



Power-Module, MOSFETs und IGBTs

Der neue Nutzen der Leistungshalbleiter

Ohne Leistungshalbleiter lässt sich elektrische Energie weder transportieren noch umformen. Und viele Regel- und Steuerungsaufgaben sind ohne MOSFETs, IGBTs oder Power-Module nicht realisierbar. In Verbindung mit passendem Power-Management bringen sie die elektrische Energie wirkungsvoll und sparsam zum Einsatz. Daraus ergeben sich konkrete Anforderungen für die Weiterentwicklung von Leistungskomponenten, wie dieser Beitrag zeigt.

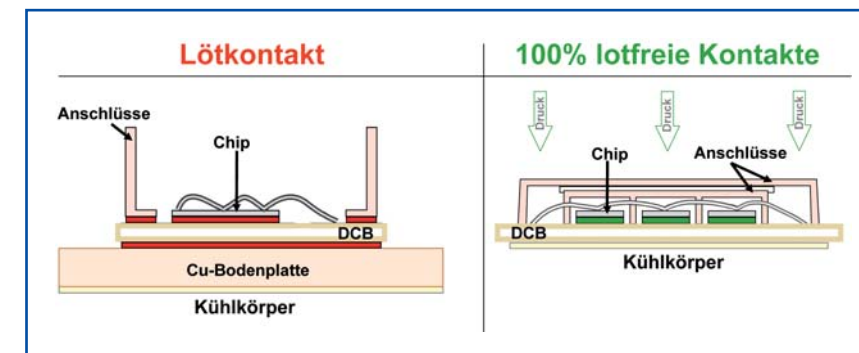
Thomas Grasshoff*

Neben dem Ersatz verschleißanfälliger mechanischer Getriebe ist vor allem die Energieeinsparung durch geregelte elektrische Ansteuerung ein Hauptgrund für den Siegeszug der Leistungselektronik. Elektrische Antriebe sind für bis zu 70% des industriellen Stromverbrauches verantwortlich. Durch eine konsequente Drehzahlsteuerung mittels eines Frequenzumrichters und andere

Maßnahmen sind weit über 60% Energieeinsparung möglich. Davon entfallen 20% auf Energie sparende Motoren, 30% auf die elektronische Drehzahlregelung und 60% auf mechanische Systemoptimierungen. Wichtige Teilmärkte sind die Märkte für erneuerbare Energien, insbesondere Windenergie und Automotive. Das Segment Windenergie wächst 25% am

stärksten. Im Jahre 2006 wurden 15.000 MW weltweit neu installiert und 2012 soll 12% der weltweiten Energieversorgung mittels Windenergie erfolgen. Im Solarmarkt werden zwei unterschiedliche Konzepte weiterentwickelt – dezentrale Stringwechselrichter mit bis zu 6 kW Leistung und große Zentralwech-

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



■ Vergleich zwischen Modulen mit Lötkontakten und 100% lotfreien Kontakten

selrichter mit mehreren 100 kW. Durch die hohen Einspeisevergütungen für Solarstrom ist der Wirkungsgrad des Umrichters wirtschaftlich bedeutsam – je geringer die Wärmeverluste desto kürzer ist die Rückzahlperiode der Investitionen. Die Elektrifizierung von Fahrzeugen wird in den kommenden Jahren den Hauptantrieb beinhalten. Fahrzeuge mit kombiniertem Verbrennungs- und Elektroantrieb werden zurzeit als Hybridantriebe eingeführt. Damit lässt sich der Kraftstoffverbrauch insbesondere bei größeren Fahrzeugen um bis zu 40% reduzieren. Auch reine Elektroautos werden, wenn das Energiespeicherproblem gelöst ist, interessant.

