CARACTÉRISATION ET MODÉLISATION ÉLECTRO-THERMIQUE DISTRIBUÉE D'UNE PUCE IGBT - APPLICATION AUX EFFETS DU VIEILLISSEMENT DE LA MÉTALLISATION D'ÉMETTEUR

par Thierry Kociniewski, LTN-IFSTTAR / GEMaC-UVSQ

A l’orée de l’énergie électrique, les convertisseurs de puissance structurés autour de puces de puissance (IGBT, MOSFET, Diodes, …,) sont de plus en plus sollicités dans les systèmes de transport, du ferroviaire à l’aéronautique, en passant par l’automobile. Dans toutes ces applications, la fiabilité de ces dispositifs de puissance constitue encore un point critique. C’est notamment le cas dans la chaine de traction de véhicules électriques (VE) et hybrides (VH), où ses puces de puissance sont souvent exposées à des fortes contraintes électriques, thermiques et mécaniques pouvant conduire à leur défaillance. Dans ce contexte, l’amélioration des connaissances sur les mécanismes de dégradation

des composants semi-conducteurs de puissance et leurs assemblages face aux stress électrothermiques et thermomécaniques est incontournable. En particulier sur la puce semi-conductrice qui constitue le siège des interactions physiques importantes, et autour de la puce.
Dans cette optique, mes travaux de chaire visent d'abord, à mettre en lumière les stress électro-thermo-mécaniques et leurs effets sur la puce et son voisinage immédiat puis, à nourrir les modèles de mécanismes physiques des défaillances. Cela devrait permettre au travers d'une modélisation électrothermique distribué de puce IGBT et des caractérisations électrothermiques expérimentales réalisées sur les micro-sections des IGBT et diodes de puissance polarisés, l'identification puis l'estimation des contraintes électriques, thermiques et mécaniques générées durant le fonctionnement. En effet, avec leur répétition au cours du temps, ces dernières induisent une fatigue thermomécanique, dont la conséquence est une dégradation matérielle du composant. Ce phénomène conduit à une évolution des caractéristiques électriques et thermiques des puces de puissance et figure comme une des causes majeures de défaillances répertoriées pour la traction électrique où les contraintes de cyclage thermique sont sévères. Enfin l'étude réalisée par simulation de court-circuit a démontré que la dégradation de la métallisation d'émetteur réduit de façon significative le niveau de courant total de collecteur (IC) mis en jeu lors d'un court-circuit d'une puce IGBT. Cette étude semble démontrer également que le vieillissement de la métallisation d'émetteur de puce IGBT n'est pas à l'origine de l' apparition du mode de défaillance en latch-up dynamique observé expérimentalement lors de vieillissement d'IGBT par répétition de courts-circuits.