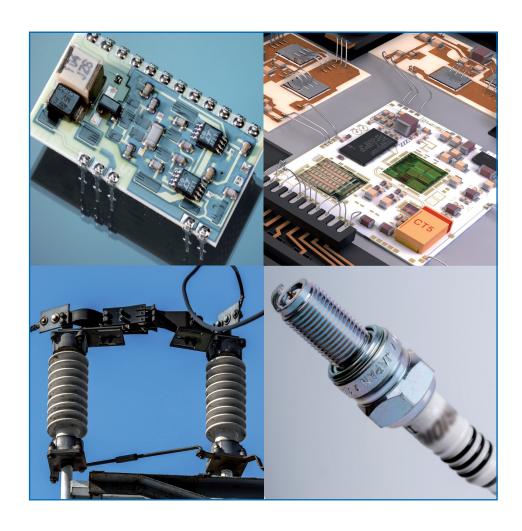


Fachgruppe Integrierte Schichtschaltungen

Erfolgslösungen mit Keramik

Basistechnik für elektronische Mikrosysteme





Impressum

Erfolgslösungen mit Keramik

Herausgeber:

ZVEI - Zentralverband Elektrotechnikund Elektronikindustrie e. V. Fachverband PCB and Electronic Systems Lyoner Straße 9 60528 Frankfurt am Main

Verantwortlich: Dr. Christoph Weiß Telefon: +49 69 6302-437 Fax: +49 69 6302-438 E-Mail: pcb-es@zvei.org

Redaktionsteam:

Franz Bechtold, VIA electronic
Dr. Sebastian Brunner, Epcos OHG - A TDK Group Company
Walter Distler, Siegert Electronic
Sebastian Löffler, Cicor Group
Uwe Mirschberger, Murata Europe
Christina Modes, Heraeus Deutschland
Dirk Schönherr, Lust Hybrid-Technik

Dr. Josef Weber, Robert Bosch

www.zvei.org

November 2016

Trotz größtmöglicher Sorgfalt übernimmt der ZVEI keine Haftung für den Inhalt. Alle Rechte, insbesondere die zur Speicherung, Vervielfältigung und Verbreitung sowie der Übersetzung, sind vorbehalten.

Inhalt

5 Fragen zum Thema Keramik	4
Einleitung	5
Dickschichttechnik	6
Dünnschichttechnik	7
Direkt kupferbeschichtete Keramik (DCB)	8
Mehrlagenkeramik (LTCC/HTCC)	9
Aufbau und Verbindungstechnik	10
Technologien für Branchen,	
Applikationsbeispiele	12
Design Rules	14

5 Fragen zum Thema Keramik

Benötigen Sie zuverlässige Systeme für den Einsatz bei hohen Temperaturen oder in extremer Umgebung?

Robuste und thermisch resistente Keramikträger können die Lösung sein.

- 2. Stehen Sie vor der Aufgabe, den Wärmehaushalt Ihrer Leistungsbaugruppe in den Griff zu bekommen?
 Warum nicht die Vorteile der Keramik als eines exzellenten Wärmeleiters nutzen.
- Sie suchen einen auf Ihre Halbleiter-Komponenten optimal angepassten Schaltungsträger?

 Vergleichen Sie die Eigenschaften der Keramik mit denen alternativer Materialien und Sie werden den Nutzen erkennen.
 - Ihre Elektronik benötigt einen langzeitstabilen Schaltungsträger?

 Das inerte Verhalten der Schichtschaltungen prädestiniert ihren Einsatz, wo Fragen unzulässiger

Grundforderungen gestellt werden.

Hochfrequente Signale mit extrem kurzen Laufzeiten sollen stabile Ergebnisse erzielen?

Informieren Sie sich über die berverragenden

Materialfreisetzung und der Biokompatibilität als

Informieren Sie sich über die hervorragenden HF-Eigenschaften keramischer Schaltungsträger.

Einleitung

Die Herausforderung, innovative Elektroniksysteme und Mikrosystemlösungen mit maximalem Anwendernutzen zu ermöglichen, ist eng mit der Integrierten Schichtschaltungstechnik in all ihren Facetten des praktischen Einsatzes verbunden.

