

Neue Verbindungstechnik für elektronische Low-Cost-Produkte

Piercing für alle!

In den letzten Jahren entwickelte die Elektronikindustrie immer mehr Produkte, die sich durch folgende Merkmale auszeichnen: **Miniaturisierung, extremer Kostendruck und manchmal eine im Vergleich zu früheren Produkten nur kurze Verwendungsdauer.** Dies erfordert eine neue Betrachtungsweise der bisher verwendeten elektrischen Verbindungstechnik und die Suche nach neuen, innovativen Technologien. Das NanoPierce Connection System (NCS) stellt eine neue Möglichkeit der elektrischen Verbindungstechnik sowohl im Bereich der Halbleiter-Verpackungstechnik als auch der elektrischen Sockel für Halbleiter dar. Im Folgenden werden sowohl die Basistechnologie als auch einige typische Anwendungen von NCS vorgestellt.

Das Prinzip der NCS-Technik ist denkbar einfach: Man nimmt ein kleines, hartes, von leitendem Metall überzogenes Partikel in der Form einer Pyramide und platziert es auf die Oberfläche eines Substrates (Leiterplatte) derart, dass die großflächige Unterseite des Partikels auf dem Substrat aufliegt und die Spitze nach oben weist. Wird nun auf der Unterseite des Partikels ein geringer Druck aufgebaut, so ergibt sich daraus an der Spitze des Partikels eine Druckerhöhung proportional dem Verhältnis der Flächen zueinander. Drückt die Spitze des Partikels nun auf einen Verbindungspartner (z.B. das Aluminium-Pad eines ICs), dringt diese in das sich verformende Material des Verbindungspartners ein (Piercing-Effekt) und erzeugt somit eine elektrisch leitende Verbindung (Bild 1). Auch bei scheinbar planen Kon-

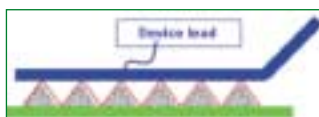


Bild 1: Kontakt

taktflächen wird der elektrisch leitende Pfad bei mikroskopischer Betrachtungsweise nur durch einige wenige Kontaktpunkte gewährleistet [1]. Prinzipiell erhöht sich bei stets steigender Anzahl dieser Kontaktpunkte die elektrische Kontaktssicherheit, und der Kontaktwiderstand verringert sich. Da das Platzieren von derart perfekt geformten Partikeln mit der Spitze nach oben in einem kostengünstigen Prozess nicht möglich ist, erhöht man einfach die Dichte der Partikel auf dem Substrat und stellt somit sicher, dass genügend Teile ein annähernd ideales Verhalten zeigen. Als Partikel wird üblicherweise mit Nickel überzogener Diamantstaub verwendet [3]. Die Größe der Partikel liegt dabei typischerweise bei 4 µm bis 25 µm, deren thermische Leitfähigkeit bei typisch 2000 W/mK und die Dicke des Metallüberzugs beträgt zwischen 3 µm und 5 µm.

Das Resultat dieses Verfahrens ist eine Fläche mit Hunderten oder Tausenden von scharfen Kontaktpunkten, das feinkörnigem Schleifpapier ähnelt. All diese Kontaktpunkte »piercen« in die Anschlussflächen des Verbindungspartners, durchstoßen dort eventuell vorhandene Kontaminationsschichten wie z.B. Oxidfilme und stellen somit eine gasdichte und niederohmige elektrische Verbindung her. Bild 2 zeigt in der Aufsicht eine Anschlussfläche (Pad) mit den Abmessungen von ca. 3 mm x 1 mm auf einer Leiterplatte (FR4). Man kann erkennen, dass einige Partikel überhaupt nicht zu dem Piercing-Effekt beitragen, genügend andere aber sehr wohl. Mit dieser Technologie lassen sich Kontakte mit folgenden Eigenschaften herstellen:

- Padgröße ab ca. 10 µm x 10 µm
- niedriger Übergangswiderstand: typ. < 10 mΩ
- kurzer Signalweg: typ. 5 µm bis 25 µm



Bild 2: Anschlussfläche mit NCS

- hohe thermische Leitfähigkeit
- geringe Kontaktkraft: typ. < 20 g
- ausgezeichnete Hochfrequenzeigenschaften

Die NCS-Kontakte sind äußerst reaktionsträge (inert) und temperaturbeständig, da sie ausschließlich aus Nickel, Diamant und eventuell einem Goldüberzug bestehen.

