

# Optimierte Gehäusetechnik für moderne Leistungshalbleiter

*Die Leistungsdichte in Power-Modulen wird sich in den nächsten fünf Jahren etwa verdoppeln. Neben entsprechend optimierten Halbleitern sind dazu auch neue Gehäusekonzepte und Bauformen erforderlich.*

THOMAS SCHÜTZE, GEORG BORGHOFF, MATTHIAS WISSEN, ALEXANDER HÖHN \*

Leistungsmodule haben sich als die treibende Kraft hinter der zum Teil rasanten Entwicklung auf dem Gebiet der leistungselektronischen Systemtechnik erwiesen. Der Fortschritt in der Leistungselektronik für Industrieanwendungen wird hauptsächlich durch Aspekte wie Energieeffizienz, Miniaturisierung, Zuverlässigkeit und Kostenreduktion getrieben. Der kontinuierliche Fortschritt bei Leistungshalbleitern verlangt entsprechende Verbesserungen der Gehäusetechnologie. Infineon hat schon im Rahmen der PCIM Europe 2014 die Anforderungen an ein zukunftsweisendes High-Power-Modul beschrieben. Im Folgenden werden die Motivation hinter der Einführung der neuen Plattform und weitere Eckdaten der aktuellen und künftigen Technologie dargestellt.

Seit mehr als zwei Jahrzehnten entwickelt Infineon IGBT-Module. Im Jahr 1993 wurde das erste IHM (IGBT-High-Power-Module) mit

Sperrspannungen bis 1,7 kV auf den Markt gebracht. Darauf folgte die IHV-Familie (IGBT-High-Voltage-Module) für Spannungs-klassen bis 3,3 kV und im Jahr 1999, als 6,5-kV-Chips verfügbar waren, die Einführung des hochisolierenden IHV-Gehäuses mit erhöhten Luft- und Kriechstrecken für Sperrspannungen bis zu 6,5 kV. Mit dem 2006 eingeführten PrimePACK steht ein flexibles Modul mit hohem Nennstrom in Halbbrücken-Konfiguration im Bereich von 1,2 bis 1,7 kV zur Verfügung. Alle Gehäuse-Designs wurden auch von anderen Halbleiterherstellern nachträglich in den Markt eingeführt, was zu einer hohen Akzeptanz dieser High-Power-Module führte. Entsprechendes gilt für Module im unteren und mittleren Leistungsbereich wie dem Easy, Econo und EconoPACK+.

Parallel dazu verlief die Entwicklung der Leistungsdichten in den Modulen. Von den anfänglichen 30 kW/cm<sup>2</sup> ist man durch innovative Aufbau- und Verbindungstechniken (AVT) inzwischen bei 110 kW/cm<sup>2</sup> gelangt. Es wird erwartet, dass sich die Leistungsdichte in den nächsten fünf Jahren nochmals

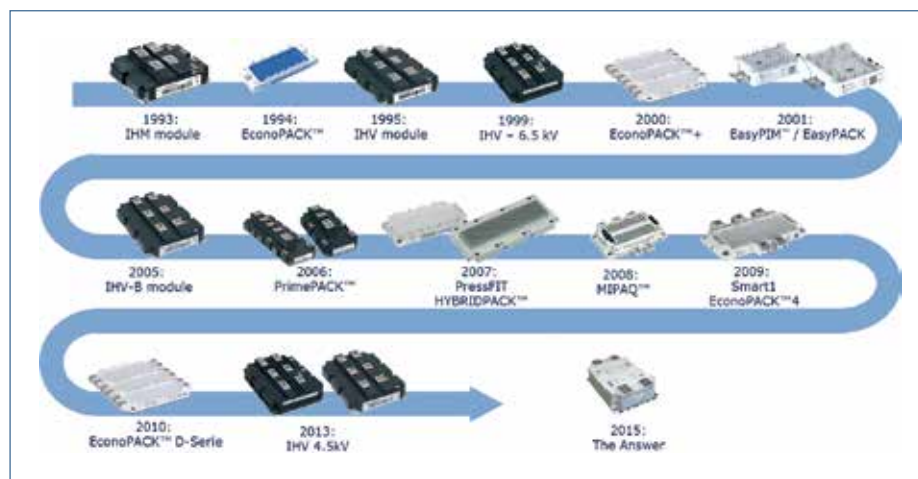
etwa verdoppelt. Dabei wird klar, dass die weitere Erhöhung der Leistung neben den entsprechenden Halbleitern auch neue Gehäusekonzepte und Bauformen erfordert. Nur damit ist man in der Lage, die leistungsstarken Halbleiter für die verschiedensten Spannungs-klassen zu integrieren.