Die Unternehmen der Fachgruppe Integrierte Schichtschaltungen (ISS) im ZVEI sind seit Jahrzehnten im Dialog mit dem Markt, um die Schichtschaltungstechnik einem breiten Kreis von Anwendungspartnern nutzbar zu machen.

Vor mehr als 40 Jahren, als Hochtechnologie zum Einsatz in hochwertigen Funktionssystemen entwickelt und kommerzialisiert, haben sich die Technologien der Baugruppenfertigung in der Schichtschaltungstechnik weiterentwickelt und nehmen in zahlreichen Anwendungen der Leistungselektronik, Hochfrequenztechnik, Sensorik, Medizintechnik, Automobilelektronik, Beleuchtungstechnik, Antriebstechnik, Kommunikationstechnik und in Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energien einen festen Platz ein.

Serienanwendungen in Industrie- und Automobiltechnik belegen die Wirtschaftlichkeit und Zuverlässigkeit durch den Einsatz bei Kleinmengenbedarfen bis zur Volumenanforderung.

Immer dann, wenn die Frage nach dem "Wie" einer optimalen Schaltungsintegration gestellt wird, liefern wir die Antworten durch Einbeziehen der technischen Vorteile keramischer Strukturierungstechniken. Die Spezifik der Strukturierung sowie des keramischen Trägermaterials bietet Möglichkeiten der funktionalen Integration – z.B. durch Einbindung passiver Bauelemente wie Widerstände und Induktivitäten in den Schichtaufbau.

Was unterscheidet Elektronikbaugruppen in Schichtschaltungen von konventionellen, auf Leiterplatten basierenden Flachbaugruppen?

Schichtschaltungen nutzen anorganische Materialien als Träger der Schaltungstechnik. Hauptsächlich kommen keramische Werkstoffe, aber auch metallische Materialien zum Einsatz. In der Vielzahl der möglichen Strukturierungstechnologien werden die Schaltungsträger in Schichtschaltungen der Dick- und Dünnschicht sowie der DCB- und der LTCC/HTCC-Technik unterschieden. Die Kombination mit etablierten Technologien zur Komponentenmontage und Häusung eröffnen beispiellose Möglichkeiten der Funktionsintegration. Auf den folgenden Seiten stellen wir Ihnen die Technologien im Überblick vor.

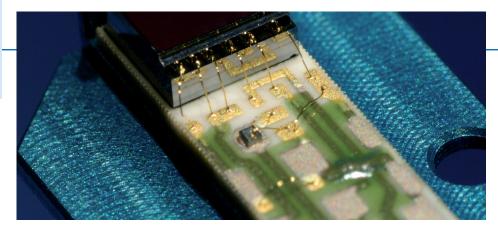
Lassen Sie sich von der Leistungsfähigkeit dieser Technologien überzeugen und informieren Sie sich bei einem der zahlreichen Unternehmen der Schichtschaltungstechnik über die Vorteile ihres Einsatzes für Ihre Anwendung. Wir entwickeln und fertigen Ihre innovative Elektroniklösung und eröffnen dank unserer Technik neue Horizonte. Willkommen zum Dialog.

Getrieben wird die Entwicklung durch die steigenden Anforderungen des Marktes an robuste, zuverlässige, kompakte, komplexe und integrierte Systemlösungen. Eine etablierte Forschungslandschaft flankiert diese Entwicklung.

Die positiven Marktprognosen sind Ansporn und Herausforderung für die Mitgliedsunternehmen des ZVEI, durch Innovation und im engen Dialog mit den Geschäftspartnern zukunftsfähige Integrationslösungen zu entwickeln und ein Stück Ihres Erfolgs mitzugestalten.

Keramische Schichtschaltungstechnik fängt an, wo andere Technologien aufhören!

