

Intelligente Flip-Chip Technologie für clevere Logistik – Smart Labels

Dipl.-Ing. (FH) Florian Hierl, Business Development Manager, DELO Industrie Klebstoffe

Dr. Michael Stumbeck, Forschung und Entwicklung, DELO Industrie Klebstoffe

Die rasanten Fortschritte der Industrie im Bereich der Halbleiter und integrierten Chips hinsichtlich Leistungsfähigkeit und Miniaturisierung ebneten in den letzten Jahrzehnten den Weg in die Technologie der Radio Frequency Identification (RFID). Die Entwicklung begann bereits in den 60er Jahren und hat sich mittlerweile insbesondere im Automobilbereich als feste Größe etabliert. Durch immer ausgereifere Technologien und Herstellungsverfahren haben sich RFID-Anwendungen aus einer Nische heraus in den Alltag des Konsumenten fortentwickelt. Ob Registrierkassen im Supermarkt, Gepäckanhänger im Flughafen oder Aufkleber auf Paketen – wenn es darum geht, verschlüsselte Informationen wie Preise oder Adressen auszulesen, übernimmt RFID zunehmend die Aufgabe des bis dato allgegenwärtigen Barcodes.

Dank RFID profitieren vor allem Logistikunternehmen von einer maßgeblichen Beschleunigung und Erleichterung des Lagermanagements. So kann die auf dem Chip gespeicherte Information mittels Radiowellen berührungslos ausgelesen werden sowie durch weitere Inhalte ergänzt werden. Eine Orientierung des Etiketts hin zu einem Scannersystem entfällt, es können die einzelnen Stückgüter einer gesamten Palette im Bulk ausgelesen und durch die Seriennummer des Chips eindeutig als Original identifiziert werden. Durch eine entsprechende Systemintegration haben Unternehmen durch diese neue Technologie jederzeit automatisiert einen detaillierten Überblick über ihren aktuellen Lagerbestand, da ein selbsttätiges Einbuchen und Ausbuchen der Ware im Lager gewährleistet ist.

Ermöglicht wird dies durch den Einsatz eines so genannten Smart Labels, einem Etikett mit Halbleiterchip und Antenne, das mit den Lesegeräten in der Umgebung kommuniziert. Üblicherweise werden die Daten des Smart Labels im HF- (high frequency; 13,56 MHz) oder UHF- (ultra high frequency, 860-930 MHz) Bereich übertragen.



Abb. 1:
Auf RFID kontaktierter Flip-Chip.

Aufgrund einer Vielzahl umgesetzter Anwendungsbeispiele, findet die RFID-Technologie in Logistikprozessen immer größere Akzeptanz. In naher Zukunft wird der Bedarf an Smart Labels deshalb rapide ansteigen, da vor allem mittelfristig die gesamte Wertschöpfungs- bzw. Produktionskette mittels RFID-Technologie abgebildet und niedrigpreisige Produkte mit entsprechenden Etiketten ausgestattet werden. Vor diesem Hintergrund rückt auch der Anspruch nach kostengünstigen und effizienten Fertigungsverfahren mehr und mehr in den Vordergrund. Derzeit stehen die Halbleiterhersteller im Fokus, denn der Chip stellt bis dato noch die größte Kostenposition dar. Aber auch die Hersteller von Inlays und Etiketten kommen zunehmend unter Druck, mit optimierter Verfahrenstechnik und gesenkten Kosten die Stückkosten für die Smart Labels zu senken.

Ein entscheidender und wesentlicher Fertigungsschritt ist das Aufkleben des RFID-Chips auf die Transponderantenne. Durch diese Verbindung wird einerseits eine elektrische Kontaktierung dauerhaft sichergestellt (nur dadurch wird eine Kommunikation erreicht), andererseits trägt dieser Schritt entscheidend zu einer höchst möglichen Ausbeute in der Volumenfertigung bei. Hier bieten die sogenannten NCA- (non-conductive adhesives) und ACA- (anisotropic conductive adhesives) Klebstoffe von DELO Industrie Klebstoffe durch ihre sekundenschnelle und zuverlässige Verbindung von Halbleiterchip und Antenne eine effektive und in der Praxis bereits millionenfach erfolgreich eingesetzte Lösung.

