

ELEKTRONIK PRAXIS

B 19126
Sept. 2007
€ 9,20

Sonderheft 9/2007

Leistungselektronik & Stromversorgungen



Titelstory: Power-Module

Seite 26 **Ohne Lot und Grundplatte**

IGBT-Einsatz

Seite 32 **Verlustarme Frequenzumrichter**

Power-over-Ethernet

Seite 44 **Controller erleichtert Design**

Erneuerbare Energien

Seite 58 **Standards für „grünen“ Strom**

Verlosung
Stromversorgung
zu gewinnen
Seite 12



IGBT-Module für Kfz-Elektronik

Ohne Lot und Grundplatte



Während viele Leistungshalbleiterhersteller mit der Verbesserung des Lötkontakts kämpfen, um die Ausfallsicherheit zu erhöhen, verzichtet das Power-Modul SKiM als weltweit erstes Produkt ganz auf Lötstellen. Speziell für den Einsatz in Elektro- und Hybridfahrzeugen wurden Druckkontakt-Module ohne Kupfergrundplatte entwickelt, die eine 5-mal höhere Temperaturlastwechselfestigkeit haben.

Thomas Grasshoff, Christian Daucher*

Kohlendioxidreduktion und Nachhaltigkeit sind Schlagwörter unsere Zeit. Um diesen und zukünftigen Herausforderungen gewachsen zu sein, müssen geregelte elektrische Antriebe immer weitere Felder erschließen. Vor allem der Automobilsektor stellt hier einen großen und anspruchsvollen Markt dar. SKiM ist ein Leistungshalbleitermodul, das auf höchste Anforderungen an die Zuverlässigkeit bei gleichzeitig extremen Umgebungsbedingungen getrimmt ist. Der völlige Verzicht auf Lötungen sowie der konsequente Einsatz von Druck- und Federkontakten in Verbindung mit neuesten Industriekunststoffen machten diesen Fortschritt möglich.

Aufgrund der neuesten IGBT- und Dioden-Technologien wird eine hohe Leistungsdichte bzw. im Umkehrschluss ein sehr leistungsfähiges, kompaktes Modul erreicht.

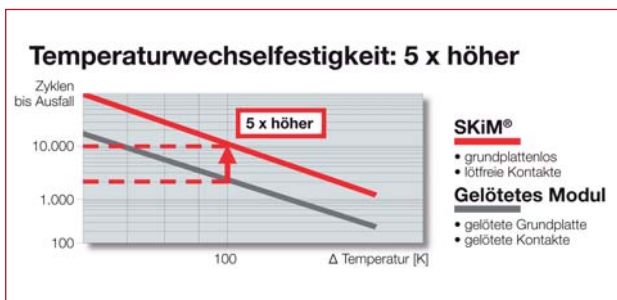
Das Sixpack-IGBT-Modul SKiM leitet mit seinem Drucksystem die Ära der 100% lotfreien Module ein. Es wird auf die gebräuchliche Grundplatte verzichtet und somit auch auf die großflächige Lötung. Alle Chips sind gesintert und nicht mehr gelötet. Und Federn ersetzen die Lötpins. Durch ihren robusten, kompakten Aufbau sind diese Hochleistungsmodule ideal für Hauptantriebe von 22 bis 150 kW in Elektro- und Hybridfahrzeugen. Im Vergleich zu gelöteten Varianten weisen SKiM-Module eine fünfmal höhere Temperaturlastwechselfestigkeit auf und sind damit wesentlich zuverlässiger.