Dickschichttechnik



In der Dickschichttechnik werden passive Schaltungsstrukturen wie Leiterbahnen, Isolations- und Widerstands- sowie Schutzschichten auf Keramiksubstrate (meist Al₂O₃, aber auch AlN für höhere Wärmeleitfähigkeiten) mittels Siebdrucktechnik aufgebracht. Jede gedruckte Ebene wird getrocknet und anschließend gebrannt. Durch das Einbrennen werden die elektrischen und physikalischen Eigenschaften der Strukturen bestimmt. Es entsteht ein monolithischer keramischer Schaltungsträger. Leiterbahnmaterialien auf Basis von Gold, Silber, Silber-Platin und -Palladium erlauben später unterschiedliche Assem-

blierungsverfahren – vom Löten über Bonden bis hin zum Kleben mit hoher Reproduzierbarkeit und Zuverlässigkeit. Widerstandswerte von wenigen Milliohm bis in den dreistelligen Megaohm-Bereich sind mit hoher Präzision mittels Laserabgleich einfach realisierbar. Sensorische Elemente sind im Schichtaufbau integrierbar.

Höhere Verdrahtungsdichten der keramischen Leiterplatte erreicht man mit mehreren Leiterbahnebenen oder mit Leiterbahnkreuzungen. Die einzelnen Leiterbahnebenen werden dabei durch eine dielektrische Schicht voneinander isoliert. Auch können beide Seiten des keramischen Schaltungsträgers zum Aufbau der Verdrahtungsstruktur verwendet werden. Die elektrische Verbindung der Vorder- und Rückseite wird dabei mit Durchkontaktierungen durch die Keramikplatine realisiert.

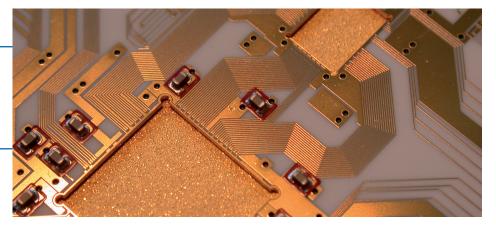
Als Schutzschicht der Dickschichtschaltung dient eine Glas- oder Dielektrikumspaste. Auch andere Passivierungs- und Schutzmechanismen können eingesetzt werden, wie z. B. Lackieren, Tauchen oder Umspritzen mit alternativen Materialien (Silikone, Tauchlacke, Epoxide etc.).

Schematischer Prozessablauf Siebdruck (Leiterbahn, Widerstände, Dielektrikum, Glas) Weiterer Druck? ja SMD-Prozess nein **Passivierung AOI** nach Druck Laserabgleich ganzes Modul? **Passivierung** Netzwerk? Trocknen Schutzumhülluna Schutzlack Finbrennen der Anschlussdrucken und aushärten Dickschichtpaste konfiguration AOI nach ieferung als **Einbrand**

Hauptanwendungsgebiete:

Steuerungstechnik, Leistungselektronik und Sensorik für Industrie, Automobil und Luftfahrt.

Dünnschichttechnik



Schaltungsträger in Dünnschichttechnik erlauben es eine hohe Verbindungsdichte und hochpräzise Strukturen in Kombination mit keramischen und/oder organischen Isolationsmaterialien zu realisieren. Die Dünnschichttechnik ermöglicht es hierbei, den Schaltungsträger oder die Komponente in Bezug auf thermische, mechanische und elektrische Eigenschaften der Materialien oder auch auf Bioverträglichkeit zu optimieren. Als Substratmaterialien (Trägermaterial) werden für starre Schaltungen vorwiegend Keramik (Al₂O₃ oder AlN), aber auch Ferritmaterial oder Glas verwendet. Zur Herstellung flexibler Schaltungen finden verschiedene Polymermaterialien Anwendung.

Für die Erzeugung der Strukturen wird in der Dünnschichttechnik Fotolithografie, analog zur Halbleitertechnologie oder der Mikrosystemtechnik, eingesetzt, was eine Auflösung bis hinunter zu 10 µm Leiterbahnbreite und -abstand oder sogar darunter erlaubt. Zusätzlich werden typischerweise auch Prozesse aus der Leiterplattentechnik mit der Dünnschichttechnik kombiniert, um die Breite der bedienbaren Anwendungen zu erhöhen. Dünne Metallschichten, z. B. für integrierte Widerstände (typ. NiCr oder TaN), werden direkt durch Vakuumabscheidung erzeugt und meistens durch subtraktives Ätzen strukturiert. Für dickere Leitschichten (z. B. Au oder Cu) wird normalerweise Galvanik eingesetzt, die es erlaubt, Schichtdicken von wenigen Mikrometern bis zu mehreren 100 µm zu realisieren.

