

Sonderheft 2/2006

# Leistungselektronik & Stromversorgung



Titel-Story: IGBTs

Seite 18 **Bessere Umrichter durch SPT<sup>+</sup>-IGBTs**

Hochvolt-Chips

Seite 26 **Energie sparende Antriebe entwickeln**

MOSFETs

Seite 34 **Perfekte Beleuchtungstechnik**

Power-Management

Seite 40 **Energieverteilung optimal meistern**

Netzteile

Seite 66 **Digitaltechnik für Stromversorgungen**

# Eine **clevere** Kombination

## SPT<sup>+</sup>-IGBT-Chip im SEMiX-Gehäuse für neue Umricherdesigns

Eine der augenfälligsten Entwicklungen bei Umrichtern in den letzten Jahrzehnten war die Verkleinerung ihrer Baugröße und damit die Erhöhung der Leistungsdichte. Dies wurde seitens des Leistungshalbleiterherstellers in erster Linie durch eine Verbesserung der Silizium-Technologie in Hinblick auf möglichst geringe Leistungsverluste unterstützt. Und der Trend zu kleineren Baugrößen bzw. höherer Leistungsdichte wird weiterhin anhalten. Zusätzlich muss heute eine Umrichterentwicklung das schnellere Time-to-Market und die Reduzierung der Hardwarevarianten ermöglichen – zu geringeren Kosten. Unmöglich? Lesen Sie diesen Beitrag.

Aseem Wahj, Christian Daucher, Daniel Seng\*

Dank der Reife der IGBT-Chip-Technologie ist eine Auswahl des Halbleitermoduls alleine bezüglich Leistungsverluste nicht mehr ausreichend. Andere Faktoren, wie Robustheit, Zusammenspiel mit passiven Komponenten (etwa Snubber oder Filter) und Flexibilität des Gehäusedesigns (Plattform) sind nun genauso wichtig, um das Entwicklungsziel zu erreichen. Die neue SEMiX-Baureihe mit SPT<sup>+</sup>-IGBT-Chips (SPT steht für Soft Punch Through) bietet höchsten Nutzen hinsichtlich Robustheit, Wirtschaftlichkeit und Flexibilität.

Mit SEMiX hat SEMIKRON eine hochmoderne Gehäuseplattform für IGBT-Baugruppen eingeführt, die jetzt auch bei Eingangsgleichrichtern eingesetzt wird. Die wesentlichen sichtbaren Merkmale von SEMiX bestehen in der Anordnung der AC-Anschlüsse auf den

gegenüberliegenden Seiten des Gehäuses, sowie in der Verwendung von Spiralfedern für die Hilfskontakte. Diese Gehäusebauart erleichtert es dem Anwender Eingang und Ausgang zu trennen, sodass ein sehr niederinduktiver Zwischenkreis realisierbar ist. Der Gate-Treiber kann lötfrei direkt über das Modul montiert werden. Eine Verdrahtung des Treibers ist nicht erforderlich, damit wird das Risiko von EMV-Störung der Gate-Signale reduziert.

### Überspannungsfest und mit verbesserter Leistung

Die Struktur des „Soft-Punch-Through“-Chips (SPT-Chip) basiert auf einer Planar-Gate/Punch-Through-IGBT-Technologie. Hierbei wird die planare Gate-Struktur mit einer Soft-Punch-Through<sup>+</sup>-Pufferschicht kombiniert. Verglichen mit anderen Technologien bietet sie bei den meisten Anwendungen entscheidende Vorteile, z.B. niedrigere Schaltver-



luste, niedrigen thermischen Widerstand, positiven Temperaturkoeffizienten und geringere Produktionskosten pro Wafer.

Bei SEMIKRON wird diese Technologie seit 2003 in den IGBT-Produktfamilien oberhalb 75 A erfolgreich eingesetzt.

