

Leistungsexplosion in der Modultechnologie

»Es geht darum, die Kraft des Motors auf die Straße zu bringen«

Fortschritte auf der Halbleiter-Seite müssen in ausreichendem Maße von Verbesserungen im Bereich passiver und elektro-mechanischer Komponenten unterstützt werden, fordert Peter Beckedahl, R&D-Direktor bei Semikron. Gelingt das nicht, werden Leistungselektronik-Anwender vom nächsten Halbleiter-Shrink kaum profitieren.

Markt&Technik: In den letzten Jahren hat sich, dank Trench, die Leistungshalbleiter-Performance deutlich gesteigert. Welche Herausforderungen stellt diese Entwicklung an Sie als Systemanbieter?

Peter Beckedahl: Über einen Zeitraum von fünf bis sechs Jahren hat sich das Leistungsvermögen der Leistungshalbleiter um 50 Prozent erhöht. Module, die früher mit 400 A angeboten wurden, stehen heute mit 600 A zur Verfügung. Ein IGBT bietet heute

beschert, das sich nur noch schwer handhaben lässt?

Wenn Sie das auf Trench-Produkte beziehen, gebe ich Ihnen Recht. Wir haben heute mit den Chip-technologien der letzten Trench-Generation Halbleiter-Komponenten zur Verfügung, deren Performance in bestimmten Bereichen der Leistungselektronik gar nicht mehr nutzbar ist.

Die Stromdichten haben ein sehr hohes Niveau erreicht, dasselbe gilt für die Abwärmeproblematik. Es gibt sicher eine Reihe

Es gibt keinen idealen Chip, wenn Sie das meinen. Der Trench, wie er etwa von Infineon Technologies angeboten wird, ist dann die richtige Lösung, wenn es um maximale Stromdichten und hohe Integrationsgrade geht. Der STP-Chip von ABB hingegen zeichnet sich durch ein ausgewogenes Verhältnis von Durchlass zu Schaltverhalten aus. Jede Technologie hat ihre Vor- und Nachteile, aber wir sind der einzige Leistungsmodul-Hersteller, der gleichzeitig verschiedene Chip-Technologien anbietet.

Leistungselektronik kann auf der Fläche eines Fingernagels oder auf einigen Quadratmetern realisiert werden. Wie hoch ist heute noch der reine Halbleiter-Anteil an einer Leistungselektronik-Lösung?

Wenn Sie heute einen 2-kW-Antrieb betrachten, dann liegt der Anteil der Leistungselektronik-Komponenten bei 6 Prozent des Bauvolumens. Der Zwischenkreis und passive Bauelemente bringen es zusammen auf 35 Prozent. Bei wassergekühlten Hochleistungsantrieben fällt dieses Verhältnis viel extremer aus. Da können alleine schon die eingesetzten Kondensatoren 60 Prozent des Bauvolumens ausmachen. Die reine Leistungselektronik kommt in solch einer Anwendung auf einen Anteil von 20 Prozent. Die Halbleiter-Branche hat ihren Beitrag zur höheren Integration in der Leistungselektronik geleistet. Nun liegt es an den Herstellern von Induktivitäten und Kondensatoren, einen weiteren Miniaturisierungsschritt in der Leistungselektronik zu ermöglichen. Erste Ansätze sind bereits durch den vermehrten Einsatz von Filmkondensatoren im Zwischenkreis zu beobachten.

Worin besteht aus Ihrer Sicht die größte Herausforderung, um Hochleistungskomponenten, wie die Trench-Chips der



Peter Beckedahl, Semikron

» Semikron ist der einzige Leistungsmodul-Hersteller, der gleichzeitig die Trench- und die SPT-Chip-Technologie anbietet. «

letzten Generation, heute in der Leistungselektronik einzusetzen?

