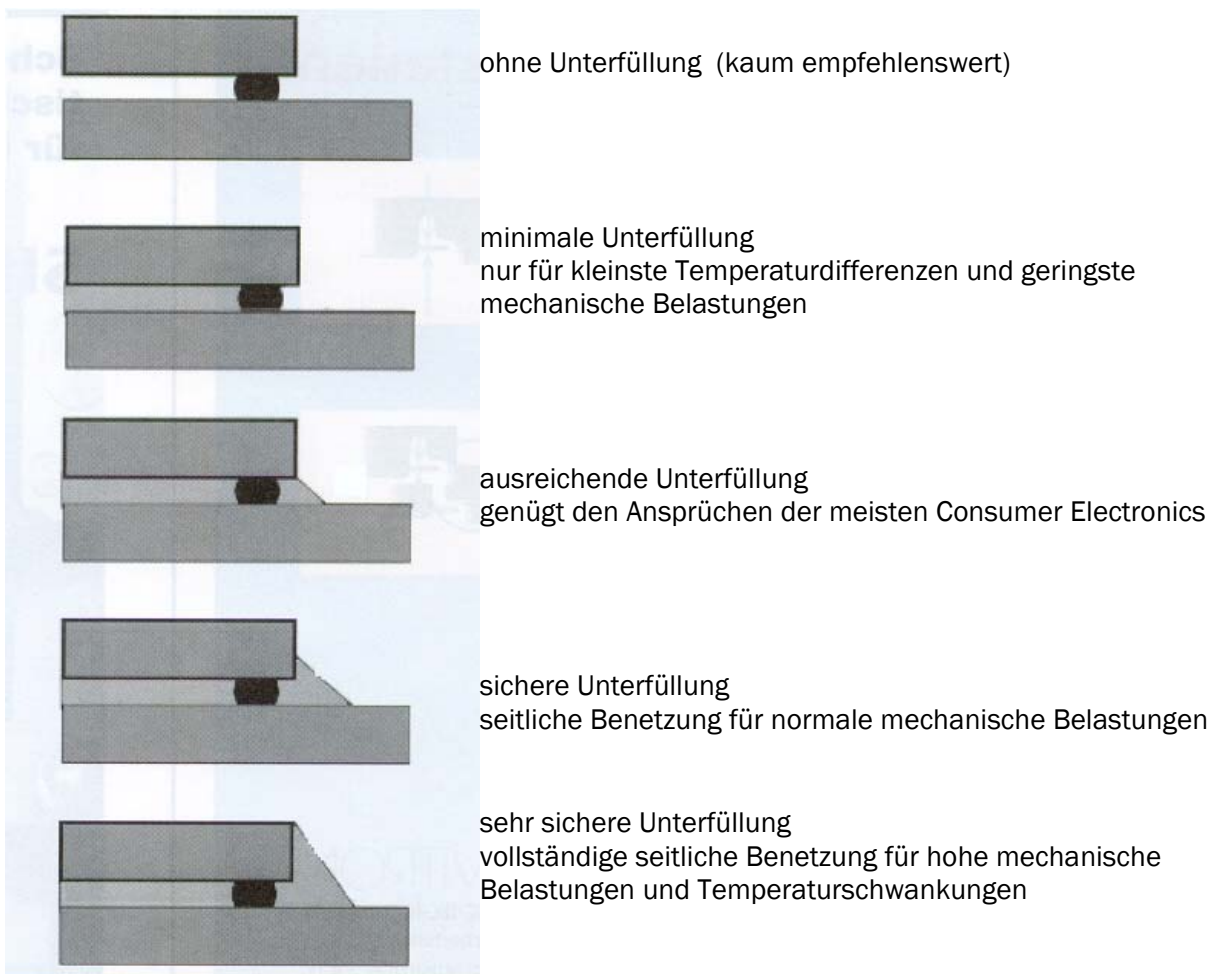


Nicht für jeden Chip hat sich die "L"-Form als ideales Dispensmuster herauskristallisiert. Je nach Spaltbreite und Bump-Raster sind auch andere Dispensmuster im Einsatz.

