

Effiziente Kühlung durch AlN-Laserdiodenträger

Effiziente Kühlung durch AlN-Laserdiodenträger

B. Mussler und B. Löser, ANCeram GmbH, Bindlach, Germany

AlN-AMB-Substrate sind vor allem bei Laserdiodenträgern eine wirtschaftliche und zuverlässige Alternative zu bekannten Aufbautechniken und können die klassischen Substratvarianten in Form von teuren Diamant- oder SiC-Heatsinks, bzw. die mittels aufwendigen MoMn-Prozeß hergestellten metallisierten Al₂O₃-Substrate ablösen.

Die Vorteile der AlN-Kupfer Werkstoffpaarung lassen sich durch diese Fügetechnik voll ausnutzen, die eine Realisierung von einfachen und komplexen Bauformen zu.

In Verbindung mit Aktivloten lassen sich im Siebdruckverfahren oder durch geeignete Stanztechniken Reaktivelemente positionieren, die Aluminiumnitridkeramiken unter Temperatur und Inertatmosphäre mit Kupferfolien zu einem stoffschlüssigen Verbund vereinen.

Neue Werkstoffentwicklungen auf dem Gebiet der Leistungselektronik erfordern den Einsatz von Hochleistungskeramiken wie Al₂O₃, Si₃N₄, SiC oder AlN überall dort, wo moderne Metallwerkstoffe die Grenzen ihrer Leistungsfähigkeiten erreicht haben.

Aluminiumnitridkeramik (AlN) wird für Substrate, Gehäuse und Kühler gewählt, wenn die thermomechanischen Eigenschaften oder die über den Träger abzuführende Verlustleistung mit konventioneller Aluminiumoxidtechnik nicht mehr zu beherrschen sind. Typische Beispiele sind hochintegrierte Dickschicht- und Dünnschichtschaltungen, wassergekühlte Leistungsstromrichter in Schienenverkehrssystemen, thermowechsel-belastete Substrate in der Satellitentechnik, Sende- und HF-Diodenträger.

Konventionelle Metallisierungsverfahren wurden in den letzten Jahren für das AlN zur Serienreife entwickelt und zunehmend angewandt. Gerade für die Leistungselektronik sind v.a. stromtragfähige Leiterbahnen zwingend erforderlich. Kupfer verbindet die gewünschte hohe elektrische mit einer extrem guten thermischen Leitfähigkeit.

Unter Ausnutzung des hohen Isolationswiderstandes und der guten Wärmeleitfähigkeit von Aluminiumnitrid-Keramiken läßt sich durch Aktivlötlung von Elektrolyt-Kupferfolien mittels Ag-Cu-Ti-Hartloten ein effizient gekühlter Laserdiodenträger herstellen.

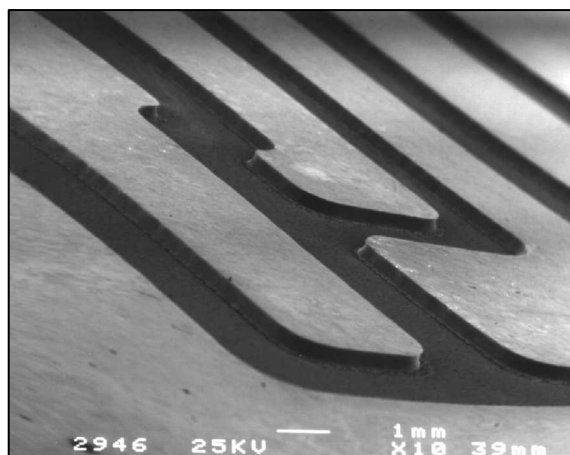


Bild 1: REM Aufnahme von strukturierten Kupfer-Leiterbahnen eines aktivgelöteten IGBT-Modul-Substrates

Effiziente Kühlung durch AlN-Laserdiodenträger

Zur Haftvermittlung zwischen Keramik und Kupfer enthält das verwendete Aktivlot Legierungselemente mit hoher Affinität zur Keramik.

Al, Cr, Ni, Co, Ti, Zr, Hf und Mo sind übliche Fügepartner, die bei entsprechender Temperatur eine Reaktionsschicht mit metallischem Charakter zur Keramikoberfläche bilden und somit die Anbindung der Ag-Cu-Lotmatrix ermöglichen.