Praktische Umsetzung

Wie können nun diese Partikel auf ein Basismaterial aufgebracht werden? Im Prinzip gibt es zwei Möglichkeiten: Für NCS-Kontakte auf Substraten (FR4) oder Metallteilen (Federn in einem IC-Sockel) bietet sich ein elektrogalvanischer Prozess an. Zu diesem Zweck hat NanoPierce eine Reel-to-Reel-Maschine für flexible Substratbänder bis 100 mm Breite entwickelt und gebaut (Bild 3).

Der Prozess in dieser Maschine gliedert sich in folgende Schritte:

- Reinigung
- Ätzung
- Vernickeln
- Auftrag NCS-Partikel
- Vernickeln
- Goldbeschichtung (optional)
- Photoresist strippen
- Reinigung

Das eigentliche Know-how liegt in der chemischen Zusammensetzung der Bäder und der mechanischen Gestaltung der Bandführung in den Bädertanks für das mög-

Dr. Michael E. Wernle
ist Präsident und CEO
von Nanopierce
Card Technologies



Bild 3: Reel-to-Reel-Maschine

lichst konforme Aufbringen der Partikel. Hier ist insbesondere das Verhindern von Klumpenbildung eine technische Herausforderung. Eine der interessantesten Anwendungen ist aber das Aufbringen von NCS-Kontakten direkt auf die Aluminium-Pads eines integrierten Schaltkreises mit Hilfe eines Chemisch-Nickel-Prozesses (WaferPierce). Dieses Aufbringen von Kontakten wird im allgemeinen auch als »Bumpen« bezeichnet und gilt als die Voraussetzung für die Flip-Chips, d.h. die Face-Down-Montage des nackten Halbleiter-Dies.

Für Halbleiter-Wafer ist ein Galvanik-Prozess wie oben beschrieben im Allgemeinen nicht brauchbar bzw. man müsste bei der Gestaltung der Pads auf den WaferPierce-Prozess Rücksicht nehmen. Dies ist eine in der Praxis nicht zu erfüllende Forderung. Daher wurde ein chemischer Prozess entwickelt, der sich im Prinzip am klassischen Ni-Au-Bumpen orientiert [4]:

- Verzinken
 - Auftragen von Nickel und Partikel
 - Stromloser Gold-Auftrag
- Bild 4 und Bild 5 zeigen das Kontaktpad (80 µm x 80 µm) eines Test-Wafers, beschichtet mit 4 µm bis 6 µm großen Diamantpartikeln. Zur präzisen Messung der Topologie kommt ein konfokales Oberflächen-



Bild 4: Pad des Test-Wafers

Scanning-System der Firma Nanofocus zum Einsatz. Mit diesem System ist nicht nur eine qualitative, sondern auch eine quantitative Beurteilung der Topologie bzw. Oberflächenrauigkeit möglich.

WaferPierce

Bei den üblichen Verfahren des Flip-Chip-Bondens kommen nun zusätzlich zu den beschriebenen Bumps Leitkleber, Lote oder leitfähige Bänder (ACF, Anisotropic Conductive Tape) zum Einsatz um eine sichere und dauerhafte elektrische Verbindung herzustellen [4, 2]. Ein Flip-Chip-Prozess mit NCS stellt sich im Vergleich recht einfach dar: der Kontaktkleber wird vollflächig auf die gesamte Montagefläche

Der Kleber lässt sich auf rasche Aushärtung hin optimieren, um die Prozesszykluszeit möglichst gering zu halten. Bei optimaler Gestaltung der Prozessparameter lässt sich so ein erhöhter Durchsatz auch bei schon im Einsatz befindlichen Flip-Chip-Die-Bondern erzielen. Aushärteöfen oder Heizstationen gehören damit der Vergangenheit an.