Vom COB-Prozess zur Flip-Chip Technologie

Für zahlreiche Anwendungen im Smart-Card-Bereich sowie anfänglich auch für Smart Label stellte die sog. COB- (chip on board) bzw. COF- (chip on flex) Technologie den bevorzugten Prozess zur mechanischen und elektrischen Verbindung von Halbleiterchip und Substrat dar. Bei diesem Verfahren wird der Chip auf einem Substrat mechanisch fixiert und in einem sog. Wirebond-Prozess mit Golddrähtchen elektrisch kontaktiert. Die einzelnen Kontaktstellen müssen sukzessiv bearbeitet werden. Anschließend werden die Kontakte durch einen Verguss von Chip und Wirebonds vor Umwelteinflüssen geschützt. Gängige Vergussmaterialien werden über Licht oder Wärme ausgehärtet. Die Aushärtezeiten liegen hier im Bereich von 30 Sekunden bis 2 Stunden bei Temperaturen von Raumtemperatur bis 200 °C. Für die Kontaktierung von ungehäuteten Halbleiterchips in Smart-Label-Anwendungen stellt dieser komplexe und relativ langsame Prozess jedoch keinen adäquaten Lösungsweg dar. Gemessen an den langen Aushärtezeiten wäre die Herstellung mehrerer Milliarden RFID – Labels pro Jahr undenkbar.

Hier werden die Vorteile der Flip-Chip-Technologie ersichtlich, die eine einfache, kostengünstige und schnelle Kontaktierung von Chips auf unterschiedlichsten Substraten ermöglichen. Bei der Flip-

Chip-Technologie wird ein Halbleiterchip vom Hersteller bereits mit sog. Bumps („Kontakthöcker“) auf dessen strukturierten, aktiven Seite ausgestattet. Zur Kontaktierung wird der mit Bumps veredelte Chip mit seiner aktiven Seite zum Substrat hin in die Substratmetallisierung gedrückt (siehe Abb. 2a).

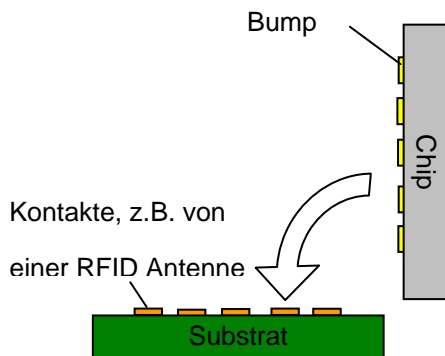


Abb. 2a:

Darstellung eines mit gebumpten Chips, der auf ein mit Kontakten versehenes Substrat gedrückt wird.

Hierbei können theoretisch beliebig viele elektrische Kontakte in einem Prozessschritt geschlossen werden. Der im Bereich der aktiven Flächen vorapplizierte Klebstoff kann beim Plazieren des Flip-Chips z.B. mittels eines beheizten Stempels (Thermode) ausgehärtet werden. Die mechanische Fixierung und elektrische Kontaktierung erfolgt somit in einem einzigen Prozessschritt. Die Kontaktstellen sind durch das Einbetten in den Klebstoff bereits vor Umwelteinflüssen geschützt (siehe Abb. 2b).

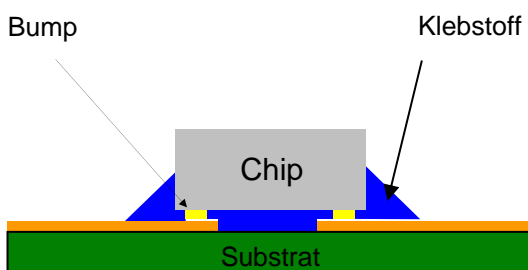


Abb. 2b:

Darstellung eines mittels NCA/ACA-Klebstoffs kontaktierten Chips.

Die Verwendung entweder eines NCAs oder eines ACAs hängt von den zur Verfügung stehenden Bumpvarianten des Chips ab (siehe Abb. 3). Bei sehr flach und ebenmäßig geformten Bumps (Ni/Au, Au) werden idR. ACA-Klebstoffe verwendet, bei den geometrisch sehr unregelmäßigen Stud-Bumps oder Palladium-Bumps finden NCA-Klebstoffe ihren Einsatz. Je nach Substratbasismaterial (PET, Papier, PI) und/ oder Metallisierung (Cu, Al, Ag) stehen entsprechend abgestimmte Klebstoffe der Produktreihe DELO-MONOPOX zur Verfügung.