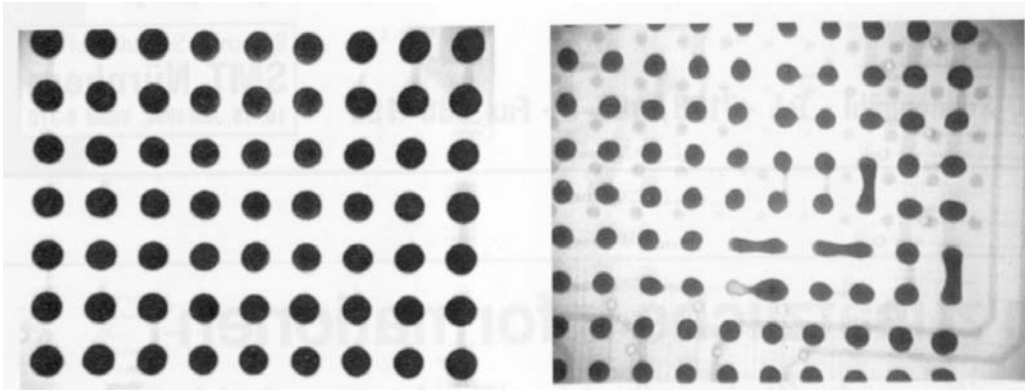
Unerlässlich für FlipChip Underfill ist die Temperierung von Substrat und Dispensnadel. Diese Temperierung ist für eine gleichmäßige Verteilung und Benetzung des Materials verantwortlich. Durch die Temperierung sinkt die Viskosität des Underfillers und steigert somit dessen Fließverhalten. Schließlich soll der Chip ja in angemessener Zeit unterfüllt werden. Erfahrungsgemäß liegen die Temperaturen je nach Ausgangsviskosität des Underfillers von

Substrat: zwischen 70 °C und 90 °C
 Nadel : zwischen 35 °C und 45 °C

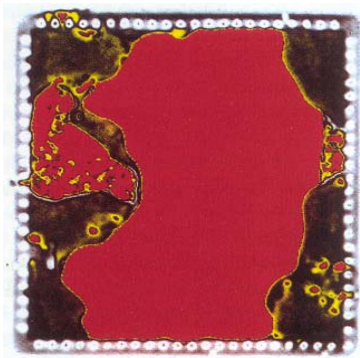
In der Regel braucht ein FlipChip heute nicht mehr als 20 Sekunden, um vollständig unterfüllt zu werden. Es kommt selbstverständlich darauf an, wie sensitiv der Chip bzw. der Einsatzort desselben ist. Sensitive Schaltungen finden sich beispielsweise in Mobiltelefonen (die dem Besitzer schon mal herunterfallen) oder im KFZ, wo sie Stößen, Vibrationen oder Temperaturunterschieden von i.d.R. -40 °C bis +150 °C ausgesetzt sein können. Im Gegensatz dazu sind die Chips einer Zeitschaltuhr oder eines Personal Computers keinen nennenswerten, mechanischen Belastungen ausgesetzt. Hierdurch entscheidet sich auch die Art des Unterfüllens. Das folgende Bild zeigt verschiedene Variationen von Unterfüllung.



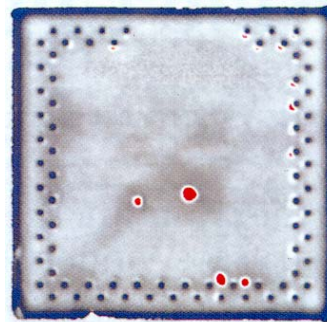
Selbst bei einer gut eingestellten FlipChip Fertigungslinie kann es zu Fehlern kommen, die auf den ersten Blick nicht festzustellen sind. Überhaupt ist es mit konventionellen Mitteln recht schwer, Fehler bei einem gelöteten und unterfüllten FlipChip zu entdecken. Ein Mangel an Underfiller kann da noch am schnellsten ausgemacht werden. Was ist jedoch unter dem Chip ?



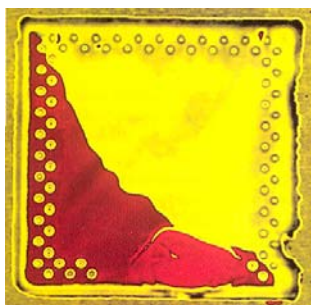
Hier ein Chip ohne und mit Lötbrücken (Konvektion im Ofen zu stark)



Delamination am Chip (rot)



Lufteinschlüsse (rot) Grund: Flußmittelreste



unvollständige Unterfüllung (dunkelrot)
gesplitteter Chip (hellrot) mangels Unterfüllung



Separation von Partikeln (dunkel)
Lufteneinschlüsse (rot)

Fazit

Anhand dieser Beispiele läßt sich gut erkennen, wie es "unter Hempel's Sofa", will sagen, unter manchen FlipChips aussieht. Qualität ist das sicherlich nicht. Und es demonstriert, was passieren kann, wenn Maschinen und Material nicht optimal aufeinander abgestimmt sind bzw. der Prozeß nicht stabil läuft. Kennt man sich aber sowohl mit den Maschinen wie auch den Eigenheiten der Materialien aus, so ist die FlipChip Technologie kein Buch mit sieben Siegeln.

www.speedlinetech.com