

Bernhard H. Mussler, Dieter J. Schwanke, Christina Modes

LTCC – die zwingende Alternative

Die steigende Zahl elektronischer Bauelemente und die geforderte ständig wachsende Packungsdichte machen es notwendig, über neue Möglichkeiten im Packaging nachzudenken. Eine der interessantesten und zukunftssträchtesten Technologien ist LTCC (Low Temperature Cofired Ceramic), die niedrig sinternde Keramik. Im Folgenden wird ein Überblick über den aktuellen Stand der Technik und das weitere Potential dieser Technologie gegeben. Der Fachbereich Elektrokeramik der IBM Deutschland Produktion GmbH sieht diese Technologie als erfolgversprechendes Geschäftsfeld an. Eine entscheidende Rolle kommt hierbei der Materialentwicklung zu. Der Produktbereich Dickfilm der W. C. Heraeus GmbH arbeitet derzeit an einer weiteren Optimierung seines bestehenden LTCC-Systems. Hauptziel ist es, ein durchgängig qualifiziertes Materialsystem auf dem Markt anbieten zu können.

Die ständig steigende Integrationsdichte in der Halbleiterindustrie erfordert auch eine verbesserte Leistungsfähigkeit im Packaging. Das Anwachsen der Kontaktdichte, die höhere Verlustleistung der Chips und die schnelleren Signallaufzeiten sind eine enorme Herausforderung für eine fortschrittliche, hochentwickelte Mehrlagen-Keramik-Technologie. Schnelle Signalimpulse müssen durch das Verbindungsnetzwerk gesandt werden, ohne daß die überlegene Leistungsfähigkeit des Halbleiters verloren geht.

Eine Reduzierung der Bauteilgrößen und die Integration passiver Bauelemente sind die derzeitigen Trends in der Mikroelektronik-Industrie. Nur die neue LTCC-Technologie ermöglicht es, passive Bauelemente, wie Widerstände und Kondensatoren, in das Mehrlagenpaket der ersten Verdrahtungsebenen einzubauen.

Im allgemeinen ist LTCC ein Glas-Keramikgemisch, das zusammen mit den Metallisierungspasten (z.B. Ag, AgPd, Au) bei einer Temperatur unterhalb des Schmelzpunktes der Metalle gebrannt wird. Somit vereint LTCC die Möglichkeiten der bei hohen Temperaturen im Cofiring gesinterten Keramiken (HTCC) mit denen der Dickfilmentechnologie. Zusätzlich bietet dies den Vorteil niedriger Sintertemperaturen (< 980 °C) und niedriger Dielektrizitätskonstanten. Es gibt zwei Grundtypen von LTCC-Systemen, wobei eines aus einem Gemisch aus

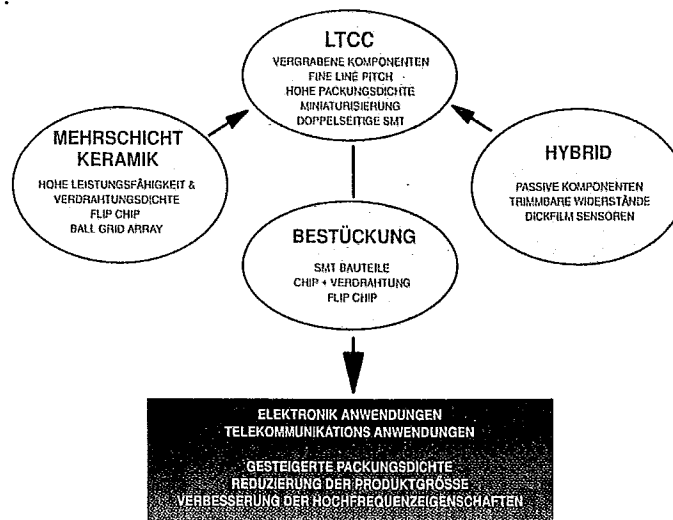


BILD 1: Packaging-Lösungen für elektronische Systeme

Glas und Keramik besteht, das andere eine auskristallisierende Glaskeramik ist. Die IBM Produktion GmbH, eine 100%-Tochter der IBM Deutschland GmbH, fertigt seit 1976 mehrlagige Chipträger im Werk Böblingen/Sindelfingen. Seit diesem Zeitraum wurden mehr als 3 Mio. Single- und Multichipmodule, jedoch nur für die IBM-eigene Computerproduktion, gebaut. Neben der Herstellung von HTCC-Substraten begann 1986 der Aufbau einer neuen Produktlinie für eine IBM spezifische Glaske-