Es geht beispielsweise darum, neue Kontaktierungsmethoden auf den Chips zu entwickeln, um ihr hohes Leistungsvermögen auch nutzen zu können. Wir setzen hier schon seit Jahren auf Druckkontaktierung. Mit klassischer Bonding-Technik stoßen Sie an die Grenzen. Wir werden deshalb dort, wo es sinnvoll ist, in Zukunft vermehrt zur Bändchen-Bondung übergehen. Der Einsatz von Alubändern erlaubt es uns die Stromdichte eines Chips in Zukunft um 10 bis 20 Prozent besser auszunutzen.

Lässt sich die Performance der Module auch weiterhin noch durch Verbesserungen im Gehäusebereich optimieren?

Angesichts der steigenden Integrationsdichte der letzten Jahre richten sich die Anstrengungen in der Modul-Entwicklung auf Themen wie eine möglichst niederinduktive Anbindung. An zweiter Stelle kommt die Entwärmung, gefolgt von Bonding- und Lötthemen. Ein möglichst niederinduktiver Modulaufbau lässt sich am besten durch ein Minimum an umspannter Stromleiterfläche erreichen. Eine wichtige Rolle dabei spielt der möglichst symmetrische Schaltungsaufbau des Moduls sowie die symmetrische Ankoppelung der parallelen Chips. Dies ist besonders wichtig für An-



Das Sixpack-IGBT-Modul Semix13 von Semikron: Mit Strömen bis 200 A ist es für Motorleistungen bis 37 kW konzipiert. Erhältlich ist es in 600-V- und 1200-V-IGBT-Trench-Technologie.

Bild: Semikron

Stromdichten von 200 A/cm², bei einem MOSFET sind es bereits 350 A/cm². Ermöglicht hat das die Trench-Technologie und weitere Chip-Optimierungen. Diese Performance-Verbesserung stellt uns vor die Aufgabe, immer leistungsfähigere Halbleiter in eine Umgebung zu integrieren, die sich kaum verändert hat. Kupfer bleibt Kupfer, daran ändern auch Shrink-Prozesse im Halbleiterbereich nichts.

Heißt das, Sie halten weitere Shrinks nicht für wünschenswert? Hat der technologische Fortschritt Ihnen ein Produkt

von Applikationen, in denen Trench-Lösungen dem Anwender Vorteile bieten; steht ein Anwender aber nicht unter Miniaturisierungsdruck, würde ich in der Regel den Einsatz größerer Chips empfehlen. Kleine Chips haben einen höheren Wärmewiderstand als größere Chips. Bei gleicher elektrischer Performance kann ich somit mehr Leistung aus einem größeren Chip holen.

Nun gibt es ja nicht nur Trench-MOSFETs und -IGBTs. Zu welcher Chip-Technologie würden Sie aufgrund Ihrer Erfahrungen raten?

wendungen mit hohen Schaltfrequenzen sowie für das immer wichtiger werdende Thema elektromagnetische Verträglichkeit.

Sie sprachen ein wachsendes Abwärmeproblem an. Stößt die klassische Luftkühlung angesichts der neuen Chip-Technologien nun endgültig an ihre Grenzen?

Es geht nicht allein um die wachsende Leistungsperformance der Halbleiter, einen ebenso großen Einfluss auf dieses Thema haben auch die steigenden Umgebungstemperaturen, in denen Leistungselektronik-Lösungen heute zum Einsatz kommen. Luftkühlung stößt, trotz des Einsatzes von neuen Profilen, dabei immer häufiger an ihre Grenzen und wir beobachten bei hohen Leistungen einen fortschreitenden Übergang zur Wasserkühlung. Aber auch hier gilt: Wenn es möglich ist, ein großes IGBT-Modul einzusetzen, kommt der Anwender in der Regel mit einem preiswerten Luftkühler aus. Doch die steigenden Temperaturen sind Realität, denken Sie nur an den Überlastbetrieb eines Servomotors. Welchen Einfluss dieses Thema auf unsere Entwicklungsarbeit hat, können Sie daran ablesen, dass sich unsere Entwickler in den Solutions-Centern immer häufiger mit neuen Kühlkörpertechnologien auseinandersetzen.

Seit Jahren wird das Thema Silizium-Carbid in der Leistungselektronik diskutiert. Wann werden Sie solche Produkte auf den Markt bringen?

