

Modélisation électrothermique pour l'analyse et l'estimation de durée de vie de modules à semi-conducteurs en court-circuit

Auteurs : Florent Loche-Moinet, Loic Théolier, Eric Woïrgard

La thèse est l'étude de l'effet d'un court-circuit sur un transistor de puissance. Nous sommes capables de suivre, en connaissant les cycles de fonctionnement d'un circuit de puissance, l'espérance de vie de ce circuit. Le but est maintenant d'étudier l'effet d'un événement singulier, un court-circuit (CC), sur cette durée de vie. Les seules recherches présentées sur ce sujet montrent la destruction d'un transistor avec ce qui est détruit, mais non la cause, ni l'effet de ce court-circuit sur la durée de vie (si CC non destructif).

Pour la destruction du semiconducteur, on s'appuie sur la bibliographie couplée à de la simulation numérique, pour étudier l'effet du CC. Nous utilisons des simulations FEM (Sentaurus et Ansys) pour simuler le CC et la montée en température qu'il produit. Les temps de CC sont si faibles (10 μ s) que la diffusion thermique n'est pas totalement réalisée ce qui provoque de fort gradient de température au sein de la puce. De plus, les méthodes pour calculer l'espérance de vie s'appuient sur les contraintes dans le joint d'argent entre puce et cuivre, or ici, la montée en température est bien plus importante en surface de puce plutôt que dans le joint d'argent. Cela implique possiblement une faible augmentation des contraintes au niveau du joint mais un effet sur le haut de la puce qui se traduira par une modification du comportement de la puce et donc une diminution de la durée de vie de la puce.

Nous aimerions utiliser Sentaurus pour obtenir une répartition de la température à la fin du CC par une simulation électro-thermique du semiconducteur, puis on utilisera ce résultat comme condition initiale pour Ansys afin d'observer la diffusion de la température et les contraintes. Sur ces simulations, nous devons tenir compte de la fusion de la couche d'aluminium sur la surface de la puce. La simulation réalisée est donc une simulation sur un temps très court, des échelles spatiales très différentes et avec des phénomènes multi-physiques complexes. Un modèle simplifié de la fusion de l'aluminium a été étudié puis implémenté dans Sentaurus et Ansys afin de ne pas utiliser de simulation Fluide/Solide.

Nous pensons pour l'instant que le CC ne fait pas monter la DED de façon importante pour la durée de vie de la puce, mais, par la montée à haute température de la surface de la puce et l'endommagement de cette surface, créer une variation dans les propriétés thermiques, mécaniques et peut-être électriques. La température maximale atteinte est située un peu sous la surface de la puce, et est donc difficile à mesurer.