Vor allem für äußerst anspruchsvolle Anwendungen wie der Windenergie, aber auch in Zugantrieben, Mittelspannungs-Industrie-antrieben oder bei der Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ), müssen IGBT-Lösungen noch robuster und langlebiger werden. Denn nur dann kann mithilfe der HGÜ-Technik elektrische Energie äußerst kosteneffizient über lange Strecken transportiert werden.

## Die neue Plattform der Power-Module

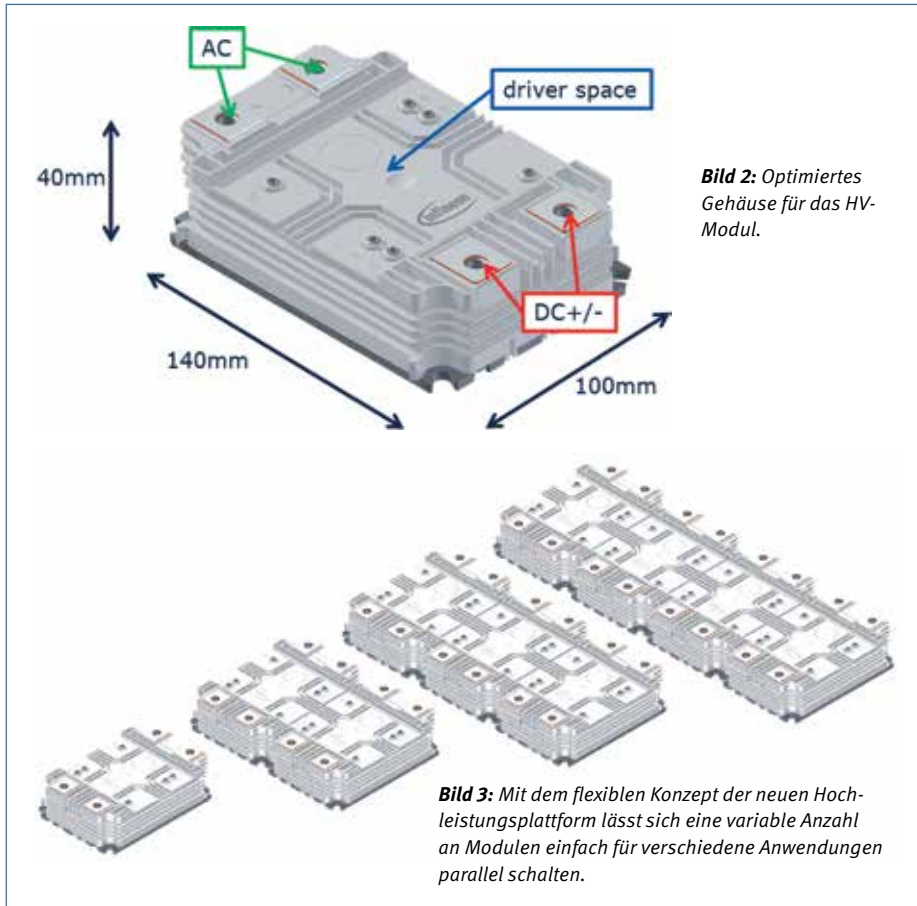
Die weiter steigenden Systemanforderungen und neue Chip-Generationen machen die Entwicklung einer neuen Gehäuse-Technologie mit entsprechendem Formfaktor erforderlich. Infineon antwortet auf die skizzierten Herausforderungen mit dem neuen Gehäuse-Design „The Answer“ für Hochleistungs-IGBTs. Diese neue Gehäuseplattform für High-Power-IGBT-Module ist für den gesamten Spannungsbereich für IGBT-Chips von 1,2 bis 6,5 kV ausgelegt. Kernanwendungen sind u.a. die Bereiche Industrieantriebe, Traktion, erneuerbare Energien oder Stromübertragung. Eine der wichtigsten Neuerungen bei diesen Modulen ist die Skalierbarkeit. Die System-Entwicklung wird damit erheblich vereinfacht. Aufgrund einer außergewöhnlich robusten Architektur ermöglicht diese Plattform auch in anspruchsvollen Umgebungsbedingungen langfristig eine hohe Zuverlässigkeit. Darüber hinaus wurde bei der Entwicklung der Plattform ein Schwerpunkt auf Flexibilität gelegt, um eine einfache Integration in Kundensysteme zu gewährleisten. Diese Flexibilität wird u.a. durch einen modularen Ansatz und eine brei-

\* Thomas Schütze, Georg Borghoff, Alexander Höhn und Matthias Wissen  
... arbeiten bei der Infineon Technologies AG.