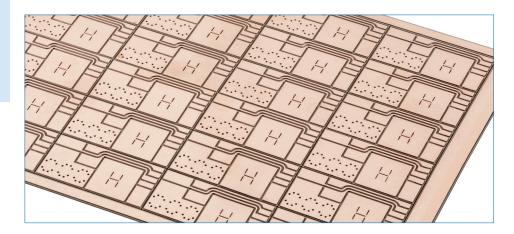
Eingesetzt wird die Dünnschichttechnik auf Keramik vorwiegend für Hochfrequenzschaltungen, bei denen enge Strukturtoleranzen, Zuverlässigkeit und geringes Gewicht wichtige Faktoren sind. Starre und flexible Schaltungen auf Dünnschichtbasis finden weiterhin auch vermehrt Verwendung, wo die dadurch mögliche Reduzierung des Formfaktors und die Verwendung von Edelmetallen anstelle von Kupfer einen zusätzlichen Vorteil bringt.

Schematischer Prozessablauf Layout Substrat Strukturätzen Laserbearbeitung Optional: Passivierung Vakuumabscheidung Haft- und Widerstandsschicht Zusätzliche Metallebenen? Vakuumabscheidung Leitmetallisierung nein Fotolackbeschichtung Widerstandsabgleich Vereinzeln (Laser/Säge) Belichtung und Entwicklung Galvanik **Schaltung**

Hauptanwendungsgebiete:

Radarsysteme Raumfahrt Sensorik Medizintechnik Telekommunikationstechnik

Direkt kupferbeschichtete Keramik (DCB)



Bei Modulen für die Leistungselektronik bildet die direkt kupferbeschichtete Keramik, das DCB-Substrat, das "Rückgrat". Es vereint die Aufgaben des Schaltungsträgers für den Halbleiter mit denen des elektrischen Isolators für den Kühlkörper und dem Invertergehäuse.

DCB-Substrate bestehen aus einer 0,4–1 mm dicken Keramikplatte als Träger, die unter Nutzung des eutektischen Schmelzprozesses bei hohen Temperaturen beidseitig mit einer ca. 0,3 mm dicken Kupferfolie verbunden wird. Die Kupferschicht der

Substrat-Vorderseite wird durch einen Ätzprozess strukturiert und generiert so das kundenspezifische Schaltungslayout.

Auf dem DCB-Substrat werden Leistungshalbleiter wie IGBTs, MOSFETs und Dioden, basierend auf Si, GaN und SiC, mittels Löten oder Sintern elektrisch und mechanisch kontaktiert. Die elektrische Verbindung der Chips sowie die Anbindung (z. B. an das Gehäuse) erfolgt durch Bonden mit Al- und Cu-Dickdraht oder Al- und Cu-Bändchen.

Die dicken Kupferschichten ermöglichen den Einsatz hoher Ströme und eine gute Ableitung der Wärme, die an den Komponenten der Leistungshalbleiter (z. B. IGBTs) entsteht, wenn diese mit hoher Leistungsdichte betrieben werden.

Die innenliegende Keramik (Al₂O₃, Zr-dotiertes Al₂O₃, AlN für bessere Wärmeleitfähigkeiten, Si₃N₄ für beste mechanische Robustheit) weist eine exzellente Spannungsisolation bis zu mehreren 1.000 Volt auf. Der Wärmeausdehnungskoeffizient des DCB-Substrats liegt, verglichen mit der Metallkernleiterplatte, näher an dem der Halbleitermaterialien und sorgt für eine gute Temperaturwechselbeständigkeit.