Temperaturunterschiede können weit über 150 °C betragen

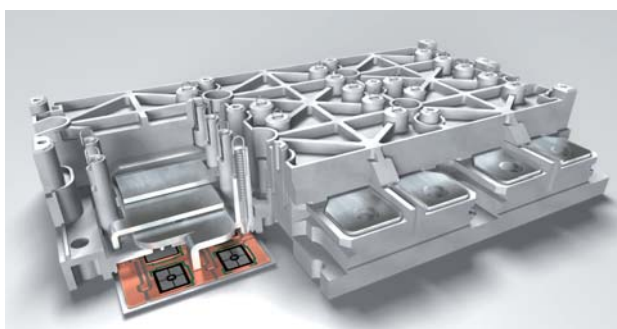
Die Anforderungen an die Temperaturwechselbelastungen in einem leistungselektronischen System, das in Elektrofahrzeugen oder Hybridantrieben eingesetzt wird, sind hoch: Die Module müssen klein und leicht, gleichzeitig aber hohen Stoß- und Vibrationsanforderungen genügen. Während des Betriebs können die Umgebungstemperaturen auf über 125 °C ansteigen und bei Stillstand unter den Gefrierpunkt fallen. Das Kühlmittel kann sich kurzfristig so erhitzen, dass im Inneren des Moduls die Chip-temperaturen auf $T_j > 150$ °C ansteigen. Aus diesen Temperaturunterschieden resultieren extreme Temperaturwechselbelastungen, die die Lebensdauer eines Standardmoduls reduzieren.

Konventionelle IGBT-Modul-Lösungen erreichen ihre Grenzen bei diesen Einsatzbedingungen und zeigen Ermüdung von Lötkontakten. Die Ausbreitung von Rissen in den Lot-schichten sind die Hauptausfallursachen bei extremen Temperaturwechselbelastungen. Bei Modulen mit gelöteten Chips, Lötkontakten ▶

*Thomas Grasshoff ist Leiter Produktmanagement SEMIKRON International, und Christian Daucher ist Produkt Manager SEMIKRON Elektronik. Beide arbeiten in Nürnberg.



■ Bild 1: Vergleich zwischen dem SKiM-Modul mit Federkontakten und einem gelöteten Leistungsmodul

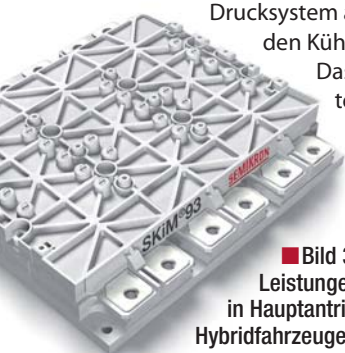


■ Bild 2: Durch lötfreie Druckkontakte und einer Sinter-Verbindung zwischen Chip und Substrat wird die Temperaturwechselfestigkeit auf 10.000 Zyklen bei $\Delta T = 100\text{ K}$ erhöht

und Grundplatte ist die Änderung der thermisch induzierten mechanischen Spannungen Ursache für die Ermüdung. Sie entstehen durch unterschiedliche Ausdehnungskoeffizienten der Materialien, wenn die verbundenen Werkstoffe erwärmt und wieder abgekühlt werden. Je höher das ΔT_m , also die Temperaturänderung, desto schneller schreitet der Ermüdungsprozess voran.

Nicht so bei einem lötfreien Modul in Druckkontakttechnologie ohne großflächig gelötete Kupfergrundplatte. Denn dort sind die Chips eben über einen Sinter-Prozess mit der Keramik-DCB (DCB; Direct Copper Bonding) verbunden, um eine hohe Lastwechselfestigkeit sicherzustellen. Die Sinter-Verbindung erfolgt über eine dünne Silberschicht, die einen geringeren thermischen Widerstand besitzt als eine Verbindung mittels Lötzinn. Aufgrund des hohen Schmelzpunktes von Silber wird eine vorzeitige Materialermüdung vermieden. Dies führt zu einer Verlängerung der Lebensdauer der Komponenten.

Der Chip wird über ein mechanisches Drucksystem auf das Substrat und den Kühlkörper gedrückt. Das lötfreie Drucksystem und eine integrierte laminierte Stromschiene sorgen für eine



■ Bild 3: SKiM-Module für Leistungen von 22 bis 150 kW in Hauptantrieben von Elektro- und Hybridfahrzeugen

gleichmäßige Stromverteilung. Jeder IGBT- und Diodenchip ist separat mit dem Hauptanschluss verbunden. Dadurch minimieren sich die internen Leistungswiderstände und Verluste. Der Modulwiderstand ist mit $R_{CC} + EE' \leq 0,3\text{ m}\Omega$ deutlich niedriger als in Modulen mit Lötkontakten, wo dieser etwa $1,1\text{ m}\Omega$ beträgt.

