

Proposition de stage de niveau M1/M2

Durée : 3-6mois (à partir de février 2024)

Localisation : Grenoble

Profil recherché : master en physique, science des matériaux ou formation en génie électrique

Email de contact:

rachelle.hanna@grenoble-inp.fr

luisgabriel.alvesrodrigues@cea.fr

Mots-clés: Electronique de puissance, semi-conducteurs à grand gap, liquides diélectriques, haute tension, encapsulation

Etude de l'isolation liquide des modules d'électronique de puissance haute tension

Les défis les plus importants auxquels la société a été confrontée ces dernières années sont liés au développement durable et au changement climatique. Dans ce contexte de transition énergétique, considérables ressources scientifiques sont aujourd'hui déployés pour accroître l'efficacité et limiter les coûts des sources d'énergie renouvelables (solaire, éolienne, biomasse). L'électrification des transports, le stockage de l'énergie (via l'hydrogène ou les batteries) et les réseaux intelligents sont d'autres facteurs clés permettant la mise en place de systèmes énergétiques à faible émission de carbone. Dans tous les domaines susmentionnés, l'électronique de puissance EP joue un rôle crucial dans la transition énergétique depuis la conversion jusqu'au transport et la distribution d'énergie.

Un des enjeux majeurs de l'électronique de puissance du futur est par conséquent la disponibilité des composants semi-conducteurs (SC) de puissance qui seraient capables de fonctionner à haute fréquence, à haute tension et à des températures de jonction supérieures à celles autorisées par les composants en silicium (Si), classiquement utilisés. La limite de ces derniers, est en effet un point bloquant à ce développement surtout avec l'augmentation des besoins en termes de densité volumique des systèmes de conversion. Au cours de la dernière décennie, des nouveaux SC à grand gap tels que le carbure de silicium, le nitrure de galium ou le diamant, devraient progressivement remplacer le silicium pour tous les composants de puissance appelés à fonctionner à haute fréquence, à haute tension et à haute température. Néanmoins, les recherches scientifiques montrent que le bénéfice de toutes les performances possibles des SC à grand gap est loin d'être obtenu suite aux différentes limitations électriques, thermiques et de fiabilités imposées par les différents composants du module (matériaux d'isolation, d'assemblage et de connexion) (voir figure 1). A titre d'exemple, les gels silicones, classiquement utilisés pour encapsuler les modules avec des composants en silicium, se dégradent progressivement lors de leur stockage au-delà de 200 °C sous air jusqu'à la défaillance complète traduite par la fissuration du matériau. Pour remédier à ce problème, il apparaît aujourd'hui indispensable de rechercher de nouveaux matériaux stables à haute température et pouvant supporter des tensions plus élevées.

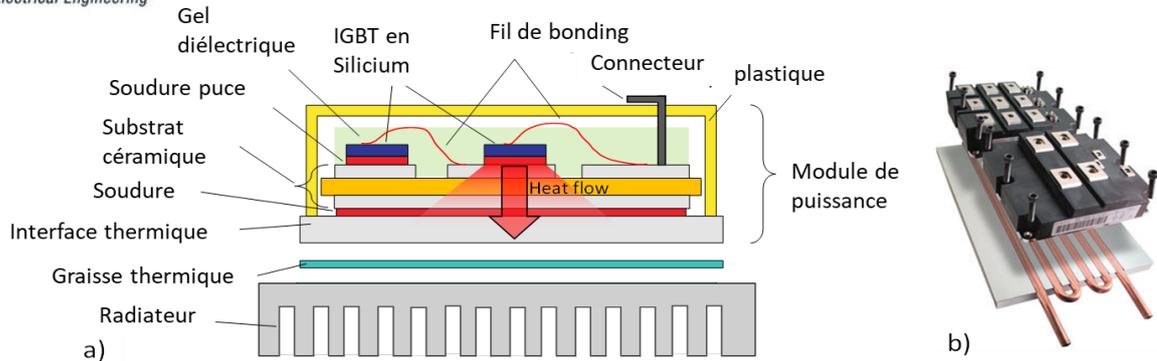


Figure 1 : Structure conventionnelle d'un module de puissance (assemblage contenant plusieurs composants SC, interconnectés pour réaliser la fonction de conversion de puissance)

Parmi ces nouveaux matériaux, les liquides isolants sont susceptibles de répondre aux nouvelles contraintes. En plus de leur fonction d'isolation, ces liquides peuvent permettre une évacuation du flux thermique dissipé par les semi-conducteurs permettant ainsi une plus forte densité de puissance (pour une même température de fonctionnement) ou le fonctionnement à des températures plus basses (pour une même densité de puissance dissipée).

L'encapsulation liquide est une technique courante dans de nombreux dispositifs haute tension (transformateurs, disjoncteurs, condensateurs...), mais pas encore utilisée pour l'isolation de composants d'électronique de puissance à haute température et à haute tension. Des études récentes ont été menées au sein du laboratoire du génie électrique de Grenoble (G2Elab) afin d'identifier et de caractériser des liquides alternatifs au gel silicone. Ces études se concentrent sur la caractérisation des liquides à des températures élevées (jusqu'à 350°C) dans une structure de module de puissance conventionnelle (voir figure 1) avec une isolation hybride, par exemple un substrat en céramique et un liquide, et dans laquelle le liquide est en mode statique (pas en mouvement forcé).

La mise en œuvre pratique de liquides diélectriques dans des modules de puissance nécessite toutefois d'importantes études complémentaires, pour mieux caractériser, comprendre, et modéliser leur comportement sous haute tension et en mouvement forcé, afin de mieux évaluer leur potentialité réelle pour l'application. Ce travail de stage s'inscrit dans une collaboration entre le G2Elab et le CEA-INES (Institut National de l'Energie Solaire) visant l'étude de nouveaux concepts de refroidissement par liquide diélectrique pour l'application des énergies renouvelables, notamment le photovoltaïque. Le travail visé dans ce stage consistera à :

- 1) Identifier certains types de liquides isolants pouvant supporter des champs électriques élevés supérieures à 10 kV/mm
- 2) Caractérisation des propriétés électriques des liquides sélectionnés (permittivité, pertes, conductivité)
- 3) Concevoir une cellule d'essai et évaluer la tension de claquage des liquides (seuls) dans différentes configurations (forme d'onde de la tension, configurations des électrodes, distance entre les électrodes, débit du liquide)