Schematischer Prozessablauf Vorbereitung Keramik und Kupfer Oxidation der Lotpasten- oder Sinterpastendruck Kupferfolie **Prozessschritte beim Schaltungshersteller** Löten oder Sintern **Bonden** Kupferlagen der Dies Reinigung Flussmittelrückstände **Kunden-Layout** Lieferumfang DCB Belichtung und Drahtbonden Entwicklung der Dies Strukturätzen **Optional Vereinzeln** Anbindung an Rahmen Laserritzen mit Terminals Oberflächen-Finish Testen **Bonden** Aufbau- und

Hauptanwendungsgebiete:

Leistungselektronik für Industrieanwendungen (Frequenzumrichter)

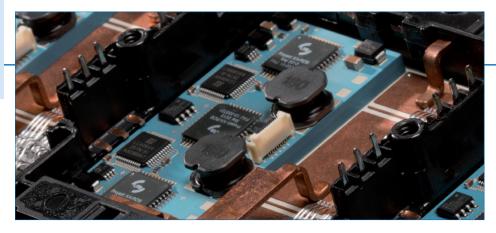
Elektrofahrzeuge

Windkraft

Traktion

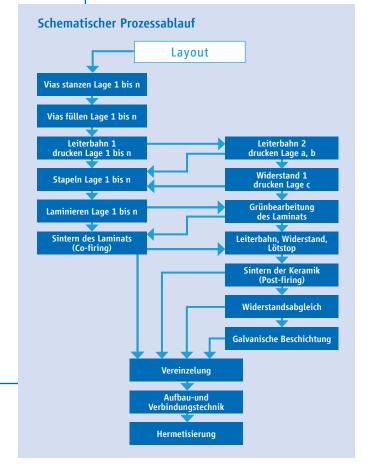
Solar

Mehrlagenkeramik (LTCC/HTCC)



Für höchste Funktionsintegration bei kleinstem Volumen werden bevorzugt keramische Schichtschaltungen in Mehrlagentechnik (LTCC = Low Temperature Cofired Ceramics) eingesetzt. Der Aufbau dieser Schaltungen erfolgt durch die Strukturierung einzelner, ungebrannter Keramiklagen mit Leitungen und passiven Bauelementen durch Siebdruck, das Aufeinanderstapeln und Verpressen der einzelnen Lagen, das Co-firing bei ca. 850 °C und anschließende Vereinzelung zu Modulen. Daraufhin werden die Halbleiterkomponenten als "bare Dies" mit sogenannter

Chip&Wire-Technologie mit der Keramik verbunden und die passiven Bauelemente in SMT-Technik gelötet oder geklebt. Besonders vorteilhaft für Hochfrequenzanwendungen ist die Möglichkeit, passive Bauelemente wie Widerstände, Kondensatoren, Filter, Spulen, Koppler und die Wellenleitung zwischen die einzelnen Lagen einzubetten und in die Substratebene zu integrieren. HF-Halbleiter können in Kavitäten eingebaut und auf kürzestem Weg mit der Leitung verbunden und ggf. hermetisch verschlossen werden. Dadurch wird eine hohe Miniaturisierung erreicht.





LTCC in Verbindung mit der ausgezeichneten elektrischen Leitfähigkeit von Ag, Cu oder Au prädestinieren diese Technologie für Hoch- und Höchstfrequenzanwendungen.

Aufgrund der hohen mechanischen Festigkeit, der guten thermischen Leitfähigkeit und Hermitizität wird HTCC (= High Temperature Co-fired Ceramic, ca. 1600 °C) demgegenüber als Mehrlagensubstrat in der Gehäusetechnologie (Packaging) eingesetzt.

Hauptanwendungsgebiete:

Kommunikationssysteme Automobil Steuerungstechnik Gehäusetechnik Radarmodule

Aufbau und Verbindungstechnik

Bekannte Bestückungstechnologien auf Schichtschaltungen angewandt!

Für die Montage von elektronischen Komponenten auf keramische Schaltungsträger werden die Prozesstechnologien angewandt, die auch bei der Bestückung von PCB-Flachbaugruppen zum Einsatz kommen. Bestückt werden SMD-Komponenten, beginnend bei Miniaturbauformen 01005 bis zu hochpoligen Bauteilen im Fine-Pitch-Anschlussraster - wie z. B. CSP-Ausführungen und BGA-Gehäuse. Die elektrische Kontaktierung erfolgt in Standardlöt- und -klebeverfahren, über den Maskenauftrag von Lotmaterial oder die Inkjet-Strukturierung und dem anschließenden Löten in einem Reflowprozess. Neben Standardlotmaterialien wie SnAgCu, SnAg oder SnCu kommen auch Sonderlote oder Leitklebermaterialien zum Einsatz.