Es treten keine mechanischen Spannungen mehr auf

Weil die DCB mit den Chips nicht fest mit dem Kühlkörper verbunden ist, kann es sich bei Temperaturänderungen ausdehnen und zusammenziehen, ohne dass es zu den gefürchteten mechanischen Spannungen kommt. Module auf der Basis dieses Konstruktionsprinzips zeigen folglich eine deutlich höhere Temperaturwechselfestigkeit als herkömmliche Grundplattenmodule.

Alternative Werkstoffe wie AlSiC (Aluminium Silizium Carbonat) mit einem kleineren Ausdehnungskoeffizienten als Kupfer sind für den Automotive-Sektor wenig geeignet, weil AlSiC einen schlechten thermischen Leitwert hat und zudem teuer ist.

Modul und Treiberplatine sind ungelötet über Federkontakt verbunden, was einer hohen Temperaturwechselfestigkeit Rechnung trägt und eine schnelle lötfreie Montage der Treiberplatine ermöglicht. SEMIKRON hat schon vor über 15 Jahren einen anderen Weg eingeschlagen, indem eine Druckkontakttechnologie, die SKiIP-Technologie (SEMIKRON integrated

Keine Lötstellen, keine Fehlerquellen

Das weltweit erste vollständig lötfreie Modul SKiM für Automotive-Anwendungen von SEMIKRON bietet aufgrund dieser Tatsache eine fünffach höhere Temperaturlastwechselfestigkeit im Vergleich zu gelöteten Modulen und ist damit deutlich zuverlässiger. Durch das Druckkontaktsystem ist sogar die Grundplatte verzichtbar, und somit gehören großflächige Lötungen der Vergangenheit an. Alle Chips sind gesintert und nicht länger gelötet. Federn ersetzen die Lötpins. Das kompakte Hochleistungsmodul SKiM wird beispielsweise in Hauptantrieben von Elektro- und Hybridfahrzeugen eingesetzt.

intelligent Power), entwickelt wurde, bei der die Grundplatte entfällt. Für das SKiM-Automotive-Modulkonzept ist die SKiIP-Technologie konsequent weiterentwickelt worden, um langzeitverlässige und kompakte Highend-Module zu realisieren. Sie wurden speziell für elektrisch betriebene Fahrzeuge mit hohen Anforderungen an die elektrische Leistungsdichte sowie an die Umgebungsbedingungen konzipiert.

SKiM ist ein Sixpack-Modul, das aus drei unabhängigen Halbbrücken in einem gemeinsamen Gehäuse besteht. Jede Halbbrücke ist mit einem eigenen NTC-Temperatursensor ausgestattet. Die DC- und AC-Hauptanschlüsse sind (wie heute üblich) 17 mm hoch und auf den gegenüberliegenden Seiten des Moduls angeordnet. Auf der Oberseite befinden sich die Steueranschlüsse. Die Treiberplatine wird lötfrei mittels Federkontakten angeschlossen. Ein schnelles Design-in ist durch die Standardhöhe der Anschlüsse von 17 mm und gleichen Konfigurationen garantiert. SKiM-Module gibt es in zwei Größen. Nämlich als SKiM 63 mit $120\text{ mm} \times 160\text{ mm}$ und SKiM 93 mit $150\text{ mm} \times 160\text{ mm}$. (ku)

SEMIKRON International
Tel. +49(0)911 6559158

www.elektronikpraxis.de

Whitepaper über die Langzeitstabilität von Federkontakten für Leistungshalbleiter-Modulen von SEMIKRON (PDF mit 6 Seiten)

InfoClick

219652