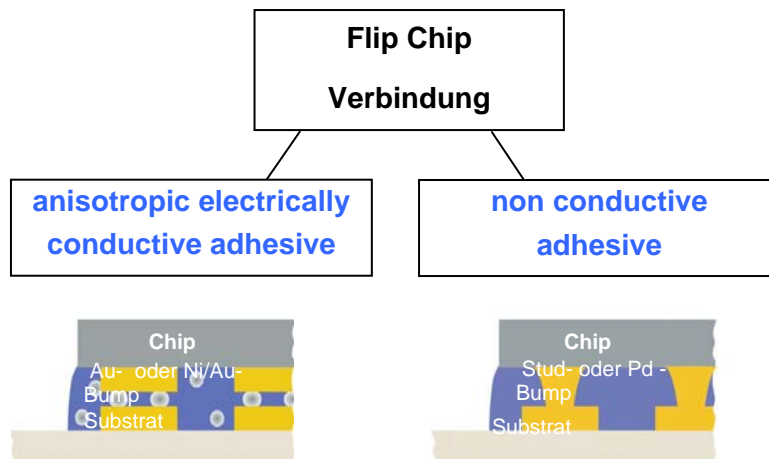


Abb. 3:

Schematischer Aufbau einer DELO-MONOPOX NU bzw. DELO-MONOPOX AC hergestellten Flip-Chip-Verbindung.

Wie in Abb.3 zu erkennen wird bei der Verwendung von Au- oder Ni/Au-Bumps die elektrische Kontaktierung zur Antenne durch den Füllstoff gewährleistet. Da das System durch das Verpressen des Chips in nur einer Raumrichtung (z-Achse) kontaktiert wird, spricht man von einem anisotropen Klebstoff. Die NCA-Klebstoffe sind nicht mit Füllstoffen ausgestattet. Die Kontaktierung wird durch das Eindringen der rauhen Bump-Oberfläche in die Metallisierungsschicht generiert. Der Klebstoff stellt sicher, dass dieser Zustand über die Lebensdauer des Inlays beibehalten wird.

Schnelle Aushärtung und kurze Taktzeiten

Eine allgemeingültige Spezifikation für Smart Labels gibt bisher nicht, die Anforderungen an Performance und Lebensdauer werden zumeist anwendungsbezogen abgestimmt. Dennoch lassen sich einige grundsätzliche Anforderungen formulieren, denen die geklebte Verbindung entsprechend sollte.

- Aushärtung abhängig vom Substrat- und Anlagentyp bei 6 bis 10 Sekunden und Temperaturen von 170 °C bis 190 °C am Klebstoff
- Verfügbarkeit von ACA- und NCA-Systemen für verschiedene Chip-/ Bumptypen
- Möglichst umfassende Haftungseigenschaften auf unterschiedlichen Antennen(materialien)
- Beständigkeit der Kontaktierung bei
 - Einlagerung in 85 °C und 85% relative Luftfeuchtigkeit
 - Temperaturwechseltests im Bereich von -40 auf +85 °C
 - Bendingtest (Biegung des Smart Labels über 2 cm Radius)
 - Dauertemperaturlagerung bei -40 °C und / oder 85 °C

In der Praxis werden häufig Zuverlässigkeitstests bei Einlagerungsdauern von 168 h bis 504 h für Feuchte- und Dauertemperaturtests sowie 50 – 500 Zyklen in Temperaturwechseltests gefordert.

Neben dem verwendeten NCA-/ ACA-Klebstoff ist ebenso die Performance des verwendeten Substratmaterials entscheidend für die Zuverlässigkeit der Flip-Chip Verklebung. Getrieben vom Kostendruck befindet sich dieses Marktsegment im RFID-Bereich in rasanter Entwicklung. Die gängigen Antennen werden hierbei mit unterschiedlichsten Verfahren (Ätzen, Galvanik, Druckprozesse, PVD) zumeist auf PET- und Papier-basierenden Folien aufgebaut. Die Qualität und die Oberflächengüte kann sich von Hersteller zu Hersteller stark unterscheiden und nimmt somit auch direkten Einfluss auf die Gesamtpformance des Smart Labels. Um seine Kunden effektiv unterstützen zu können, arbeitet DELO deshalb mit den führenden Substrat-, Chip-, und Anlagenherstellern eng zusammen. Hierdurch wird eine optimale Abstimmung der DELO-Klebstoffe an heutige wie auch zukünftige Anforderungen gewährleistet, um neuen Trends umgehend Folge leisten zu können.

