

# L'adoption du carbure de silicium entre dans une nouvelle phase

La demande ne cesse de croître pour la technologie de carbure de silicium (SiC) qui maximise le rendement des systèmes de puissance, tout en réduisant leur taille, leur poids et leur coût. Mais les solutions SiC n'ont pas vocation à remplacer directement les solutions silicium, et elles ne sont pas toutes semblables. Pour concrétiser les promesses du SiC, les concepteurs doivent évaluer diverses options. Explications de la société Microchip.

L'adoption de la technologie SiC suit une courbe ascendante très prononcée. La disponibilité des produits a progressé, de même que l'éventail des choix offerts par les multiples fournisseurs de composants. Le marché a doublé au cours des trois dernières années et devrait être multiplié par 20 pour dépasser les 10 milliards de dollars au cours des dix prochaines années. Cette adoption va d'ailleurs bien au-delà des applications embarquées dans les véhicules hybrides et électriques et s'étend désormais aux systèmes de puissance et aux commandes moteur au-delà de l'automobile, avec le ferroviaire, les poids lourds, les équipements industriels et l'infrastructure de recharge des véhicules électriques. Les fournisseurs des secteurs aéronautique et défense mettent également en avant la qualité et la fiabilité du SiC pour satisfaire aux exigences strictes des secteurs en question au niveau de la robustesse des composants.

L'un des principaux éléments d'un programme de développement SiC est la validation de la fiabilité et de

- L'approche fondée sur des cartes et des modules permet d'accélérer la mise en production tout en permettant d'optimiser les conceptions. Les cartes adaptateurs de modules, associées aux cœurs de driver de grille, constituent ainsi une plateforme permettant d'évaluer et d'optimiser rapidement les nouveaux dispositifs de puissance SiC, grâce à la commutation augmentée.

## AUTEUR



Orlando Esparza, directeur du marketing stratégique, Microchip Technology.

la robustesse des dispositifs SiC qui peuvent varier considérablement d'un fournisseur à l'autre. Compte tenu de la tendance croissante à privilégier les systèmes complets, les concepteurs doivent également évaluer l'étendue de l'offre produits du fournisseur. Il est important que les concepteurs travaillent avec des fournisseurs offrant des solutions flexibles et qu'ils puissent avoir le choix entre des puces, des composants discrets et/ou des modules, associés à des outils de développement et de simulation de conception complets.

## Une première étape : trois tests clés à réaliser

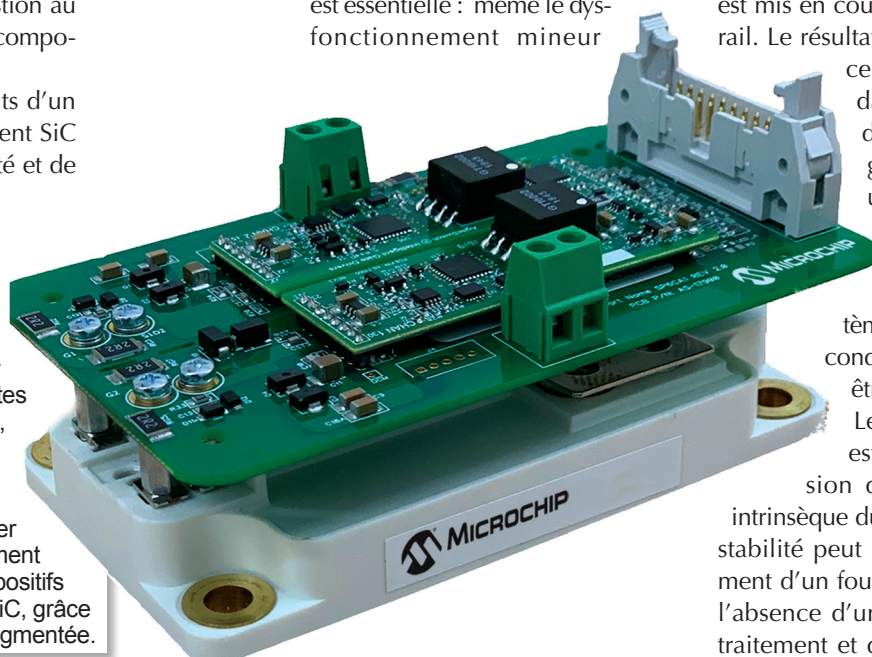
Trois tests fournissent des informations permettant d'évaluer la fiabilité des dispositifs SiC : la capacité d'avalanche, la capacité de résistance aux courts-circuits, et la fiabilité de la diode intrinsèque du MOSFET SiC. Une capacité d'avalanche adéquate est essentielle : même le dysfonctionnement mineur

d'un composant passif peut générer des pics de tension transitoires dépassant la tension de claquage nominale, et finalement entraîner la défaillance du dispositif, voire de l'ensemble du système. Les MOSFET SiC dotés d'une capacité d'avalanche adéquate ont moins besoin de circuits d'amortissement (« snubber ») et garantissent une durée de vie plus longue aux applications. Les meilleurs candidats présentent une capacité UIS (Unclamped Inductive Switching ou commutation inductive sans clamping) élevée, allant jusqu'à 25 J/cm<sup>2</sup> (joules par cm<sup>2</sup>). Ces dispositifs présentent une faible dégradation paramétrique, même après 100 000 cycles UIS (RUIS ou Repetitive UIS).

