

L'heure du GaN est-elle venue ?

Ses avantages par rapport au silicium sont-ils désormais évidents ?

par Tim Kaske, Responsable Marketing Produits, ON Semiconductor

Qu'il s'agisse de produits électroniques grand public, de matériels de télécommunications, de véhicules électriques ou d'appareils ménagers, les concepteurs sont soumis à des exigences croissantes pour améliorer les rendements de conversion d'énergie, augmenter la densité de puissance, allonger la vie des batteries, et accélérer les vitesses de commutation. Tout cela signifie que l'industrie électronique a vocation à devenir de plus en plus dépendante d'un nouveau type de semiconducteurs de puissance, basés sur d'autres technologies que le silicium (Si). Capable d'atteindre des niveaux de performance inédits jusqu'ici, le nitrure de gallium (GaN) émerge désormais comme l'une des technologies de semiconducteurs les mieux placées pour intégrer les futurs projets de systèmes de puissance.

Le GaN a eu un impact majeur sur plusieurs secteurs industriels au cours des dix dernières années. En optoélectronique, il s'est trouvé au cœur du développement et de la prolifération des HBLED (High-Brightness Light Emitting Diode, ou LED ultra-lumineuses). Dans les communications sans-fil, il est déjà utilisé dans certains dispositifs RF (radiofréquence) de forte puissance, comme les transistors HEMT (High Electron Mobility Transistor, ou transistor à haute mobilité électronique), ou encore certains circuits MMIC (Monolithic Microwave Integrated Circuit, ou circuit intégré monolithique hyperfréquence). Il existe aujourd'hui un potentiel énorme pour l'adoption généralisée du GaN pour les applications de puissance. Le cabinet d'analyse industrielle Yole Research prévoit que d'ici 2020, les ventes de composants de puissance GaN pourraient représenter environ 600 millions de dollars par an.

Pour que les estimations de Yole s'avèrent exactes, et qu'un tel niveau de vente puisse être atteint, il faudrait un taux de croissance composite annuelle de 100% pendant les 5 ans à venir. Néanmoins, il reste encore un certain nombre de défis à relever, avant que ceci ne puisse se produire. Dans cet article, nous allons examiner ce qui est en cours pour assurer l'adoption généralisée du GaN.

Pourquoi tant d'intérêt pour le GaN à l'heure actuelle ?

Plusieurs dynamiques sont en cours, qui poussent à porter plus d'intérêt au GaN ces derniers temps que jamais auparavant. Les circuits de puissance sont confrontés à des contraintes d'encombrement croissantes. Dans l'électronique grand-public, par exemple, les chargeurs associés aux appareils portables doivent être de plus en plus compacts. De même, les baies utilisées dans les centres de traitement de données sont de plus en plus denses. Par conséquent, les densités d'alimentation doivent être augmentées et les rendements de conversion énergétique doivent être améliorés, de sorte à pouvoir réduire la taille des indispensables radiateurs et autres systèmes de refroidissement associés aux CI de puissance. Ceci se traduit par des exigences accrues sur les MOSFET de puissance, qui doivent être capables de fonctionner avec des vitesses de commutation plus élevées.

L'immense majorité des technologies de semiconducteurs actuelles utilisent des substrats Si (silicium). Les processus Si, établis depuis longtemps, sont à la base de l'industrie électronique depuis plusieurs dizaines d'années maintenant. Si pendant toutes ces années, les technologies Si ont fourni le support nécessaire permettant de convertir l'énergie avec un rendement satisfaisant, le temps approche où ce ne sera bientôt plus le cas. La loi de Moore se rapproche de ses limites physiques. Tout ce que l'on peut désormais en espérer à l'avenir est une amélioration marginale des performances. Étant donné que nous semblons condamnés à vivre dans une société toujours plus vorace en énergie, d'autres technologies de semiconducteurs doivent être étudiées.