Anwendungsspezifische Konzepte von Leistungshalbleitern

Verantwortlich für das Wachstum der Leistungselektronik sind neben steigenden Energiekosten auch stetige Weiterentwicklungen auf dem Gebiet der Leistungshalbleiter, um die Verluste zu

reduzieren und die Lebensdauer zu erhöhen. Dadurch erschließen sich stets neue Anwendungsgebiete. Leistungshalbleiter decken einen großen Leistungsbereich von wenigen W bis in den MW-Bereich ab. Durch die Vielzahl von Anwendungen haben sich in den letzten Jahrzehnten verschiedene Aufbau- und Montagekonzepte im Markt etabliert. Das Ziel ist, für die unterschiedlichen Anwendungen bei höchstmöglicher Zuverlässigkeit einen optimalen Wirkungsgrad und damit geringe Verluste zu erreichen. Die Märkte Automotive und erneuerbare Energien haben hohe Anforderungen an die Zuverlässigkeit der Leistungshalbleitermodule. Hohe Temperaturschwankungen verursachen Spannungen zwischen Materialien unterschiedlicher Ausdehnungskoeffizienten und diese Spannungen reduzieren die Lebensdauer von Verbindungen. Eine Hauptausfallursache traditioneller IGBT-Module ist die Ermüdung von Lotverbindungen durch Temperaturschwankungen. Lotermüdung erhöht den thermischen Widerstand im

Modul und durch die damit entstehenden höheren Temperaturen wird dieser Prozess beschleunigt.

Je höher die Temperatur, desto rascher die Alterung

Je größer die Temperaturschwankungen sind, desto eher tritt dieser Alterungsprozess ein. Eine Möglichkeit dieses Problem zu lösen, ist die Verwendung von Materialien mit ähnlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten. Bodenplatten mit AlSiC (Aluminium Silicon Carbide) zum Beispiel, sind eine Alternative, die häufig bei Modulen für Anwendungen höchster Zuverlässigkeit, wie Zugantriebe, eingesetzt werden. AlSiC hat einen wesentlich kleineren Ausdehnungskoeffizient als Kupfer und passt sich von seinen thermischen Eigenschaften eher an das Keramiksubstrat an. Andererseits hat AlSiC eine relativ schlechte thermische Leitfähigkeit und ist teuer, sodass es für preissensitive Anwendungen wie im Automobil eher nicht in Frage kommt.

Aufbautechnik ohne Bodenplatte und Lotverbindung

Vor mehr als 15 Jahren hat SEMIKRON mit der SKiIP-Technologie eine Aufbautechnik entwickelt, die keine Bodenplatte und damit eine reduzierte Anzahl kritischer Lötverbindungen hat. Bei diesen Modulen wird das Substrat mit den Chips direkt auf den Kühlkörper mittels eines mechanischen Druckkontaktsystems gepresst. Da das Substrat nicht fixiert ist, kann es sich unter Temperaturschwankungen auseinander- und zusammenzie-

Leistungselektronik

- hen ohne dass dabei mechanischer Stress auf Materialverbindungen ausgeführt wird. Diese bodenplattenlosen Module haben eine wesentlich höhere Temperaturwechselfestigkeit und werden deshalb in den zuvor genannten Anwendungen verstärkt eingesetzt.

Die Sperrschichttemperaturen gehen in Richtung 200 °C

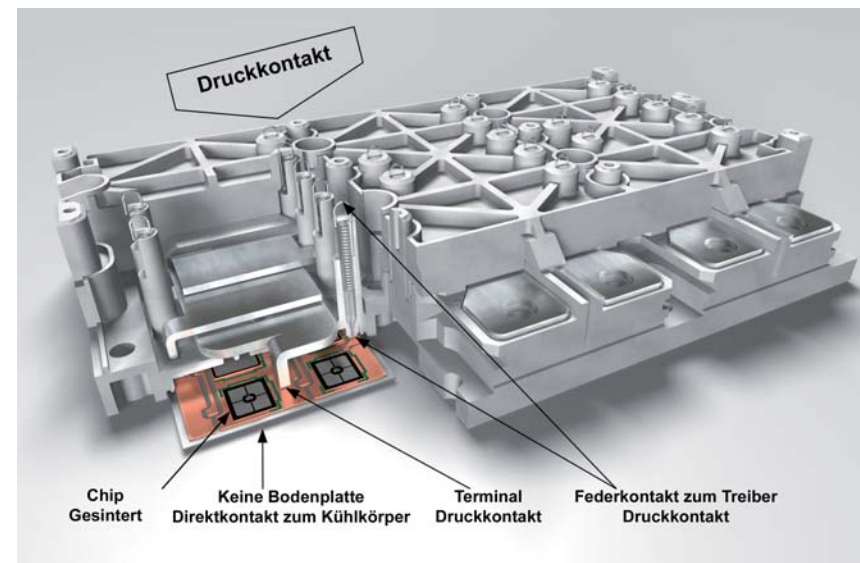
Die SKiiP-Technologie wurde ebenso bei der Entwicklung der ultrakompakten SKiM-Module genutzt. Sie sind speziell für den Einsatz unter rauen Umgebungsbedingungen wie hohe Temperaturen im Motorraum und hoher Leistungsdichte im Fahrzeug konzipiert. Die sehr kompakten Six-Packs bestehen aus drei unabhängigen Halbbrücken mit eigenen Lastanschlüssen und Temperatursensor. Den industriellen Standards folgend beträgt die Anschlusshöhe 17 mm und die DC- und AC-Anschlüsse befinden sich für