ramik, die ausschließlich Substrate für IBM-Großrechneranlagen herstellte. Die Produktion dieser Bauteile endete 1994 aufgrund eines drastischen Einbruchs des Großrechnermarktes und der damit verbundenen sinkenden Nachfrage nach diesen Glaskeramik-Substraten. Die Fertigung wurde konsolidiert und die Teile werden nun komplett in den USA hergestellt. Seit 1992 bietet die IBM Produktion GmbH seine HTCC-Mehrlagentechnologie auf dem europäischen Markt an. Substrate für

die Anwendung in der Datenverarbeitung sowie in der Luft- und Raumfahrttechnik werden an französische, italienische und deutsche Kunden ausgeliefert. Zur Ausweitung der Produktionspalette wurde 1993 eine neue Technologie, ein kommerzielles LTCC-System, eingeführt. Dabei ist geplant, die Fertigungskapazität in dieser Technologie in den kommenden Jahren für sehr hohe Volumina auszudehnen.

Derzeit gibt es eine Vielzahl von Anwendungen für HTCC, dabei auch ganz besonders für LTCC-Substrate, die sich in naher Zukunft noch drastisch ausweiten werden. Insbesondere auf dem Gebiet der Automobiltechnik mit einer ständig steigenden Anzahl von elektronischen Bauelementen wird eine starke Expansion erwartet. Speziell in der aggressiven Umgebung eines Motorraumes mit ölhaltigen, feuchten, teilweise salzhaltigen Atmosphären, die mit extremen Vibrationen sowie mit hohen mechanischen und thermischen Belastungen einhergehen, ist die Keramiklösung anderen Technologien weit überlegen. Dies gilt ebenso bei anderen Anwendungen, bei denen Zuverlässigkeit und Widerstandsfähigkeit gefordert sind. Die Entwicklung auf dem LTCC-Sektor trägt dem Fortschritt in der Automobilelektronikindustrie Rechnung, der sich z. B. im Motormanagement, Antiblockiersystemen, Getriebesteuerungen, Einspritzanlagen, Airbagauslösesystemen, Sensoren, etc. zeigt. Die Zuverlässigkeitsanforderungen können von LTCC effektiver erfüllt werden.

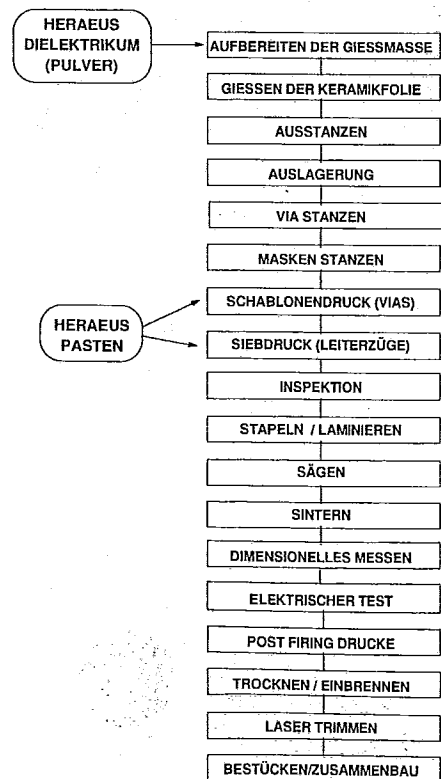


Bild 2: Schematischer LTCC-Prozessablauf

LTCC ermöglicht Multichip-Mehrlagen-Module mit sehr hoher Integrationsdichte herzustellen. Diese Technologie findet sowohl Anwendung im Telekommunikationsbereich, in der Datenverarbeitung als auch in der Automobilindustrie als eigenständiges Packaging-Konzept. Die Möglichkeit, außenliegende Leiterzüge in der Mehrlagenkeramik einzubauen, wird darüber hinaus zu einer Weiterentwicklung bei Hybridschaltkreisen führen. Außerdem zeigt LTCC ein günstigeres Hochfrequenzverhalten und bietet die Möglichkeit nicht aktive Komponenten einzubauen (Bild 1).

