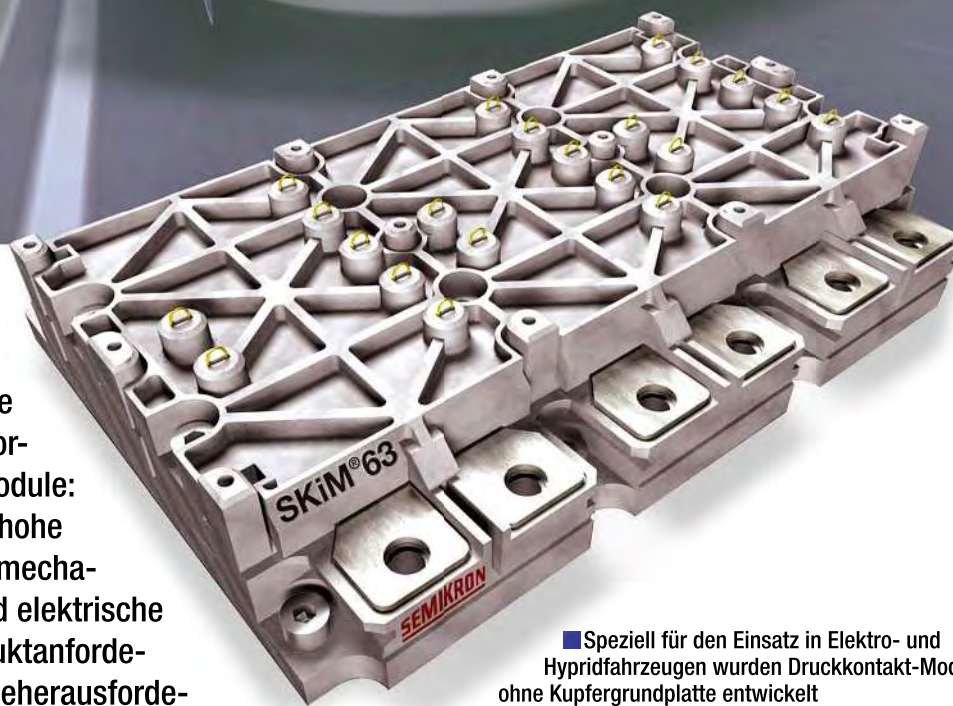


Power-Module

Hochleistungs-IGBT-Module für Automotive



Die Märkte für elektrisch angetriebene Fahrzeuge stellen harte und vielschichtige Anforderungen an Power-Module: hohe Leistungsdichte, hohe Zuverlässigkeit sowie mechanische, thermische und elektrische Robustheit. Über Produkthanforderungen und Technologieherausforderungen geht es in diesem Beitrag.



■ Speziell für den Einsatz in Elektro- und Hybridfahrzeugen wurden Druckkontakt-Module ohne Kupfergrundplatte entwickelt

Thomas Grasshoff*

Am Gesamtmarkt der Power-Module haben die für den Automotive-Bereich derzeit einen Anteil von 4%. Mit einem jährlichen Wachstum von 19% zeigt er jedoch langfristig steil nach oben. Automotive-Hochleistungsanwendungen haben ihre ganz eigenen Anforderungen, die die Weiterentwicklung der Power-Module stark beeinflussen. Hohe Umgebungstemperaturen sowie die hohe

Anzahl thermischer Zyklen stellen besondere Herausforderungen an die Technologie. Getrennte Pfade für Strom- und Wärmefluss sind charakteristisch für Power-Module. Unterschiedlichste Materialien (Isolatoren, Kontaktierungen und natürlich Halbleiter) müssen miteinander verbunden werden. Aufgrund der verschiedenen thermischen Ausdehnungskoeffizienten (Coefficient of Thermal Ex-

