

Silizium ade

SiC-MOSFETs sind der neue Industriestandard

Die Vorteile der SiC-MOSFETs gegenüber Si-MOSFETs sind weitgehend bekannt und gehören heute zum Allgemeingut. Es sind im Wesentlichen der sehr niedrige Einschaltwiderstand $R_{DS(on)}$ über die Temperatur, damit die geringen Verluste im leitenden Zustand, außerdem die geringen Schaltverluste und die hohe Kurzschlussfähigkeit. Ein bedeutender Anbieter von SiC-Halbleitern ist Microsemi. Die Firma hat über die Jahre die SiC-Technologie laufend weiterentwickelt und kann z.B. SiC MOSFETs mit weiterhin verbesserten Eigenschaften bei den wesentlichen Parametern anbieten. Die werden im Folgenden einmal näher betrachtet und haben zu neuen Typen für Spannungen von 700 V, 1200 V und jetzt auch 1700 V geführt.

Best-in-class $R_{DS(on)}$ Der Widerstand eines MOSFETs im leitenden Zustand ist der Parameter, dem die höchste Aufmerksamkeit gehört. Bild 1 zeigt den $R_{DS(on)}$ über die Temperatur von zwei aktuellen Typen von Microsemi verglichen mit zwei Wettbewerbsprodukten.

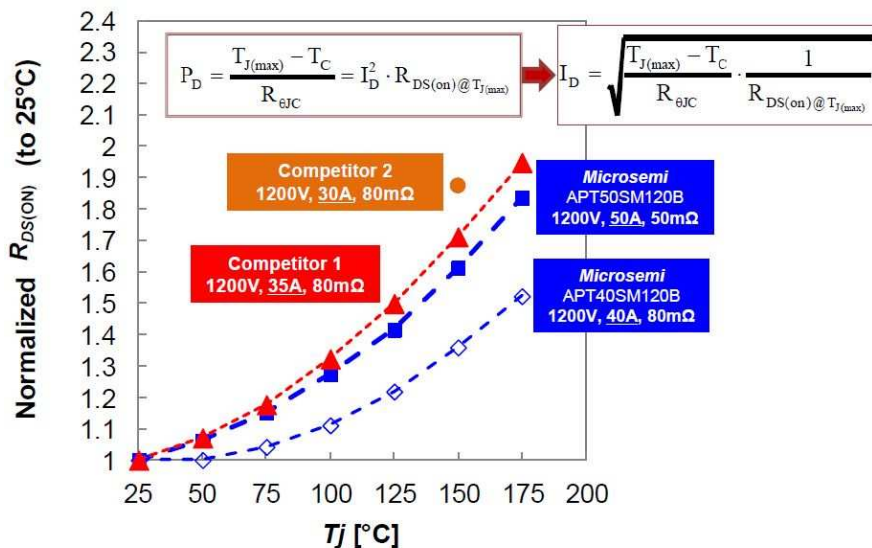


Bild 1: Vergleich des $R_{DS(on)}$ über die Temperatur von 1200-V-Typen für Ströme von 30,35,40 und 50 A. (Quelle: Microsemi)

Der bei beiden 1200-V-Bauteilen geringere $R_{DS(ON)}$ über die Temperatur bietet im Betrieb eine weit höhere oberste Grenze für Dauerströme. Der gezeigte Verlauf gilt für die Gehäuseformen TO-247, D3 und SOT 227. Erzielt wird der niedrigere R_{dson} mit der von Microsemi patentierten Technologie. Sie ermöglicht eine Sperrschichtstruktur mit einer geringen V_F bei vergleichbarer Chipgröße (durch größeren Schottkybereich und vergrabene P-Wells). Eine doppelte Metallisierung ermöglicht die Nutzung des gesamten aktiven Bereichs für den MOSFET Kanal, damit wird der spezifizierte R_{dson} (R_{ds-sp}) geringer ($R_{dson} \times Area$).