Bilder: Infineon

**Bild 1:** Gehäuseformen im Verlauf der letzten 20 Jahre, in denen die Anforderungen an das Packaging stetig zunahm am Beispiel Infineon.



te Skalierbarkeit mit hoher Stromdichte erreicht. Diese Plattform ermöglicht erstmalig Halbbrückenmodule für 4,5 und 6,5 kV. Sie sind für 1,2 bis 3,3 kV in einem Niederspannungsgehäuse (LV-Gehäuse) und für 3,3 bis 6,5 kV in einem hochisolierenden Gehäuse (HV-Gehäuse) jeweils für die spezifischen Bedürfnisse des entsprechenden Spannungsbereichs optimiert. Das intern niederinduktiv aufgebaute Modul ermöglicht gleichzeitig niederinduktive externe Verbindungen. Die ultraschallgeschweißten Last- und Hilfsanschlüsse sorgen für eine hohe Zuverlässigkeit.

### Variable Modulanzahl und skalierbare Leistung

Für die High-Power-Modulplattform sind mit einem LV- und HV-Modul zwei optimierte Gehäusebauformen vorgesehen. In das LV-Modul werden Chips bis 3,3 kV eingesetzt. Das HV-Modul, in das Chips mit 3,3 kV bzw. 4,5 kV und 6,5 kV Sperrfähigkeit verbaut werden, bietet mit entsprechenden Luft- und Kriechstrecken eine Isolationsfestigkeit bis zu 10,4 kV.

Die Modulabmessungen sind so gewählt, dass ähnliche Abmessungen wie mit den aktuell eingesetzten IHV-A- und IHV-B-Mod-

ulen erreicht werden. Aufgrund der unveränderten Tiefe von 140 mm sind identische Kühlkörperprofile wie bisher nutzbar. Vier Module mit einer Größe von 140 mm × 100 mm, die mittels Zentrierhaken ohne Lücke verbaut werden, passen damit exakt auf den Platz, den heute zwei IHV-Module mit einer Bodenplattengröße von 140 mm × 190 mm inklusive Montageabstand einnehmen. Die bei dieser Konfiguration aus vier parallel geschalteten Bauteilen erreichte Stromdichte ist bei gleicher Chip-Technologie um 17% höher als eine Stromrichterphase gleicher Größe, die aus zwei IHV-Modulen aufgebaut ist.

Mit dem neuen Konzept lässt sich eine variable Anzahl an Modulen der High-Power-Plattform einfach für verschiedene Anwendungen parallel schalten (Bild 3). Aufgrund einer symmetrischen internen und externen Stromaufteilung können bis zu vier dieser neuen Module ohne Leistungsreduktion parallel geschaltet werden.

Die Anordnung der Lastanschlüsse der neuen High-Power-Plattform ermöglicht ein leicht zu implementierendes Durchflusskonzept. Die DC-Anschlussklemmen erlauben dazu eine einfach strukturierte Verbindung zur Kondensatorbatterie. Die AC-Anschlüsse

können durch eine einfache Busbar-Ver-schiebung parallel geschaltet werden. Im dazwischenliegenden Bereich lässt sich eine die einzelnen Module Gate-seitig verbindende Adapterkarte oder Treiberendstufe unterbringen. Die neue Plattform ermöglicht eine geringe Streuinduktivität. Beim HV-Modul beträgt die gesamte Kommutierungsinduktivität zwischen dem oberen und unteren Schalter weniger als 25 nH, was ein schnelles und EMV-verträgliches Schalten der IGBT-Module ermöglicht.

Mithilfe dieses neuen Modulkonzepts können Applikationsentwickler nun ein einziges, einfach zu implementierendes und leicht parallelschaltbares Modul nutzen und müssen nicht auf eine Vielzahl verschiedener Gehäusebauformen zurückgreifen. Das Mo-

dulportfolio für den Hochvoltbereich mit Dual- und Einzelschaltern, das derzeit Module der Größe 73 mm × 140 mm, 130 mm × 140 mm und 140 mm × 190 mm umfasst, kann so auf ein Bauteil identischer Größe pro Spannungs-kategorie reduziert werden. Dieses kommt dann gegebenenfalls in einer skalierbaren Mehrfachparallelschaltung zum Einsatz.