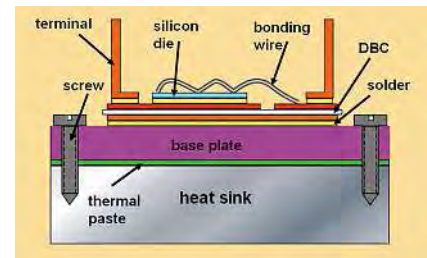
pansion, CTE) entstehen durch die Erwärmung bei Temperatur- und Leistungszyklen mechanische Spannungen zwischen den verbundenen Materialien. Temperaturänderungen führen zu Änderungen der mechanischen Spannung an Materialübergängen und damit zu einer

*Thomas Grasshoff, Leiter Produktmanagement International bei SEMIKRON, Nürnberg.

Coefficient of Thermal expansion (CTE)

Chip	 $4.1 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$
DCB-Substrat	 $7.4 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$
Kupfer	 $17.5 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$
Aluminium	 $25.5 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$

■ Unterschiedliche CTE-Werte verwendeter Materialien (links) und Prinzip-Schnittbild der klassischen Modul-Montage



Ermüdung der Materialverbindungen, die die Lebensdauer des Systems begrenzen. Für das Power-Modul muss daher eine Aufbautechnologie zum Einsatz kommen, die den thermischen und mechanischen Stressanforderungen der Anwendung gewachsen ist.

Besonders kritisch: Grundplatte und DCB-Substrat

Besonders kritisch ist der Unterschied im CTE-Faktor zwischen dem Kupfer der Grundplatte (base plate) und dem DCB-

Substrat. Insbesondere die große Fläche der Lötverbindung zwischen beiden Materialien führt zu hohen mechanischen Spannungen. Diese Verbindung wird besonders stark durch die passiven thermischen Zyklen wie beispielsweise einer Erwärmung des Motorraumes beansprucht. Als alternative Aufbaustruktur für Power-Module steht die SKiIP-(SEMI-KRON-integrated-intelligent-Power-) Technologie zur Verfügung, bei der auf eine Grundplatte vollständig verzichtet wird. Dadurch entfällt die großflächige Lötverbindung; sie wird durch einen

Druckkontakt ersetzt: Die Verbindung zwischen dem DCB-Substrat und dem Kühlkörper ist nicht starr angelegt, so dass sich das Substrat auf dem Kühlkörper „bewegen“ kann und Wärmespannungen somit ausgeglichen werden. Vergleichbare Betrachtungen zur Zuverlässigkeit müssen auch bei den weiteren Antriebssystemkomponenten wie Steuerleiterplatte, Stromsensoren, DC-Zwischenkreis-Kondensatoren, Aufbautechnik und Abdichtung angestellt werden. Da große Zwischenkreis-Kondensatoren im Automotive-Bereich bisher nicht üb-



wir sorgen für ihre power



130 Watt
EN 60601-1

Netzteile für Medizintechnik und Industrie

www.guenter-psi.de

Günter Dienstleistungen GmbH · 75305 Neuenbürg · Fon 07082 49135-0



Spezialelektronik GmbH



**Hochspannungsversorgung
10kV/10kW**

- » Spannung und Strom stufenlos regelbar, von Leerlauf bis Kurzschluss
- » ARC-Erkennung und -Behandlung
- » Ansteuerung über analog I/O, RS232, CAN-, GPIB- oder Ethernet Interface
- » Wirkungsgrad > 93%
- » 4HE/19 Zoll/500 mm
- » kundenspezifische Anpassung möglich

www.iseg-hv.de

industry & research

iseg Spezialelektronik GmbH
Bautzner Landstr. 23
D-01454 Radeberg/Rossendorf

Telefon: +49 (0) 351 26996-0
Fax: +49 (0) 351 26996-21
E-Mail: sales@iseg-hv.de

HIGH VOLTAGE up to 8kV partial discharge free


IGBT-DRIVERS 80mm clearance / creepage

Hv8 - 30I/L series fully hard turn ON/OFF
HV8HHS-30I/L series hard turn ON paired soft-hard turn OFF