Die weltweite Konkurrenzsituation übt immer stärkeren Druck aus, kostengünstige Lösungen anzubieten. Dies gilt speziell im Packaging in der Automobiltechnik mit all seinen Anforderungen bezüglich Sicherheit, Zuverlässigkeit. Im Vergleich zum organischen Packaging ist beim Keramikpackaging der positive Umweltaspekt in Betracht zu ziehen.

Die derzeitigen Entwicklungsarbeiten beziehen sich auf folgende Punkte:

- ▷ Energieeinsparung (z. B. durch Niedrigtemperaturesintern),
- ▷ Einsparung von Prozeßmaterialien (z. B. Sintern in Luft statt Wasserstoff),
- ▷ sparsamer Einsatz von Edelmetallen,
- ▷ Einführung nicht toxischer Pasten und
- ▷ Betrachtung von Recycling-Konzepten.

Keramik-Packaging-Lösungen

Hybrid-Multichip-Module (MCM) sind bekanntermaßen widerstandsfähige und zuverlässige Bauelemente für elektronische Anwendungen. Speziell in aggressiven Umgebungen haben diese einen klaren Vorteil gegenüber den herkömmlichen Leiterplatten auf Epoxidbasis. Für solche Anwendungen wird deshalb der Marktanteil stetig anwachsen. Die Entwicklung in der Automobilelektronik, wo derzeit die Hybridtechnologie dominiert, bewegt sich sehr schnell in Richtung zunehmender Komplexität und Integration. Die Strategie führender Automobilhersteller tendiert dahin, die elektronischen Steuerungen so nah wie möglich an die Funktionseinheiten selbst zu bringen. Dadurch kann die Anzahl der Kabelbäume stark reduziert und so die Kosten signifikant verringert werden. Dies bedeutet jedoch, daß viele Steuereinheiten unter der Motorhaube sitzen und somit den widrigen Umwelteinflüssen ausgesetzt sind. In dieser Umgebung bietet sich ein Hybrid-Packaging auf LTCC-Basis als Technologie der ersten Wahl geradezu an. Beim Standard-Hybridprozeß wird die Verdrahtung in einer sequentiellen Serie von Drucken, Trocknen und Einbrennen verschiedener Pastentypen auf einem unmetallisierbaren Keramiksubstrat verwirklicht. Dies geschieht in bis zu 30 Arbeitsschritten für ein Produkt mit vier Dickfilmlagen. Aufgrund dieser komplizierten Fertigungsfolge

wird diese Technologie für die oben genannten Anwendungen an ihre Grenze stoßen.

Der LTCC-Multilayer-Träger bietet hingegen den Vorteil, daß ein Großteil der Verdrahtung in das Keramiksubstrat integriert und gleichzeitig der Hybrid-Dickfilm-Prozeß angewandt werden kann. Dies stellt eine optimale Kombination der Vorteile beider Technologien dar. Zudem besteht die Möglichkeit passive Elemente, wie Widerstände und Kondensatoren, in die Keramik zu integrieren. Damit ist vor allem für zukünftige Anwendungen eine besonders attraktive Perspektive aufgezeigt.

LTCC-Marktperspektiven

Es sind definitive Anzeichen zu erkennen, daß die Marktnachfrage für Keramiksubstrate mittel- und langfristig signifikant zunehmen wird, da die Keramik weiterhin erhebliche Vorteile im Vergleich zu Leiterplatten auf Epoxidbasis bietet. Dies gilt vor allem für die speziellen Anforderungen in der Automobilelektronik.

LTCC dringt zunehmend in den Hybridmarkt insbesondere für High-End-Anwendungen in der Automobil- und Telekommunikationsbranche ein und in den kommenden Jahren wird in Europa ein Marktvolumen von bis zu 2 Milliarden DM erwartet.

Materialeigenschaften und Anforderungen

Theoretisch gesehen kann eine Vielzahl von Glaskeramiken bzw. Glas/Keramikmischungen zur Herstellung von LTCC-Substraten verwendet werden. Dennoch tragen nur wenige Materialien das Potential in sich, um als Anwendung in der industriellen Großserienproduktion eingesetzt zu werden. Die Hauptanforderungen an ein geeignetes LTCC-System sind:

- ▷ Sintertemperatur < 900 °C,
 - ▷ Möglichkeit zum Cofiring (Schrumpungsverträglichkeit von Metall und Keramik),
 - ▷ keine Anfälligkeit für Ag-Migration/-Diffusion,
 - ▷ niedrige Dielektrizitätskonstante der Keramik,
 - ▷ gute elektrische Parameter der leitenden Phasen,
 - ▷ Potential für vergrabene, passive Bauelemente,
 - ▷ gute mechanische Eigenschaften,
 - ▷ verträgliche Cofiring- und Post firing-Metallisierungen,
 - ▷ Dimensionsstabilität während der Dick-schicht-Einbrennprozesse,
 - ▷ robustes Langzeitverhalten,
 - ▷ Herstellbarkeit in existierenden Produktionslinien und
 - ▷ wettbewerbsfähige Kosten (im Vergleich zu anderen Technologien).
- Unter Berücksichtigung aller oben erwähnten

ten Gesichtspunkte schrumpft die Anzahl der möglichen und unter industriellem Aspekt realisierbaren LTCC-Systeme auf einige wenige.

Momentan arbeitet der *Fachbereich Elektrokeramik der IBM Deutschland Produktion GmbH* sehr eng mit dem *Produktbereich Dickfilm der W. C. Heraeus GmbH* zusammen. Ihr gemeinsames Ziel ist es, zuverlässige und qualitativ hochwertige LTCC-Substrate herzustellen und dem Markt anbieten zu können.

LTCC-Substratherstellprozeß

Bild 2 zeigt einen schematischen Prozeßfluß der derzeitigen *IBM-LTCC-Fertigung*.

Die keramischen Rohmaterialien werden in einem Kugelmühlenprozeß zusammen mit organischen Binde- und Lösemitteln zu einer Gießmasse aufbereitet. Diese wird dann in einem Tape-Casting-Verfahren zu Folien von 150 bis 300 µm Dicke vergossen. Danach werden hieraus die sogenannten „Green Sheets“ ausgestanzt und sowohl automatisch als auch visuell auf Fehler inspiziert.

Nach einer gewissen Alterungszeit, die eine gute Dimensionsstabilität gewährleistet, folgt das Punching, d. h. das Ausstanzen der Durchkontaktierungen (Vias) der einzelnen Lagen. Dieser Prozeß ist voll automatisiert und beinhaltet eine 100%ige Überprüfung der Stanzlöcher.

Der Pastendruck findet üblicherweise in zwei Prozeßschritten statt. Zunächst werden die Vias mit Ag-Paste in einem Maskendruckverfahren gefüllt und anschließend bringt man die verschiedenen Leiterzugmuster in einem Silk-Screen-Druck auf. Für die Außenlagen verwendet man eine AgPd-Paste. Alle Lagen passieren eine voll automatische Inspektion auf Via-Füllgrad und Leiterzugdefekte und es erfolgt entsprechend eine Aussortierung oder Reparatur.

Im Anschluß daran werden die verschiedenen Lagen eines Produktes automatisch gestapelt und die Laminierung erfolgt bei Temperaturen 70°C unter Druck. Durch einen Sägeprozeß wird die Größe der Lamine definiert.

Das Sintern von LTCC-Teilen erfolgt bei *IBM* an Luft in einem Kammerofen, wobei ein spezielles Temperaturprofil streng eingehalten werden muß. Nach der Überprüfung der Außendimensionen und der Maßhaltigkeit der Metallisierungsmuster (Distortion) schließt sich der elektrische Test an. Hierbei werden alle Netze auf Unterbrechungen bzw. Kurzschlüsse untersucht. Abhängig von der Anwendung kann noch ein galvanisches oder stromloses Vergolden der Außenkontaktierungen stattfinden oder die Teile werden direkt als Basis-substrate für anschließende Dickschicht Prozesse verwendet.

LTCC-System von Heraeus

Das anorganische Basismaterial des von *Heraeus* angebotenen *Tapes (Heratape CT 700)* ist in Form der Dickfilmpaste *IP 9117 S* als Multilayerdielektrikum bereits seit Ende der achtziger Jahre im Einsatz. Das Dielektrikum hemmt bei den üblichen Brenntemperaturen von 850 bis 870°C die Silbermigration, wie im Artikel *Zuverlässige Alternative*, *K. Deckelmann, H.G. Burckhardt*, (Sonderdruck aus *productronic 1/2-1990*) beschrieben.

stern neben Ag auch AgPd und Au Verwendung. Liegen zwischen der Fertigstellung der Außenlagen einer LTCC-Schaltung und dem Bonden von aktiven Bauteilen längere Zeiträume mit undefinierten Lagerbedingungen, bieten hochlegiertere AgPd-Metallisierungen eine zuverlässigere Lösung.