Infineon gibt mit dieser neuen High-Power-Plattform eine Antwort auf die Fragestellungen, mit denen sich Hersteller leistungselektronischer Systeme stetig auseinandersetzen müssen. Deshalb bietet die neue Plattform ein skalierbares Produktspektrum auf Basis eines einzelnen Bauelements für den LV- bzw. HV-Bereich mit flexiblen Rahmengrößen, durch die sich System- und Le-

benszykluskosten reduzieren lassen. Die Unterstützung neuester Chip-Technologien wie beispielsweise RCDC (Reverse Conducting Diode Controlled) und Siliziumkarbid-Chips sowie die Eignung für den Einsatz der neuesten Verbindungstechnologien sichern Zukunftsfähigkeit und Flexibilität der neuen Plattform. Die in diesem Beitrag vorgestellte High-Power-Plattform wird beginnend ab dem Jahr 2016 sukzessive in den einzelnen Spannungs-klassen in den Markt eingeführt. Ein erstes Produkt mit entsprechender Technologie und Gehäusedesign hat Infineon im Rahmen der aktuellen PCIM Europe 2015 vorgestellt. // KU

**Infineon**

+49 (0)89 23425869

## GaN-Bausteine mit Enhancement-Mode- und Cascode-Konfiguration

Nach dem Zukauf von International Rectifier erweitert Infineon Technologies AG jetzt die Gallium-Nitrid-(GaN)-on-Silicon-Technologie und das entsprechende Produkt-Portfolio. Das Unternehmen bietet nun GaN-basierte Plattformen sowohl mit Enhancement-Mode- als auch Cascode-Konfiguration für hochleistungsfähige Applikationen an, die eine bestmögliche Energieeffizienz erfordern.

Zu den typischen Anwendungen zählen Schaltnetz-teile (SMPS) in Servern, Telekom-Applikationen, mobile Leistungs- und Konsumprodukte wie auch Class-D-Audiosysteme. Aufgrund der GaN-Technologie können Stromversorgungen signifikant kleiner und leichter werden. Dies eröffnet neue Möglichkeiten für innovative Endprodukte wie extrem flache LED-TV-Geräte.

„Das GaN-on-Silicon-Portfolio von Infineon in Kombination mit der Übernahme der GaN-Plattform von International Rectifier und unserer Partnerschaft mit Panasonic positioniert Infineon als Technologieführer im vielversprechenden GaN-Markt“, konstatiert Andreas Urschitz, Präsident des Geschäftsbereiches Power Management & Multimarket der Infineon Technologies AG, „entsprechend unseres strategischen Ansatzes ‚vom Produkt zum System‘ können unsere Kunden nun für ihre jeweilige Anwendung zwischen Enhancement-Mode- und Cascode-Konfiguration wählen. Gleichzeitig wird Infineon ein Gehäuse für die Oberflächenmontage (SMD) und ICs entwickeln, um die Vorteile



**Andreas Urschitz, Präsident des Geschäftsbereiches Power Management & Multimarket der Infineon Technologies AG.**

von GaN auch in sehr kompakten Formaten bereitzustellen. Ein Beispiel für den Nutzen: Es lässt sich jetzt ein Ladegerät für Laptops produzieren, das viermal kleiner und leichter als die heute üblichen.“ Infineon erweitert das Produktangebot ebenso um spezielle Treiber und Controller-ICs, die entsprechende Topologien und höhere Frequenzen ermöglichen. Hiermit können die Vorteile von GaN voll ausgeschöpft werden. Das Portfolio wird auch um weitere Patente (einen GaN-on-Silicon-Epitaxie-Prozess und 100- bis 600-V-Technologien) erweitert, die mit der Übernahme von International Rectifier einhergehen. Zusätzlich werden

Infineon und Panasonic auf Basis einer strategischen Partnerschaft gemeinsam Bausteine einführen, die die Enhancement Mode-GaN-on-Silicon-Transistorstruktur (Normally-off) von Panasonic in SMD-Gehäuse von Infineon integrieren. Damit stehen hoch effiziente, einfach einzusetzende 600-V-GaN-Bausteine mit der zusätzlichen Sicherheit von zwei Lieferquellen zur Verfügung.

So offeriert Infineon nun GaN-Technologie in Kombination mit weitreichender System-Expertise sowie dem nach eigenen Angaben umfassendsten Portfolio an Technologien und Produkten. Zudem hat der Hersteller, ebenfalls nach eigenen Angaben, die modernsten Fertigungseinrichtungen für die Volumen-Produktion sowie eine Second-Source für GaN-Leistungsbausteine (Normally-off) in einem Infineon-SMD-Gehäuse.

GaN ermöglicht gegenüber Silizium-basierten Lösungen eine höhere Leistungsdichte und einen besseren Wirkungsgrad bei weniger Platzbedarf. Daher ist diese Technologie prädestiniert für zahlreiche Anwendungen, von Konsumprodukten wie TV-Stromversorgungen über Class D-Audioverstärkern bis hin zu Schaltnetz-teilen in Servern und Telekom-Einrichtungen. Der Marktforscher IHS prognostiziert für Leistungshalbleiter mit GaN-on-Silicon ein durchschnittliches jährliches Marktwachstum von über 50%. Das Marktvolumen, das 2014 laut IHS bei 15 Mio. US-\$ lag, würde damit bis zum Jahre 2023 auf 800 Mio. US-\$ ansteigen.

Bild: Infineon