Von der Theorie in die Praxis – DELO setzt Maßstäbe

Um für die Anwendung eine dauerhafte Prozesssicherheit und eine hohe Zuverlässigkeit sicher zu stellen, werden DELO-Klebstoffe zahlreichen Untersuchungen und Tests unterworfen. Zunächst sind nachstehend einige produktspezifische Daten aufgelistet (Tab.1):

Eigenschaften	DELO-MONOPOX AC163	DELO-MONOPOX AC265	DELO-MONOPOX AC VE42878
Ionengehalt			
Na+[ppm]	<10	<10	<10
K+[ppm]	<10	<10	<10
Cl-[ppm]	<10	<10	<10
F- [ppm]	<10	<10	<10
Aushärtung mit einer Thermode	8 s bei 190 °C (am Klebstoff)	8 s bei 190 °C (am Klebstoff)	6s bei 180 °C (am Klebstoff)
Wasseraufnahme	0,4 %	0,4 %	0,4 %
Lagerstabilität bei 5 °C	6 Monate	6 Monate	4 Monate

Lagerstabilität bei RT (20 °C bis 25 °C)	2 Wochen	2 Wochen	1 Woche
---	----------	----------	---------

Tabelle 1: Auszug aus den Produkteigenschaften

Die nachfolgend dargestellten Ergebnisse für die ACA-Produkte DELO-MONOPOX AC265 sowie AC VE42878 zeigen exemplarisch die geprüften Klebstoffeigenschaften. Darüber hinaus existieren weitere Standard- und Entwicklungsprodukte mit ähnlichen Eigenschaften als NCA-Varianten. Für die angeführten Tests wurden PET-Substrate mit Aluminiummetallisierung verwendet. Als Chip wurde ein Siliziumhalbleiter mit Teststruktur zur Widerstandbestimmung und Au-Bumps ausgewählt.

Folgende Scherfestigkeiten wurden für einen Chip mit der Grundfläche von ca. 1 x 1 mm² (getestet mit DAGE Series 4000, gemäß DELO-Norm 31) bestimmt:

Klebstoff	Scherfestigkeit auf PET/Al
DELO-MONOPOX AC265	23 N
DELO-MONOPOX AC VE42878	25N

Tabelle 2: Scherfestigkeit an 1 x 1 mm² Chip.

Die erzielten hohen Festigkeiten stellen eine sehr gute mechanische Verankerung des Chips sicher und bilden somit den Ausgangspunkt für erfolgreiche Temperatur- und Feuchteinlagerungen. Dabei hat sich eine Einlagerung bei 85 °C und 85 % relativer Luftfeuchte als kritischster Zuverlässigkeitstest gezeigt, da hier Klebstoffeigenschaften wie geringe Feuchteaufnahme, hohe Adhäsion, geringe Neigung zur Unterwanderung auf dem relevanten Substrat und hohe Festigkeiten besonders beansprucht werden.

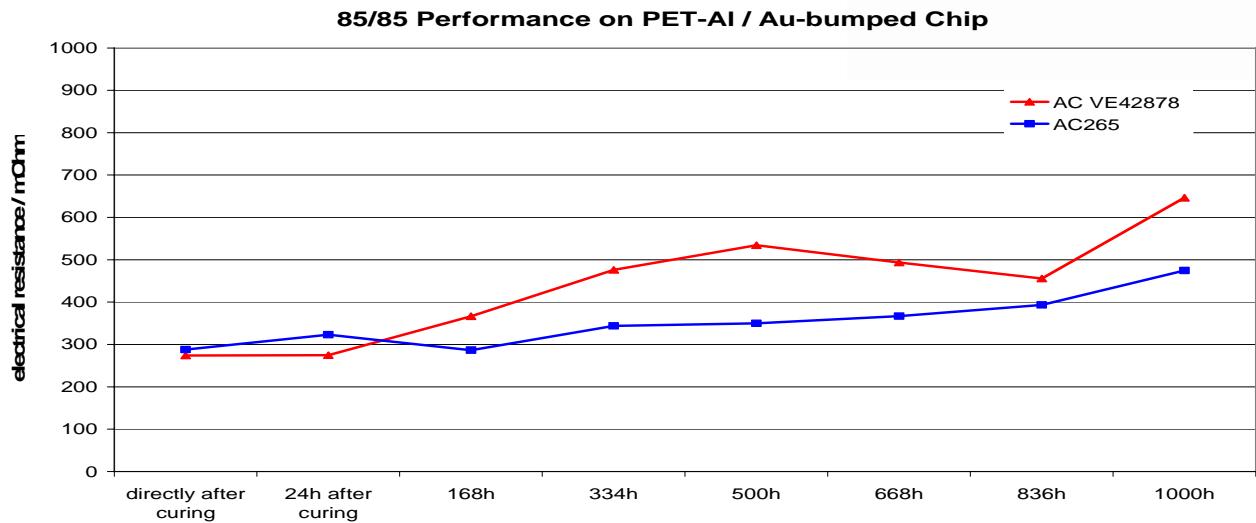


Abb. 4a: Testergebnisse bei einer Einlagerung bei 85 °C und 85 % relativer Luftfeuchte

Des Weiteren ist das Verhalten bei Temperaturwechsel für den praktischen Einsatz entscheidend. Stellt man sich RFID-Anwendungen im Waren- und Lieferverkehr mit unterschiedlichsten Umgebungsbedingungen vor, so wird dies schnell klar. Hier haben sich die Temperaturbereiche von -40 °C bis + 85 °C als anwendungsrelevant herauskristallisiert.