30A peak switching current and 12Watt power standard
with additional back up DC-DC Power up to 250W currently available
that allows big IGBT's turned fast up to 250kHz

Implemented now, up to 35V Reference Voltage
Solutions for outside Ref Volt increase available
Gate voltages from +14 to +18V / - 7 to -15V upon demand

For DC-DC with PD-free insulation up 10kV see our home or call
rad - hard DC-DC for use in atomic power plants custom solutions



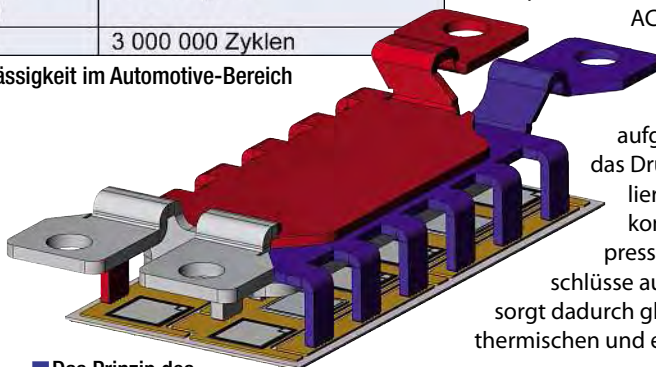
Am Malfinger Steig 13 P. x49-8243-9693-0
86920 Denklingen/Obb. F.x49-8243-9693-33
www.floeth-electronic.com
Germany

Umgebungsbedingungen	
Umgebungsluft	-40 °C bis 135 °C
Einkreis-Wasserkühlung	-40 °C bis 105 °C (120 °C bei Leistungsreduzierung)
Sperrschichttemperatur	-40 °C bis 175 °C
Lebensdauererwartung	
Gesamtlebensdauer (außer Betrieb)	20 Jahre
Betriebslebensdauer	10 000 h
Passive Temperaturzyklen @ ΔT 100 K (15 Jahre lang zwei Kaltstarts täglich)	10 000 Zyklen
Aktive Temperaturzyklen @ ΔT 40 K	3 000 000 Zyklen

■ Tabelle: Basisanforderungen an die Zuverlässigkeit im Automotive-Bereich

lich sind, ist auch dafür eine detaillierte Stressanalyse erforderlich. Aufgrund der hohen Umgebungstemperaturen, der erforderlichen Verträglichkeit mit hohen Wechselströmen und dem begrenzten Raumangebot wurden Polypropylen-(PP)-Folienkondensatoren ausgewählt. Um den mechanischen Stress in akzeptablen Grenzen zu halten, ist es notwendig, die Gesamtkapazität auf mehrere kleinere, parallel geschaltete Kondensatoren zu verteilen.

Weil die Zwischenkreisspannung eines 600-V-IGBT-Moduls bei der Rückspeisung während des Bremsbetriebs bis auf 450 V ansteigen kann, ist es erforderlich, die parasitäre Induktivität des Gehäuses auf wenige nH zu begrenzen. Das optimierte Design der DC-Zwischenkreis-Anschaltung über mehrere Druckpunkte ermöglicht hohe Schaltgeschwindigkeiten ohne kritische Überspannungsspitzen zu generieren. In einer derartigen Konfiguration wurde eine parasitäre Induktivität von nur 10 nH erreicht. Die IGBTs und Freilaufdioden für den Top- und den Bot-Schalter befinden sich auf einem Substrat. Zwei IGBT-Chips teilen sich symmetrisch eine Diode, sodass hohe Schaltgeschwindigkeiten ohne hohe Überspannungen



■ Das Prinzip des mehrfachen Stromschieneanschlusses an das DBC-Substrat niedriger Induktivität beim SkiM-IGBT-Modul von SEMIKRON

möglich sind. Ein zusätzlicher Vorteil dieser Anordnung ist die gleichmäßige Stromverteilung auf die parallel geschalteten Leistungsschalter. Die mehrfachen Stromschieneverbindungen bilden nicht nur chipnahe, induktivitätsarme Druckkontakt-Verbindungen, sondern auch hochwertige thermische Anbindungen der Halbleiter-Chips an den Kühlkörper.