Niedriger Gatewiderstand

Der in Bild 2 gezeigte sehr geringe Gatewiderstand der APT Typen im Bereich zwischen 1 und 2 Ohm minimiert die Schaltverluste und lässt zudem höhere Schaltfrequenzen zu. Selbst zusammen mit einem externen Gatewiderstand geringer Größe ergibt sich eine hohe Sicherheit gegen Schwingneigung, das bedeutet viel Freiheit bei der Entwicklung von Leistungsschaltkreisen bezüglich der Größe des externen Gatewiderstands. Microsemis Wert für den Intrinsic R_g ist nahe 1 Ohm, im Gegensatz zum Wettbewerb, der Intrinsic R_g Werte von 5 bis 6 Ohm oder gar höher aufweist. Der kleine Gatewiderstand bei Microsemi wird durch einen Hochtemperatur Oxidationsprozess erzielt.

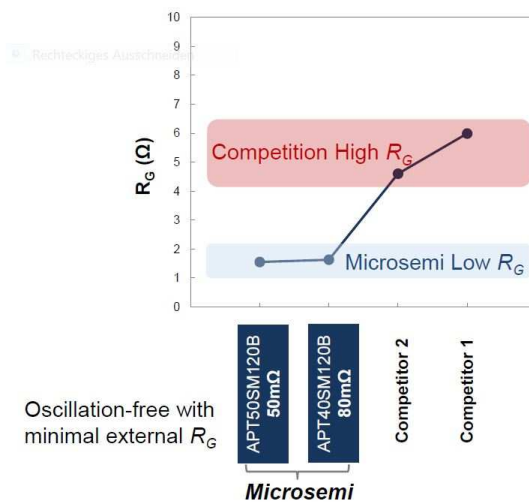


Bild 2: Vergleich des Gatewiderstandes von 50 mOhm und 80 mOhm Typen. (Quelle: Microsemi)

Hohe Verstärkung

Bild 3 demonstriert wie eine hohe Verstärkung (g_m) die t_{ON} Zeit wesentlich verkürzt. Die Verläufe von VG, ID und VD in der Grafik wurden bei dem Typ von Microsemi mit einem zusätzlichen externen Widerstand von 7 Ohm aufgenommen.