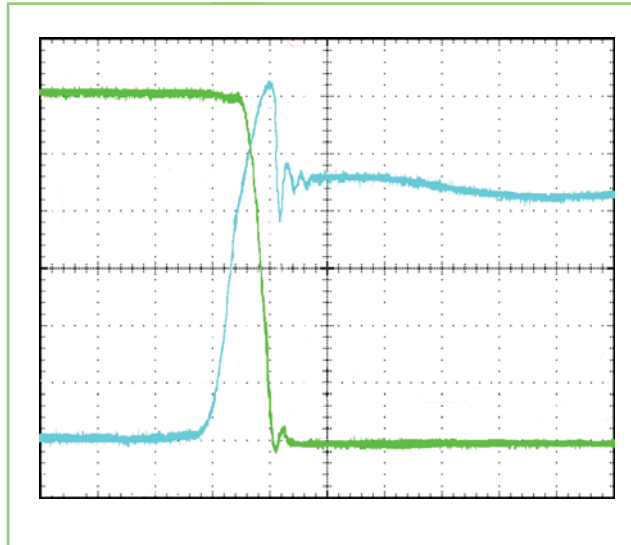
Mit der Einführung von SPT<sup>+</sup> wurde das Ladungsträgerprofil im Vergleich zur früheren SPT-IGBT-Generation verbessert. Diese Verbesserung ermöglicht eine Verringerung der Chipgröße und gleichzeitig eine Erhöhung der elektrischen Leistungsfähigkeit. Als wichtige neue Eigenschaft zeigt der SPT<sup>+</sup>-Chip eine integrierte Überspannungsbegrenzung.

Die Tabelle zeigt die technische Verbesserung des SPT<sup>+</sup>-Chips im Vergleich zum Vorgänger. Die Größe des SPT<sup>+</sup>-Chips wurde für ein bestmögliches Kosten-Nutzen-Verhältnis optimiert, was eine Reduktion der Chipgröße um etwa 15% für einen bestimmten Nennstrom ergab. Dies entspricht einer Steigerung der Stromdichte um 19% (berechnet für die gesamte Chipfläche). Trotz des Chipshrinks ließen sich die Werte für  $V_{CE(sat)}$  und die Schaltenergien verbessern.

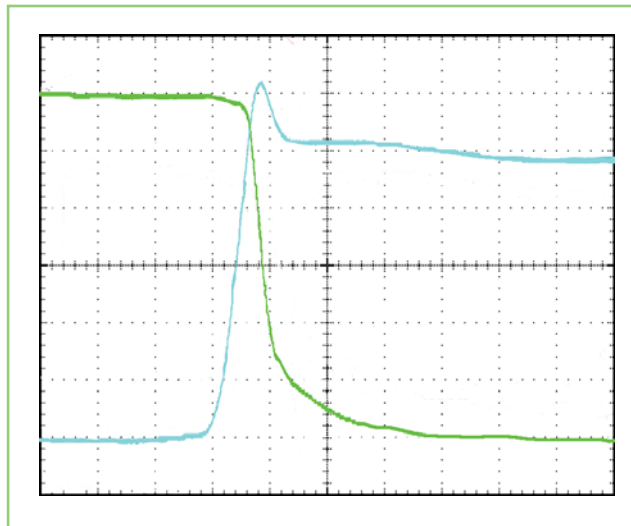
Die Optimierung der Chipgrößen auf den SEMiX ermöglicht 50% höhere Nennströme im jeweiligen Gehäuse. Heutzutage werden immer mehr Umrichter bei höheren Zwischenkreisspannungen  $V_{CC}$  betrieben. Dieser Trend lässt sich vor allem bei USV-Anwendungen beobachten. Der Vorteil liegt bei einer höheren Ausgangsleistung für einen definierten Stromwert. Der Nachteil ist,

\*Aseem Wahj ist Leiter Strategisches Marketing, Christian Daucher und Daniel Seng sind Produktmanager bei SEMIKRON International, Nürnberg.

**Bild 1:**  
 Ausschaltverhalten  
 eines SPT<sup>+</sup> bei  
 $V_{CC} = 900\text{ V}$  und  
 $R_{G,off} = 3,0\ \Omega$ ,  
 $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ ,  
 $V_{GE} = \pm 15\text{ V}$ ,  
 $R_{G,on} = 2,5\ \Omega$ ;  
 $V_{CE}$  (blau)  
 $= 120\text{ V/div}$ ,  
 $I_c$  (grün)  
 $= 50\text{ A/div}$ ,  
 $t = 200\text{ ns/div}$ ,  
 $V_{CE,max} = 1248\text{ V}$



**Bild 2:**  
 Ausschaltverhalten  
 des SPT<sup>+</sup> bei  
 $V_{CC} = 600\text{ V}$ ,  
 $I_c = 300\text{ A}$ ,  
 $T_j = 125\text{ }^\circ\text{C}$ ,  
 $V_{GE} = \pm 15\text{ V}$ ,  
 $R_{G,on} = R_{G,off}$   
 $= 2,7\ \Omega$



dass zur Minimierung von Überspannungsspitzen aufwändige und kostspielige Schutzbeschaltungen erforderlich sind.

