

Manfred Glantschnig

# Flipchip-Montage: Kleben statt löten

**Kleben und Leitleben gewinnen immer mehr Freunde, wenn es um die Montage von ICs auf billige Trägermaterialien wie PET oder PES geht. Ein Mainstream hat sich aber noch nicht herausgebildet. Anhand verschiedener Klebetechniken soll hier gezeigt werden, welche Anforderungen ein Bonder erfüllen muss, um diese zukunftssicheren Montage- und Kontaktierungsverfahren wirtschaftlich zu beherrschen.**

Der Ersatz bleihaltiger Lote und die immer feineren Anschlussraster von ICs sowie anderer Komponenten haben in den letzten Jahren das Kleben und insbesondere das Leitleben als eigenständige Verbindungstechnologie sehr attraktiv gemacht. Bleifreie Lote zeigen einen wesentlich höheren Schmelzpunkt verglichen mit den Temperaturen, die zum Aushärten von Klebern notwendig sind. Ihre Verarbeitung stellt damit höhere Anforderungen an die Temperaturbeständigkeit von elektronischen Schaltungsträgern und Chips, was die Gesamtkosten steigert. Niedrige Prozesstemperaturen dagegen eignen sich auch zur Anwendung auf Niedertemperatur-Substraten, wie PET und PES.

Flipchip-Aufbauten mit Klebetechnik verwenden meist Gold-Bumps. Dazu wird ein Golddraht auf die Anschlussfläche des Chips gebondet und danach definiert abgerissen. Die unterschiedlichen Längen der damit gebildeten Gold-Bumps kann dann durch Leveling auf brauchbar gleiche Höhe gebracht werden. In diesem Zusammenhang muss bemerkt werden, dass das Aushärten von Klebern nicht zu einer Selbstzentrierung des Chips führen kann, wie man das von konventionellen Lötprozessen her kennt. Dies bedeutet, dass der Bond-Vorgang mit höherer Genauigkeit ausgeführt werden muss, als bei Lot-basierenden Flipchip-Prozessen. Die Klebetechniken zur Flipchip-Montage lassen sich im Zusammenhang mit der Leitfähigkeit der entstehenden Verbindungen in drei Kategorien einteilen:

- ▶ isotrop leitende Kleber ICA (Isotropically Conductive Adhesive),
- ▶ anisotrop leitende Kleber ACA (Anisotropically Conductive Adhesive) und
- ▶ nichtleitende Kleber NCA (Non-Conductive Adhesive).

Alle Verfahren lassen sich separat oder kombiniert einsetzen, um bestimmte Eigenschaften zu erzielen und kostengünstig zu fertigen.

## Flipchip-Montage mit ICA-Kleber

ICA-Kleber zeichnen sich durch einen hohen Gehalt an leitfähigen Füllstoffen aus, wie z.B. Silberflocken oder -kügelchen. Durch deren gegenseitige Berührung in allen drei Dimensionen leitet der ICE-Kleber in allen Richtungen gleich gut. Seine Struktur und damit auch der Bond-Prozess ähneln stark dem herkömmlichen Lötprozess. Nur dort, wo eine leitende Verbindung erfolgen soll, wird auch Leitleber appliziert. Auf der ebenen Fläche des Substrats oder der Platine kann dies durch Siebdruck oder Dispensen geschehen. Die Muster werden etwas feiner ausgeführt als die Kontaktflächen auf dem Träger, damit sich beim nachfolgenden Platzen und Andrücken des Chip keine unerwünschten Brücken zwischen benachbarten Anschlüssen ausbilden können. Alternativ lässt sich der Leitleber auch vom Chip aufnehmen. Die Gold-Bumps werden in einer Dipping-Einheit mit Leitleber benetzt.

Hierbei kann es allerdings notwendig sein, die Bumps vorher auf gleiche Länge zu bringen. In den nächsten Schritten werden die Chips genau auf dem Sub-

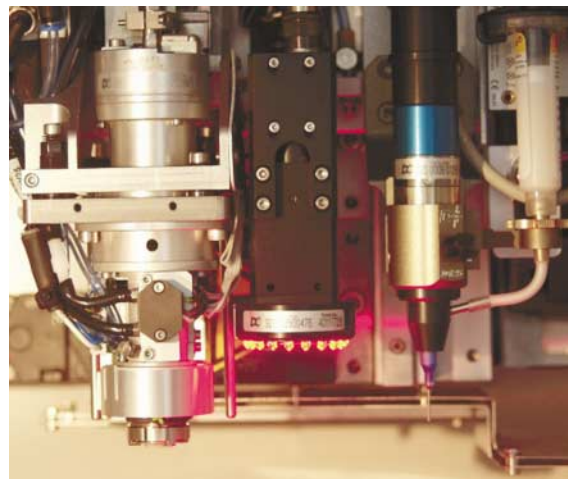


Bild 2: Hochgenaue Dispenser und geheizte, präzise positionierte Bondköpfe mit Werkzeugwechsler ermöglichen hohe Produktqualität und hohen Durchsatz



Bild 1: Modulare und flexible Geräteplattform 2200 apm+ ist mit ihrer hohen Präzision für alle Flipchip-Klebeanwendungen geeignet

strat platziert und der ICA-Kleber ausgehärtet.