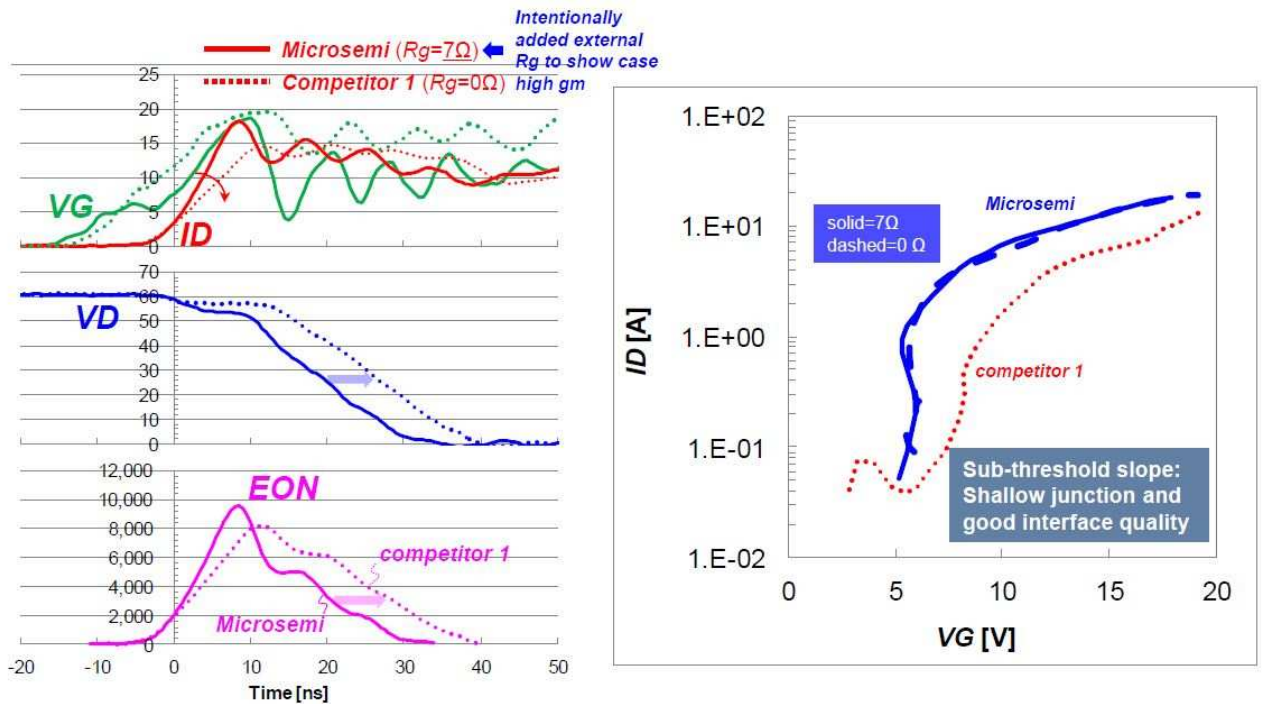


Bild 3: Die sehr gute Verstärkung bei Strömen $> 1A$ verkürzt die Einschaltzeit positiv. (Quelle: Microsemi)

Hohe Schaltfrequenzen bis 100 MHz

Die Dynamische Performance der SiC-Typen ergibt sich aus den sehr guten Werten für die Schaltzeiten und dem geringen $R_{DS(ON)}$ bei höheren Operationstemperaturen.

Die Einschaltzeit E_{ON} (t_{on}) wird durch die hohe Verstärkung g_m , und den sehr geringen Gatewiderstand R_g erzielt. Die Ausschaltzeit E_{OFF} wird durch den extrem geringen R_g bestimmt. Trotzdem besteht keine Oszillationsneigung zusammen mit geringen externen Gatewiderständen R_g . Zusätzlich erweitert der geringe $R_{DS(ON)}$ bei hohen Temperaturen die obere Schaltfrequenz und die Stromtragfähigkeit. Für ISM-Applikationen hat

Microsemi eine HF-SiC-Variante für Schaltfrequenzen bis 100 MHz in Vorbereitung.

