

Abschlussbericht

Modularer Aufbau von Systemen mit nanomodifizierten Oberflächen für Automobil- und Industrie-Sensorik

MANOS

Projektpartner:

DELO Industrie Klebstoffe
DELO-Allee 1 | 86949 Windach | Deutschland

Verbundnummer: V4MNI018
Projekträger VDI/VDE-IT

Projektlaufzeit: 01.03.2011 – 31.12.2014

0 Zusammenfassung (1 Seite)

Als Stand der Technik haben sich im Bereich der Sensorik unterschiedliche Klebstoffe etabliert. Hierzu zählen thermisch leitfähige Klebstoffe zur Abführung der an den Bauteilen entstehenden Wärme, sowie, nicht leitende Klebstoffe zur Erhöhung der Zuverlässigkeiten an den Bauteilen. Die Produkte sind dabei insbesondere optimiert im Hinblick auf schnelle Aushärtezeiten und hohe Zuverlässigkeiten die im Automotivebereich gefordert werden (Bsp. 85/85 Test 3000 h). Die schnelle Aushärtung mittels Wärme erlaubt dabei die notwendige hohe Produktivität in Verbindung mit einer akzeptablen Zuverlässigkeit bei den Bauteilen. Beispiele hierbei sind IC182 bei den elektrisch leitfähigen Klebstoffen sowie AC265 bei den anisotrop leitfähigen Klebstoffen und MK055 bei den nicht leitfähigen Klebstoffen.

Gemäß des im Projekt angestrebten Stackingprozesses sind neue Klebstoffmaterialien entwickelt worden die unter anderem eine sehr hohe Zuverlässigkeit einzelner Chips auf dem PCB (ACA mit Lotpartikeln zur Chipverklebung in Cavities und lichtfixierbarer nicht leitender DUALBOND für den Leiterplattenaufbau mit integrierten Bauteilen Chip +) erlauben sowie ein B-Stage ACA Material für das Stacken der einzelnen Module. Das B-Stage Material kann hierbei aufgrund der unterschiedlichen möglichen Prozesse thermisch und elektrisch leitfähig als auch nicht leitfähig sein. Eine weitere Möglichkeit des Stackingprozesses wurde im Rahmen des Verfahrens Chip++ erarbeitet. Auch hierfür wurden speziell niederviskos abgestimmte Klebstoffe modifiziert um die Selbstjustagemöglichkeit der Module zu erzielen. Bei diesem Verfahren muss mit einem zusätzlichem leitfähigem ICA Klebstoff gearbeitet werden um die elektrische Kontaktierung zwischen den einzelnen Modulen zu erreichen. Hierfür wurde in sogenanntes Wet in Wet Verfahren angewendet. Im Bereich der Industriesensorik finden außerdem von DELO optisch transparent entwickelte Vergußmassen ihre Anwendung beim Verguß von Photodioden. Gemeinsam ist die jeweils notwendige sehr hohe Zuverlässigkeit der Klebstoffe. Die erzielten Eigenschaftsprofile der Klebstoffe sind entsprechend dem definierten MANOS Lasten und Pflichtenheft, was durch eine Weiterentwicklung der Klebstoffe mit Mikro bzw. Nanomodifizierten Füllstoffen erreicht wurde.

1 Ziele

1.1 Motivation und Ziel des Teilvorhabens

Die Motivation für DELO besteht darin in einem zukunftsweisenden Sensorikmarkt Klebstoffe für die Industrie zur Verfügung stellen zu können die den zukünftigen Anforderungen der Kunden gerecht werden.

Zur Realisierung der im Projekt notwendigen Klebstoffe wurden unterschiedliche neue Klebstoffsysteme entwickelt werden. Anforderungen an diese sind insbesondere:

- Hohe Zuverlässigkeit der unterschiedlichen Klebstoffsysteme
- Leitfähige B-Stage Klebstoffmaterialien mit Licht – Wärme Aushärteschritt
- Klebstoffe mit hoher thermischer Leitfähigkeit zur Abführung der entstehenden Wärme

- Möglichkeit unterschiedlicher Auftragsverfahren der Klebstoffe (Druckverfahren / Jetten)
- Hohe Haftung auf unterschiedlichen Substraten
- Widerstand gegenüber hoher Temperatur und Feuchte
- Schnelle Aushärtezeiten zur Erzielung eines hohen Durchsatzes
- Möglichkeit zur Härtung in des Warmhärteschrittes bei niedrigen Temperaturen (ca. 100 °C)

1.2 Bezug des Teilvorhabens zu den förderpolitischen Zielen

Die Ziele des Teilvorhabens von DELO decken sich mit der Zielsetzung des Förderprojektes MANOS. So zielen die Forschungsarbeiten von DELO insbesondere darauf ab, die Klebstoffe in Bezug auf die hohen Anforderungen im Automotivebereich durch Nano-/Mikromodifikationen deutlich zu verbessern. Ziel ist es für die unterschiedlichen Anwendungen marktfähigen Klebstoff für die Sensorik- Anwendungen herzustellen, welche für eine künftige Serienfertigung geeignet ist. Die Überführung in einen Serienprozess bei Projektpartnern SICK und Continental ist DELO gegenüber jedoch verneint worden.

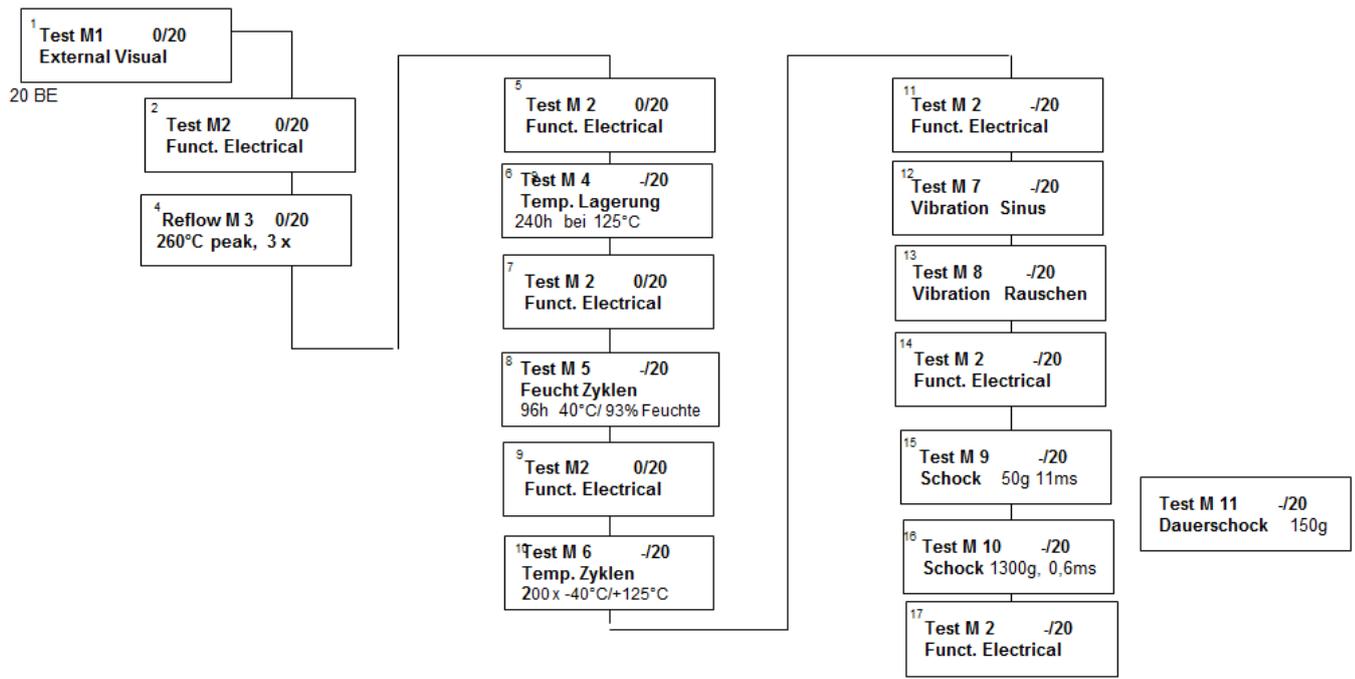
1.3 Wissenschaftliche oder technische Arbeitsziele des Teilvorhabens

An folgenden dargestellten Arbeitspaketen war DELO beteiligt bzw. Teilprojektleiter

AP 1.1: Spezifikation für Anwendung industrieller Sensoren

In diesem Arbeitspaket wurde das Lastenheft und Pflichtenhefte, zukünftige Anforderungen abzudecken, in Zusammenarbeit mit Rood Microtec und den anderen Projektpartnern dargestellt. Die einzelnen Spezifikationen der Enduser SICK und Conti wurden gesammelt und in einer gesamten Spezifikation vereint. Unter anderem wurde in diesem Arbeitspaket auch ein Kurzqualifikationsprofil erstellt und die Anforderung an den Demonstrator-Stack und somit an die Klebstoffe definiert.

Ablaufplan Kurzqualifikation:



AP 1.4: Umwelanforderungen / Lebensdauer

In diesem Arbeitspaket wurden die Lebensdauertests festgelegt und definiert. DELO hat anhand der Spezifikation vorab die Klebstoffrezepturen darstellen können und im Anschluss an Dummyaufbauten überprüft. Teilweise konnten simulierte Tests vorab im Hause DELO als auch bei den Partnern im frühen Stadium durchgeführt werden. Dies war nötig um möglichst zügig Feedback zu den modifizierten Klebstoffentwicklungsreihen zu bekommen und um weitere iterative Schleifen entwicklungsseitig einzusteueren.

Speziell an die Klebstoffe geforderte Beständigkeit und Lebensdauer wurde in Teilbereichen M3 bis M6 der Kurzqualifikation abgebildet.

Reflow M 3 0/20 260°C peak, 3 x	Qualifikationslötprofil JEDEC 20D
Test M 4 -/20 Temp. Lagerung 240h bei 125°C	Temperaturlagerschrank
Test M 5 -/20 Feucht Zyklen 96h 40°C/93% Feuchte	Feuchtelagerschrank
Test M 6 -/20 Temp. Zyklen 200 x -40°C/+125°C	Temperaturwechselschrank für rasche Zyklen (Luft- Luft)

AP 4.1 Weiterentwicklung von ACA-Klebstoffen (DELO)

Anwendung: Chip last (Lasercavity) embedding Technologie

Es wurden 3 verschiedene Entwicklungsrichtungen zur Weiterentwicklung der ACA-Klebstoffe mit Lotpartikeln verfolgt.

- A) ACA-Klebstoffe aminischer Basis mit Niedertemperaturlot (138°C)
- B) ACA-Klebstoffe aminischer Basis mit „normalen“ Lotpartikeln (218°C)
- C) ACA-Klebstoffe aminischer Basis mit „normalen“ Lotpartikeln (218°C) inkl. vergoldeter leitfähiger Partikel oder Nickelpartikel

Die Herausforderung aller 3 Entwicklungsrichtungen:

- die exakt richtige Konzentration der leitfähigen Partikel (Lotpartikel und leitfähige Goldpartikel) zu finden, um einerseits die geforderte elektrische Leitfähigkeit zu erreichen, jedoch andererseits wiederum keine Kurzschlüsse zwischen Leiterbahnen und Kontaktstellen durch zu hohe Füllung hervorzurufen.
- Die exakt richtige Konzentration an mineralischen Füllstoffen zu bestimmen, damit exotherme Reaktionen bedingt durch nötige sehr hohe Aushärtetemperaturspitzen (bis 300°C) keine unerwünschten Reaktionen hervorrufen (Blasenbildung durch Aufschäumen) aber dennoch eine prozessorientierte möglichst schnelle Aushärtung des Klebstoffes und somit Anbindung der Bauteile an das Leiterplattenmaterial und an Leiterbahnen stattfinden kann.
- die richtige Größenverteilung der leitfähigen Partikel (Lotpartikel und leitfähige Goldpartikel) einzusetzen um die geforderte elektrische Leitfähigkeit zu erreichen, jedoch keine Kurzschlüsse oder zerstörte Bauteil durch zu große Partikel hervorzurufen. Der Einsatz einer optimierten Füllstoffart in Bezug auf Größenverteilung konnte durch einen Sichtvorgang im Rahmen einer Rohstoffaufbereitung erzielt werden.
- Genaueste Anpassung der Aushärte- und Setzparameter der Pic & Place Anlage auf den Klebstoff in Bezug auf Temperatur, Druck und Aushärtezeit. Hierfür wurde ein komplex abgestimmtes Rampenhärtungsprofil evaluiert. Selbst dieses Rampenprofil hat Auswirkung auf die Aushärtung des Klebstoffes und letztlich auch auf deren Beständigkeit in Bezug verschiedener Einflüsse.