Am Übergang von Ag-gefüllten Vias zu AgPd/Au kommt es zur Diffusion (Kirken-dall-Effekt), die bei Vias geringen Durchmessers zu einer Materialauszehrung

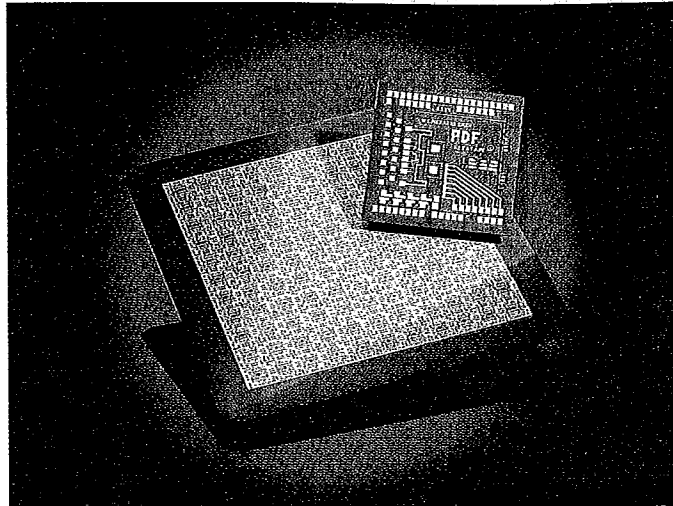


Bild 3: LTCC-Testlage von IBM mit > 85 % Flächen-deckung bei der Abschirmung und einem Viacuster mit > 40 000 Vias, Testlayout von w. C. Heraeus

Als herausragende Materialeigenschaft ist die hohe Erweichungstemperatur des Glases zu sehen. Während des Sinterbrandes der LTCC-Schaltung rekristallisiert das Glas und bildet mit den keramischen Bestandteilen ein stabiles System, das die Forderung nach möglichst geringer Schrumpfung der Außenmetallisierung und Widerstände im anschließenden Post-firing erfüllt.

Weiterhin erlaubt die nahezu vollständige Rekristallisation des Dielektrikum das doppel-seitige Post-firing im Durchlauf-ofen, ohne daß eine Durchbiegung der flachliegenden Schaltungen erfolgt.

Verzerrungsfreie, plane LTCC-Schaltungen erfordern eine Anpassung des Sinterverhaltens der Innenmetallisierung an das Sinterverhalten des Dielektrikums.

Anhand von Testlagen von *IBM (Bild 3)*, die neben einer Abschirmung mit einer Flächendeckung von > 85 % auch ein hochdichtes Viacuster mit > 40 000 Vias auf einer Fläche von 4 1/2" x 4 1/2" aufweist, konnte die Funktionalität des *Heraeus-LTCC-System* demonstriert werden.

Kurze Signallaufzeiten einer LTCC-Schaltung erfordern innenliegende Leiterzüge mit möglichst geringem Widerstand, was nur mit reinen Silberpasten realisiert werden kann. Die vertikale Verbindung der Leiterzugebenen erfolgt durch Vias, die ebenfalls mit Ag-Paste gefüllt werden. Als Außenmetallisierung findet in diesem Sy-

führen kann. Als Folge kann die Anbindung einen unerwünscht hohen Übergangs-Widerstand haben. Im Cofiring-Prozeß bieten sich zwei Alternativen an:

- ▷ Die Vias der obersten Lage werden mit einer niedriglegierten AgPd-Paste gefüllt.
- ▷ Über das Ag-gefüllte Via wird ein „Via-Cap“ gedruckt. Hierbei bieten sich AgPd-Legierungen mit niedrigem Pd-Gehalt an.

Aufgrund der abgestuften Legierungskonzentrationen des Pd wird eine Verringerung des Konzentrationsgradienten erreicht und damit die Diffusionsgeschwindigkeit verringert.

LTCC-Schaltungen, bedruckt mit Post-firing-Widerständen und Kondensatoren oder bestückt mit Chip-Widerständen und Chip-Kondensatoren, stellen nur den ersten Schritt zur Erhöhung der Integrationsdichte dar. Dies reflektiert den derzeitigen Stand in der LTCC-Technologie unter Produktionsbedingungen. In **Bild 4** ist das Beispiel eines Testlayouts gezeigt, das für eine Anzahl von Qualifikationsschritten verwendet wird.