Es entsteht ein bestückter keramischer Schaltungsträger, auch Hybrid genannt.

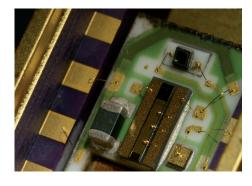


Die Bewertung der Fertigungsqualität basiert auf bekannten MIL- und IPC-Richtlinien (MIL883, IPC610). Die hervorragenden Wärmeleiteigenschaften des Schaltungsträgers eröffnen darüber hinaus auch Möglichkeiten der Optimierung des Thermomanagements vom Halbleiter zur Wärmesenke, z. B. durch lunkerarmes Löten der Leistungskomponenten in inerter Atmosphäre oder die Direktkontaktierung des gesamten Schaltungsträgers an den Kühlkörper.

Chipmontage

Klassisches Chipbonden / Chip&Wire-Technologie

Der Einsatz von ungehäusten Chips, auch Nacktchips / Bare Dies genannt, ist der Schlüssel für Miniaturisierung und gewährleistet höchste Zuverlässigkeit.



Zur klassischen Chipmontage (Chipbonden) werden typischerweise elektrisch leitfähige oder nicht leitfähige Klebstoffe verwendet, bei höheren Verlustleistungen wird die Chiprückseite mittels Lötverbindung oder Ag-Sintern mit dem Basissubstrat oder einer Wärmesenke verbunden. Die elektrische Ankontaktierung der Chips erfolgt typischerweise durch Drahtbonden mit 17–35µm Au-Draht oder 20–35µm Al-Draht und bei Leistungsanwendungen 150–500µm Al oder Cu.

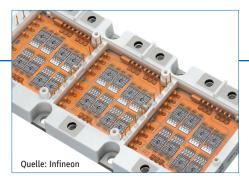
Flipchipbonden

Das Flipchipbonden ist eine bei hohen Stückzahlen besonders effektive Sonderform des Chipbondens, bei welchem mehrere elektrische Verbindungen synchron durch eine "Überkopf"-Montage (flippen) des Chips erzeugt werden. Verfahren sind hier Löten, Kleben, Thermokompression-Bonden oder Thermosonic Bonden.



Vakuumlöten von Leistungshalbleitern

Vakuumlöten wird eingesetzt, um Baugruppen mit ungehäusten Leistungshalbleitern wie IGBTs und Dioden mit optimaler thermischer Ankopplung auf Keramiksubstraten guter Wärmeleitfähigkeit (z. B. DCB) zu realisieren. Hierzu werden überwiegend hochbleihaltige Lote verwendet, in Einzelfällen auch eutektisches AuSn. Die Liquidustemperatur dieser Lote von über 280 °C erlaubt eine hohe Arbeitstemperatur und eine Prozesshierarchie, die weitere thermische Prozesse unter 280 °C zulässt.



Vakuumlöten von Baugruppen

Leistungsfähige, zuverlässige und langlebige Baugruppen, wie sie beispielsweise in der Raumfahrt eingesetzt werden, müssen hermetisch dicht verschlossen werden. Besonders geeignet sind die hier erwähnten keramischen Schichtschaltungen, die im Ausdehnungsverhalten exzellent an die üblichen schweißbaren Rahmen und die löt- und klebefähige Wärmesenke angepasst sind. Unter Einsatz des Vakuumlötens und einer rückstandsfreien Aktivierung des Lotes mit Ameisensäure lassen sich die Komponenten Schichtschaltung, Rahmen, Kühlelemente und Anschlusskämme flussmittelfrei mit Preforms aus AuSn oder hochbleihaltigen Lotwerkstoffen verbinden und zu hermetisch dichten Baugruppen weiter verarbeiten.