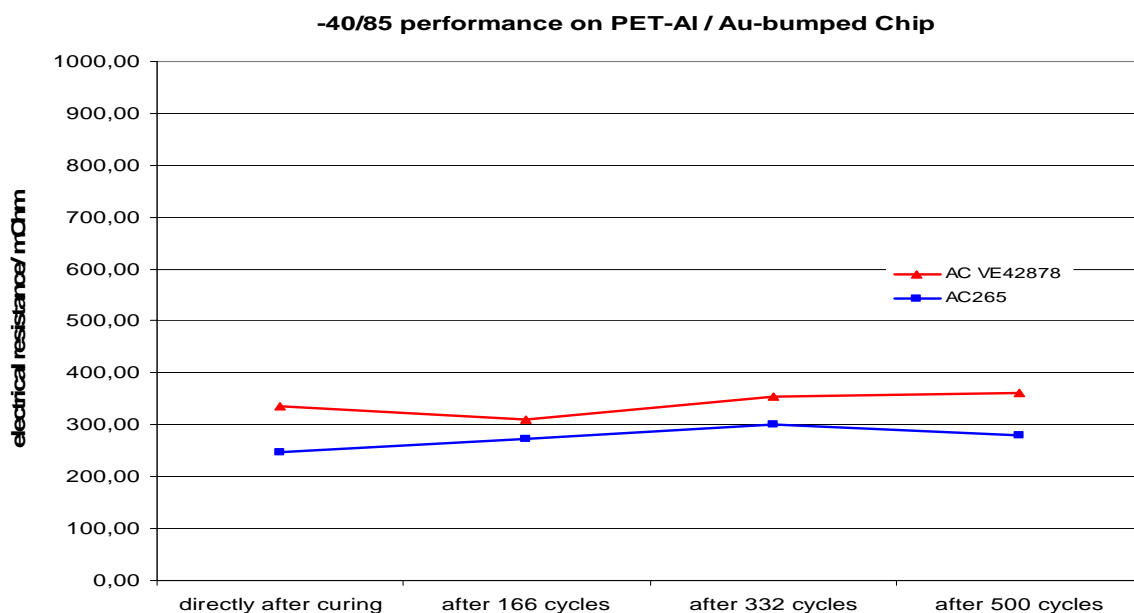


Abb. 4b: Ergebnisse des Temperturschocktests bei -40 / +85 °C

Bei beiden Tests konnte eine exzellente Performance der ACA-Produkte beobachtet werden. Die geringfügigen Anstiege der Widerstandswerte nach Temperaturschock- und Feuchteeinlagerungen können im Wesentlichen auf eine Alterung des Substrates d. h. Oxidation der Antennenmetallisierung, Quellungseffekte im Basislaminat sowie auf eine unwesentliche Relaxation des Klebstoffs in den ersten Stunden der Einlagerungstests zurückgeführt werden. In der Praxis hat sich gezeigt, dass diese moderaten Veränderungen des Widerstandes für HF- und UHF-Anwendungen nicht ins Gewicht fallen.

Fazit

NCA- und ACA-Produkte von DELO Industrie Klebstoffe ermöglichen die Einhaltung kürzester Taktzeiten und damit die Erreichung höchster Durchsätze. So sind für Smart Label-Anwendungen, abhängig von Substratdimensionen und Flip-Chip Mounter über 10000 Uph möglich geworden. Gleichzeitig trägt das Flip-Chip-Verfahren dem Ruf nach Wirtschaftlichkeit Sorge d. h. pro Kilogramm Klebstoff können mittlerweile bis zu 20 Millionen Chips kontaktiert werden. Damit stellen NCA/ ACA – Produkte die wirtschaftlichste Variante zur Verbindung von Chip und Substrat dar. Auf Grund der hohen erzielbaren Zuverlässigkeiten im Bereich des Verarbeitungsprozesses und der Lebensdauer bieten die mit NCA/ ACA-Klebstoffen ausgeführten Systeme einen stabilen und effizienten Weg in der Produktion von RFID-Labeln.

1.619 Wörter / 12.418 Zeichen

11/2007