Die üblichen Probleme bei den oben angeführten Standardprozessen (Leitkleber) beruhen auf der Tatsache, dass das Material zwei Forde-

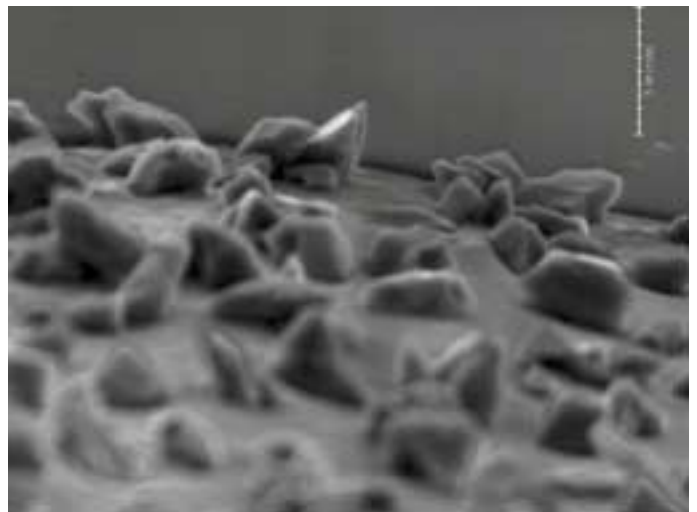


Bild 5 Aufnahme des Pads mit einem Scanning-Elektronenmikroskop

des Substrates inklusive Kontaktpads aufgetragen und dient damit gleichzeitig als Underfill. Danach wird das Die platziert und der Kleber ausgehärtet (Bild 6).

Die NCS-Kontakte »piercen« durch die Kleberschicht und auch durch eventuell vorhandene Kontaminationsschichten wie z.B. Aluminiumoxid.

rungen erfüllen muss: sowohl gute Haftfähigkeit als auch gute elektrische Eigenschaften wie niedriger und über die Zeit konstanter Widerstand. Durch eine Entkoppelung der Forderungen, d.h. der Kleber ist nur für die mechanische Haftung zuständig, während der NCS-Kontakt nur die elektrische

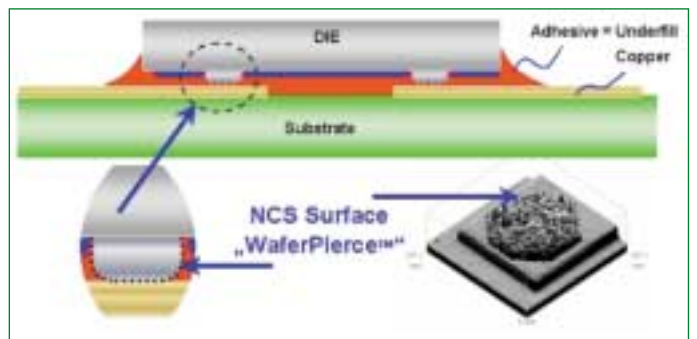


Bild 6: Prinzipskizze Flip-Chip-Applikation

Traditioneller Flip-Chip-Prozess

- Drucken der Lotpaste
- Pick & Place des Dies
- Reflow-Löten
- Reinigen (Flussmittel)
- Underfill
- Aushärten des Underfills

Prozess mit NCS-Kontakten

- Auftrag Kleber (= Underfill)
- Pick & Place des Dies
- Aushärten des Klebers

Verbindung sicherstellt, lässt sich jedes Teilsystem optimal auf den jeweiligen Anwendungsfall adaptieren.

Die Herstellung der NCS-Kontakte auf dem Wafer ist zwar nicht kostengünstiger als zum Beispiel das weit verbreitete Ni-Au-Bumpen. Allerdings vereinfachen sich die nachfolgenden Prozessschritte, d.h. die Montage des nackten Dies auf dem Substrat, und die gesamte Prozesszeit verkürzt sich deutlich. Dies gilt vor allem für kleine Dies, wie sie im Bereich der Optoelektronik (LEDs), Smartcard-Module und in Zukunft auch in sogenannten Smart-Labels eingesetzt werden.