Wir prüfen derzeit noch die Einsatzmöglichkeiten von Silizium-Carbid. Vorteile bringt dieses Material nach unserer Einschätzung vor allem in Anwendungen mit hoher Schaltfrequenz, wenn es um Applikationen wie Schweißen, DC-DC-Wandler oder unterbrechungsfreie Stromversorgungen geht. Man muss aber auch ganz klar feststellen, dass Silizium-Carbid, und wir reden bislang ausschließlich über Dioden, derzeit nur von zwei Herstellern kommerziell angeboten wird: Cree und Infineon Technologies. Zwar arbeiten auch andere Halbleiter-Hersteller an entsprechen-

den Produkten, auf den Markt gekommen, sind sie damit aber noch nicht. Wir werden bei kundenspezifischen Projekten, dort wo es Sinn macht, den Einsatz von Silizium-Carbid mit dem Kunden diskutieren, ein Standardprodukt, für den Katalog, werden wir aber auf absehbare Zeit nicht anbieten. Der nach wie vor hohe Preis spielt dabei natürlich eine große Rolle.

Es sind ja nicht nur alternative Wafer- sondern auch Substratmaterialien in der Diskussion. Welches Material würden Sie als Ersatz für AlO₂ bevorzugen?

In vielen Produkten setzen wir ja bereits Aluminium-Nitrid ein. Hiermit ist eine Verbesserung der DCB-Wärmeleitfähigkeit um den Faktor 7 gegeben, oder ein Sprung von 24 auf 180 W/(m·K). Eine andere Möglichkeit wäre Silizium-Nitrid, das sich zudem durch eine extreme Bruchfestigkeit auszeichnet. Dieses Material würde sich daher auch für den Einsatz bodenplattenloser Module eignen. Für beide Fälle gilt jedoch aus meiner Sicht: Wenn der Kunde bereit ist, den daraus resultierenden Mehrpreis zu bezahlen, sind entsprechende Lösungen realisierbar. Die preisgünstigere Lösung wäre, beim Design eines Produkts einen größeren Leistungshalbleiter mit entsprechendem Kühlkörper vorzusehen. Für höchste Leistungsdichten führt jedoch kein Weg an AlN vorbei.

Welchen Einfluss haben die jüngsten Herausforderungen der Leistungselektronik auf die Entwicklungstätigkeit?

Anders als noch vor einigen Jahren, wird heute bei der Entwicklung neuer Leistungshalbleiter-Module erst simuliert und dann konstruiert. Der verstärkte Simulations-Einsatz ist bei uns seit nun vier Jahren Standard. Die Tatsache, dass Semikron immer häufiger Systemlösungen anbietet, schlägt sich auch in steigenden Entwicklungsausgaben nieder. Wir investieren jährlich 8 bis 10 Prozent des Umsatzes in Forschung und Entwicklung. Allein in Deutschland sind etwa 70 Mitarbeiter in diesem Bereich tätig, hinzu kommen noch etwa 50

Solutions-Entwickler in unseren Solutions-Centern.

Gibt es Anwendungsgebiete in der Leistungselektronik, die sich für Sie derzeit durch besonders interessante Entwicklungsanforderungen auszeichnen?

Ich denke da einerseits an interessante Aufgaben aus dem DC-DC-Wandler-Bereich, die wir derzeit mit H-Brücken-Lösungen realisieren und an Aufträge aus dem Bereich regenerativer Energien. Die der Solarstromnutzung stellt teil-

weise mit sehr hohen Schaltfrequenzen und Features wie einphasiger Einspeisung interessante Anforderungen, die Sie auf keinen Fall mit Schaltungstopologien aus dem Lehrbuch lösen können. Eine weitere Herausforderung sind die Hochtemperaturanwendungen aus der Hybridfahrzeugtechnik: Bei einem + 105 °C warmen Kühlmedium sollte man eigentlich nicht mehr von Kühlung sprechen.

*Das Interview führte
Engelbert Hopf*

Anzeigen