Ramp Up Aushärteprofil/ Anpressprofil:

C: Parameter Panasonic FCB3			
Aushärtetemperatur [°C]	150°C 1s; 150°C zu 285°C in 1,6s; 275°C in 1,4s; 275°C 7s halten	150°C 1s; 150°C zu 285°C in 1,6s; 275°C in 1,4s; 275°C 7s halten	150°C 1s; 150°C zu 285°C in 1,6s; 275°C in 1,4s; 275°C 5s halten
Aushärtezeit [s]	<i>siehe oben</i>	<i>siehe oben</i>	<i>siehe oben</i>
Anpresskraft [N]	5 auf 8N 1s; 8 auf 13N 1,6s; 13 auf 25N 1,4s; 25N 7s halten	5 auf 8N 1s; 8 auf 13N 1,6s; 13 auf 25N 1,4s; 25N 7s halten	5 auf 8N 1s; 8 auf 13N 1,6s; 13 auf 25N 1,4s; 25N 5s halten

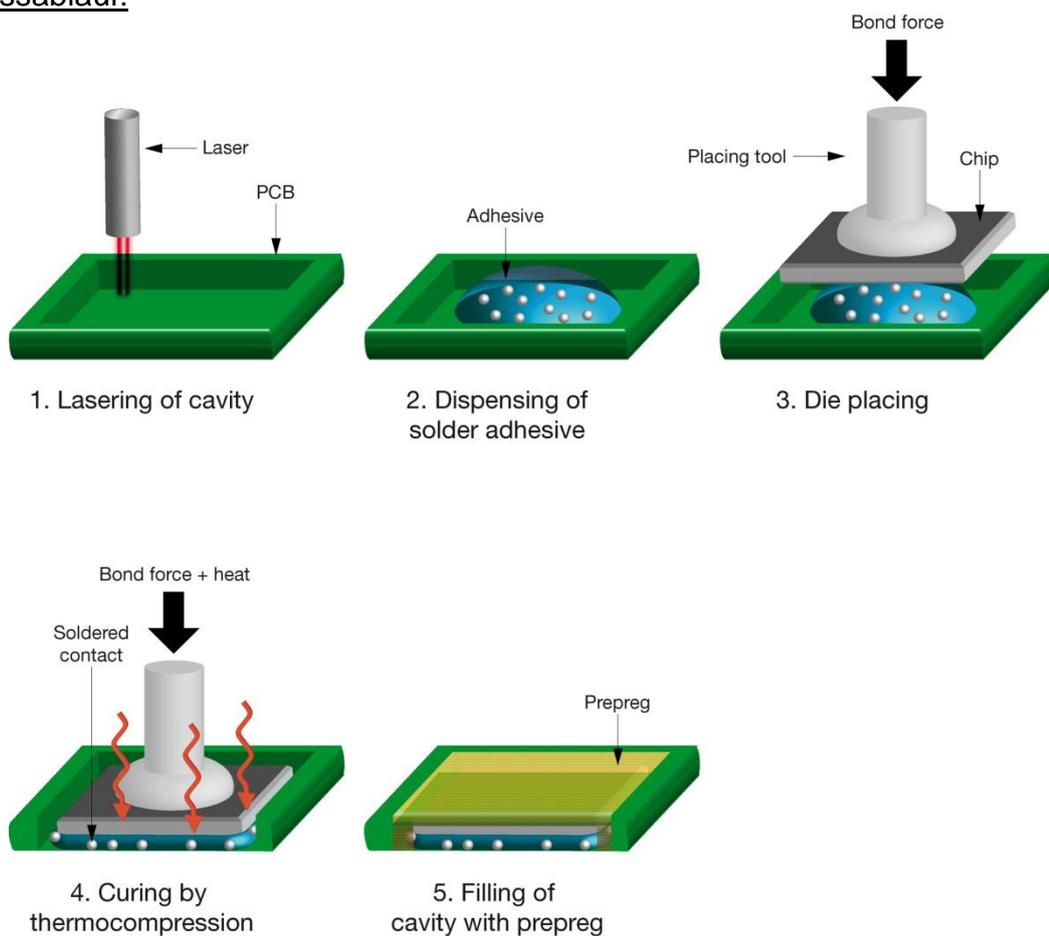
Dieses komplexe Aushärteprofil erfordert extrem schnelle und hohe Heizraten (100K/s) welche im Projekt nur mit der Panasonic FCB3 Anlage realisiert werden

konnten. Alle aktiven Kontaktversuche mussten daher bei Würth Elektronik durchgeführt werden, da eine Simulation durch keine anderen Thermokompressionsverfahren möglich war.

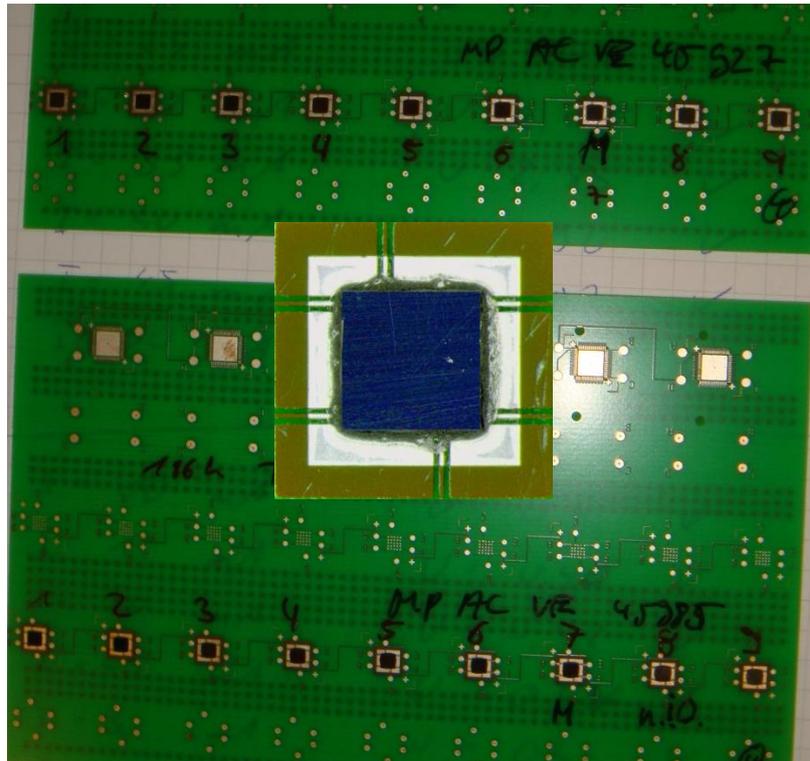
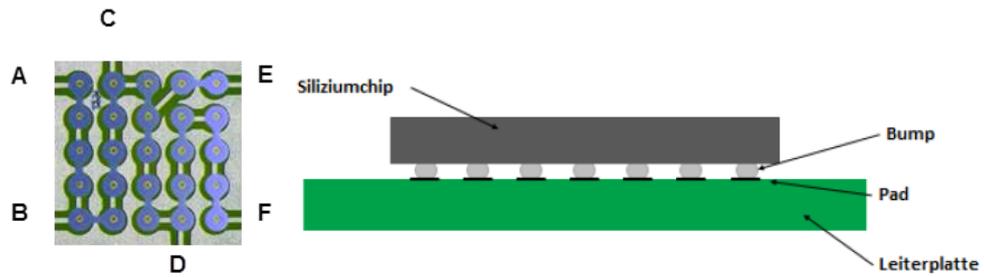
FCB3 Bondanlage Panasonic



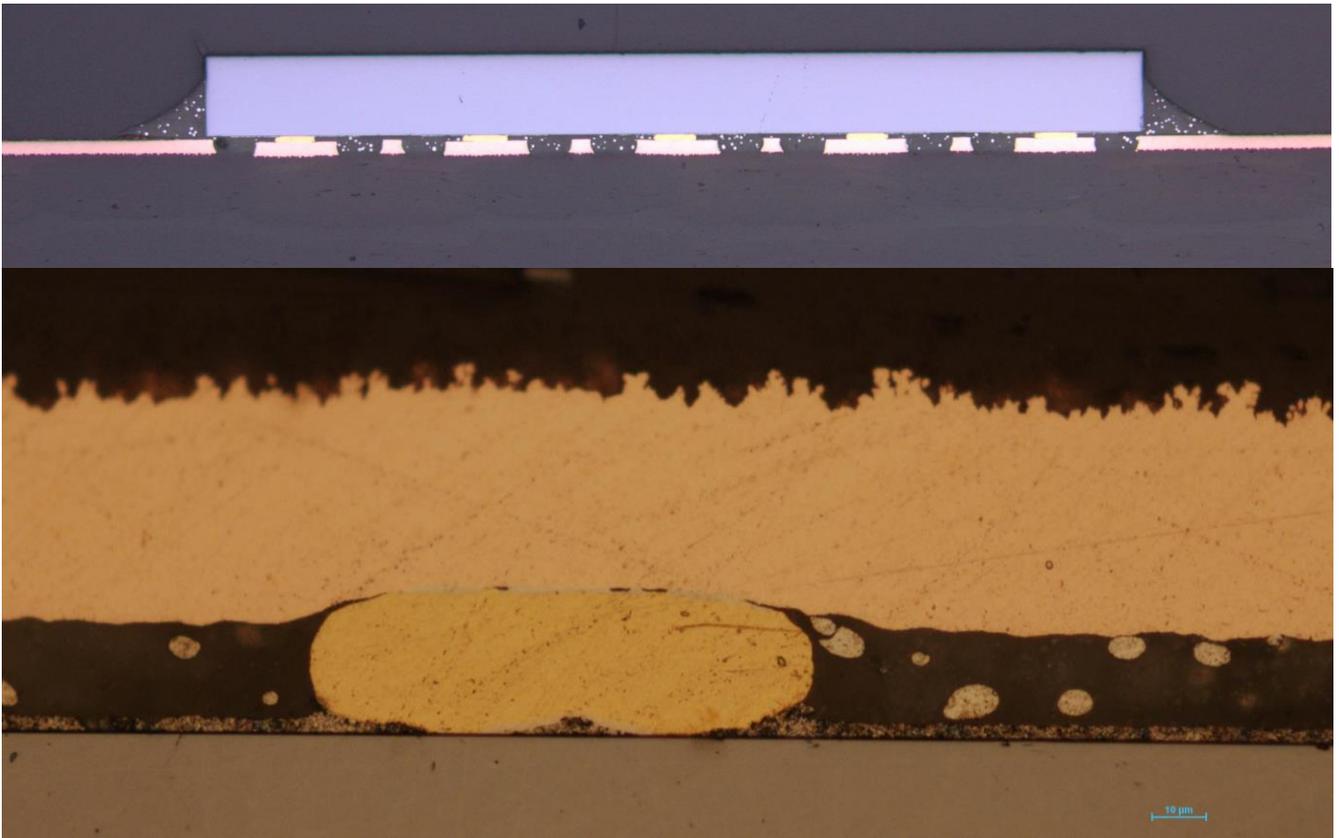
Prozessablauf:



Struktur der Dummyleiterbahnen/ Kontaktpfade:



Schliffbild eines aufgebauten Chips auf Dummyleiterplatte kontaktiert mit Lotpartikel ACA-Klebstoff:



Die Entwicklungsrichtung A wurde nicht weiter angestrebt, da nach unterschiedlichen Rezepturzusammensetzungen und auch nach verschiedenen ausgerichteten Aushärteprofilen kein erfolgreicher Musteraufbau in Bezug auf Kontaktierung erzielt werden konnte.

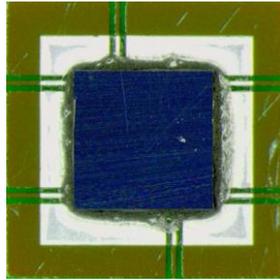
Entwicklungsrichtung C wurde ebenfalls nach 3 verschiedenen Rezepturmodifikationen nicht weiter verfolgt, da die Zugabe von weiteren elektrisch leitfähigen Partikel keine ersichtlichen Verbesserungen in Bezug auf die generelle Performance oder Beständigkeit der Klebstoffe hervorgerufen hat. Abgetestet wurde dies im Rahmen des Kurzqualifikationsprofils.

Test M3	Test M4	Test M5	Test M6
3 x Reflow peak 260°C	Temp. Lagerung 240h bei +125°C	Feucht Lagerung 96h 40°C/93% Luftfeuchte	Temp. Zyklen 200 x -40°C/ +125°C

Als mögliche Erfolgsrichtung hat sich Entwicklungsrichtung B erwiesen, womit nach Anpassung und Optimierung der Aushärte- und Setzparameter zuverlässige Kontaktierungen möglich waren.