Le deuxième facteur clé est le temps de résistance au court-circuit (SCWT, pour Short Circuit Withstand Time), c'est-à-dire le temps maximum avant la défaillance du dispositif quand il est mis en court-circuit franc, rail à rail. Le résultat doit être proche de

celui des IGBT utilisés dans les applications de conversion d'énergie dont la plupart ont un SCWT de 5 à 10 µs. Garantir un SCWT suffisant permet aux systèmes de faire face à des conditions de défaut sans être endommagés.

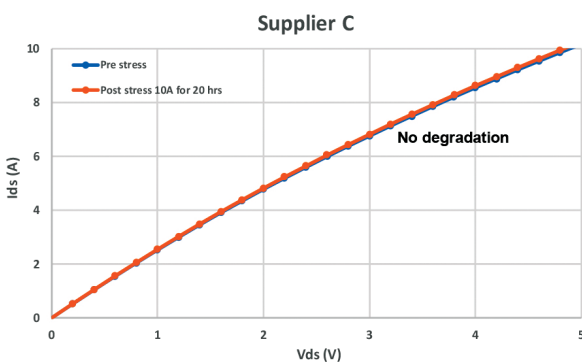
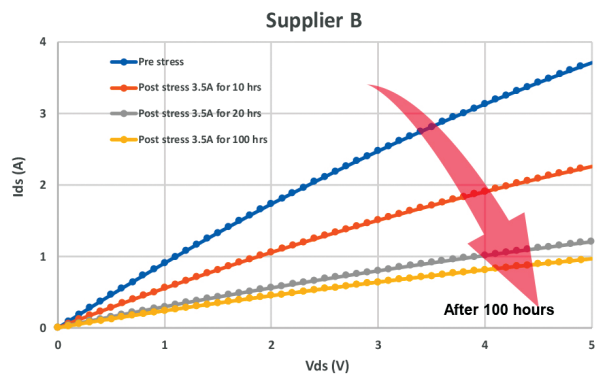
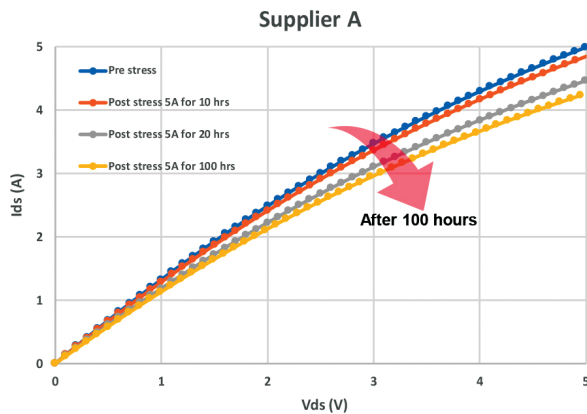
Le troisième facteur clé est la stabilité de tension directe de la diode intrinsèque du MOSFET SiC. Cette stabilité peut varier considérablement d'un fournisseur à l'autre. En l'absence d'une conception, d'un traitement et de matériaux appro-



**1 CARACTÉRISTIQUES EN SENS DIRECT DE DIVERS MOSFET SiC**

On voit ici les différences de dégradation de la diode intrinsèque selon le fournisseur.

(Source : Dr Anant Agarwal et Dr Minseok Kang, université d'Etat de l'Ohio)



- 0% of Supplier C's parts degraded
- 20% of Supplier A's parts degraded
- 100% of Supplier B's parts degraded

- Forward-bias stress on the body diode
- Stress Conditions:
  - Time: 10 to 100 hours
  - Forward bias current: Rated value
  - Package Temperature: <50 °C
  - Vgs = -5V

priés, la conductivité de cette diode peut se dégrader en cours de fonctionnement, et entraîner une augmentation de la résistance drain-source à l'état passant ( $R_{DS(on)}$ ). La figure 1 met en lumière les différences qui existent. L'université d'Etat de l'Ohio a réalisé une étude dans laquelle des MOSFET issus de trois fournisseurs ont été évalués. Du côté des résultats, tous les dispositifs du fournisseur B présentent une dégradation du courant direct, tandis qu'aucune dégradation ne se produit avec les MOSFET du fournisseur C. Une fois la fiabilité des dispositifs validée, l'étape suivante consiste à évaluer l'écosystème entourant ces dispositifs, notamment la diversité des options proposées, la robustesse de la chaîne d'approvisionnement et le support à la conception (figure 1).

