

Druck mit System

SKiiP Technologie

Die SKiiP Technologie benutzt thermische und elektrische Druckkontakte und ermöglicht einen kompakten, langlebigen Modulaufbau. Dieses Drucksystem erzielt einen niedrigeren thermischen Übergangswiderstand und eine überlegene Temperaturwechselfestigkeit.

Die Aufbau- und Verbindungstechnik (AVT) eines Leistungshalbleitermoduls ist entscheidend für seine Kosten, Zuverlässigkeit und elektrische/thermische Leistungsfähigkeit. Semikron hat mit der SKiiP Technologie eine AVT entwickelt, die folgende Anforderungen erfüllt und sich seit mehr als 15 Jahren in unterschiedlichsten Anwendungen und Leistungsklassen bewährt hat. Die Entwicklung immer leistungsfähiger Chips mit hohen Stromdichten, neuer Anwendungen mit erhöhten Anforderungen hinsichtlich Umgebungstemperatur und Lebensdauer wie beispielsweise Hybridautos, als auch die Einführung neuer Umweltstandards (Stichwort: Bleifrei Lote) machen eine Weiterentwicklung und Anpassung der AVT unumgänglich.

SKiiP Technologie – Das Drucksystem

Bei Modulkonstruktionen kann man grundsätzlich unterscheiden zwischen Modulen mit Grundplatte und Modulen ohne Grundplatte. Beiden gemeinsam ist, dass der Siliziumchip zur elektrischen Isolation auf ein laminiertes Keramiksubstrat (DCB) gelötet wird. Bei dem überwiegenden Teil der Module wird das Substrat dann wiederum auf eine Kupfergrundplatte gelötet. Diese dient der mechanischen Sta-

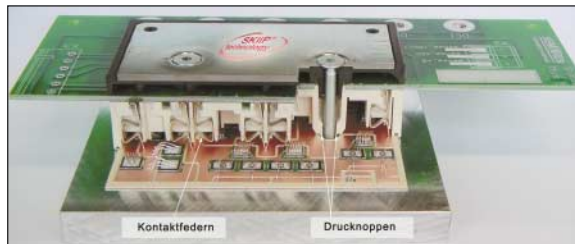


Bild 1: Querschnitt durch einen MiniSKiiP 3 mit Druckknoppen und Federkontakten.

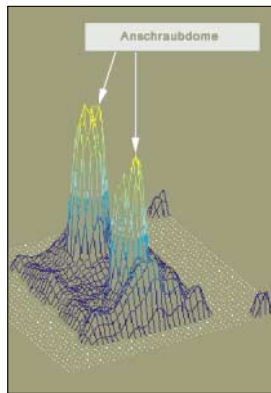


Bild 2: Druckverteilungsdiagramm eines MiniSKiiP 3 mit 50 µm Wärmeleitpaste auf Al-Kühlkörper.

bilisierung, zur Wärmespreizung und zur thermischen Ankopplung an den Kühlkörper.

Für sehr kleine Module im unteren Leistungsbereich, d. h. mit geringer Wärmeabfuhr, kann auf die Funktionen der Grundplatte verzichtet werden. Die wesentliche mechanische Konstruktion des Moduls bleibt aber unverändert, der Verzicht auf die Grundplatte ist in erster Linie ein Weg

zur Kostenersparnis. Größere Module für höhere Leistungen sind auf diese Weise nicht realisierbar, weil das DCB wegen der zunehmenden Größe keinen gleichmäßigen Kontakt zum Kühlkörper hat und sich „Hot-Spots“ bilden. Semikron ist mit der SKiiP Technologie einen Schritt weiter gegangen um das Problem der „Hot-Spots“ zu eliminieren und Leistungsdichten zu erhöhen. Parallel mit dem Weglassen der Grundplatte wurde ein Drucksystem im Modul integriert, das das DCB gleichmäßig über mehreren Positionen auf den Kühlkörper

andrückt. Bei Modulen mit kleinem Footprint, beispielsweise Semitop oder MiniSKiiP, wurde das Gehäusematerial und die Gehäusekonstruktion so gewählt, dass der Druck der Montageschraube über integrierte Druckknoppen an das DCB weiterleitet wird. Das Gehäuse übernimmt somit gleichzeitig die Funktion eines Druckstücks. Bei großen Modulen wie beispielsweise SKiiP 3 oder SKAI übernehmen eingebaute Druckplatten und Federmatten den Druckaufbau. Anstelle von Noppen dient ein Brückenelement zum Druckaufbringung auf das DCB.

In vielen Fällen wurde zusätzlich auf gelötete Anschlüsse verzichtet und eine Druckkontakt-Schnittstelle z. B. Federn, für die Leistungs- und Steueranschlüsse realisiert.