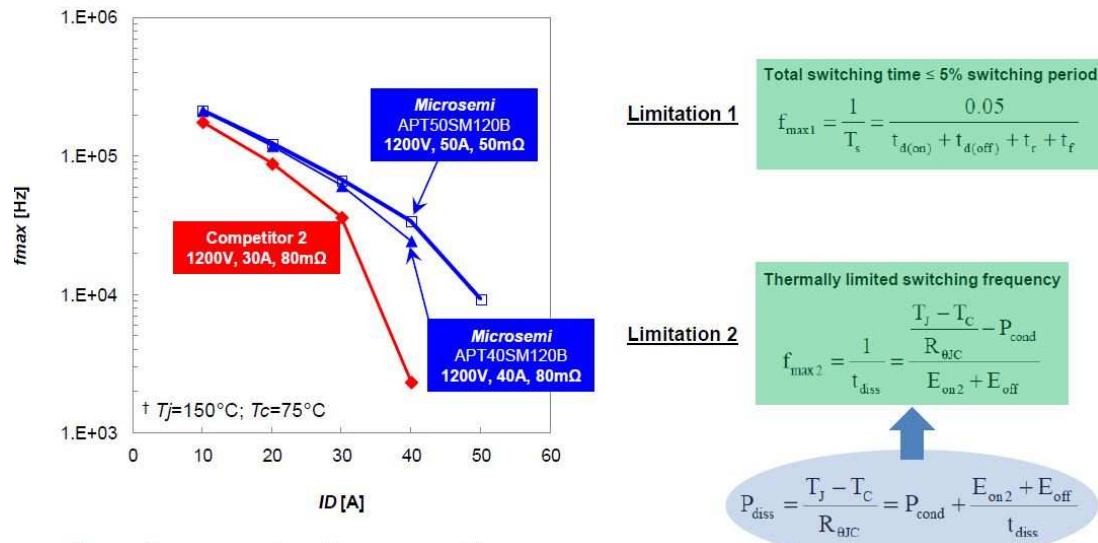


Bild 4 : Abhängigkeit des Stromes I_D von der Frequenz. (Quelle: Microsemi)

2015 bringt viele neue Typen

Die 1200V/ 40A/ 80 mOhm Typen APT40SMxxx sind bereits in Stückzahlen erhältlich. Ab März folgen dann die in Bild 5 gezeigten Typen für Anwendungen mit 700 V, 1200 V und 1700 V in verschiedenen Stromklassen bis 80 A und mit $R_{DS(\text{ON})}$ zwischen 40 und 800 mOhm. Mit den angekündigten SiC Leistungs-MOSFET stehen jetzt Wide-Band-Gap MOSFET für erste Designs von 700 V bis 1200 V / 80A bzw. 1700 V / 5 A zur Verfügung. Ihr Einsatz führt zu höherer Systemeffizienz und ermöglicht höhere Systemschaltfrequenzen. Auch werden die Anforderungen an das Wärmemanagement geringer und die Sicherheit gegen Lawinendurchbruch ist wesentlich erhöht. Durch den geringen R_{dson} , die hohe zulässige Betriebsspannung und die hohe Stromtragfähigkeit (sowohl kontinuierlich wie bei Spitzenstrom) ist der sichere Arbeitsbereich (SOA) wesentlich erweitert. Zu erwähnen bleibt noch die hohe Kurzschlussfestigkeit von z.B. 8,5 μs beim 80 mOhm Typ APT 40SM120B und somit 25 % mehr als bei vergleichbaren Mitbewerbstypen.

Entwickler können jetzt auf SiC Leistungs -MOSFETs zugreifen, die in wesentlichen Merkmalen weiter verbessert wurden und die in kommerziellen Stückzahlen erhältlich sind.

Microsemi SiC MOSFETs

Product Roadmap

Voltage	Current	R _{DS(ON)}	Part Number	Package	Availability
1200V	40A	80mΩ	APT40SM120B	TO-247	Available Now!
			APT40SM120S	D3	
			APT40SM120J (S2A)	SOT-227	
1200V	25A	140mΩ	APT25SM120B APT25SM120S	TO-247 D3	March 2015
700V	70A	53mΩ	APT70SM70B APT70SM70S APT70SM70J	TO-247 D3 SOT-227	March 2015
1200V	80A	40mΩ	APT80SM120B APT80SM120S APT80SM120J	TO-247 D3 SOT-227	March 2015
1200V	50A	50mΩ	APT50SM120B APT50SM120S APT50SM120J	TO-247 D3 SOT-227	May 2015
1700V	5A	800mΩ	APT55SM170B APT55SM170S	TO-247 D3	June 2015

Microsemi Advantages

- Best in class R_{DS(ON)} vs. Temperature
- Lowest Switching Losses
- Longest Short Circuit Withstand Rating

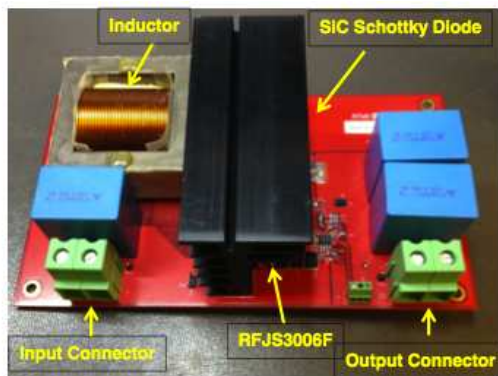
- Lowest Gate Resistance
- Superior Stability
- Patented SiC MOSFET technology