eine optimale Zwischenkreisverschiebung an den gegenüberliegenden Seiten. Auf der Oberseite befinden sich die Treiberverbindungen. Auch hier wurde eine lötfreie Verbindung mittels Federn gewählt. Traditionelle Aufbau- und Verbindungstechnologien limitieren die max. Betriebstemperaturen der Sperrschicht auf 150 °C. Damit sind Anforderungen z.B. der Automobilindustrie nicht erfüllbar. In Fahrzeuganwendungen existieren Kühlfunktionen bis zu 105 °C. Um die Chipflächen effektiv auszunutzen, sind Betriebstemperaturen bis 175 °C notwendig. Die neuesten Generationen von IGBTs und Freilaufdioden sind bis zu diesen Temperaturen spezifiziert, SiC-Dioden sogar bis 200 °C. Zurzeit ist Lot noch das am häufigsten eingesetzte Material, um Chips und DCB (DCB = Direct Copper Bonding) zu verbinden. Lötverbindungen haben aber ihre Grenzen bei hohen Umgebungstem-

peraturen durch die geringe Schmelztemperatur der Lote. Silber ist ein Material mit besserer thermischer und elektrischer Leitfähigkeit und durch die hohe Schmelztemperatur für hohe Betriebstemperaturen geeignet. Beim Sinterprozess wird Silberpulver bei hohem Druck und einer Temperatur um 240 °C zu einer kompakten dünnen Schicht gepresst, die eine zuverlässige Verbindung zwischen den verbundenen Partnern darstellt. Hinsichtlich der Zyklusfestigkeit bei höheren Temperaturen verspricht die Niedertemperatur-Sintertechnologie deutliche Verbesserungen. Wie neue Studien belegen könnten die Sintertechnologie helfen die Probleme der Lastwechselfähigkeit zu lösen.

Windenergie – hohe Ansprüche an die Zuverlässigkeit

Im Windmarkt steht vor allem die Zuverlässigkeit im Vordergrund. Die Windmühlen haben immer höhere Leistungen. Der aktuelle Trend geht von 3 zu 5 MW und dann in 5 bis 10 Jahren auch in Richtung 10 MW. SEMIKRON hat für dieses Anwendungsgebiet mit dem SKiiP als integriertes Modul eine optimierte Lösung entwickelt. Das integrierte SKiiP-Modul besteht aus aufeinander abgestimmten Kühlkörper, Treiber, Stromsensor und Leistungsteil. Es ist skalierbar und wird bis in den oberen MW-Bereich eingesetzt. Der Treiber enthält die Schnittstelle zum Anschluss an das Kundensystem. Weil das Modul bereits auf einen Kühlkörper montiert ist, gibt es auch keine potenzielle Fehlerquelle durch unsachgemäßen Wärmeleitpastenauftrag. Modul, Treiber und entsprechender Kühlkörper sind bereits bei der Entwicklung aufeinander abgestimmt, was den niederinduktiven Aufbau sicherstellt. Somit hat das Subsystem nach obligatorischer Einzelteilqualifikation anschließend auch eine Systemqualifikation bestanden. Das gleiche gilt für die Produktion. Auch hier werden die Teile erst separat und später nach dem Zusammenbau als gesamtes Subsystem getestet, bevor sie ausgeliefert werden. Damit lassen sich mögliche Frühhausfälle erkennen. (ku)
SEMIKRON International
Tel. +49(0)911 65590



■ SKiM, ein Leistungshalbleitermodul für Fahrzeuganwendungen

Energieeffizienz durch Leistungselektronik

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 Anwendungsgebiete, 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.

www.elektronikpraxis.de
Produktübersicht Leistungselektronik
InfoClick 245017