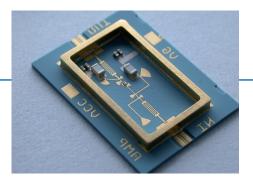
Umhüllung (Schaltungsschutz)/ Packaging

Zum Erreichen höchster Zuverlässigkeit und dauerhaften Schutzes der Schaltungen werden in der Hybridtechnik verschiedene Packaging-/Umhüllungverfahren eingesetzt. Diese sind an die anwendungsbezogenen Umgebungsbedingungen angepasst.

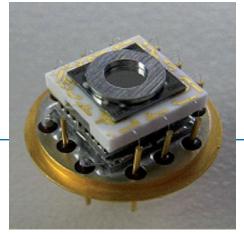


- Lackieren oder Conformal Coating zu einfachem Feuchtigkeitsschutz und elektrischer Isolation
- Globtop-Verguss zu lokaler Abdeckung und mechanischem Schutz drahtgebondeter Chips
- Molden Umspritzen von Bauteilen oder Teil-Baugruppen mit Kunststoff für Großserien/Massenanwendungen
- Polymerverguss (z. B. PU/Silikon) der Schaltungen insbesondere zum chemischen Schutz der eingesetzten Halbleiter unter rauen Umgebungsbedingungen
- Verschweißte oder gelötete hermetische Gehäuse, z. B. Keramik, Kovar oder Titan, für höchste Zuverlässigkeit bzw. Schutz vor extremen Umgebungsbedingungen

Durch die äußere Robustheit und das inerte Verhalten der Keramik können keramische Verdrahtungsträger, insbesondere LTCC und HTCC, als Bestandteil des hermetischen Packages verwendet werden.

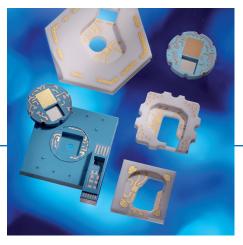


Technologien für Branchen, Applikationsbeispiele

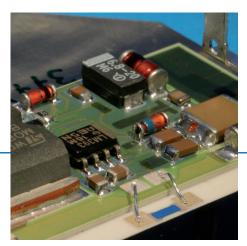


Hybridaufbau mit LTCC als Schaltungsträger im TO-Gehäuse.

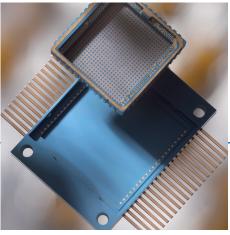
Einsatz: Röntgendetektor



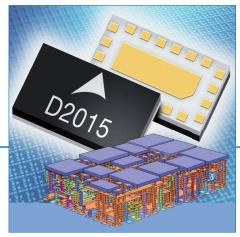
Gehäuse für unterschiedliche Sensoren in LTCC-Technologie. Einsatz: Druck, X-ray



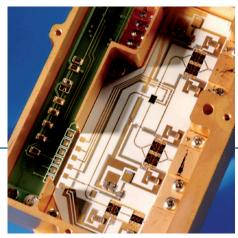
Vakuumgelötete Leistungsbaugruppe auf Kühlkörper. Kontaktierung durch Dickdrahtbonden. Einsatz: Anwendungen der Antriebstechnik



LTCC-Leergehäuse für das Bauelemente-Packaging. Einsatz: Optoelektronik



Hochintegriertes Multimode und Multiband, LTCC-Frontendmodul mit 3D-Layoutdaten. Einsatz: Mobilfunkanwendungen

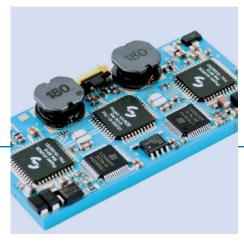


Dünnschichtsubstrat (Al₂O₃), bestückt im Gehäuse mit SMD- und Chipmontage. Einsatz: Hochfrequenz-Datenübertragung und Telekommunikationsmesstechnik

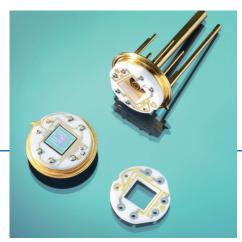


Zweiseitig bestückter Löthybrid mit gedruckten und laserabgeglichenen Widerständen auf Dielektrikum.