Das Lot für eine Keramik-Metall-Verbindung muß verschiedene Anforderungen erfüllen:

Applizierbarkeit in Form von siebdruckfähigen Metallpasten oder stanzfähigen Folienlegierungen Anpassung des thermischen Ausdehnungskoeffizienten an die Keramik, um die Eigenspannungen im Werkstoffverbund von der zugempfindlichen Keramikoberfläche in die duktile Lotmatrix zu verlagern.

Die Benetzungsfähigkeit des metallischen Fügepartners muß ohne Bildung von Sprödphasen bei niedriger Löttemperatur möglich sein.

Die Korrosionsbeständigkeit, Kriech- und Hysteresefreiheit muß in Verbindung mit einer genügend hohen Festigkeit gewährleistet sein, um einen mechanisch und thermisch zuverlässigen Werkstoffverbund zu schaffen.

Aktivgelötete AlN-Kupfer-Verbunde finden zunehmend Anwendung als Substratwerkstoffe für IGBT- und Laserdiodenträger.

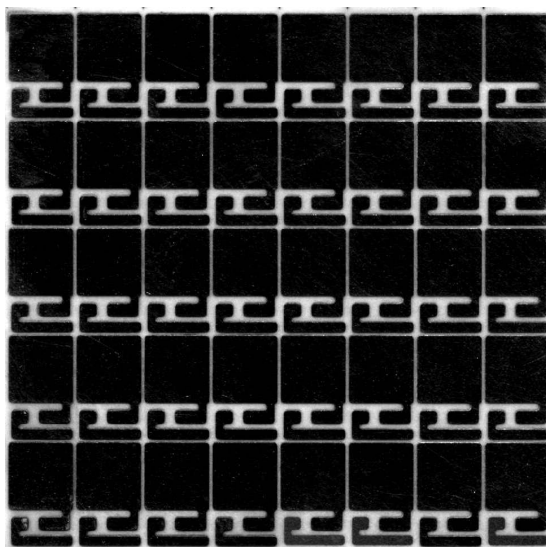


Bild 2: Laserdiodenträger im 40fach-Nutzen auf 4"x4"-AlN-Substrat

Die Wärmeabführung der auf den Substraten montierten Bauelemente mit Verlustleistungen bis zu 175 W pro Chip ist hierbei von essentieller Bedeutung.

Die Auswirkungen einer zu starken Temperaturerhöhung des Bauelementes im Betrieb gehen von Veränderungen der Kennlinie, Zunahme der Sperrströme, Erhöhung des elektrischen Durchbruchrisikos, bis zu mechanischen Störungen in Form von Bimatalleffekten, Verspannungen, Durchwölbungen und Delaminationerscheinungen zwischen Substrat und Kühlkörper bzw. Bauelement und Substrat.

Durch die Verwendung von einseitig strukturierten Kupfer-Keramik-Substraten kann die Laserdiode direkt auf der 200 – 300 µm dicken Kupfermetallisierung positioniert und elektrisch angesteuert werden.

Effiziente Kühlung durch AlN-Laserdiodenträger



Bild 3: Detailaufnahme eines einzelnen Trägers mit Kontaktfläche auf der strukturierten Vorderseite

Die vollflächig mit Kupfer metallisierte Rückseite gewährt bei der Lötung einen ungestörten hohen Wärmeübergang mit der Grundplatte, bei dem die AlN-Keramik mit ca. 180 W/mK Wärmeleitfähigkeit die bestimmende Größe ist.

ANCeram bietet mit dieser Neuentwicklung erstmalig in Europa und USA die Komplettfertigung von AlN-Substraten und nahezu beliebig geformten keramischen Kühlervarianten in AMB-Technik aus einer Hand an. Es stehen hierfür sämtliche keramischen Fertigungs- und Bearbeitungstechnologien, incl. Siebdruck und Metallisierung, zur Verfügung.

Prototypen, Klein- und Großserien werden in enger Zusammenarbeit mit dem Kunden entwickelt, optimiert und im Haus gefertigt.

Diese Entwicklung wurde durch das BMFT, FV MST-feV, unter FKZ 16SV164 gefördert.