Bild 1 zeigt einen Querschnitt durch einen MiniSKiiP 3. Zu sehen sind die Druckknoppen entlang der DCB Kante und um die Anschraubdomen. Im **Bild 2** ist ein Druckverteilungsdiagramm für einen MiniSKiiP 3 zu sehen. Wie zu erwarten war, ergibt sich der höchste Druck an den beiden Anschraubdomen. Man erkennt jedoch eine sehr homogene Druckverteilung über die gesamte Fläche des Bauteils, was zu einem sehr gleichmäßigen Kontakt zum Kühlkörper führt.

Thermische Kopplung zum Kühlkörper

Module in SKiiP Technologie kommen wegen der höheren Flexibilität der Keramik und dem gleichmäßigen Druckauftrag mit einer Wärmeleitpastendicke von 25-50 µm aus.

Grundplattenmodule hingegen liegen aufgrund des Bimetalleffektes zwischen DCB und Kupfergrundplat-

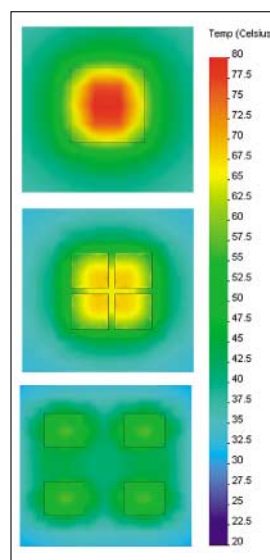


Bild 3: Simulation der maximalen Chiptemperatur für grundplattenlose Module in SKiiP Technologie.

AUTOR

Aseem Wahhi, Leiter Strategisches Marketing bei Semikron International

KOMPAKT

Für sehr kleine Module im unteren Leistungsbereich, d. h. mit geringer Wärmeabfuhr, kann auf die Funktionen der Grundplatte verzichtet werden. Die wesentliche mechanische Konstruktion des Moduls bleibt aber unverändert, der Verzicht auf die Grundplatte ist in erster Linie ein Weg zur Kostenersparnis. Größere Module für höhere Leistungen sind auf diese Weise nicht realisierbar, weil das DCB wegen der zunehmenden Größe keinen gleichmäßigen Kontakt zum Kühlkörper hat und sich „Hot-Spots“ bilden. Semikron ist mit der SKiIP Technologie einen Schritt weiter gegangen um das Problem der „Hot-Spots“ zu eliminieren und Leistungsdichten zu erhöhen. Parallel mit dem Weglassen der Grundplatte wurde ein Drucksystem im Modul integriert, das das DCB gleichmäßig über mehreren Positionen auf den Kühlkörper andrückt.

te und wegen der Schraubenführung an den Enden des Moduls, nie vollständig planar auf dem Kühlkörper auf. In der Regel wird eine 50...100 µm dicke Wärmeleitpastenschicht zur Auffüllung der Hohlräume benötigt.

Dieser Unterschied hat einen erheblichen Einfluss auf den Wärmewiderstand des Chip-Kühlkörper wie man aus der Tabelle 1a und 1b sieht. Darin sind die typischen Schichten eines Moduls mit ihren jeweiligen Dicken und speziellen Wärmeleitfähigkeiten aufgeführt. Der sich ergebende Gesamtwiderstand ist nur als Richtgröße zu sehen, da Effekte beispielsweise der Wärmespreizung, nicht berücksichtigt werden. Auf dieser Basis führt die Reduktion der Wärmeleitpastendicke und das Weglassen der Cu-Grundplatte zu einer Verbesserung des Wärmewiderstands in diesem Beispiel um mehr als 40 %.

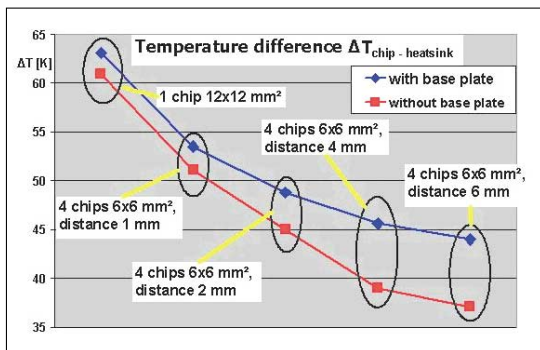


Bild 4: Chiptemperatur von Grundplatten und SKiIP Technologie Modulen als Funktion des Chipabstands (simuliert mit 2 W/mm² Verlustleistung).