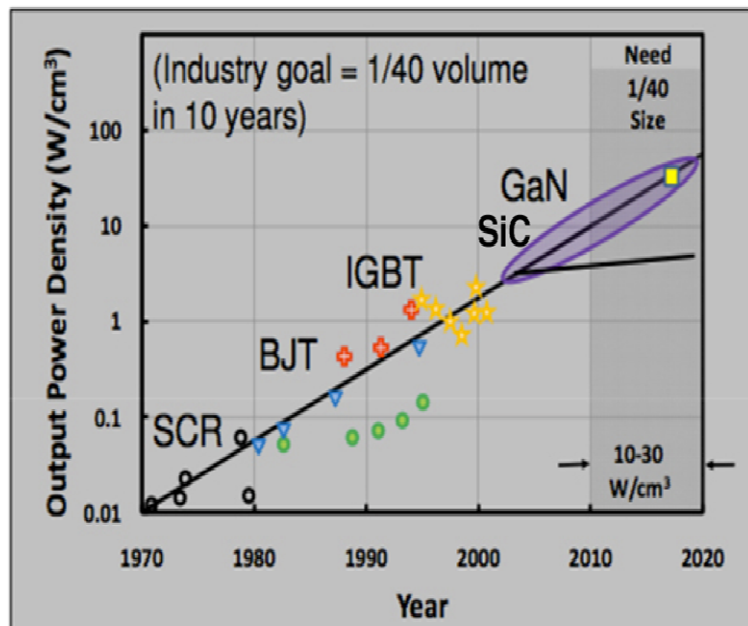


Figure 1 : Améliorations potentielles de la densité de puissance grâce au GaN

Quest-ce que le GaN a de plus ?

Les dispositifs de puissance Si arrivent maintenant à un point où les améliorations majeures de performances ne sont plus possibles. La conclusion inévitable à en tirer est que la capacité du Si à supporter davantage d'avancées technologiques s'affaiblit. Il y a maintenant un besoin clair d'une évolution véritablement disruptive.

Comme on le sait, les semiconducteurs de puissance doivent pouvoir offrir une combinaison de :

1. Rendement de conversion énergétique élevé
2. Densité de puissance élevée sous un format compact
3. Vitesse de commutation rapide
4. Rentabilité économique

Selon la destination final du CI, certains points de cette liste sont plus importants que d'autres. Le GaN est extrêmement bien placé pour satisfaire tous ces critères. Certains pensent qu'il est déjà en mesure de le faire, tandis que d'autres pensent qu'il pourra bientôt le faire.

Un certain niveau de pertes lors de la conversion d'énergie est inhérent à tout circuit de puissance, mais compte tenu de la largeur importante de sa bande interdite, le GaN réduit sensiblement les pertes par rapport au Si. Ceci se traduit par des rendements de

conversion bien supérieurs. Comme une puce GaN peut être plus compacte qu'une puce Si, les dispositifs en technologie GaN peuvent être conditionnés en boîtiers de dimensions plus petites. Grâce à mobilité élevée, le GaN est extrêmement pertinent lorsqu'il est utilisé dans des circuits à vitesses de commutation élevées. Le Tableau 1 donne la structure physique d'un dispositif HEMT GaN, et montre à quel point cette structure ressemble à la technologie MOSFET. Le flux d'électrons latéral, dans le cas du GaN, génère de faibles pertes de conduction (du fait d'une faible résistance à l'état passant) et de faibles pertes de commutation. En outre, les vitesses de commutation supérieures permettent aussi de gagner de la place, puisqu'un plus petit nombre de composants passifs doit être inclus dans le circuit de puissance, et que les bobines associées aux composants magnétiques peuvent être beaucoup plus petites. Enfin, les rendements de conversion d'énergie supérieurs qu'autorise le GaN, génèrent moins de chaleur à dissiper, ce qui réduit d'autant la place occupée par les composants de gestion thermique.