Eine weitere Reduktion der Abmessungen und Fertigungskosten ist nur durch die Integration von vergrabenen Komponenten möglich. *W. C. Heraeus* hat sich zum Ziel gesetzt, 1996 ein Materialsystem mit vergrabenen Widerständen und Kondensatoren anzubieten.

Zusammenfassung

LTCC bietet äußerst günstige Voraussetzungen für den zukünftigen Einsatz in der Automobilelektronik. Die grundlegenden Anforderungen an die nächste Packaging-Generation, wie z.B. hohe Integrationsdichte und Zuverlässigkeit unter extremen Umweltbedingungen, können erfüllt werden. Zudem eröffnet die einzigartige Möglichkeit, passive Bauelemente in den Multilayer-Teil einzubetten, attraktive und vielversprechende Perspektiven.

LTCC erlaubt es, die Vorteile einer hochentwickelten Packaging-Technologie mit denen der Standard-Hybrid-Fertigung zu kombinieren. Dies wird zu einer Steigerung der technischen Leistungsfähigkeit, zu höherer Integration und einer weiteren Reduzierung der Bauteilgröße führen.

Das gemeinsame Ziel des *Fachbereichs Elektrokeramik* der *IBM Deutschland Produktion GmbH* und des *Produktbereichs*

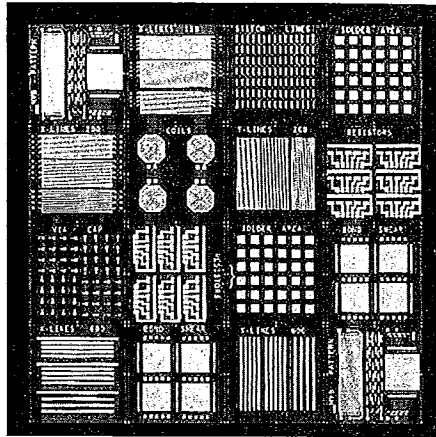


Bild 4: LTCC-testlayout mit 101,6 mm x 101,6 mm, 6 Lagen, 0,75 mm Dicke, 16 Chipsites, Silbermetallisierung und Bariumalumosilikat als Dielektrikum

Dickfilm der *W.C. Heraeus GmbH* ist im Rahmen einer engen Zusammenarbeit die Realisierung eines funktionellen Bauteils bis Ende 1995 voranzutreiben.

Weitere Informationen über LTCC-Substratmaterialien erhalten Sie von *Heraeus* über die Kennziffer oder Fax 061 81/357 86

productronic

406

Informationen von *IBM* erhalten Sie über die Kennziffer oder Fax 070 31/12 69 05

productronic

407

Bernhard H. Mussler und **Dieter J. Schwanke** sind Mitarbeiter der *IBM Deutschland Produktion GmbH, Fachbereich Elektrokeramik* in 71034 Böblingen. **Christina Modes** arbeitet in der Entwicklung Dielektrika und LTCC-Materialien bei der *W.C. Heraeus GmbH, Produktbereich Dickfilm* in 63450 Hanau.

Elektronik-Kleber für alle Fälle

Loctite hat mit den *E-Kit-Produkten* ein komplettes Programm für Anwendungen in der Elektronik vorgestellt, die sich sowohl von Hand, als auch in Automaten verarbeiten lassen.

Loctite Varnistop ist ein Sicherungslack mit sehr guter Haftung auf Kunststoffen, Metallen und Keramiken verbunden mit einem guten Füllvermögen und einer sicheren Erkennbarkeit. Nach dem Auftragen mittels Flasche oder Dosiergerät erfolgt die Trocknung selbsttätig durch das Verdunsten der Lösungsmittel. Schon nach ca. 5 Minuten ist die Oberfläche abgetrocknet und die Teile können in jeder beliebigen Lage gehandelt oder verbaut werden. Die vollständige Durchtrocknung ist nach 6 h erreicht. Der dunkelrote, hochglänzende Lack verleiht der Sicherungsstelle (Schrauben, Potis etc.) ein sauberes, professionelles Aussehen.