Da der Leitlebeprozess keine Flussmittel benötigt, entfällt der sonst übliche Reinigungsschritt und der Baustein kann sofort unterfüllt werden. Zum Füllen des engen Spalts zwischen Chip und Substrat dienen herkömmliche Unterfüller aber auch NCA-Kleber. Diese bieten den Vorteil, dass sie bei niedrigerer Temperatur schneller aushärten und für bessere Haftung sorgen.

Damit der Leitleber von der fließenden Unterfüllung nicht verlagert oder weggespült wird, empfiehlt es sich, ihn vorher bei bestimmten, mittleren Temperaturen vorzuhärten. Die abschließende Härtung erfolgt dann bei einer Temperatur, die von verschiedenen Faktoren abhängen kann:

- ▶ Eigenschaften des ICA-Leitlebers und der NCA-Unterfüllung,
- ▶ Festigkeitsforderungen und
- ▶ gewünschter Durchsatz der Fertigungsanlage.

## Anforderungen an die Bond-Maschine

Diese Vielfalt der Leitlebeprozesse, ihre besonderen Eigenheiten und das breite Spektrum der einsetzbaren Kleber stellt hohe Anforderungen an die Genauigkeit, den Funktionsumfang und die Flexibilität der eingesetzten Produktionsmittel, insbesondere des Flipchip-Bonders. Hohe Positioniergenauigkeit ist deshalb ein Thema, weil die Klebetechniken nicht für eine Selbstausrichtung der positionierten Chips sorgen, wie etwa das Löten. Dort „zieht“ die Oberflächenspannung des

schmelzenden Lotes den Chip in die Mitte einer Lötstelle. Auch das immer feinere Anschlussraster vieler Halbleiterkomponenten fordert sehr genaue Positionierungen.

Bei der Geräte-Plattform 2200 apm + von Datacon (**Bild 1**) sorgen z.B. hochpräzise Linearmotoren mit dynamischer Servoregelung, automatische Kompensation der Temperaturdrift und hochauflösende Kamera-Systeme für eine Platziergenauigkeit von 7 µm bei 3 Sigma.

Da die Temperaturführung bei der Ausbildung zuverlässiger Klebeverbindungen eine große Rolle spielt, verfügen moderne Bonder über eine Substratheizung und einen beheizten Bondkopf. Beim 2200 apm + ist dieser auch für Multichip-Bearbeitung ausgelegt, was den Durchsatz durch parallele Ausführung thermischer Vorgänge entscheidend steigert.

Auch die Werkzeuge sind für effiziente Temperaturbehandlung ausgelegt. So lässt sich der Flipchip-Aufnahmekopf nach einem vorgegebenen Temperaturprofil (bis auf 350 °C) aufheizen, was besonders für temperaturgeführte Klebprozesse in der Flipchip-Montage wichtig ist. Von besonderem Vorteil ist der Werkzeugwechsel auch für geheizte Aufnahmeköpfe, denn dies spart wertvolle Nebenzeiten bei der Fertigung.

### Flipchip-Montage mit ACA-Kleber

Die anisotrop leitenden Kleber ACA werden als Folie (ACF) oder als Paste (ACP) geliefert. Sie enthalten nur einen niedrigen Anteil an leitfähigen Füllstoffen und leiten von sich aus erst einmal nicht. Erst wenn leitende Teilchen zwischen einem Gold-Bump und einer darunter liegenden Kontaktfläche des Schaltungsträgers durch äußeren Druck auf den Chip eingeklemmt werden, dann bildet sich durch den direkten, engen Kontakt eine leitende Verbindung aus. Während dieser Druckphase muss das Härten des Klebers erfolgen, z. B. durch geeignete Temperaturführung des Bondkopfes oder des Aufnahmekopfes. Diese können beim 2200 apm + einen hohen Druck von 5 kg ausüben, was auch für größere Chips ausreicht. Die Nutzung des Bondkopfes zur Härtung des ACA-Klebers bedeutet aber auch, dass sich die beiden Phasen der Platzierung und Aushärtung nicht trennen und z. B. in zwei Bearbeitungsstationen nacheinander ausführen lassen. Dies begrenzt den Durchsatz und lässt die ACA-Klebertechnik zusätzlich zum höheren Materialpreis weniger vorteilhaft für eine Stückzahlenfertigung erscheinen. Ihr Haupteinsatzgebiet liegt bei Bauteilen mit extrem engem Anschlussraster, wo sie ausgezeichnete Ergebnisse liefert.