Insgesamt wurden 17 verschiedenen Klebstoffrezepturen entwickelt und getestet. DELO intern wurde vorab die Verarbeitungsstabilität (Entmischung) abgeprüft, bevor weitere Funktionstests auf der Bondanlage durchgeführt wurden. Auf der Bondanlage des Projektpartners Würth wurde ebenso initial die Verarbeitbarkeit in Richtung Viskosität beurteilt, darauffolgend die Funktionalität in Bezug auf Kontaktierung. Klebstoffe mit Kontaktierung <20hm ohne Kurzschluss wurden in das Kurzqualifikationsprofil geschickt.

Der letztlich entwickelte Klebstoff hatte (Viskosität, Partikelgröße, Partikelkonzentration, mineralische/ nano Füllstoffe) neben guter Verarbeitbarkeit auch gute Kontaktierungen unter anderem nach weiterem Reflowtest M3 und auch nach Temperaturlagerung M4.



Da die Dummyaufbauten, wie hier im Bild sichtbar im uneingebetteten Zustand eingelagert wurden hat eine Feuchtelagerung M5 und Temperatur Zyklen M6 natürlich direkten Einfluss auf den Klebstoff selbst, was sich in diesen Einlagerungsergebnissen bemerkbar machte.

Die angedachte Verwendung sollte jedoch ursprünglich definiert im eingebetteten Zustand stattfinden, wodurch Test M5 und M6 deshalb keine Aussage auf die definierte Verwendung darstellen.

Auszug aus den Einlagerungsergebnis Rood Microtec:

Ergebnisse



► Widerstandsmessung zwischen den einzelnen Testschritten

- keine Widerstandsänderung nach dem Reflow Lötprozess
- keine Widerstandsänderung nach dem Temperaturlagerung
- große Widerstandsänderung nach der Feuchtelagerung und Temperaturzyklentest

⇒ Klebstoff reagiert sehr stark auf Feuchtelagerung und Temperaturwechseltest

Das Ziel einen ACA-Lotpartikelklebstoff mit schneller Aushärtemöglichkeit für hohe Durchsätze (Aushärtgeschwindigkeit) wurde in Verbindung mit der Panasonic Anlage und dem FCB3 Prozess und den evaluierten Aushärteparametern erreicht.

Die entwickelten DELOMONOPOX ACA Klebstoffe mit Lotpartikelzusatz können jedoch nicht im Demonstrator verwendet werden, da diese Lotpartikel ACAs ursprünglich zur Kontaktierung von Mikrocontrollermodulen angedacht waren, diese Mikrocontroller können aber nur in SMD Technologie bezogen werden.

Daraus resultieren Pitchabstände von 60µ, was mit ACA-Lotpartikelklebstoffen nicht realisiert werden kann, da somit Kurzschlüsse entstehen.

AP 4.2: Klebstoffe mit nano- und mikroskaligen Füllstoffen

Anwendung: Chip ++ ; Selbstjustage der Bauteile (Module mit integrierten Komponenten) zum Sensor-Stack

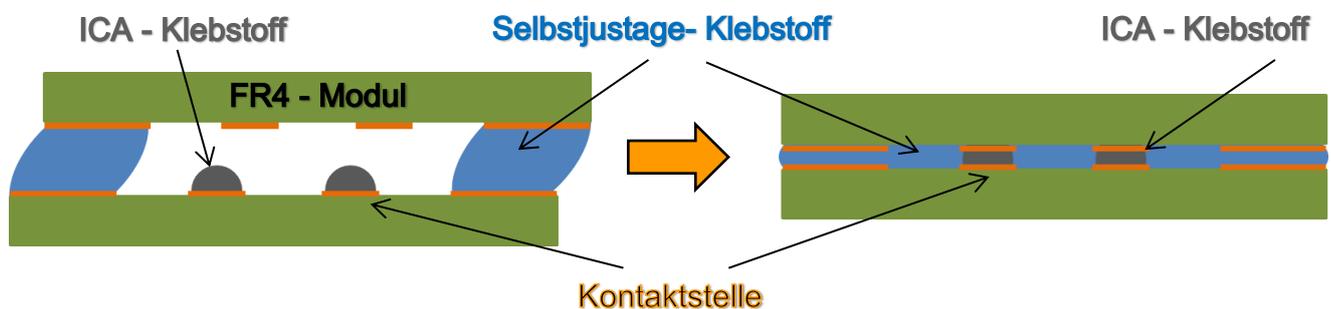
Es wurde der Einfluss verschiedener Kombinationen von nano- und mikroskaligen Füllstoffen (z.B. SiO₂, Ag, CNT, Schichtsilikate) auf das Eigenschaftsprofil von Klebstoffen unterschiedlicher chemischer Basis (z.B. Epoxy, Acrylat), Art, Menge und Kombination der Füllstoffpartikel welche systematisch variiert wurden untersucht. Ebenso die Auswirkung der Füllung auf das Eigenschaftsprofil der Klebstoffe wurde weiter untersucht. Die Eignung wurde in enger Kooperation mit dem IZM in Berlin überprüft.

Die initial wichtigste Eigenschaft ist die Viskosität und damit in Verbindung die Fließeigenschaft des Klebstoffes. Aufgrund der Viskositätseigenschaft wurden zwei Hauptchemien als Ausgangsbasis gewählt, da somit aufgrund der Grundrezeptur (Harz/ Härter) die nötigen Viskositäten eingestellt werden können.

Hauptchemie A: DELOMONOPOX Acrylat

Hauptchemie B: DELOMONOPOX Kationik

Bei den Selbstjustageklebstoffen selbst handelt es sich um nicht-leitfähige NCA-Klebstoffe, daher muss ein sogenannter Wet in Wet Prozess angewendet werden. Dies bedeutet, dass ein leitfähiger ICA Klebstoff in einem zuvor stattfindenden Prozessschritt auf die Kontaktstellen aufgebracht werden muss.



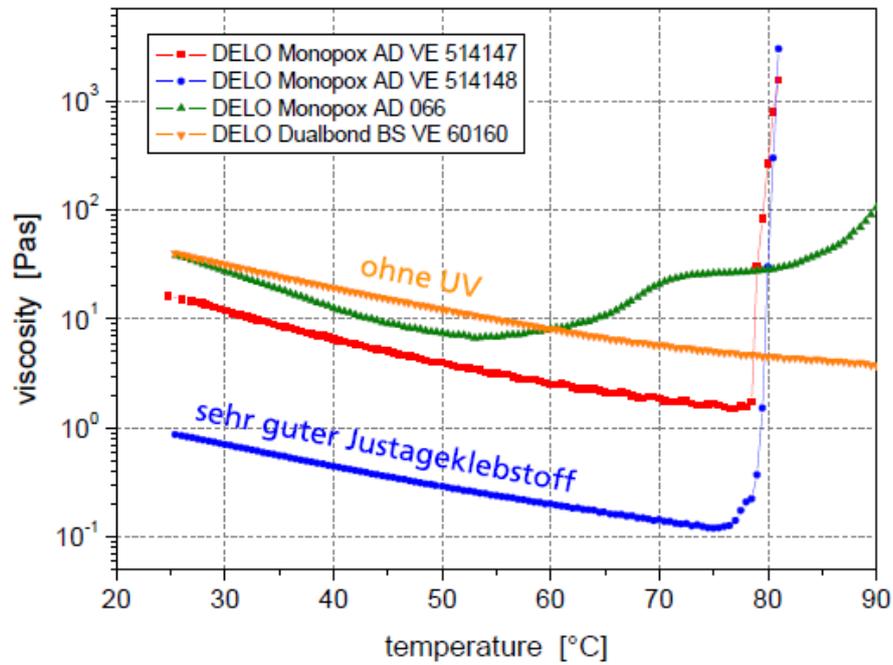
Nach erfolgreichem Test mit DELOMONOPOX 518415 als Selbstjustageklebstoff in Verbindung mit DELOMONOPOX DA VE 71612 als isotrop leitfähiger Klebstoff zur Kontaktierung wurde eine Reihe weiterer Klebstoffe untersucht um die Eignung als Selbstjustageklebstoff zu spezifizieren.

Testklebstoffe zur Selbstjustage:

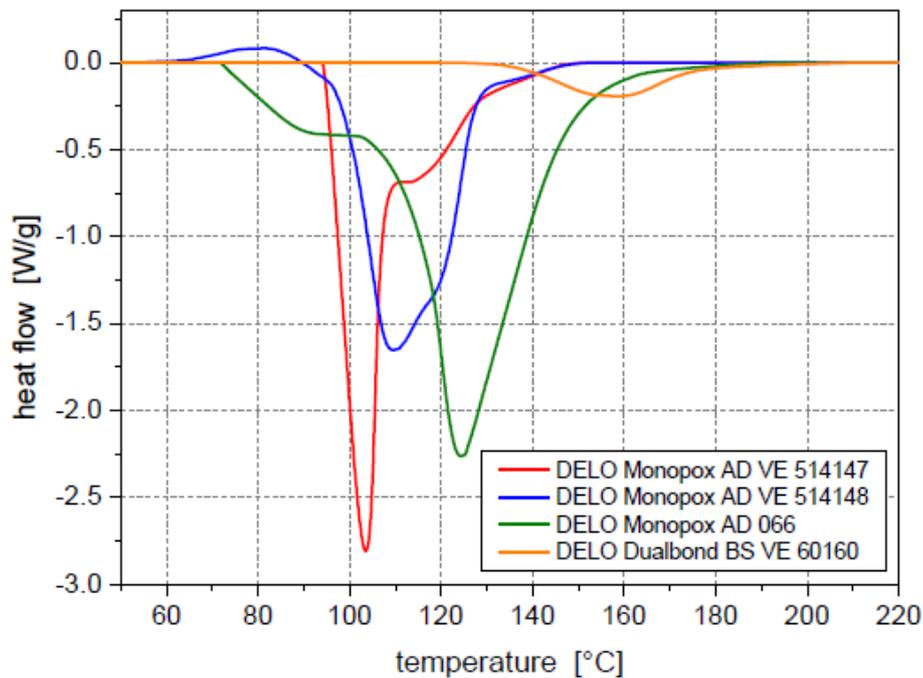
DELOMONOPOX AD VE 513803:	geeignet zur Selbstjustage, jedoch aufgrund geänderter Gefahrgutverordnungen nicht weiter einsetzbar
DELOMONOPOX AD VE 514147:	bedingt geeignet zur Selbstjustage, Fließkurve siehe unten im Bild
DELOMONOPOX AD VE 514148:	sehr gut geeignet zur Selbstjustage, Fließkurve siehe unten im Bild
DELOMONOPOX AD VE 518415:	sehr gut geeignet zur Selbstjustage, Einsatz eines Alternativrohstoffes in VE 514148 aufgrund Abkündigung, daher eine bedingte Namensänderung.

Charakterisierung der Klebstoffe

Temperaturabhängige Viskosität



Temperaturabhängige Härtingsreaktion



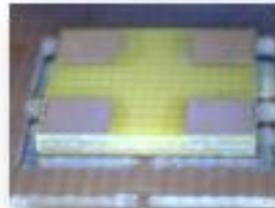
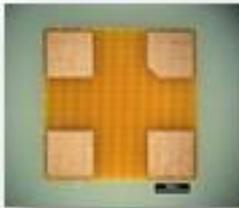
- Viskosität der Klebstoffe deutlich größer als DELO Monopox AD VE 514148
- Klebstoffe härten im Anwendungsbereich < 80 °C
- DELO Dualbond BS VE 60160 keine Viskositätsverringerng bei Erwärmung nach UV

Im Rahmen der Selbstjustage- Klebstoffuntersuchung wurde auch der Einfluss der Padanordnung auf den Modulen untersucht (siehe Bilder der Untersuchung bei IZM Fraunhofer).

3

Einlagige Testmodule mit Justagepads - gefräst

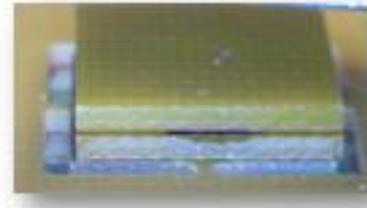
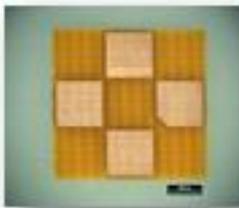
Justagepads seitlich



auf Substrat platziert

face-to-face justiert

Justagepads mittig



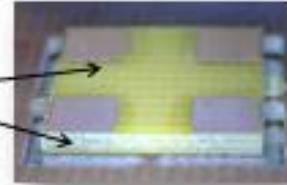
Assembly & Encapsulation Technologies
V. Bader, Dr. J. Bauer, K.-F. Becker,
T. Braun, L. Georgi, R. Kahle, M. Koch,
M. Stanjek, T. Thomas, S. Voges

Department
System Integration & Interconnect Technologies
Heads:
R. Aschenbrenner / M. Schreiber-Ramelow

 **Fraunhofer**
IZM

Beschichten der Ränder der Justagepads

Hydrophobierung der Padränder und Moduleseiten mit Schutzbeschichtung Certonal - Nordson



Lack manuell in
feinen Linien
aufgetragen



Assembly & Encapsulation Technologies
V. Bader, Dr. J. Bauer, K.-F. Beder,
T. Braun, L. Georgi, R. Käthe, M. Koch,
M. Stanjek, T. Thomas, S. Voges

Department
System Integration & Interconnect Technologies
Heads:
R. Aschenreiner / M. Schneider-Rammelow

 **Fraunhofer**
IZM

Eine Reihe weiterer Klebstoffe wurde überprüft, kein Weiterer hat sich jedoch neben dem Acrylat-DELOMONOPOX AD VE 518415 als geeignet bewiesen.