Loctite Tempflex ist eine einkomponentige Dicht- und Klebmasse auf RTV-Silikonbasis. Das Material ist nicht korrosiv und kann deshalb für alle mechanischen und elektronischen Baugruppen verwendet werden. Die herausragenden Eigenschaften von Silikon sind die extrem hohe Temperaturbeständigkeit und die enorme Elastizität. *Loctite Tempflex* kann bei Temperaturen von -85 bis +250 °C und kurzfristig bis +300 °C eingesetzt werden. Es ist freigegeben nach MIL A 46146 B, Gruppe II, Typ I. Das farblose Material hat eine cremige, nichtfließende Viskosität und kann vorzüglich zum Überbrücken größerer Abstände und zum Füllen von Durchführungen verwendet werden. Die sehr gute Haftung auf Lötstopplacken, Kunststoffen, Metallen

sowie auf Glas und Keramik ermöglicht eine vielseitige Anwendung. So können Gehäuse und Kabeldurchführungen gedichtet, Flexverbinder mit Knickschutz versehen und stehende Elektronikbauteile schwingungssicher fixiert werden.

Loctite Tak Pak ist ein hochviskoser Sofortklebstoff auf Cyanacrylatbasis, der in Verbindung mit dem Aktivator 7455 auch in größeren Schichtdicken aushärtet. Ebenso erfolgt die Aushärtung auch an offener Oberfläche, so daß auch kleine Einbettungen, Fixierungen und Sicherungen erfolgen können. Verklebungen von Bauteilen auf Leiterplatten, bei denen man die Wärmehärtungen klassischer SMD-Klebstoffe einsparen will, können ebenfalls mit *Loctite Tak Pak* erfolgen.

Loctite Black Tak zeichnet sich unter Beibehaltung der extrem schnellen Aushärtung, wie sie bei Cyanacrylatklebstoffen bekannt ist, durch besonders gute zähelastische Eigenschaften und eine hohe Temperaturbeständigkeit von -60 bis +105 °C aus. Die zusätzliche Verwendung des *Aktivators 7455* läßt sich die Aushärtung noch weiter beschleunigen, wenn zum Aufkleben von Bauteilen die Leiterplatte mit Aktivator vorbeschichtet wird und anschließend das mit dem Klebstoff beschichtete Bauteil leicht an die Leiterplatte angedrückt wird. Die Aushärtung erfolgt jetzt innerhalb von 20 bis 30 s zu einer hochfesten Verbindung. Auch Oberflächenverklebungen von Flex- oder Kabelverbindern zur Zugentlastung sowie das Schwingungssichern von massereichen Bauteilen sind gute Anwendungen für diesen Klebstoff.

Der *Loctite Chipbonder 3608* ist ein SMD-Klebstoff auf Acrylatbasis. Er ist ein einkomponentiger, schnellhärtender Klebstoff mit einer Kombinationshärtung aus UV-Strahlung und Warmhärtung. Ideal ist die Kombination von 15 s UV-Strahlung bei 365 nm mit einer Intensität von 100 mW/cm² und einer anschließenden Warmhärtung bei 130 °C über 3 Minuten. Ein solches Aushärtungssystem läßt sich problemlos in eine Durchlaufanlage installieren. Auch ohne UV-Strahlung läßt sich dieses Produkt aushärten, wobei dann bei 150 °C über 3 Minuten gehärtet werden sollte.

Der *Chipbonder* zieht keine Fäden und ist besonders für sehr schnelle High-Speed-Dispenser geeignet. Der thixotrope Klebstoff besitzt eine hohe Naßklebkraft. Somit vermag er auch auf High-Speed-Bestückern die Bauteile zuverlässig in Position zu halten.

Nach der Aushärtung werden Festigkeiten erreicht, die eine große Sicherheitsschwelle zu den nachfolgenden Prozeßbelastungen abdecken. So beträgt die Zugfestigkeit für einen Chip 1206 ca. 25 N, das Drehmoment liegt bei 45 Nmm.

Die elektrischen Eigenschaften erfüllen alle Anforderungen eines guten Isolierwerkstoffes im Elektronikbereich. Der Volumenwiderstand beträgt 2x10¹² Ωcm und der Oberflächenwiderstand 2x10¹³ Ω nach ASTM D 257. Die Dielektrizitätskonstante liegt für 100 Hz bei 5,3 für 1 KHz bei 5,0. (hb) Fax 0 89/9 10 19 78

productronic

403