

Des salissures qui améliorent les diodes

L'Empa et le constructeur automobile japonais Toyota ont étudié les variations de qualité des diodes des convertisseurs de courant continu/ alternatif utilisés dans les véhicules hybrides. Il est apparu que la présence d'impuretés de carbone dans les wafers de silicium à partir desquels ces diodes sont produites améliorerait le comportement de commutation de ces diodes.

TEXTE: Beatrice Huber

Les composants microélectronique tels que les diodes sont fabriqués à partir de matériaux semi-conducteurs, typiquement du silicium. Les impuretés de carbone présentes dans les wafers de silicium améliorent le comportement des diodes ainsi que le montre une étude de l'Empa.

Sur les véhicules hybrides, rien ne fonctionne sans électronique de puissance. Et le convertisseur de courant alternatif/continu est ainsi un composant central sur ces véhicules. Ce convertisseur fait office de «traducteur» entre le moteur électrique convertible en alternateur qui consomme ou produit (grâce au freinage récupératif) du courant alternatif et la batterie qui ne peut stocker et recéder que du courant continu. Ce convertisseur renferme ce que l'on nomme des diodes PIN comme éléments redresseurs pour transformer le courant alternatif en courant continu. Toutefois le comportement de commutation de ces diodes varie en partie notablement d'une diode à l'autre, ce qui conduit à des pertes de puissance et à des surtensions indésirables dans le convertisseur. C'est la raison pour laquelle seule une partie de la production de ces diodes est appropriée à une utilisation dans des convertisseurs.

Bien que des méthodes de test permettent de bien maîtriser ce problème, Toyota désirait absolument savoir quels étaient les effets physiques fondamentaux responsables de ces variations de qualité. Les chercheurs de l'Empa réunis autour d'Oliver

Gröning se sont mis à la recherche de ces causes en collaboration avec Toyota. Ils ont alors découvert que ces variations de qualité provenaient des wafers de silicium, plus précisément de l'interaction des impuretés de carbone qu'ils renferment avec les défauts provoqués de manière ciblée par bombardement avec des ions hélium. Ces défauts modifient la durée de vie des porteurs de charge et contribuent à réduire le courant de fuite de la diode lorsque qu'elle commute de son état bloqué à son état passant. C'est ce courant de fuite, qui s'écoule tout de même dans la direction bloquée, qui peut conduire aux pertes de puissance et aux surtensions et qu'il s'agit donc de maintenir au plus bas niveau possible.

Une solution simple: sélectionner les wafers de silicium «impurs»

Les composants microélectronique tels que les diodes sont fabriqués à partir de matériaux semi-conducteurs, typiquement du silicium. Des plaquettes de silicium, dénommées wafers, sont découpées dans des barreaux monocristallins de silicium de haute pureté (99,9999 pour-cent). Ces barreaux monocristallins sont obtenus par éti-

rement à partir d'un bain de silicium en fusion. L'inclusion d'impuretés de carbone n'est jamais totalement évitable. Lors de ce processus de croissance du monocristal, la concentration de carbone augmente du haut vers le bas des barreaux dont la hauteur peut atteindre jusqu'à deux mètres.

Et ceci à des conséquences pour les diodes produites à partir de ces barreaux: ce sont les diodes qui présentent les concentrations de carbone les plus élevées qui possèdent les meilleures caractéristiques de rendement, soit celles provenant de la partie inférieure du barreau. Ce qui fait dire au chercheur de l'Empa Oliver Gröning: «Les impuretés peuvent ainsi parfaitement avoir des effets positifs.»

Toyota est des plus satisfaits de ces résultats. «Nous sommes non seulement parvenus à démontrer empiriquement l'existence d'une relation entre la variation de la qualité des diodes PIN et la position du wafer de silicium dans le barreau monocristallin mais aussi à éclaircir les causes physiques de cette variation», explique Gröning. «Car pour Toyota un problème n'est vraiment résolu que lorsqu'on en a réellement saisi le cœur.» //