Wärmespreizung

Eine wichtige Funktion der Grundplatte ist die Wärmespreizung. Darunter versteht man den Effekt, dass die Cu-Grundplatte aufgrund der guten lateralen Wärmeleitung die effektive Fläche zur Wärmeleitung erhöht, bzw. den Wärmewiderstand scheinbar reduziert.

Dem Nachteil der fehlenden Wärmespreizung bei Grundplattenlosen Modulen begegnet Semikron mit dem Einsatz kleiner, parallel geschalteter Chips anstelle von großen Einzelchips. Bild 3 zeigt den Effekt der Reduktion der maximalen Chiptemperatur am Beispiel eines 12 mm x 12 mm Chips, der auf 4 Einzelchips mit identischer Gesamtfläche aufgeteilt wird.

Das ausgeprägte Temperaturprofil des großen Einzelchips, welches negativ auf die Lebensdauer wirkt, wird bei der Aufteilung auf 4 Einzelchips abgesenkt. Es ist ersichtlich, dass es ab einem gewissen Chipabstand keine gegenseitige Beeinflussung mehr gibt.

Die Abnahme der maximalen Chiptemperatur mit zunehmendem Chipabstand ist für grundplattenlose Module stärker ausgeprägt als für Grundplattenmodule wie in Bild 4 zu sehen ist. Die Ursache liegt in der fehlenden Wärmekopplung der Einzelchips über die Cu-Bodenplatte.

Summiert man den Effekt der kleinen Chips und die geringere Wärmeleitpastendicke, so ergibt sich, dass ein Modul für einen

gegebenen Nominalstrom in SKiIP Technologie einen kleineren Wärmewiderstand bzw. eine geringere Erhöhung der Chip-temperatur in der Anwendung aufweist. Damit lassen sich höhere Stromdichten, beziehungsweise kleinere, kostengünstigere Gehäuse für gegebene Leistungsstufen realisieren.

Zuverlässig und langlebig

Ein anderer positiver Aspekt der fehlenden Grundplatte und des

guten Wärmewiderstands ist die erhöhte Lebensdauer von Modulen in SKiIP Technologie.

Eine typische Ausfallursache am Ende der Lebensdauer eines Grundplattenmoduls ist die Delaminierung der Lotschicht zwischen Grundplatte und Keramik aufgrund von Materialermüdung nach Temperaturwechseln. Je größer das Modul und die Lotschicht, desto größer die Möglichkeit eines Fehlers, da großflächige Lötungen nur schwer beherrschbar sind. Um die Lebensdauer der Lotschicht zu erhöhen, werden oft duktil, bleihaltige Lote verwendet, die zukünftig aufgrund neuer Richtlinien nicht zulässig sind.

Alle diese Aspekte und Ausfallursachen werden bei grundplattenlosen Modulen elegant ausgeschaltet. Das Drucksystem stellt gleichzeitig sicher, dass der Wärmewiderstand über die Nutzungsdauer des Moduls konstant bleibt und die Zuverlässigkeit und Lebensdauer sich erhöht.

(sb)

Schicht	Dicke l (mm)	Spez. Wärmeleitfähigkeit λ (W / mK)	l / λ (cm²K) / W	Anteil an Gesamt
Si IGBT Chip	0,14	150	0,009	1,3 %
Chip Lot	0,1	150	0,007	0,9 %
Cu (Keramik Oberseite)	0,3	400	0,008	1,0 %
Al ₂ O ₃ Keramik	0,38	30	0,127	17,1 %
Cu (Keramik Unterseite)	0,3	400	0,008	1,0 %
Grundplatten Lot	0,1	150	0,007	0,9 %
Cu Grundplatte	3,0	400	0,075	10,1 %
Wärmeleitpaste	0,05	1	0,500	67,6 %
Gesamt			0,74	

Tabelle 1a: Rechnerischer Wärmewiderstand (Module mit Grundplatte).

Schicht	Dicke l (mm)	Spez. Wärmeleitfähigkeit λ (W / mK)	l / λ (cm²K) / W	Anteil an Gesamt
Si IGBT Chip	0,14	150	0,009	2,3 %
Chip Lot	0,1	150	0,007	1,6 %
Cu (Keramik Oberseite)	0,3	400	0,008	1,8 %
Al ₂ O ₃ Keramik	0,38	30	0,127	31,1 %
Cu (Keramik Unterseite)	0,3	400	0,008	1,8 %
Grundplatten Lot	0	150	0,000	0,0 %
Cu Grundplatte	0	400	0,000	0,0 %
Wärmeleitpaste	0,025	1	0,250	61,3 %
Gesamt			0,41	

Tabelle 1b: Rechnerischer Wärmewiderstand (Module in SKiIP Technologie).

KONTAKT

Semikron International Kennz. 423
www.semikron.com