Wärmebrücken für Hochfrequenz- und Gleichstromanwendungen

Wärmebrücken (Thermische Ableiter / engl. Thermal Jumpers) wurden entwickelt, um das Wärmemanagement in Systemen zu optimieren und Hitze von aktiven oder passiven Komponenten schnell und effizient auf andere Leiterplattenbereiche abzuleiten. Die Wärmebrücken sind elektrisch isoliert und können in Hochfrequenz- und Gleichstromanwendungen eingesetzt werden. Sie können direkt zwischen das Gehäuse (oder Flansch) der Hitzequelle und einem entfernt liegenden Kühlkörper oder Vias in der Leiterplatte platziert werden. Diese Art der Wärmeableitung ermöglicht alternative Lösungsansätze für Systeme in denen aus Platzgründen die Wärme am Bauteil nicht durch direkte Kühlkörper, Lüfter, oder durch Flüssigkühlung möglich ist.

Die gezielte Ableitung von Hitze spielt eine signifikante Rolle bei der Entwicklung von HF- und Mikrowellenanwendungen. Die Komponentenzuverlässigkeit und Performance hängt häufig von den Übergangs- und Oberflächentemperaturen am Bauteil ab. Je niedriger und stabiler die Temperatur, desto besser die Performance und länger die Lebensdauer eines Bauteils. Die maximale Betriebstemperatur von Bauteilen darf in keinem Fall überschritten werden und Hitze muss kontrolliert abgeleitet werden, um die Performance des Systems zu erhöhen und die Betriebszuverlässigkeit zu gewährleisten. Dauerhaft zu hohe Temperaturen in einem System, wie z.B. Hotspots, können Komponenten und Systeme beschädigen oder zerstören.

Entwickler für HF- und Mikrowellensysteme verwenden unterschiedliche Techniken um Temperaturen von elektronischen Komponenten zu kontrollieren. Zu den geläufigsten gehören die Strömungs- und die Leitungskühlung. Strömungskühlung, etwa bei HF-Leistungsabschlüssen, findet durch zirkulierende Luft oder Flüssigkeiten statt. Hierzu werden gerippte Profilkühlkörper verwendet, in die die HF-Bauteile direkt eingesetzt, oder darauf montiert werden. Diese Kühlkörper können zusätzlich wassergekühlt sein, oder es kommen zusätzliche Lüfter zum Einsatz, um die Zirkulation und Wärmeableitung zu beschleunigen. In platzkritischen Anwendungen, in denen keine ausreichend großen Kühlkörper direkt am Bauteil eingesetzt werden können, kann man die Wärme auch durch Leitungskühlung gezielt von „zu heißen“ Regionen in kältere Regionen ableiten. Damit wird eine gleichmäßige Temperaturverteilung erzielt, die für das System akzeptabel ist, oder die Wärme wird einfach in andere Regionen weitergeleitet, die einfacher zu Kühlen sind.

Die Wärmebrücken (Thermal Jumpers) in SMD-Bauform sind in den Größen ab 0402 bis 1206, in 1020 (0.1x0.2“) in 2320 (0.236x0.2“) oder in kundenspezifischen Größen erhältlich. Diese Chips bestehen entweder aus einem Keramiksubstrat (Aluminiumnitrit (AlN)), aus Berylliumoxid (BeO) oder aus CVD Diamantsubstrat. Sie stellen die Hitzeableitung direkt von den

Material	Thermal Conductivity [W/m*K]	CTE [ppm/*K]
CVD Diamond	1000 - 1800	1.5
Copper	401	17.0
Beryllium Oxide	250	8.25
Silicon Carbide	250	2.4
Aluminum	237	24.0
Copper Tungsten	228	8.1
Molybdenum Copper	175	8.0
Aluminum Nitride	170	4.3
Gold Tin Solder	57	16.0
Gold Germanium Solder	44	13.0
Alumina	30	7.3
Thermally Conductive Epoxy (Silver)	1.5	70.0

Tabelle 1: Materialvergleich der thermischen Leitfähigkeit und Ausdehnungskoeffizient