DELO-KATIOBOND OM VE 112161 = Basis kationisch

DELO-KATIOBOND OM VE 111053 = Basis kationisch

DELO-KATIOBOND LP655 = Basis kationisch

DELO-KATIOBOND LP686 = Basis kationisch

DELO-KATIOBOND AD610 = Basis kationisch

DELOMONOPOX DA VE 80601 = Basis mCD

DELOMONOPOX DA VE 80602 = Basis mCD

Das Chip++ Verfahren wurde soweit erforscht, es kann im Labormaßstab realisiert werden. Zur Implementierung in einen Serienprozess müssen passenden Fertigungsvarianten ermittelt werden.

AP 5.1/ 5.2: Aufbau von Modulen mit integrierten Bauelementen

Anwendung: Chip + (Chip first embedding Technologie)

Erste Versuche für das embedding Verfahren Chip + haben mit einem rein warmhärtenden DELOMONOPOX mCD Klebstoff DELOMONOPOX VE 80129 stattgefunden. Aufgrund der von Würth Elektronik angegebenen Aushärteparameter (155°C für 8s) mit einem beheizten Bondtool und der anschließenden Endaushärtung bei +150°C hat sich die mCD Basis aufgrund der Bondtoolparameter als theoretisch beste Möglichkeit herauskristallisiert.

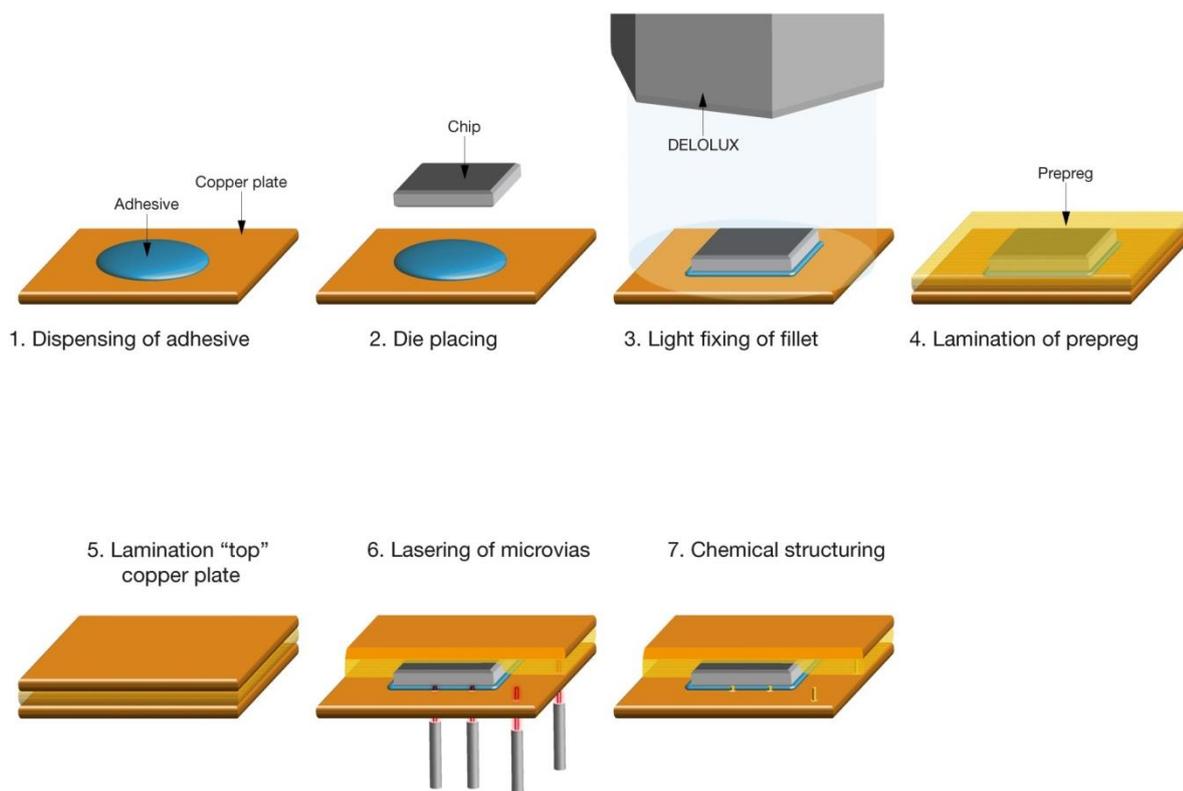
Diese mCD Klebstoffmuster wurden mit 25µ Abstandspacer ausgestattet, um den definierten Abstand einzuhalten welcher wegen des späteren Laserprozess nötig ist um Bauteile nicht zu beschädigen.

Erste Verarbeitungstest wurden als positiv bewertet; bei weiterer Bearbeitung zum Leiterplattenmodul wurde herausgefunden, dass nach dem Setzprozess der Bauteile auf Kupferplatten die Komponenten fixiert werden müssen, da ansonsten die Kontaktstellen nicht definiert anzutreffen sind, da die Bauteile im flüssigen Klebstoff schwimmen.

DELO führt im Produktportfolio sogenannte DUALBOND mCD Systeme, welchen den Vorteil bieten, die Kehlnaht gesetzter Bauteile mit UV/Licht zwischen 0,1 - 5s zu belichten um damit eine Handlingsfestigkeit zu erreichen. Ein weiterer zwingend erforderlicher Warmhärteschritt hat die Endaushärtung des Klebstoffes zur Folge.

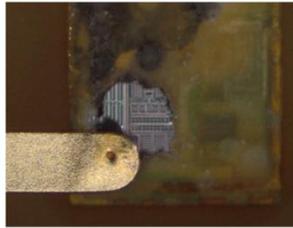
Diese prinzipielle Prozessidee wurde zunächst mit DELO-DUALBOND mCD Standardprodukten erprobt, AD340 als niederviskose und AD345 als hochviskose Variante.

Prozessablauf:



Die Ankontaktierung im Leiterplattenherstellprozess konnte erfolgreich ausgeführt werden, mit DELO-DUALBOND AD340, welcher aufgrund der Viskosität besser verarbeitbar war, wurden die weiteren Embedding-Prozesse getestet.

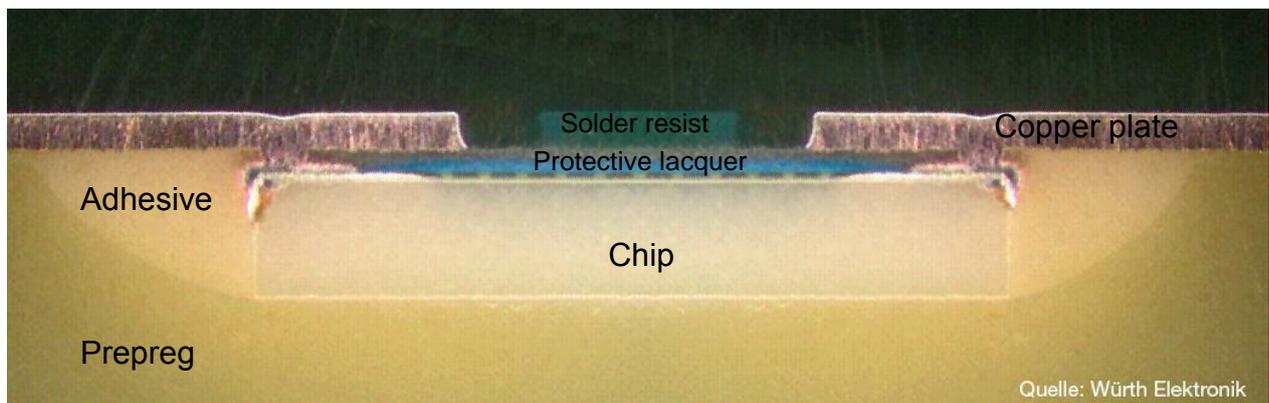
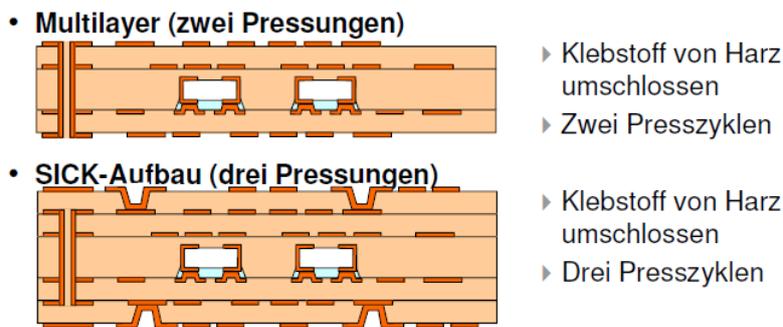
Wie zu erwarten kam es zu Ablösungen des Klebstoffes aufgrund des großen Längenausdehnungsunterschieds.

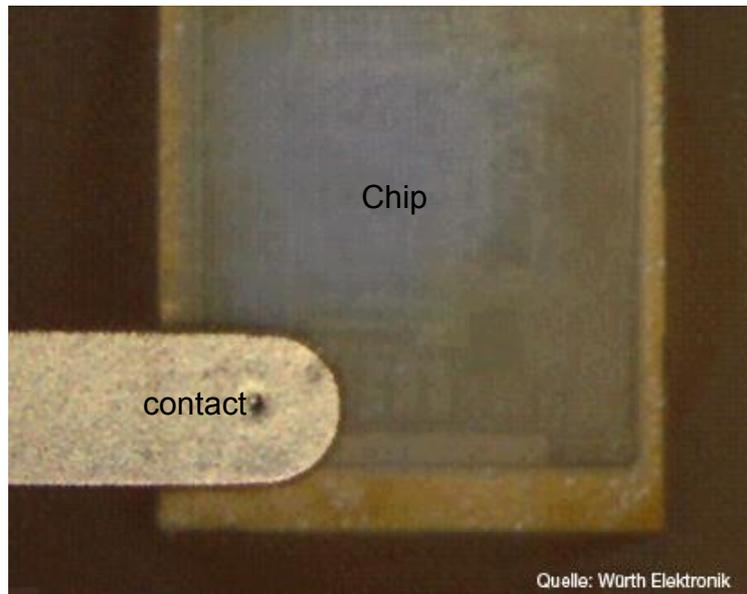


Durch verschieden modifizierte Rezepturabmischungen und der Zugabe von weiteren mikro- und nanoskaligen Füllstoffen konnte der Längenausdehnungskoeffizient näher der Längenausdehnung eines FR4/ prepreg Materials angepasst werden. Es entstanden 2 verschiedenen VE Muster, welche bei DELO auf Reproduzierbarkeit, Lagerstabilität und Verarbeitungszeit vorerst abgetestet werden mussten.