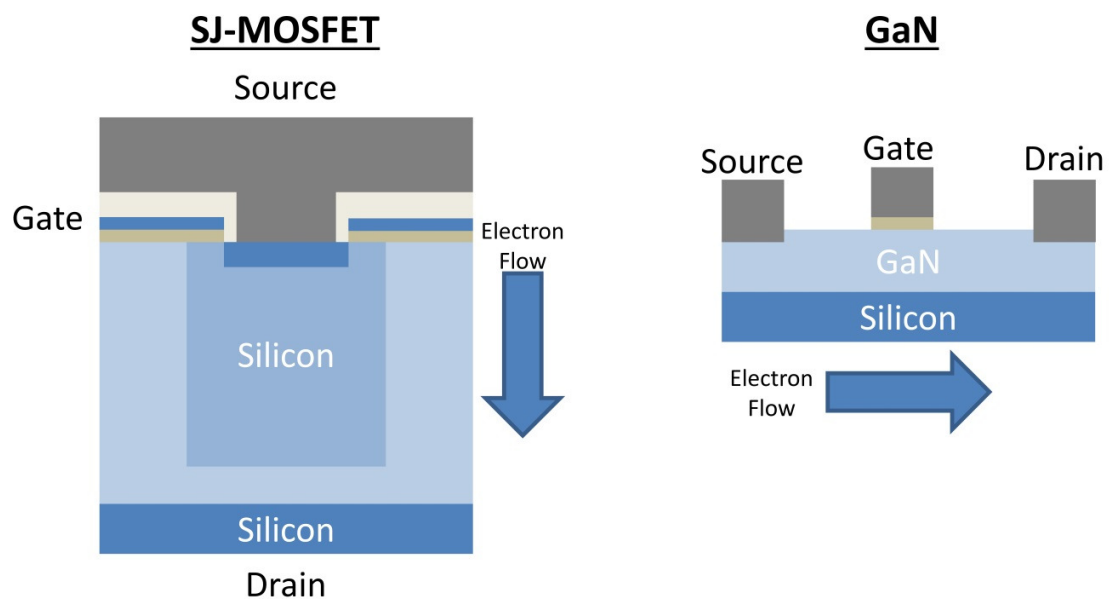


Figure 1 : Similitudes entre GaN et processus de fabrication Si

Pourquoi n'a t'on pas utilisé le GaN jusqu'à maintenant ?

Comme on l'a vu, le GaN possède plusieurs caractéristiques clé, qui le distinguent du silicium, et qui en font un candidat particulièrement bien adapté aux applications de puissance. Cependant, les progrès du GaN comme matériau pour les dispositifs de

puissance ont été assez lents jusqu'ici. Comme d'autres technologies de semiconducteurs développées dans le passé, il faut du temps pour atteindre une certaine maturité. Il est crucial pour toute technologie de semiconducteurs de pouvoir offrir des niveaux élevés d'uniformité et de répétabilité d'un bout à l'autre du processus, et cela était jusqu'ici un problème s'agissant du GaN. Compte tenu du faible rendement de la production de GaN, le Si offrait des avantages considérables en termes de coût qui faisaient plus que compenser son déficit de performances par rapport au GaN. Ceci a permis au Si de conserver sa position dominante dans la production de semiconducteurs de puissance. Cela dit, les processus de production de GaN font des progrès, leurs rendements s'améliorent sans cesse, et ils démontrent aussi une fiabilité en nette progression.

Le GaN est dans la position enviable où il peut profiter d'une infrastructure de production déjà en place pour les dispositifs Si. En ajoutant seulement quelques étapes supplémentaires avec le même matériel, il est possible d'utiliser des processus de production CMOS Si 6 pouces et 8 pouces, pour le GaN. En outre, on pourra étendre aux processus 12 pouces dès que la demande le justifiera.

Alors que la fabrication CMOS Si standard évolue vers les diamètres de wafers supérieurs, il existe une réelle opportunité industrielle pour les anciennes lignes de fabrication initialement conçues pour les dispositifs Si, qui pourraient rester opérationnelles plus longtemps en passant du Si au GaN, plutôt que d'être délaissées faute de rentabilité. Ainsi, d'anciens sites de production de puces Si pourront connaître une nouvelle vie, en passant de la production de Si à la production de GaN.

Grâce à l'évolution des coûts vers le bas, de nouvelles voies vont s'ouvrir pour le GaN. Tout comme cela s'est passé avec les CI silicium à la fin des années 60 et au début des années 70, on peut s'attendre à un effet "boule de neige" lorsque l'accroissement de la demande en GaN conduira à une augmentation des volumes de productions, provoquant une baisse des coûts unitaires.

Au cours des prochaines années, le GaN ne sera plus considéré comme une technologie de semiconducteurs de niche, produits en laboratoire ou sur des petits sites de fabrication, mais deviendra une technologie commercialement viable, permettant de créer des dispositifs atteignant des niveaux de prix conformes à ceux du silicium. Depuis septembre dernier, ON Semiconductor collabore avec Transphorm pour apporter la technologie GaN sur le marché. En combinant le savoir-faire hors-pair de Transphorm sur le GaN, à l'expertise, au vaste portefeuille d'IP, et à l'expérience de la production en

série d'ON Semiconductor, les deux entreprises vont pouvoir proposer au marché des dispositifs de puissance destinés aux projets de nouvelle génération.

En conclusion, nos attentes en matière de puissance sont en train de dépasser les technologies de semiconducteurs traditionnelles, et il faut absolument faire quelque chose pour remédier à cela. Utilisé dans les systèmes électroniques de puissance, le GaN permet une formidable amélioration des performances, au delà de ce que les dispositifs Si peuvent atteindre. Par conséquent, il ne fait aucun doute que cette technologie jouera un rôle majeur dans l'électronique de puissance à l'avenir, en apportant aux concepteurs des dispositifs offrant un meilleur rendement, des formats plus compacts, et des vitesses de commutation plus élevées. Grâce aux améliorations techniques majeures en cours, les coûts de production en technologie GaN vont baisser. Nous sommes désormais à un tournant, alors que cette technologie de semiconducteurs est désormais prête pour la production en grande série.

-Fin-