In der Tabelle auf Seite 28 findet sich

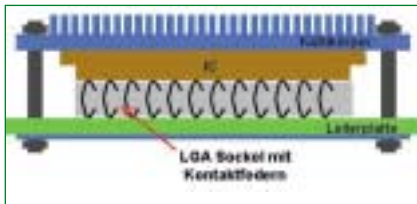


Bild 7: Skizze LGA-System

zusammenfassend ein Vergleich zwischen einem typischen Flip-Chip-Prozess mit Lotpaste, stellvertretend für eine klassische Flip-Chip-Technik, und einem Prozess mit NCS-Kontakten auf der Wafer-Seite. Man erkennt, dass ein Prozess mit NCS-Kontakten wesentlich einfacher ist.

Land-Grid-Array-Sockel

Eine gänzlich andere Anwendung stellen so genannte Land-Grid-Array-Sockel (LGA) dar, eine neue Generation von IC-Sockeln für Halbleitergehäuse mit sehr hoher Anschlusszahl (typ. 1000 Kontakte). Der Sockel befindet sich zwischen IC-Gehäuse und Leiterplatte, den mechanischen Halt erreicht man durch das Verschrauben des Kühlkörpers mit der Gegenplatte (Bild 7).

Der Vorteil dieses Systems liegt in der leichten Austauschbarkeit jeder einzelnen Komponente im Fehlerfall. Der Nachteil dieser Systeme ist die hohe Kontaktkraft, die bei manchen dieser Systeme notwendig ist. Bei 30 g bis 60 g pro Kontakt wird einem schnell klar, dass bei 1000 Kontaktfedern die auf das Gesamtsystem und damit auf das LGA-Gehäuse wirkende Kraft nicht mehr zu vertretende Größenordnungen erreicht. Dies ist insbesondere vor dem Hintergrund

Was sind Smart-Labels?

Unter einem Smart-Label versteht man papierdünne Etiketten, die einen Chip und eine damit verbundene Antenne enthalten. Diese zur Familie der RFID-Komponenten (Radio Frequency Identification) gehörenden Etiketten können nun mittels Radiowellen (13,56 MHz) Daten mit einer Basisstation über eine Reichweite von 10 cm bis 100 cm austauschen. Der Einsatz wird im Bereich der Markierung von Fluggepäck, Express-Mail-Paketen und in Büchereien als Ersatz des Barcodes liegen [5].

der zukünftigen Entwicklung von LGA-Sockeln mit bis zu 5000 Kontakten zu sehen.

Mit Hilfe von NCS wurden nun die Spitzen der einzelnen Kontaktfedern »veredelt«. Daraus resultiert ein deutlich geringerer Kontaktübergangswiderstand bei reduziertem Kontaktdruck sowie die Garantie, auch oxidierte Oberflächen sauber zu kontaktieren.

Ausblick

Das skizzierte Verfahren ist ein neuer, auf niedrige Kosten fokussierter Ansatz für die elektrische Verbindungstechnik. Seine Tauglichkeit wurde in verschiedenen Versuchen bereits bewiesen. Nun gilt es, die vorgestellten Verfahren und Applikationen auch im großindustriellen Stil zum Einsatz zu bringen. Hier liegt sicher die größte Herausforderung der nächsten Monate. (rh)

NanoPierce Card Technologies

Telefon 0 81 02/89 61 0

Fax 0 81 02/89 61 11

Literatur

- [1] Holm, Ragnar: »Electric Contacts – Theory and Applications«, Springer 1967, reprint 2000
- [2] Lau, John H.: »Flip Chip Technologies«, McGraw-Hill, 1995
- [3] Lighttowers, E.C.: »Science and Technology of Industrial Diamonds«, Vol 1, p.27, Industrial Diamond Information Bureau
- [4] Reichl, Herbert: »Direktmontage«, Springer, 1998
- [5] Finkenzeller, Klaus: »RFID Handbuch«, Hanser, 1998