DELO-DUALBOND AD VE 81170
 DELO-DUALBOND AD VE 81171

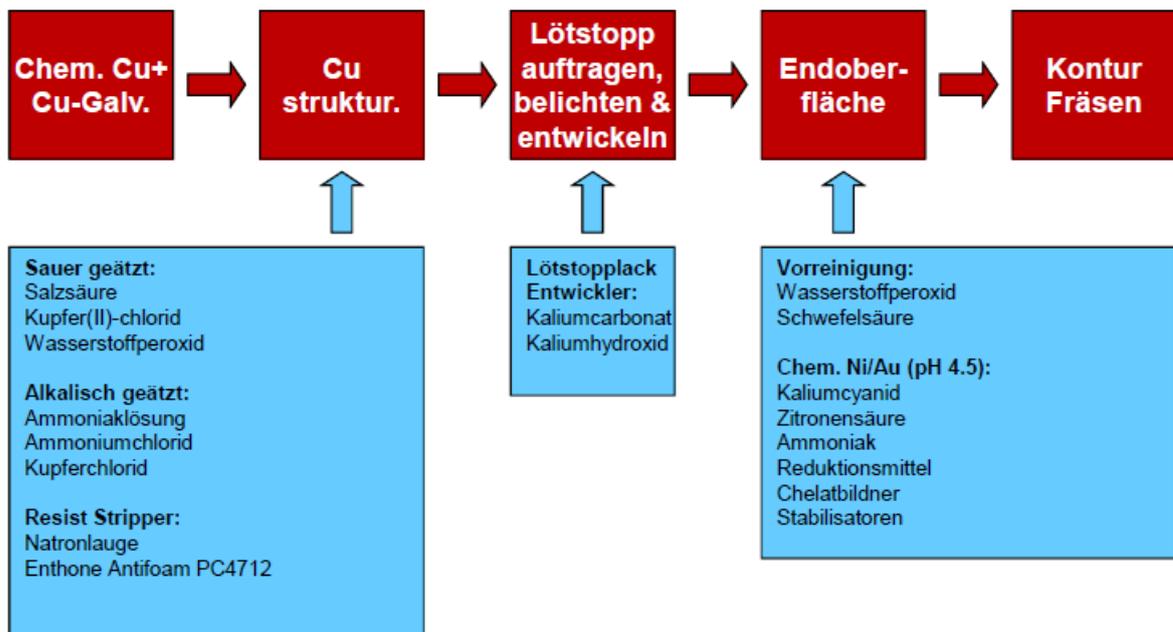
Nach Verarbeitungstests dieser beiden Klebstoffe hat sich die Verarbeitung des DB VE 81171 als etwas besser bewiesen und alle weiteren Schritte wurden mit diesem Klebstoff vollzogen.





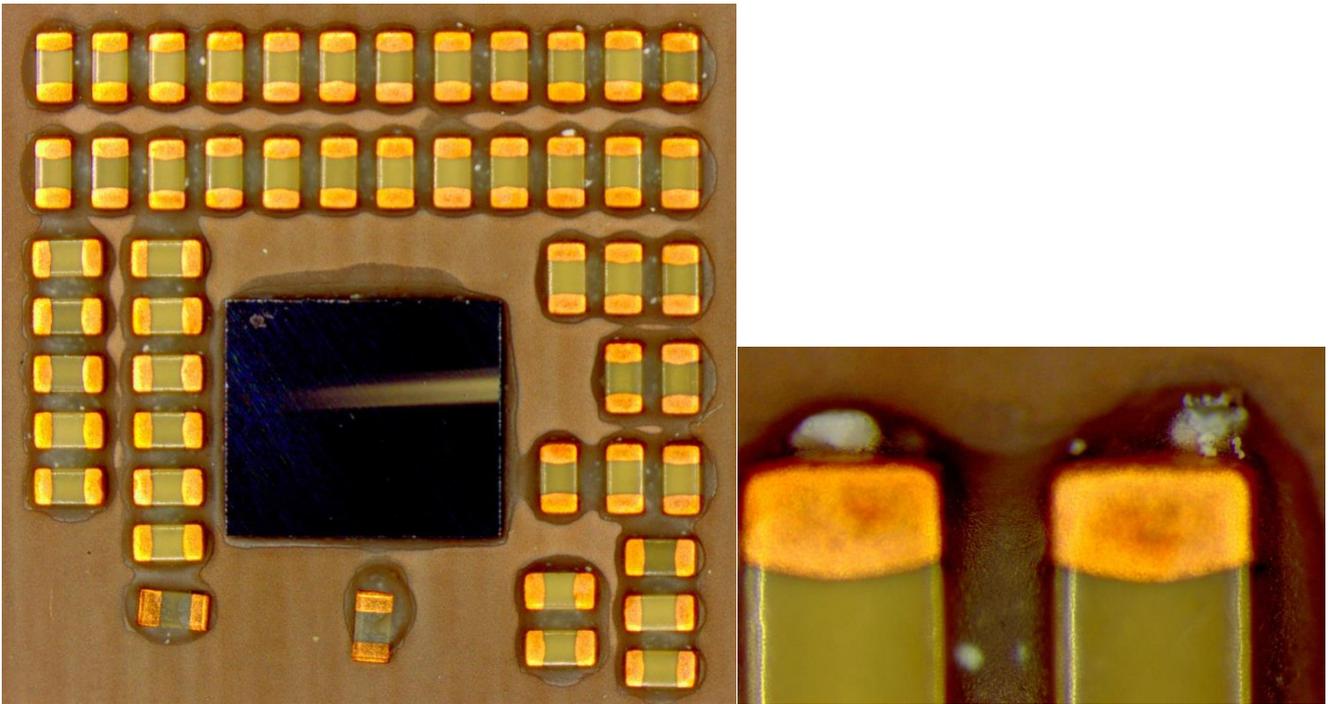
Nach erfolgreichem Aufbau der eingebetteten Module muss der Klebstoff dem Leiterplattenherstellprozess mit den verbundenen chemischen Bädern standhalten.

• **LP-Prozesse Teil 2**



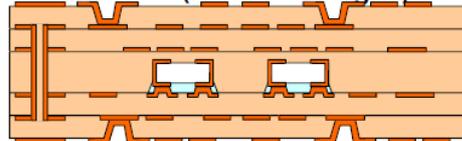
Mit DELO-DUALBOND AD VE 81171 wurden all diese Bearbeitungsprozesse überstanden und es konnten Module mit eingebetteten Bauteilen hergestellt werden im Labormaßstab. Bei weiteren Testserien wurden kleinere Anpassungen am Klebstoffherstellprozess vorgenommen, da Auffälligkeiten entstanden sind wie weiße Partikelerscheinungen am Klebstoff im ausgehärteten Zustand. Hierbei handelte es sich um nicht komplett eingerührte Nanopartikel, welche durch optimierte Rührparameter und Rührgeschwindigkeiten komplett einzuarbeiten sind. Dieses Prozessfenster wurde bei DELO untersucht und auf ein Optimum erarbeitet, um weiße Partikelentmischung zu verhindern.

Beispiel Partikelentmischung aufgebaut bei Würth Elektronik:



Das SICK Modul 2 wird in Mikroviertechnologie (Chip +) mit DB VE 81171 aufgebaut.

• **SICK-Aufbau (drei Pressungen)**



- ▶ Klebstoff von Harz umschlossen
- ▶ Drei Presszyklen

AP 6.1/ 6.2 Stapelung mittels ICA Klebern

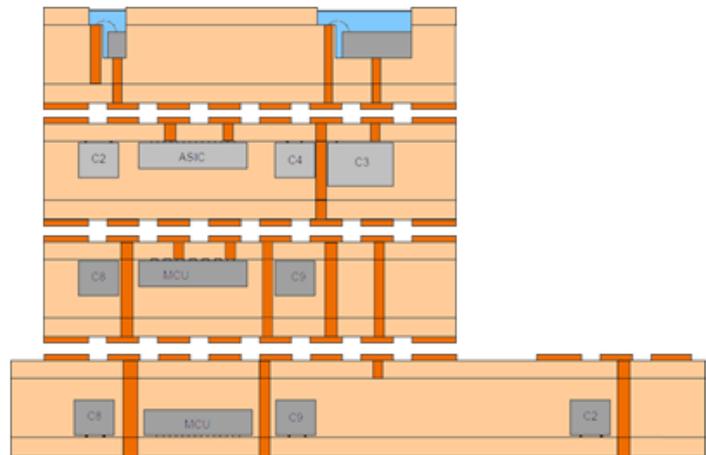
Anwendung: Modulstacking

Im Rahmen dieses Arbeitspaket wurden B-Stage Materialien entwickelt (1. Aushärteschritt: Licht; 2. Aushärteschritt: Wärmeaushärtung) Ziel: Funktion und hohe Zuverlässigkeit der gestapelten Module gemäß in AP1.1 definiertem Anforderungsprofil.

Dieses B-Stage Material wird auf die PCB Module aufgebracht, belichtet und in einem späteren Warmhärteschritt werden die PCB Module miteinander verbunden und die Kontaktstellen gleichzeitig kontaktiert.

▪ Modularer Aufbau am Beispiel „optischer Sensor“

- Optikmodul
- Analogfrontend-Modul
- Microcontroller
Digitalverarbeitungs – Modul
- Anschluss- und
Versorgungs – Modul



Es wurde eine Weiterentwicklung der B-Stage ICA Klebstoffe zur Erhöhung der elektrischen Leitfähigkeit im B-Stage Zustand und der thermischen Leitfähigkeit mit Nanopartikeln zur Optimierung der Wärmeableitung angestrebt.

Die Grundlagenforschung wurde hierbei beim Projektpartner IZM erforscht.

Leider konnte die Entwicklungsrichtung B-Stage ICA Klebstoffe nicht weiter verfolgt werden, da die erste Verarbeitungstest bei DELO zeigten, dass die Eindringtiefe der UV Belichtung nicht ausreicht um den Klebstoff ausreichend vor zu härten.

Daher wurde übergegangen auf eine andere Variante der elektrisch leitfähigen Klebstoffe, B-Stage ACA Klebstoffe.

ACA Klebstoffe erfordern jedoch einen zusätzlichen Prozess der Thermokompression.

	vor Belichtung	nach Belichtung	
B-Stage ICA			<ul style="list-style-type: none"> - Keine vollständige Belichtung möglich - Feuchte Oberfläche - sehr geringe Lagerstabilität
	vor Belichtung	nach Belichtung	
B-Stage ACA			<ul style="list-style-type: none"> - Belichtungstiefe abhängig von partikelanteil - keine feuchte Oberfläche an PCB - hohe Lagerstabilität

Die Herausforderungen der Entwicklung des B-Stages ACA Klebstoffes und Prozess liegen in der richtigen Füllmenge der leitfähigen Partikel, die Evaluierung der leitfähigen Partikel selbst (welches Material ist geeignet), die Größenverteilung der Partikel und die Aushärteparameter (Satzparameter/ Temperatur/ Druck/ Zeit)

Möglich einsetzbare Basissysteme für B-Stage Klebstoffe wurden mit nano- und mikromodifizierten Füllstoffen ausgestattet um Eigenschaften wie trockene Oberflächen nach Belichtung und Aufschmelzverhalten beim Warmhärteschritt zu definieren. Dieses Lagerstabilitätsverhalten sowie Verarbeitungszeiten der Klebstoffe wurden vorab DELO intern ermittelt.

Als mögliche leitfähige Partikel standen typische allgemein verfügbare leitfähige Partikel in verschiedenen Partikelgrößen zur Verfügung. Eine durch Interaktion mit der Chemie verbundene Instabilität konnte theoretisch ausgeschlossen werden, so sollte die Partikeleignung durch Evaluierung im Testaufbau durch Modulstacking bestimmt werden.

Mögliche Partikel:

- Vergoldete Polymerpartikel (10µ,20µ)
- Nickelpartikel (5µ,16µ)
- Silberpartikel (3µ)
- Vergoldete Nickelpartikel (2,5µ)
- Wolframpartikel (1,8µ, 4,9µ)

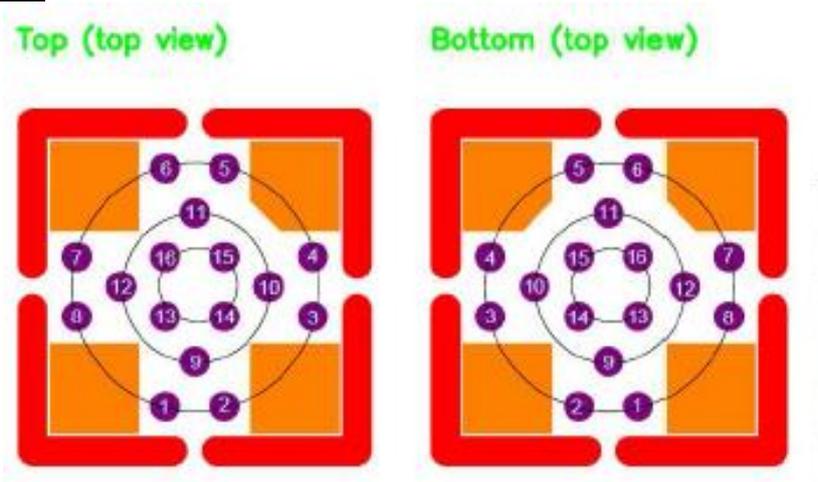
Im ersten Versuchslauf wurden folgende Klebstoffe getestet:

- DELOMONOPOX BS VE 60160 (ungefüllt, zur Prozessevaluierung)
- DELOMONOPOX BS VE 60189 (10% Au/ Polymer 20µ)
- DELOMONOPOX BS VE 60190 (15% Ni 16µ)
- DELOMONOPOX BS VE 60191 (15% Ag/Ni 28µ)
- DELOMONOPOX BS VE 60192 (10% Au/ Polymer 20µ)