Das DCB-Substrat vorteilhaft ohne Gehäuse verwendet

Eine Möglichkeit, die durch Gehäuseeigenschaften bedingten Einschränkungen zu überwinden, liegt darin, diese Gehä-

se einfach wegzulassen. Anstatt Power-Module mit klassischem Gehäuse einzusetzen, kann man DCB-Substrate ohne Gehäuse verwenden, um von Grund auf mechanisch integrierte Leistungselektronik-Systeme zu schaffen.

Die Substrate werden, gemeinsam mit einem Grundrahmen aus temperaturfestem Kunststoff (mit bereits eingespritzten Schraubanschlüssen), auf einen Kühlkörper montiert. Als nächstes wird das AC- und DC-Stromschiene-System mit integrierten Zwischenkreis-Kondensatoren aufgesetzt. Darüber wird das Druckteil mit vorinstallierten Federn für Hilfskontakte montiert. Es presst die Leistungsanschlüsse auf das Substrat und sorgt dadurch gleichzeitig für guten thermischen und elektrischen Kontakt.

Die Sperrschichttemperatur ist bis 200 °C nutzbar

Die erreichte Leistungsdichte setzt neue Maßstäbe. Der Motor-Umrichter hält Beschleunigungswerten von 20 g Vibration und 100 g Stoß stand. Und das Fehlen von Lötstellen ermöglicht sehr hohe thermische und leistungsmäßige Zykluszahlen; die maximale Sperrschichttemperatur der modernen Power-MOSFETs von 200 °C kann voll ausgenutzt werden. Ein alternativer Ansatz für Umrichter im Automotive-Bereich ist der Einsatz skalierbarer Bausteine, die bezüglich Leistungsbereich und Regelung unterschiedliche Marktanforderungen bedienen können.

Um die Zuverlässigkeitsanforderungen zu erfüllen, werden grundplattenfreie Module mit Druckkontakt-Technologie verwendet. In Verbindung mit einem intelligenten Flüssigkeits-Kühlkonzept können sehr kompakte Maße realisiert werden. Einfach anzuschließende Kabel und Kühlmittelschläuche sorgen für raumsparende Einbaumöglichkeiten in das Fahrzeug. Die Rechenleistung moderner Fließkomma-DSPs ermöglicht die Implementierung komplexer Regelalgorithmen für den Umrichter. (ku)

SEMIKRON
Tel. +49(0)911 65590

www.elektronikpraxis.de

Übersicht der Power-Produkte von SEMIKRON

InfoClick

291272

Herausforderung Eco-Design

Leistungskomponenten sind in ihrer Weiterentwicklung durch drei wesentliche Faktoren beeinflusst: schrumpfende Abmessungen, steigende Sperrschichttemperaturen im Chip, zunehmende Umgebungstemperaturen. Hierbei führen die erzielten Innovationen immer wieder zu reduzierten Leistungsverlusten, wodurch der Wirkungsgrad der Komponente und der seiner Anwendung steigt. Damit erschließt sich die Leistungselektronik neue Anwen-

nungsgebiete, etwa im Bereich der Fahrzeugelektrifizierung und der erneuerbaren Energien. Ein Grund dafür ist, dass durch steigende Energiepreise ein ökonomischer Vorteil besteht. Für die Leistungselektronik aber bedeutet das, um kostengünstig zu bleiben, es müssen neue Aufbau- und Verbindungstechniken zum Einsatz kommen. Beispielsweise Druckkontakte und Sinterverbindungen als Alternative für Lot mit niedriger Schmelztemperatur.