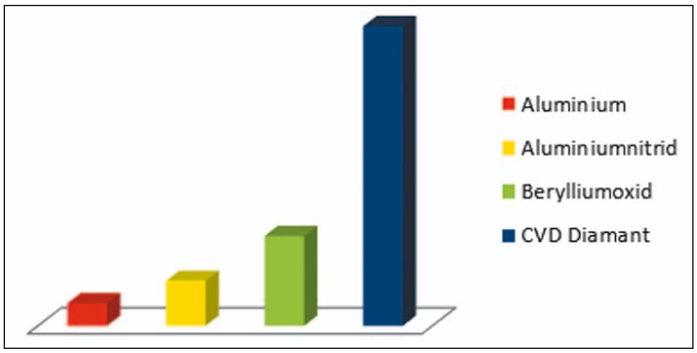

Tabelle 2: Thermische Leitfähigkeit der in den Chips verwendeten Materialien

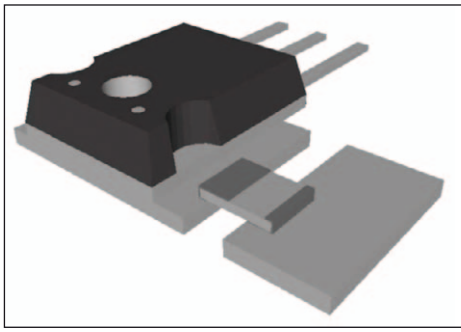

Bild 1: Wärmeableitung an einem Leistungstransistor mit Hilfe einer Wärmebrücke

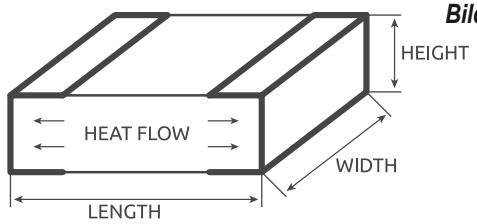

Bild 2: Thermischer Ableiter mit einfachem Padlayout / Metallisierung und horizontaler Wärmeableitung

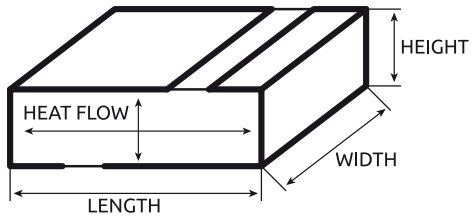

Bild 3: Wärmebrücke mit erweiterter Metallisierung

Material	Thermal Conductivity (W/m°K)
CVD Diamond	1000
Beryllium Oxide (BeO)	260
Aluminum Nitride (AlN)	170

Tabelle 3: Thermische Leitfähigkeit der Grundsubstrate

Bauteilen in eine weniger kritische Zone her, so dass für die Bauteile keine Gefahr der Überhitzung besteht, oder sich gefährliche Hotspots bilden können. Die Materialien haben unterschiedliche Charakteristiken bezüglich der Wärmeableitungsfähigkeit, der Isolation und ihrer thermischen Ausdehnungskoeffizienten. Tabelle 1 zeigt die in elektronischen Schaltungen verwendeten Materialien und gibt eine Vergleichsübersicht der thermischen Ableitfähigkeiten und den Ausdehnungskoeffizienten. Je höher die Wärmeleitfähigkeit (ausgedrückt in Watt pro Meter Kelvin [W/m°K], desto mehr Wärme kann effizient und schnell abgeleitet werden.

Die Wärmebrücken können zwischen dem Metallflansch, oder der Bodenplatte eines Bauteils und einem danebenliegenden Kühlkörper platziert werden, um die Hitze gezielt abzuleiten und Hotspots am Bauteil zu vermeiden. Sie fungieren quasi als Brücke zu einem weiteren Kühlkörper, wie in Bild 1 und Bild 4 die gezielte Ableitung der Hitze von einem Leistungstransistor zu einem weiteren Kühlkörper zeigt.

Diese Wärmebrücken bzw. thermischen Ableiter sind in verschiedensten Anwendungen wie etwa in HF-Verstärkern, Stromversorgungen, Laser-Dioden-Arrays, LEDs und HF-Leistungshalbleitern/Transistoren einsetzbar - generell bei allen aktiven oder passiven Bauelementen, die eine gute Wärmeableitung benötigen.