Power Matters

Bild 5: Roadmap der SiC-MOSFETs von Microsemi für das Jahr 2015. (Quelle: Microsemi)

GaN – vom HF Einsatz zur Leistungselektronik



Qorvo (2014 entstanden aus dem Merger von RFMD und TriQuint) kündigt die Verfügbarkeit von zwei 650 V SSFETs in seiner rGaN-HV-Technologie an, die im Mai 2012 erstmals publiziert wurde. RFMD befasste sich bereits

seit 1995 mit der GaN Technologie, um Halbleiter für Leistungsapplikationen zu entwickeln.

Aktuelle GaN-SSFETs

Im isolierten TO-247 präsentiert sich der RFJS8300F, ein schneller 650 V SSFET (Source Switched FET), mit integrierter ultra-schnellen Freilaufdiode mit einer Sperrzeit T_{RR} von 12 ns und einer Sperrladung Q_{RR} von 40 nC. Der Normally-off insulated Gate SSFET, von dem es erste Muster gibt, ist ausgelegt für 30 A (I_D bei 25°C) und bietet einen $R_{DS(ON)}$ von 45 mOhm. Die Schaltverluste sind mit 20µJ/30µJ (E_{on}/E_{off}) sehr gering.

Der RFJS81506Q im kleinen 8 x 8 mm HV PQFN ist eine sehr schnelle Version und für 15 A ausgelegt, verfügt ebenfalls über eine interne sehr schnelle FW-Diode (T_{RR} 9ns, Q_{RR} 21 nC).

Qorvo bietet für RFJS8300F und RFJ81506Q drei Evaluations-Boards. Das RFJS3006FDK1 Eval-Board für einen 2,4 kW Boost Wandler wird im Continuous Conduction Mode (CCM) betrieben und eignet sich die Ein- und Ausschaltcharakteristiken des RFJS3006F sowie seine Verluste und den Wirkungsgrad zu evaluieren. Das Board enthält den RFJS3006F zusammen mit einem Treiber und einer SiC Schottkydiode sowie einer Spule. Die komplette Schaltung des Aufwärtswandlers zeigt das Bild. Seine Spezifikationen sind: Max. Ausgangsleistung 2400 W, Eingangsspannung 180 VDC bis 240 VDC, geregelte Ausgangsspannung 386 V und Schaltfrequenz 133 kHz. Mit dem RFJ83008FDK2 Eval-Board kann eine hocheffiziente brückenlose 3 kW Totem Pole PFC mit dem RFJS8300F evaluiert werden. Die Merkmale hier sind On-Board CCM Control, Schaltfrequenz 100...500 kHz, OCP und Softstart. Das RFJ81506QDK1 Eval-Board schließlich ist für die Evaluierung eines 1 kW synchronen Boost Converters mit dem RFJ81506Q gedacht. Es bietet On-Board CCM Control, Schaltfrequenz 100 kHz, OCP, OVP und Softstart.

Die Roadmap bei qorvo sieht weiteren Entwicklungsaktivitäten bei Hochspannungs-GaN SSFETs vor. Muster der 650 V Typen der 2. Generation mit 25 mOhm sind Mitte 2015 erhältlich. Diese SSFETs sind für den Leistungsbereich 3...10 kW ausgelegt für Applikationen in Telekom, Photovoltaik und UPS. Für den Bereich 500 W bis 3 kW für Server und Telekom sind in Bälde 650 V/ 60 mOhm bzw. 125 mOhm Typen der Generation 1 sowie ab Mitte 2015 Typen der 2.Generation für 650 V und 45 mOhm. Weiter in der Zukunft sind Typen für Spannungen >600 V sowie verschieden konfigurierte Module (PFC, Vollbrücken, integrierte Gatetreiber) für den Leistungsbereich 500 W bis 1 kW geplant.