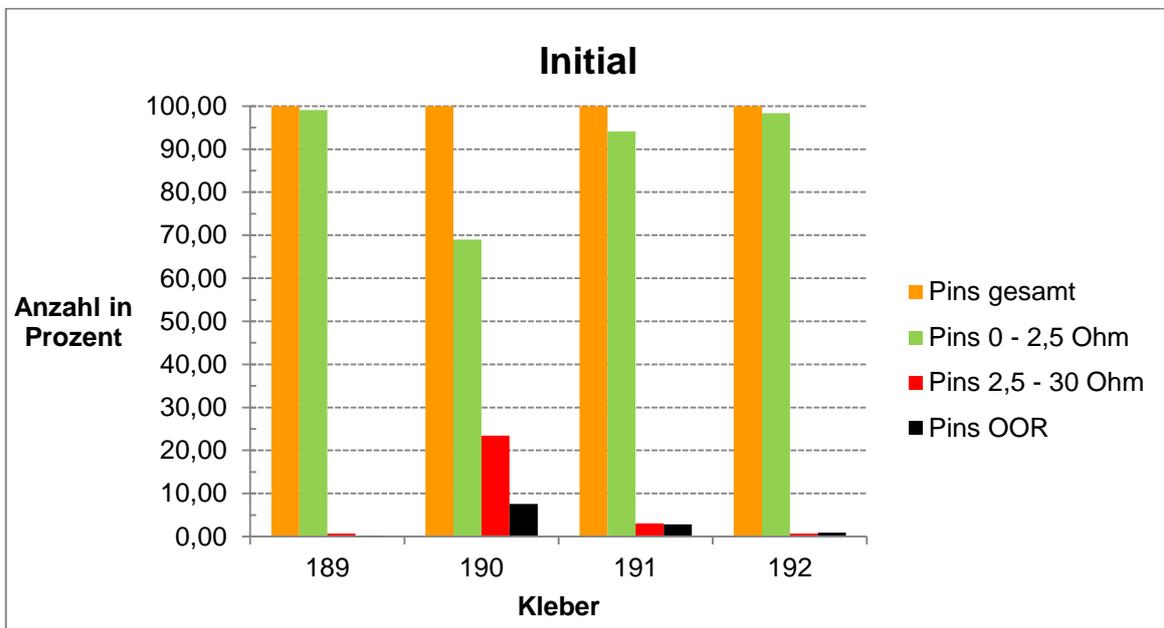
Klebstoff	Initialwert	Test M3 3 x Reflow peak 260°C	Test M4 Temp. Lagerung 240h bei +125°C	Test M5 Feucht Lagerung 96h 40°C/93% Luftfeuchte	Test M6 Temp. Zyklen 200 x -40°C/ +125°C
B-Stage ACA VE 60189	Module verklebt	Stacks mit je x Modulen	Stacks mit je x Modulen	Stacks mit je x Modulen	Stacks mit je x Modulen
B-Stage ACA VE 60190	Module verklebt	Stacks mit je x Modulen	Stacks mit je x Modulen	Stacks mit je x Modulen	Stacks mit je x Modulen
B-Stage ACA VE 60191	Module verklebt	Stacks mit je x Modulen	Stacks mit je x Modulen	Stacks mit je x Modulen	Stacks mit je x Modulen
B-Stage ACA 60192	Module verklebt	Stacks mit je x Modulen	Stacks mit je x Modulen	Stacks mit je x Modulen	Stacks mit je x Modulen

Dauer Einlagerung/ Anzahl Module	x h	x h	240h	96 h	~100h
---	-----	-----	------	------	-------

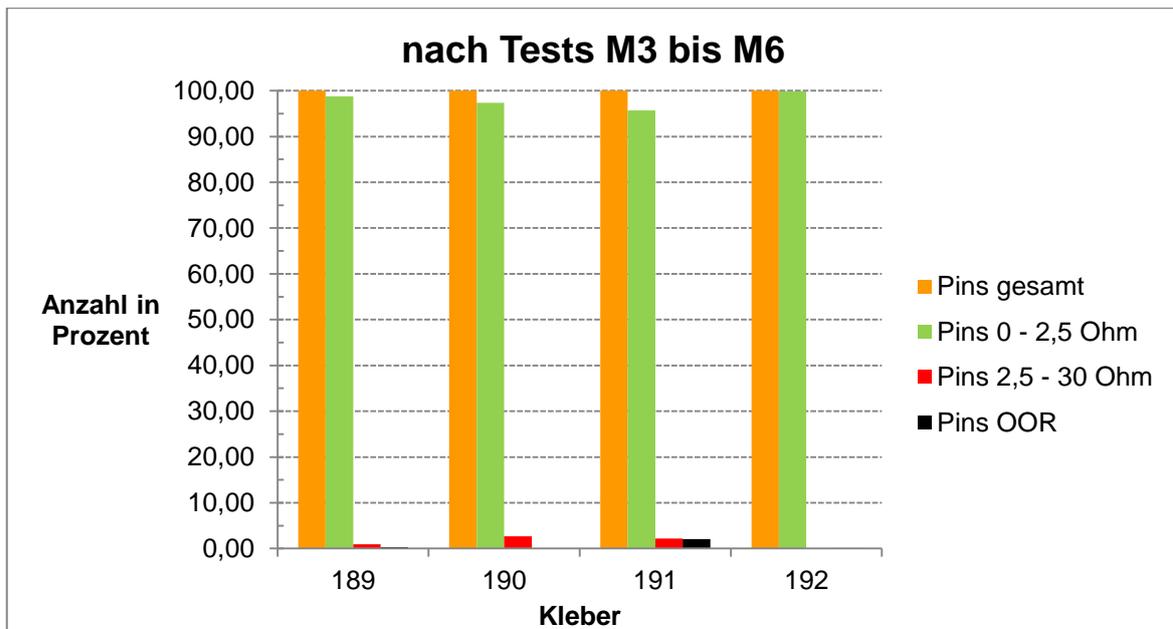
Modulkontakte 1-16:



Evaluierung der B-Stage Klebstoffe durch Aufbau von Modulen:



Initialmessung	VE60189	VE60190	VE60191	VE60192
Pins/ Module gesamt	864	848	848	864
s/ Module 0 - 2 Ohm	856	585	798	850
Pins/ Module 2,5-30 Ohm	6	199	26	6
Pins/ Module OOR	2	64	24	8



Anzahl Gute Pins	VE60189	VE60190	VE60191	VE60192
Pins/ Module gesamt	640/ 40	416/ 26	768/ 48	832 /52
Pins/ Module 0 - 2 Ohm	632/ 39	405/ 25	735/ 46	831/ 51
Pins/ Module 2,5- 30 Ohm	6/ <1	11/ <1	17/ 1	0/ 0
Pins/ Module OOR	2/ <1	0/ 0	16/ 1	1/ <1

Die 20 μ goldbeschichteten Polymerpartikel haben sich in den Klebstoffen DELOMONOPOX BS VE 60189 und VE 60192 als geeignet gezeigt. Die höherviskose Einstellung des VE 60192 sowie die längerfristige Rohstoffverfügbarkeit der eingesetzten Füllstoffe sind aufgrund der Bezugsquellen besser geeignet für späteres Upscaling zum Serienprodukt. Für weitere Untersuchung und zur weiteren Evaluierung des Verfahrens wurde somit der Klebstoff DELOMONOPOX BS VE 60192 auserwählt.

Außerdem wurde in Zusammenarbeit mit dem IZM Fraunhofer eine mögliche Verbesserung der Kontaktstellen durch Erhöhung der eingesetzten Füllmenge untersucht.

Hierfür wurden zwei weitere Klebstoffmodifikationen übergeben:

- DELOMONOPOX BS VE 60225 (25% Ni 16 μ)
- DELOMONOPOX BS VE 60227 (15% Au/ Polymer 20 μ)

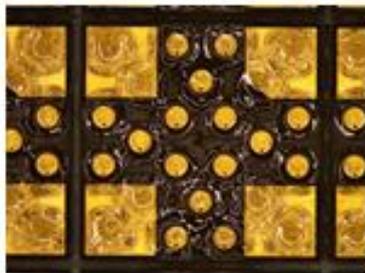
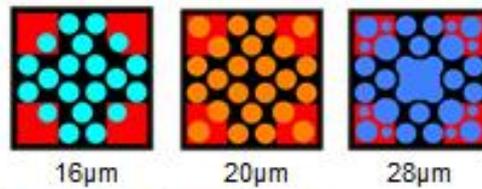
Auch bei dieser Untersuchung hat sich bestätigt, dass die 20 μ Au/ Polymer die geeigneteren Partikel sind, auch mit der erhöhten Nickelmenge waren noch einige nicht kontaktierte Bauteile vorhanden. Die 15% Füllmenge des DELOMONOPOX BS VE 60227 hat diverse unerwünschte Kontaktübergänge geschaffen, was auf eine zu große Füllmenge hinweist.

Daher blieb als Favorit der Klebstoff DELOMONOPOX 60192 mit einer leitfähigen Füllmenge von 10%.

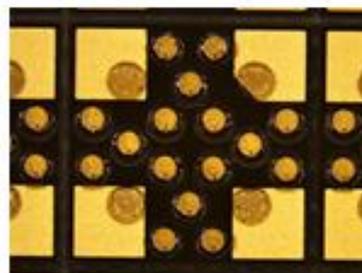
Applikation:

Schablonendruck

- Schablonendicke: 50µm
- für jede Partikelgröße ein entsprechendes Layout



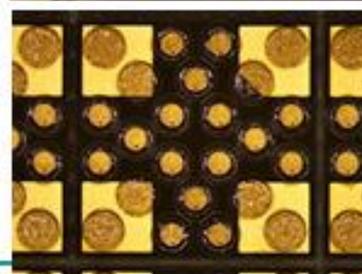
DB 189



DB 190



DB 191

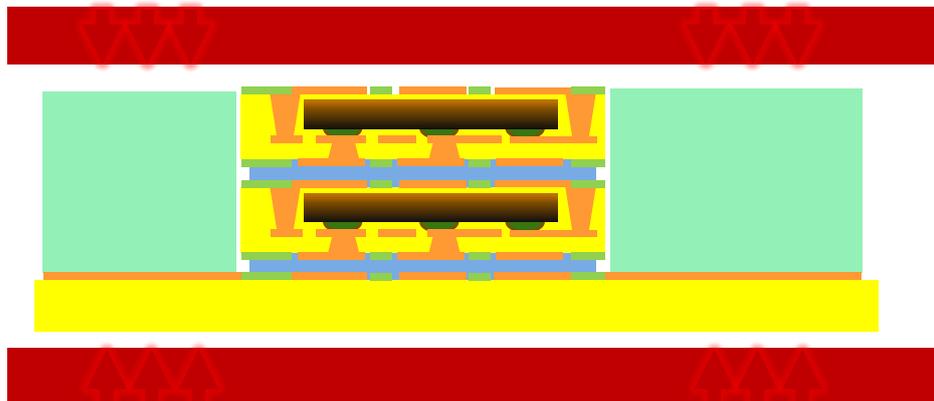


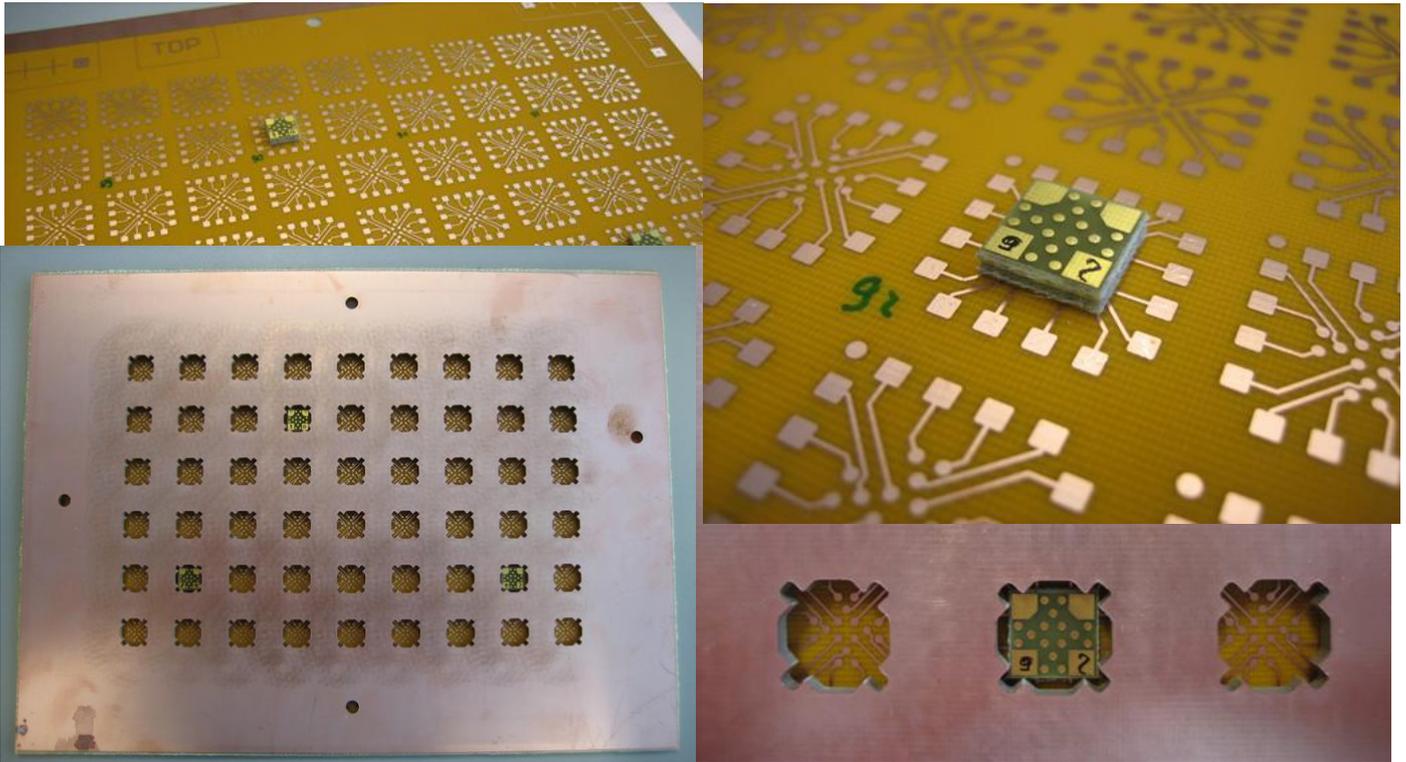
DB 192

© Fraunhofer IZM



Endaushärtung durch Verpressen:





AP6.3: Zuverlässigkeitsbewertungen

DELO hat projektbegleitend die Untersuchungen verfolgt. Hierbei ergaben sich Rückschlüsse auf die entwickelten Klebstoffe. Die Möglichkeit der iterativen Schritte für Arbeitspakete AP 6.1 und AP6.2 wurde abgeleitet. (Durchführung von Kurzqualifikation M5-M6 – M3 Reflow, M4 Temperaturlagerung, M5 Feuchtelagerung, M6 Thermischen Zyklen).

Weiterhin wurden von DELO die Analyse Verarbeitungszeit und Lagerstabilität der Klebstoffe untersucht. Die wesentlichen Aktivitäten fanden jedoch in Arbeitspaket AP6.1 und AP6.2 statt.

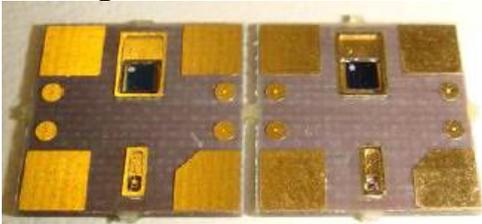
Zusätzliche Themen außerhalb der APs

Optischer Verguß des SICK-Modul



- Fill cavities with transparent electrically insulating glue

Das oberste Sensormodul von SICK enthält eine Photodiode und eine LED, welche jeweils in eine Kavität gesetzt werden. Nach Kontaktieren mit ICA Klebstoff DELOMONOPOX DA VE 71612 und Wirebonding müssen diese beiden Bauteile mit einem transparenten vergilbungsstabilen Klebstoff vergossen werden. Hierfür hat DELO aus der Produktentwicklung für optisch transparente LED Vergußmassen bereits Vorentwicklungen getätigt und somit auf den kationischen Klebstoff DELOKATIOBOND OM VE 112161 zurückgreifen können.



Die Vergilbungstabilität und optische Transparenz wurde auch nach Einlagerungen des Kurzqualifikationsprogramm bei Rood Microtec optisch als i.O. bewertet.

Verkleben einer PC-Linse mit oberstem SICK Bauteil

Nach dem Verguß der beiden Kavitäten mit anschließender Beschichtung werden auf Industriesensoren Linsen aus PC verklebt zur Reichweitenregulierung der Sensoren.

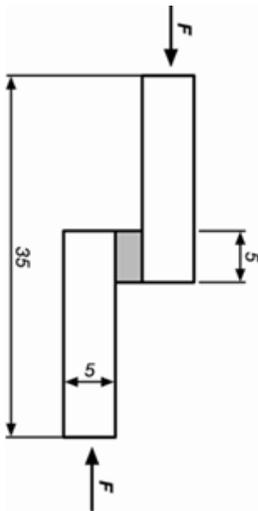
Zur Verklebung wurde ein lichthärtender Klebstoff aus dem DELO Produktportfolio gewählt. DELO-KATIOBOND OB642. Dieser ist transparent und kann durch eine PC Linse hindurch mit einer Aushärtelampe ausgehärtet werden. Zur Evaluierung der nötigen Festigkeiten wurden Druckscherkörper aus DELO-KATIOBOND OM VE 112161 inkl. leitfähiger Beschichtung hergestellt, welche mit einem PC Druckscherkörper mit DELO-KATIOBOND OB642 verklebt wurden.

Als Festigkeit wurde im Projektteam eine Festigkeit über 5MPa festgelegt.

Prüfkörper: 20 x 20 x 5 mm

Klebschichtdicke: 0,1 mm

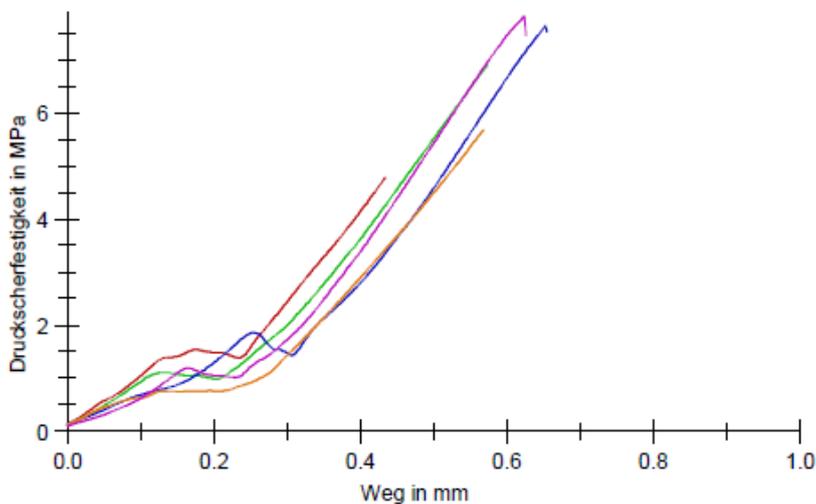
Prüfgeschwindigkeit: 10 mm / min



Kunde / Projekt : MANOS
 Material / Fügeteil : DSK aus KB OB64/PC?; 0,1mm
 Produktgruppe : KATIOBOND strahlungshärtend
 Klebstoff : OB642
 Chargennummer : -
 Aushärtebedingungen : -
 Lagerung : -
 Prüftemperatur : RT
 Vorbehandlung / Tempem : KB ist beschichtet
 Prüfer : rrr
 Prüfnorm : DELO-Norm 5 - Druckscherfestigkeit
 Kraftaufnehmer : 20 kN
 Vorkraft : 10 N
 Geschwindigkeit Vorkraft : 5 mm/min
 Prüfgeschwindigkeit : 10 mm/min
 Maschinendaten : Zwick Z020

Ergebnisse:

Nr	F max N	Druckscherfestigkeit MPa	L max mm	Überlappung mm	Probenbreite mm	Prüfdatum	Angaben zum Bruch
1	482,59	4,78	0,43	5,05	20,00	16.10.2014	beids adh
2	708,15	6,92	0,57	5,12	20,00	16.10.2014	beids adh
3	672,53	7,64	0,65	4,40	20,00	16.10.2014	beids adh
4	556,44	5,68	0,57	4,90	20,00	16.10.2014	überw adh PC?
5	832,17	7,82	0,62	5,32	20,00	16.10.2014	adh KB



Statistik:

Serie n = 5	F max N	Druckscherfestigkeit MPa	L max mm
\bar{x}	650,37	6,57	0,57
s	135,88	1,31	0,08
v [%]	20,89	19,91	14,74

Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN geplant	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Schlussbericht
3. Titel <b style="text-align: center;">Modularer Aufbau von Systemen mit nanomodifizierten Oberflächen für Automobil- und Industrie-Sensorik <b style="text-align: center;">MANOS	
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)] Ruf Norman	5. Abschlussdatum des Vorhabens Dezember 2014
	6. Veröffentlichungsdatum geplant
	7. Form der Publikation Fachzeitschrift
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) <b style="text-align: center;">DELO Industrie Klebstoffe DELO-Allee 1 86949 Windach Deutschland	9. Ber. Nr. Durchführende Institution 1 Abschlussbericht
	10. Förderkennzeichen 16SV5332
	11. Seitenzahl 26
12. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	13. Literaturangaben 0
	14. Tabellen 5
	15. Abbildungen 35
16. Zusätzliche Angaben	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum) Siehe Projektpartner/ Projektleiter	

1. Derzeitiger Stand von Wissenschaft und Technik

Die Leiterplatten – Embeddingtechnologie ist zum heutigen Zeitpunkt für hochpreisige high-end Anwendungen bereits Stand der Technik und wird in verschiedensten Aufbauverfahren angewendet. Wissenschaftlich – technologische Untersuchungen zur Optimierung und zur neuen Evaluierung verschiedenster Aufbauvarianten finden hauptsächlich von den am Markt vertretenen Leiterplattenherstellern statt. Die individuelle Möglichkeit der modularisierten Komplettierung einzelner embedded Module im Sensorik Bereich kann einen wesentlichen Anwendungsvorteil am Markt aufzeigen. Klebstoffe können für die Aufbauvarianten angefertigt und modifiziert werden, die sehr spezifisch individuellen Techniken zeigen jedoch im Moment keine Möglichkeit eines marktfähigen-universellen Standardklebstoffes auf.

2. Begründung/ Zielsetzung der Untersuchung

Ziel der einzelnen Arbeitspakete für DELO war es allgemein einsetzbare Klebstoffe zu entwickeln, die sowohl im Sensorik Aufbau für Automobil und Industrie Anwendung finden können. Für die beiden definierten Embedding verfahren Chipplus und „Lasercavity“ wurden jeweils spezielle Klebstoffe nach definiertem Lastenheft entwickelt. Ebenso wurde für die Varianten der Modulstackings je ein Klebstoff entwickelt. (Modulstacking mit B-Stage ACA, Modulstacking mittels Selbstjustage)

3. Methode

Chip last (Lasercavity) embedding mit Lotpartikel ACA-Klebstoff

Das Lasercavity Verfahren ist eine bereits eingesetzte Methode des embedding von Würth Elektronik. In Leiterplatten gefräste Kavitäten wird ein mit Lotpartikeln gefüllter anisotropisch leitfähiger Klebstoff appliziert, welcher durch das Einsetzen des zu embeddenden Bauteils durch Thermokompression sowohl den elektrischen Kontakt herstellt als auch durch den Wärmeeintrag aushärtet. Durch einen weiteren prepreg Verfüllprozess wird die Leiterplatte wieder geschlossen und man hat ein Platinenmodul mit einem integrierten Bauteil.

Chip first (Chipplus) embedding mit nichtleitfähigem Klebstoff

Beim Chipplus Verfahren wird ein Bauteil auf eine Kupferplatte geklebt, hier muss der Klebstoff einen definierten Spalt zwischen Bauteilkontakt und Kupferplatte einstellen. Zusätzlich wird durch Lichtfixierung des Kehlnaht des Klebstoffes das Bauteil gegen Verrutschen gesichert, was die spätere Ankontaktierung gewährleistet. Die Kupferplatte mit den durch Licht und Wärmeaushärtung verklebten Bauteilen durch läuft den üblichen Leiterplattenherstellprozess mit allen chemischen Bädern und Strukturierungen. Durch freilasern der Kontaktstellen des bereits embeddeden Bauteils ist eine mehrschichtige Ankontaktierung auf der Leiterplatte durch chemische Strukturierung möglich. Nach Beendigung des Herstellprozesses erhält man ein Platinenmodul mit entegriertem Bauteil oder Bauteilen.