**Approvisionnement, support et conception au niveau système**

Dans un contexte où le nombre de fournisseurs de SiC ne cesse de croître, les acteurs peuvent se différencier au niveau des options des dispositifs, de leur expérience et de leur infrastructure de support, et

aussi de leur capacité à servir certains marchés SiC ayant des exigences très strictes, comme l'automobile, l'aéronautique et la défense. Les conceptions de systèmes de puissance font l'objet d'améliorations successives au cours du temps, même à l'occasion de nouvelles générations d'une même conception. Les applications SiC ne sont pas différentes. Les premières générations peuvent utiliser des composants de puissance discrets standard disponibles couramment en boîtiers traversants ou CMS tout à fait standard. A mesure que le nombre d'applications augmente et que les concepteurs s'attachent à réduire la taille, le poids et le coût, ils font généralement évoluer leurs conceptions vers des modules de puissance intégrés, ou peuvent aussi opter pour un partenariat tripartite. De tels partenariats font appel à l'équipe de conception du produit final, à un fabricant de modules et à un fournisseur de puces SiC. Chacun d'entre eux a un rôle essentiel à jouer pour atteindre les objectifs généraux de la conception.

Les problèmes de chaîne d'approvisionnement sont à ce niveau une

préoccupation essentielle et légitime sur le marché du SiC, dont la croissance est rapide. Le substrat du SiC est le matériau le plus coûteux dans le flux de fabrication des puces SiC. En outre, la fabrication des circuits SiC nécessite des équipements de production à haute température qui ne sont pas nécessaires pour produire des composants et des circuits intégrés de puissance en technologie silicium. Les concepteurs doivent donc s'assurer que leurs fournisseurs de SiC disposent d'une chaîne d'approvisionnement solide, pouvant compter sur plusieurs sites de production en cas de catastrophe naturelle ou de gros problèmes de rendement, afin que l'offre puisse toujours répondre à la demande. De nombreux fournisseurs de composants déclarent aussi en fin de vie d'anciennes générations de dispositifs, obligeant de ce fait les concepteurs à perdre du temps et à consacrer des ressources à réviser des applications existantes au lieu d'innover pour réduire les coûts des produits finis et augmenter les ventes.

Le support à la conception est également essentiel, notamment les outils de simulation et les modèles de référé-

rence qui permettent d'accélérer les cycles de développement. Grâce aux solutions de commande et de pilotage des dispositifs SiC, les concepteurs peuvent en effet explorer de nouvelles fonctions comme la commutation augmentée, afin de tirer pleinement parti d'une approche système globale (photo).

**Vers de nouvelles options pour l'optimisation des conceptions**

Les options de pilotage de grille numérique programmable maximisent les avantages du SiC grâce à une commutation augmentée. Ils permettent de configurer facilement les temps d'allumage et d'extinction, ainsi que les niveaux de tension des MOSFET SiC, pour permettre aux concepteurs d'accélérer la commutation et d'augmenter le rendement des systèmes, tout en réduisant le temps et la complexité associés au développement des drivers de grille.

Au lieu de modifier manuellement le circuit imprimé, les concepteurs peuvent utiliser un logiciel de configuration pour optimiser leurs conceptions SiC d'une simple pres-

**2 MISE EN ŒUVRE DE DRIVER DE GRILLE NUMÉRIQUE**

L'utilisation de drivers de grille numériques programmables pour mettre en œuvre les dernières techniques de commutation augmentée permet de résoudre les problèmes de bruit du SiC, d'accélérer la réponse aux courts-circuits, de gérer les problèmes « d'overshoot » (dépassement de tension) et de limiter l'échauffement.

Design Challenge	Reason for Challenge	How Augmented Switching Helped
False Alarms: short circuit, under voltage	Noise	Robust detection and protection circuitry
Short circuit response too slow	Short Circuit Response	Fast, accurate digital solution
Unmanageable voltage overshoot	Overvoltage	Precise software configurable "tuning"
Insufficient module performance data	Limited existing driver fault feedback data	Provided 7 specific fault codes, including temperature and voltage monitoring

sion sur une touche, afin de préparer ces conceptions aux évolutions futures, tout en accélérant la commercialisation et en améliorant le rendement et la protection contre les défaillances (figure 2).

Les premiers utilisateurs de SiC profitent d'ores et déjà de ces options avancées, notamment dans les secteurs de l'automobile, de l'industrie, de l'aéronautique et de la défense, tandis que l'adoption se généralise pour les applications plus courantes. Mais le succès du SiC continuera à dépendre de la capacité à valider la

fiabilité et la robustesse des dispositifs SiC. Alors que les développeurs évoluent vers des stratégies de solution globale, ils auront besoin d'avoir accès à des catalogues complets, s'appuyant sur une chaîne d'approvisionnement mondiale fiable et sur tous les outils de simulation de conception et de développement nécessaires. Ils pourront également pérenniser leurs investissements avec des conceptions optimisées configurables par logiciel grâce à l'utilisation de drivers de grille numériques programmables.



**La force d'un média numérique intégré**

Site Internet + Newsletter + eMagazine

ACCÈS ILLIMITÉ

1 an  
**120€** HT\*

6 mois  
**60€** HT\*

\*TVA applicable : 20%

**Abonnez-vous ici !**