Die Entscheidung, welche Keramik für die Ableiter verwendet wird hängt von der einzelnen Anwendung ab. Die Charaktereigenschaften dieser Ableiter-Chips hängen vom verwendeten Grundmaterial, der Geometrie und dem Layout der Pads (Metallisierung) ab.

Der US Hersteller RES-NET Microwave verwendet für die thermischen Ableiter verschiedene Substrate, die sich in Ihrer thermischen Leitfähigkeit unterscheiden. Diese sind CVD Diamant, Berylliumoxid (BeO) und Aluminiumnitrit (AlN). Durch unterschiedliche Padgeometrien, Bauformen/Größe und Dicke lassen sich anwendungsspezifische Versionen herstellen. Die Wahl eines Substrates hängt zuerst von der benötigten thermischen Ableitfähigkeit ab, typischerweise in W/m°K ausgedrückt. Je höher die Thermische Leitfähigkeit, desto besser kann die Hitze von einem Bauteil abgeleitet werden. Tabelle 3 zeigt nochmal die thermischen Leitfähigkeiten der drei genannten Substrate.

Die thermischen Ableiter sind elektrisch isoliert und können in HF- und Gleichstromanwendungen eingesetzt werden. Abhängig für welche Anwendung die Ableiter geeignet sind ist die Padgeometrie/Metallisierung. Dieses und die Substratdicke haben Auswirkung auf die Eigenschaften der Ableiter. Zum einen wird der thermische Widerstand beeinflusst, der sich reziprok zur thermischen Leitfähigkeit verhält und misst, wie der Ableiter mit dem Hitzeabfluß klarkommt. Zum anderen wird die Kapazität beeinflusst, welche sich erhöht mit der Reduzierung des thermischen Widerstandes. Die einzelne Anwendung bestimmt die Art des Padlayouts. Eine Standardausführung einfacher metallisierter Pads zeigt Bild 2. Dieses Layout ist durch eine geringe Kapazität bevorzugt für HF-Anwendungen zu verwenden. Die Hitze fließt in diesem Fall gleichmäßig in Längsrichtung (horizontal) von einer Seite zur anderen durch den Körper.

Größere Padlayouts/Metallisierung wie in Bild 3 zu sehen, erhöhen den Hitzetransfer durch die effektiver genutzte größere Oberfläche. Doch ist hier eine höhere Kapazität durch Hitzefluss in horizontaler und vertikaler Richtung zu beobachten. Diese Art der Padlayouts ist prädestiniert für Gleichstromanwendungen.

Fazit

Thermische Ableiter sind scheinbar sehr einfache Produkte. Durch die Kombinationsmöglichkeiten der verschiedenen Materialien und ihre sehr anpassungsfähigen Größen und Ausführungen sind sie variabel und in einer Vielzahl von Anwendungen, in denen ein spezielles Wärmemanagement nötig ist, einsetzbar. Sie leiten gezielt Wärme von Bauteilen ab, um diese vor Überhitzung und möglichen Schäden durch Hotspots zu schützen.

Falko Ladiges
Leitung Produktmarketing
PEMCO

■ *WDI AG, fladiges@wdi.ag*

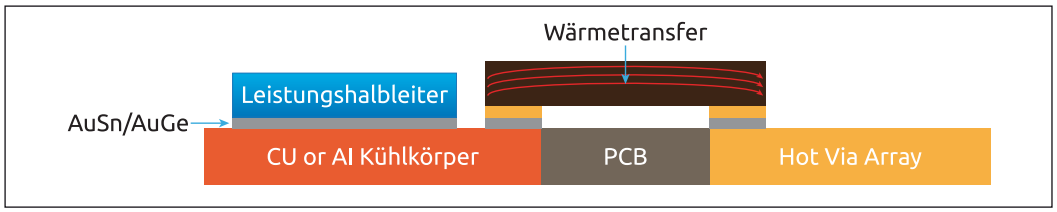

Bild 4: Wärmeabfluss bei Verwendung einer Wärmebrücke neben einem Leistungshalbleiter