Während der Abschaltung addiert sich die Überspannung gemäß der Gleichung

$$V = -L \cdot \frac{di}{dt}$$

zur Zwischenkreisspannung, sodass die maximale Sperrspannung  $V_{CE,max}$  der IGBT überschritten werden könnte und der IGBT ausfällt. Der SPT<sup>+</sup>-Chip zeigt nun eine integrierte Überspannungsbegrenzung. Das heißt, dass die Spannung auf einem Wert knapp oberhalb des  $V_{CE,max}$  gehalten wird.

Bild 1 zeigt das Ausschaltverhalten des IGBTs bei einer sehr hohen Zwischenkreisspannung  $V_{CC} = 900\text{ V}$ , einem klei-

$I_{c,nom} = 300\text{ A}$	SPT	SPT <sup>+</sup>
$V_{CE,sat} @ 125\text{ }^\circ\text{C (V)}$	2,1	2,0
$E_{on} \text{ (mJ) } @ R_{g,nom}$	22,5	19,5
$E_{off} \text{ (mJ) } @ R_{g,nom}$	34,5	33
$di/dt_{max} \text{ (A/}\mu\text{s)}$	5250	5600
$V_{CE,max} \text{ (V)}$	797	748
100 A Chip Size (mm <sup>2</sup> )	158	134

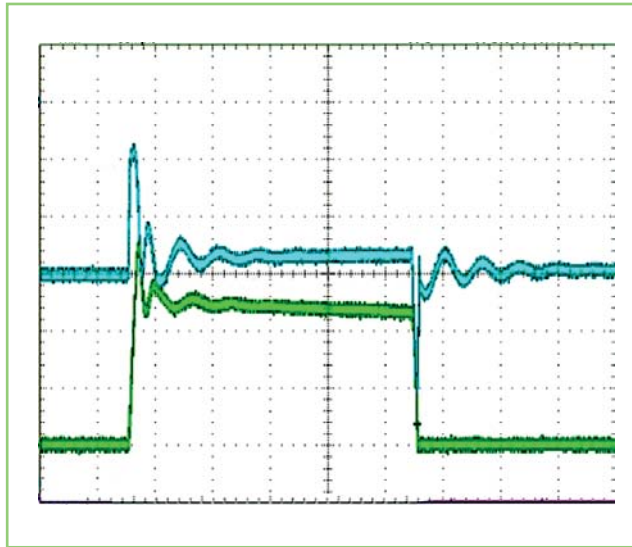
**Tabelle:** Vergleich der elektrischen Parameter (typische Werte)

nen Gate-Widerstände  $R_{G,off}$  und ohne zusätzliche Schutzbeschaltung. Man sieht, dass trotz der extremen Betriebsparameter, die  $V_{CE}$  den Wert  $1250\text{ V}$  aufgrund der Spannungsbegrenzung nicht überschreitet.

Damit schützt sich der IGBT selbst, Kosten und Platz für Schutzbeschaltungen

**Bild 3:**  
Ausschaltverhalten  
eines SPT<sup>+</sup> bei  
einem harten Kurz-  
schluss:

$V_{CC} = 600\text{ V}$ ,  
 $I_{C,max} = 1760\text{ A}$ ,  
 $T_j = 125\text{ °C}$ ,  
 $V_{GE} = \pm 15\text{ V}$ ,  
 $R_{G,on} = 2\ \Omega$ ,  
 $R_{G,off} = 10\ \Omega$ ,  
 $L_{CE} = 40\text{ nH}$



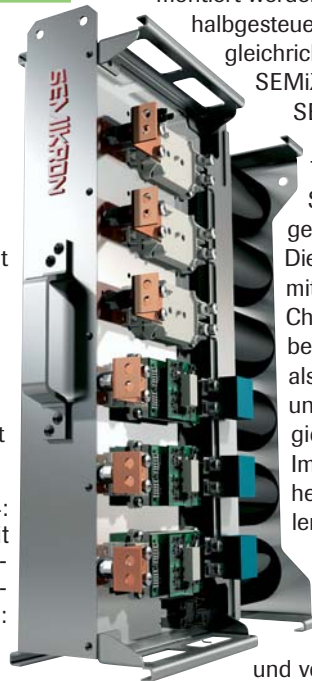
entfallen. Snubber-Kondensatoren sind nur erforderlich, wenn  $V_{CE,max}$  den maximalen in den Datenblätter mit 1200 V spezifizierten Wert übersteigt.