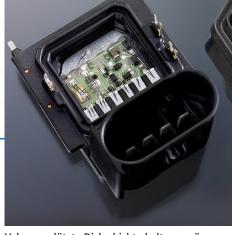
Einsatz: Analoges Netzteil in der Energietechnik



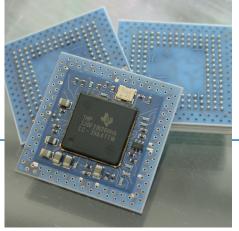
Treiberschaltung für Leistungsumrichter mit integriertem Trafo in LTCC-Technologie. Einsatz: Elektrofahrzeug



Dickschichtbedruckte Formkeramik zur Aufnahme eines golddrahtgebondeten Sensorchips mit Assemblierung auf Steckergehäuse. Einsatz: Sensorik



Vakuumgelötete Dickschichtschaltung, wärmeleitend geklebt auf Alublech. Kontaktierung zum Steckergehäuse durch Dickdrahtbonden. Einsatz: Zündelektronik für Benzinmotoren



Kundenspezifisches System in Package als Keramik BGA Dickschicht mit SMD und Chipmontage Einsatz: Ultraschallsensorik



Dickschicht-Hybridschaltung bzw. Dickschichtnetzwerk mit integrierter Sensorfunktion. Einsatz: Maschinenbau (links) bzw. Lebensmittelindustrie (rechts)

Design Rules

Technologievergleich Schichtschaltungsträger

	LTCC	нтсс	DCB	Dick- schicht	Dünn- schicht
Allgemein					
Zuverlässigkeit	•	•	•	•	•
Recycelbarkeit	•	•	•	•	•
Verfügbarkeit	•	•	•	•	•
RoHS-Konformität	•	•	•	•	•
Mechanische Eigenschaften					
Festigkeit	•	•	•	•	•
Temperaturbeständigkeit	•	•	•	•	•
Ausdehnungskoeffizient vs. Si	•	•	•	•	•
Formstabilität	•	•	•	•	•
Wärmeleitfähigkeit	0	0	•	0	0
Chemische Beständigkeit	•	•	0	•	0
Hermetisch dicht	•	•	0	0	0
Elektrische Eigenschaften					
Isolationsfestigkeit	•	•	•	•	•
Einbetten passiver Funktionen	•	0	0	•	0
Kapazitäten	•	0	0	0	•
Induktivitäten	•	0	0	0	•
Widerstände	•	0	0	•	•
Einsatz für HF	•	0	0	•	•
Dielektrische Verluste	0	0	0	0	•
Stromtragfähigkeit	0	0	•	0	0
Design-Regeln					
Fine-Line-Technologie	0	0	0	0	•
Via	•	•	0	0	0
2,5D-/3D-Integrierbarkeit		0	0	0	0
Kavitäten	•	•	0	0	0
					•
Verarbeitung/AVT, Chiptechnol Löten	ogie				
Kleben					•
Sintern	0	0	•	0	•
Au-Dünndraht-Bonden	•	•	0	•	•
Al-Dickdraht-Bonden		•	•	•	0
	0	•	-	•	0
Al-Dünndraht-Bonden	-		•		
Cu-Dickdraht-Bonden	0	0	•	0	0
Typische Anwendungsgebiete	Automobil, Tele- kommunikation, Medizintechnik, Sensorik	Automobil, Gehäuse	Leistungselek- tronik für: Automobil, Industrie, Traktion	Automobil, Sensorik, Industrie, LED-Technologie, Luft- und Raum- fahrt	Hochfrequenz-, Mikrowellen- anwendung, Optoeletronik, Medizintechnik, Luft- und Raumfahrt

[●] Hervorragend ● Geeignet ○ Möglich

Profitieren Sie von unserer Fachkompetenz





























Bildnachweis Titelseite: vasilevich, hbmuc / Fotolia.com



ZVEI - Zentralverband Elektrotechnikund Elektronikindustrie e.V. Lyoner Straße 9 60528 Frankfurt am Main Telefon: +49 69 6302-0 Fax: +49 69 6302-317 E-Mail: zvei@zvei.org

www.zvei.org