Modulstacking mit B-Stage ACA-Klebstoff

Für das Modulstacking mit B-Stage ACA-Klebstoffen wird der Klebstoff auf die Module aufgetragen. Dies kann im Leiterplattenformat vor Vereinzeln der Module mittels Sieb/ Schablonendruck oder auch ein anderes mögliches flächiges Auftragsverfahren stattfinden bei welchem eine einheitliche Klebschichtdicke aufgetragen werden kann. Die nötige Klebschichtdicke wird definiert durch die eingesetzte Partikelgröße im Klebstoff und die benötigte Klebstoffmenge um die Modulfläche vollständig zu benetzen. Der Klebstoff wird mittels UVA-Licht im Wellenlängenbereich 320 – 380nm in den A-Stage ausgehärtet und ist in diesem Zustand handelbar und auch bis zu 6 Monate lagerfähig. In einem Folgeschritt werden in den selben Zustand mit B-Stage befindliche Module planar aufeinander gestapelt und mit Thermokompression durch Druckbeauftragung ankontaktiert und mittels Wärmeeintrag gleichzeitig ausgehärtet.

Modulstacking mittels Selbstjustage

Dieses Stackingverfahren wurde parallel untersucht um ein weiteres Verfahren der Modularisierung zu ermöglichen.

Da zur Verwirklichung des selbständigen Ausrichtens der Module sehr niederviskose ungefüllte Klebstoffe nötig sind muss auf die Kontaktstellen des Platinenmoduls vorab ein elektrisch leitfähiger ICA-Klebstoff aufgetragen werden. Ebenfalls zu dem Flüssigen ICA-Klebstoff wird der Selbstjustageklebstoff aufgetragen. Durch die geringe Viskosität dieses ungefüllten Systems fließt der Klebstoff an die noch unbenetzten Stellen des Moduls um die Kontaktstellen und bildet einen Klebstofftropfen auf dem Modul aus. Ein Herunterfließen an den Kanten wird durch eine hydrophobe Beschichtung der Kanten und /oder erhöhte Kanten verhindert. Ein weiteres Modul wird unausgerichtet in den Klebstofftropfen gelegt, durch die Anzugskraft der Benetzung des hineingelegten Moduls richtet sich das obere Modul zu den Konatktstellen und Ausrichtungskontakten selbst aus. Die elektrische Kontaktierung übernimmt der vorher aufgetragenen elektrisch leitfähige ICA-Klebstoff. Durch einen Warmhärteschritt bei +150°C werden die Klebstoffe ausgehärtet.

4. Ergebnis

Chip last (Lasercavity) embedding mit Lotpartikel ACA-Klebstoff

Der entwickelte Klebstoff DELOMONOPOX AC hatte (Viskosität, Partikelgröße, Partikelkonzentration, mineralische/ nano Füllstoffe) neben guter Verarbeitbarkeit auch gute Kontaktierungen unter anderem nach weiterem Reflowtest M3 und auch nach Temperaturlagerung +125°C M4. Funktionierende Bauteile können mit DELO Lotpartikel ACA Klebstoff aufgebaut werden. Da die Dummyaufbauten, im uneingebetteten Zustand eingelagert wurden hat eine Feuchtelagerung M5 und Temperatur Zyklen M6 natürlich direkten Einfluss auf den Klebstoff selbst, was sich in diesen Einlagerungsergebnissen bemerkbar machte.

Die angedachte Verwendung sollte jedoch ursprünglich definiert im eingebetteten Zustand stattfinden, wodurch Test M5 und M6 deshalb keine Aussage auf die definierte Verwendung darstellen.

Chip first (Chipplus) embedding mit nichtleitfähigem Klebstoff

Durch den DUALBOND VE 81171 Klebstoff welcher ein Fixieren der Bauteile ermöglicht und somit ein Verrutschen der Bauteile verhindert können Bauteile erfolgreich kontaktiert werden. Ebenso hält der Klebstoff allen Einflüssen des Leiterplattenherstellprozesses stand um funktionierende eingebettete Module herzustellen.

Modulstacking mit B-Stage ACA-Klebstoff

Das Modulstacking kann mit dem entwickelten B-Stage ACA-Klebstoffen DELOMONOPOX BS VE 60192 durchgeführt werden. Der Auftrag wurde im Leiterplattenformat vor Vereinzeln der Module mittels Schablonendruck realisiert. Der Klebstoff wird mittels UVA-Licht im Wellenlängenbereich 320 – 380nm in den A-Stage ausgehärtet und ist in diesem Zustand handelbar und auch bis zu 6 Monate lagerfähig. In einem Folgeschritt wurden in den selben Zustand mit B-Stage befindliche Module planar aufeinander gestapelt und mit Thermokompression durch Druckbeauftragung ankontaktiert und mittels Wärmeeintrag gleichzeitig ausgehärtet.

Modulstacking mittels Selbstjustage

Das Selbstjustageprinzip wurde mit DELOMONOPOX AD VE 518415 realisiert. Zur Ankontaktierung wurde der isotrop leitfähige DELOMONOPOX DA VE 71612 verwendet. Auch bei sehr ungenauer Platzierung der Module schwimmen diese dennoch sehr genau auf die Kontaktstellen und Kontaktpads ein. Im Warmhärteschritt werden beide Klebstoffe ausgehärtet und ein durchkontaktiertes Modul kann funktionierend aufgebaut werden.

5. Schlussfolgerung/ Anwendungsmöglichkeit

Beide Embeddingtechnologien Chipplus und „Lasercavity“ können mit den entwickelten Klebstoffen angewendet werden. Aufgrund der Bauteilverfügbarkeit meist nur als SMD Bauteile sind bestimmte Kontakt/ Pitchabstände vorgegeben (60µ) was zu Kurzschlüssen bei der Embeddingtechnologie „Lasercavity“ mit Lotpartikel ACA-Klebstoffen, ebenso kann die chemische Strukturierung der Kontaktstellen nicht immer derart feinst gestaltet werden. Für die spezifische Anwendung der Industriesensorik und Automobilsensorik wäre eine Überführung in ein vermarktbare Produkt technologisch aus Klebstoffsicht denkbar, wird jedoch in kein aktuelles Produkt übernommen. Die spezifischen Kriterien sind für DELO aus Klebstoffsicht nicht einsehbar.

19. Schlagwörter

Self assembly, Selbstjustageklebstoff, B-Stage Klebstoff, embedded components, Einbetttechnologie, Stacking, hohe Zuverlässigkeit, Nano- und mikromodifizierte Klebstoffe, Lotpartikel

20. Verlag

21. Preis

Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN planned	2. type of document (e.g. report, publication) final report
3. title Modular Setup of Systems with Nano-modified Surfaces for Automotive and Industrial Sensors MANOS	
4. author(s) (family name, first name(s)) Ruf Norman	5. end of project December 2014
	6. publication date planned
	7. form of publication professional magazine
8. performing organization(s) (name, address) DELO Industrie Klebstoffe DELO-Allee 1 86949 Windach Germany	9. originator's report no. 1 final report
	10. reference no. 16SV5332
	11. no. of pages 26
12. sponsoring agency (name, address) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn Germany	13. no. of references 0
	14. no. of tables 5
	15. no. of figures 35
16. supplementary notes	
17. presented at (title, place, date) see project partners / project managers	

18. abstract

1. Status quo of science and technology

Today, embedding technology for printed circuit boards is state of the art in upscale high-end applications, and is already used by a broad variety of setup techniques. Scientific-technological tests for the optimization and re-evaluation of various setup variants are mainly performed by the PCB manufacturers present in the market. The individual possibility of modularized completion of single embedded modules in the sensor industry can exhibit a key application benefit in the market. Adhesives can be produced and modified for the setup variants. However, the very specific and individual techniques do not present the possibility of a marketable, multi-purpose standard adhesive.

2. Reason / objective of the test

The goal of the single work packages for DELO was to develop adhesives that can be generally used in both automotive sensor setup and industrial applications.

Special adhesives were developed according to a defined specification for both defined embedding methods (chip plus, laser cavity). In addition, one adhesive each was developed for the module stacking variants (module stacking with B-stage ACA adhesive, module stacking by self-assembly).

3. Method

Chip last (laser cavity) embedding with ACA adhesive with solder particles

Würth Elektronik already uses the laser cavity method as embedding technology.

An anisotropic-conductive adhesive filled with solder particles is applied into the cavities milled into PCBs. This adhesive establishes the electrical contact and is heat-cured during placement of the component to be embedded through thermo-compression. The PCB is closed again through another prepreg filling process, resulting in a PCB module with an integrated component.

Chip first (chip plus) embedding with non-conductive adhesive

In the chip plus process, a component is bonded to a copper plate. The adhesive must set a defined gap between component contact and copper plate. In addition, the component is protected from slipping by fixing the adhesive fillet by light. This ensures later contacting. The copper plate with the components bonded by light and heat curing undergoes the common PCB production process with all chemical bathes and structuring processes. By lasering the contact areas of the embedded component, multi-layer contacting on the PCB is possible through chemical structures. After the production process, a PCB with integrated component or components is obtained.

Module stacking with B-stage ACA adhesive

For module stacking with B-stage ACA adhesive, the adhesive is applied to the modules. This can be done in PCB format prior to singulation of the modules by means of stencil/screen printing or another laminar application method where a uniform adhesive layer thickness can be applied. The required adhesive layer thickness is defined by the size of the particles used in the adhesive and the adhesive quantity required to completely wet the module surface. The adhesive is cured to its A-stage by exposure to UV light in a wavelength range from 320 to 380 nm. In this condition, it can be handled and even stored for up to 6 months. In a later process step, modules with B-stage in the same condition are stacked on top of each other, contacted by pressurization and simultaneously heat-cured by thermo-compression.

Module stacking by self-assembly

This stacking module was tested at the same time in order to enable another modularization method.

As the implementation of module self-assembly requires very low-viscous and unfilled adhesives, an electrically conductive ICA adhesive must be applied to the contact areas of the PCB module in advance. The self-assembly adhesive is applied to the liquid ICA adhesive. Due to the low viscosity of this unfilled system, the adhesive flows to the non-wetted areas of the module around the contact areas and forms an adhesive drop on the module. The adhesive is prevented from flowing down the edges by a hydrophobic coating of the edges and/or raised edges. Another non-aligned module is placed into the adhesive drop. Due to the attraction force of the wetting of the placed module, the upper module aligns itself towards the contact areas and alignment contacts. The previously applied electrically conductive ICA adhesive takes the task of electrical contacting. The adhesives are heat-cured at +150 °C.

4. Results

Chip last (laser cavity) embedding with ACA adhesive with solder particles

The developed DELOMONOPOX AC adhesive (viscosity, particle size, particle concentration, mineral/nano particles) had good processing properties as well as good contacting properties after another reflow test M3 and even after temperature storage at +125 °C M4. Functioning components can be set up with DELO ACA adhesive with solder particles. As the dummy setup were stored in non-embedded condition, humidity storage M5 and temperature cycles M6 have a direct influence on the adhesive itself, which played out in these storage results.

However, the intended application should be originally defined in embedded status. Therefore, test M5 and M6 do not allow any statements about the defined use.

Chip first (chip plus) embedding with non-conductive adhesive

Thanks to DELO-DUALBOND VE 81171, which enables component fixation and prevents slipping of the components, successful contacting of the components is possible. In addition, the adhesive withstands all influences of the PCB production process to produce functioning embedded modules.

Module stacking with B-stage ACA adhesive

Module stacking can be performed with the developed B-stage ADA adhesive DELOMONOPOX BS VE 60192. The adhesive was applied in PCB format by means of screen printing prior to singulation of the modules. The adhesive is cured to its A-stage by exposure to UV light in a wavelength range from 320 to 380 nm. In this condition, it can be handled and even stored for up to 6 months. In a later process step, modules with B-stage in the same condition are stacked on top of each other, contacted by pressurization and simultaneously heat-cured by thermo-compression.

Module stacking by self-assembly

The self-assembly principle was implemented with DELOMONOPOX AD VE 518415. The isotropic-conductive DELOMONOPOX DA VE 71612 adhesive was used for contacting. Even if the modules are very imprecisely placed, they still swim precisely towards the contact areas and contact pads. During heat curing, both adhesives are cured and a completely contacted and functioning module can be set up.

5. Conclusion / possibilities of use

Both embedding technologies, chip plus and laser cavity, can be implemented with the developed adhesives. As components are mostly available as SMDs only, certain contact / pitch distances are prescribed (60 µ). This can result in short circuits when using the laser cavity embedding technique with ACA adhesives with solder particles. In addition, the chemical structure of the contact areas cannot always be designed in the extremely fine way required. For the specific use in industrial and automotive sensors, a transfer to a marketable product would be technologically imaginable from an adhesive manufacturer's view. However, the concept will not be taken for a current product as the specific criteria are not observable for DELO in terms of adhesive technology.

19. keywords

Self-assembly, B-stage adhesive, embedded components, embedding technology, stacking, high reliability, nano- and micro-modified adhesives, solder particles

20. publisher

21. price