## Sanftes Ausschalt- und Kurzschlussverhalten

In den Bildern 2 und 3 ist das Ausschalt- bzw. Kurzschlussverhalten des SPT<sup>+</sup>-IGBT bei Nominalstrom zu sehen. Er zeigt unter ähnlichen Bedingungen ein sanfteres Ausschaltverhalten als der Vorgänger, was zu 50 V geringer Überspannung führt (siehe Tabelle). Dieses sanftere Ausschalten wird durch eine optimierte n<sup>+</sup>-Pufferschicht erzielt. Das Kurzschlussverhalten ist ein wichtiges Maß für die Robustheit eines Mo-

duls. Der „harte“ Kurzschluss, d.h. mit einer sehr niedrigen, den Strom begrenzenden Induktivität, ist ein sehr ungünstiges Szenario für ein IGBT-Modul. Bild 3 illustriert einen harten Kurzschluss-test für ein 300-A-SPT<sup>+</sup>-Modul mit einem  $R_{G,off}$  von 10  $\Omega$ . Der Strom wird auf  $6 \cdot I_{C,nenn}$  begrenzt und kann nach 10  $\mu\text{s}$  problemlos abgeschaltet werden. Kommen sehr niedrige Gate-Widerstände zum Einsatz, dann ist

**Bild 4:**  
Flaches Umrichterdesign mit SEMiX-Gleichrichter plus IGBT-Modulen angesteuert durch SKYPER-PRO-Treiber (Konzeptstudie: Motorleistung 320 A/185 kW)



es empfehlenswert, im Kurzschlussfall eine Sanftabschaltung über den Treiber zu realisieren, um die Stromspitze zu begrenzen. Moderne IGBT-Treiber, wie der SKYPER PRO von SEMIKRON, haben diese Funktion bereits integriert.

## Flaches Umrichterdesign für 19"-Schaltschränke

Die SPT<sup>+</sup>-Chiptechnologie in Verbindung mit der flexiblen SEMiX-Plattform ermöglicht es dem Entwickler mit geringstmöglichem Aufwand kompakte Umrichterbaureihen zu entwickeln. In Bild 4 ist ein Beispiel für ein flaches Umrichterdesign dargestellt. Das gezeigte System kann in Standard 19"-Schaltschränken montiert werden. Es besteht aus

halbgesteuerten Eingangsgleichrichtern des Typs SEMiX-2- sowie aus SEMiX-3-IGBT-Modulen. Als IGBT-Treiber ist der SKYPER PRO vorgesehen. Die SEMiX-IGBT-Reihe mit 1200-V-SPT<sup>+</sup>-Chips wird im Strombereich 75 bis 600 A als Sixpack-, Dual- und Chopper-Topologien verfügbar sein. Im Vergleich zu bisherigen IGBT-Modulen bieten die neuen SEMiX-IGBT mit SPT<sup>+</sup>-Chips also verminderte Leit- und Schaltverluste und vor allem ein sanfteres Schaltverhalten. Die zusätzliche Überspannungsbegrenzung verbessert die Robustheit des Bauelementes in der Anwendung. Diese Chip-Eigenschaften in Verbindung mit den flexiblen Aufbaumöglichkeiten der SEMiX-Bau-reihe sorgen für ein kostengünstiges und kompaktes Design. (ku)

## Ihre Vorteile im Design mit SPT<sup>+</sup>-IGBTs

Der Einsatz von SEMiX mit SPT<sup>+</sup>-IGBTs bietet derzeit das wohl höchste Maß an Sicherheit, denn aufgrund der Überspannungsbegrenzung ist der IGBT-Chip in der Lage, auftretende Überspannungen auf rund 1250 V zu begrenzen. So sind die Chips, Module und die gesamte Anwendung geschützt. Wirtschaftlichkeit: Die deutlich höhere Leistungsdichte des SPT<sup>+</sup>-IGBTs im Vergleich zur Vorgängergeneration erlaubt es SEMIKRON, Module mit 50% höherem Nennstrom anzubieten – damit ergibt sich ein

besseres Verhältnis von Preis zu Leistung. Flexibilität: Mit SEMiX bietet SEMIKRON ein sehr anpassungsfähiges und anwendergerechtes Gehäusekonzept mit einem breit gefächerten Leistungsspektrum. In vier anschlusskompatiblen Gehäusen reicht das 1200-V-IGBT-Modulspektrum von  $I_{C,nom} = 75\text{ A}$  bis  $I_{C,nom} = 600\text{ A}$  in Halbbrücken-, Sixpack- und Chopper-Topologien. Darüber hinaus sind Gleichrichter-Module sowie 600- und 1700-V-IGBT-Module in gleichen Gehäusen verfügbar.

SEMIKRON International  
Tel. +49(0)911 65590

[www.elektronikpraxis.de](http://www.elektronikpraxis.de)

Erkunden Sie die Welt der Leistungshalbleiter von SEMIKRON und lesen Sie (in der Rubrik Applikation) das 250-seitige Online-Applikationshandbuch

InfoClick

166868