*Bild 3: Das BECS (Belt Elevation Clamping System)-Verfahren richtet Chip und Träger exakt planparallel für zuverlässiges ACA-Kleben aus*

Allerdings stellt die ACA-Klebertechnik extrem hohe Anforderungen an die Positioniergenauigkeit des Bonders. Da oft nur ein einziges, eingeklemmtes leitendes Teilchen für Kontakt sorgt, erfordern alle ACA-Prozesse auch eine extrem plane Montageebene, damit sich den Chip nicht verkantet. Dafür sorgt beim 2200 apm + das BECS (Belt Elevation Clamping System)-Verfahren (**Bild 3**) von Datacon, das eine planparallele Ausrichtung von Chip und Trägermaterial sicherstellt.

### Flipchip-Montage mit NCA

Flipchip-Verbindungen mit nichtleitendem Kleber zeigen insbesondere mit Gold-Stud-Bumps ausgezeichnete Eigenschaften. Diese Technik lässt sich für manche Fälle aber auch mit Gold- oder Ni/Au-Bumps kostengünstiger gestalten. Da der direkte galvanische Kontakt zwischen Bump und Kontaktfläche des Schaltungsträgers entscheidend ist, gilt auch hier die Forderung nach hoher Präzision und hohem Anpressdruck während des Härtens. Derzeit sind billige nichtleitende Kleber am Markt verfügbar, die bei 160 °C bis 180 °C in ca. 10 s aushärten. Dies erweitert den Einsatzbereich der Klebertechnik auf extrem billige Substrate, wie PET oder PES, für kostengünstige Massenprodukte. Allerdings wird auch bei diesem Verfahren der Bondkopf zum Aushärten des Klebers benutzt, was den Durchsatz schmälert.

### Produktionslinie für Chipkarten-Module

Dass auch für derartige Probleme intelligente Lösungen möglich sind, zeigt das Beispiel einer Reel-to-Reel-Produktionslinie für Chipkartenmodule, die in enger Zusammenarbeit mit Datacon als Lösungsanbieter mit dem Anwender entstand. Für Anwendungen, die hohen Druck und hohe Temperatur erfordern, lassen sich nämlich Bonden und Härten

doch trennen. Da die Substrate von der Rolle kommen und die fertigen Chipkartenmodule ebenfalls das Werk als Rollenware verlassen sollen, war eine kontinuierlich arbeitende Fertigungslinie gefordert.

Sie besteht aus mehreren hintereinander geschalteten und über ein gemeinsames Transportsystem und Datenkopplung verbundene Bearbeitungsstationen: Nach dem Aufbringen des NCA-Klebers auf das

Substrat in der Dispenser-Station werden die Chips aufgenommen und auf dem Substrat platziert. Diese kommen dann in die Aushärtstation, in der der Kleber von mehreren Chipkartenmodulen gleichzeitig von mehreren, individuell geheizten und geregelten Druckköpfen wärmebehandelt wird.

Hier zeigt sich die Flexibilität des modularen Konzepts der Maschinenplattform 2200 apm + für die anspruchsvolle Klebertechnik auch durch den möglichen Übergang von der seriellen zur parallelen Verarbeitung an Mehrfachstationen zur Beschleunigung besonders zeitaufwendiger Prozessschritte. Am Ende der Fertigungslinie werden die Chipkarten-Module elektrisch geprüft und Fehlteile ausgesondert. Durch die gemischt seriell-parallele Struktur dieser Anlage konnten bisher als gültig angesehene Grenzen für derartige Fertigungslinien erfolgreich überschritten werden.

### Interdisziplinäre Zusammenarbeit

Das ausgeführte Beispiel ist typisch für die Art und Weise, in der heute innovative Aufgabenstellungen, wie die Klebertechnik zur Flipchip-Montage in interdisziplinärer Zusammenarbeit von Anwender und Lösungsanbieter optimal gelöst werden können. Als Basis dient eine flexible, modulare und damit ausbaufähige Geräteplattform. Darauf werden zusammen mit dem Anwender die geeigneten Montage- und Klebprozesse entwickelt und in eine robuste Fertigungsanlage umgesetzt, die sich schnell hochfahren und nicht nur für hohe Stückzahlen wirtschaftlich betreiben lässt.

Fax +43/53 37/60 06 60

www.datacon.at

productronic 445

**Manfred Glantschnig**, Datacon Technology AG, Radfeld, Österreich.