

Tendances en gestion thermique pour l'électronique hautes-performances au quotidien

Par Uwe Jessen, Directeur des Ventes Europe, Bergquist

Les appareils électroniques et les modules de commande font l'objet d'une demande importante dans les secteurs grand-public, industriel, médical et automobile. Pour satisfaire les différentes demandes des concepteurs et des utilisateurs, de nombreuses applications sont sujettes à des contraintes d'encombrement extrêmes ; les produits doivent par exemple pouvoir tenir dans une poche, ou plus généralement pouvoir être portés sur soi ; ou encore être compatibles avec les formats existants des dispositifs qu'ils remplacent (des ampoules à incandescence, par exemple). D'autres applications devront répondre à des contraintes de conditionnement très strictes, comme dans le cas d'ECU (Engine Control Unit, ou commande moteur) pour l'automobile.

A l'heure on l'on exige davantage de performances de produits globalement plus petits, les concepteurs repoussent les limites établies en matière d'implantation de carte et de "fabricabilité". Pour suivre le rythme du progrès sans compromettre la qualité ni la fiabilité, de nouvelles solutions sont nécessaires dans plusieurs domaines d'études, comme les types de boîtier, l'assemblage, le test ou la gestion thermique.

Nouvelle génération de matériaux thermiques

Des solutions de gestion thermique souples et créatives sont nécessaires pour supporter la miniaturisation continue des appareils d'une part, et l'augmentation de la densité de puissance d'autre part. On observe un développement rapide de matériaux compatibles avec l'assemblage automatisé, faciles à utiliser sur une ligne de production, que l'on peut déposer avec précision tant au niveau position qu'au niveau volume, et qui convient aux petits, aux moyens ou aux gros volumes de production. Il s'agit notamment de matériaux d'interface thermique conformables déposables en seringue, de matériaux conformables liquides, ou d'adhésifs offrant de bonnes performances thermiques. Les substrats thermiques évoluent également, avec l'arrivée de nouveaux diélectriques améliorés qui conviennent aux applications nécessitant de très bonnes performances thermiques.

Mastics conformables

La miniaturisation extrême des appareils électroniques contribue à augmenter la densité de puissance, notamment dans les commandes moteur ou les commandes d'éclairage LED miniatures. Là où l'approche conventionnelle réclame la mise en place d'un "gap pad", ou

d'un mastic, entre les CI ou les composants de puissance et un radiateur (voire le boîtier métallique lui-même), le placement manuel du matériau thermique peut s'avérer fastidieux. En général, les fabricants ont plutôt tendance à vouloir réduire les opérations manuelles, afin de diminuer les coûts et d'améliorer la qualité finale des produits.

Pour surmonter les défis auxquels les constructeurs d'aujourd'hui font face, une nouvelle génération de "gap filler" (mastic interstitiel) conformables voit le jour. Ces matériaux thermiques peuvent être appliqués à l'aide d'équipements de dépose automatisés à seringue, qui permettent des cadences de production élevées tout en éliminant les variations de volume et les défauts de positionnement inhérents aux processus manuels. L'évolution est rapide, et ces nouveaux matériaux proposent aux concepteurs une palette croissante de propriétés physiques, comme des conductivités thermiques ou des duretés différentes, pour répondre aux besoins des différentes applications.

L'efficacité thermodynamique dépend principalement de la capacité du matériau thermique de transition à transférer la chaleur en son sein, et à assurer un contact parfait avec les surfaces contre lesquelles il est appliqué. Les matériaux liquides Bergquist existent dans une large gamme de conductivités thermiques. Ils sont spécifiquement conçus pour combler des espaces importants et irréguliers, et permettre un bon mouillage et une bonne conformabilité, quelle que soit la topographie locale. Dans la mesure où le "gap filler" (mastic interstitiel) est déposé et mouille à l'état liquide, le matériau déposé ne génère pratiquement aucune contrainte sur les composants lors de l'assemblage. Pour cette raison, les fillers conformables conviennent parfaitement lorsque certains composants ou certaines interconnexions fragiles doivent être protégés. Les concepteurs de matériaux peuvent spécifier des matériaux thermiques dotés de propriétés spéciales, comme par exemple une résistance à l'affaissement élevée dans le cas où la forme du dépôt est critique, ou encore un dégazage réduit dans le cas de certaines applications optiques.

Bergquist a collaboré avec de grands fournisseurs d'équipements, pour assurer une compatibilité optimum entre les matériaux thermiques et les équipements de dépose, afin de simplifier la mise au point d'un processus automatisé et reproductible. Grâce à ces partenariats, des instructions détaillées peuvent être fournies aux ingénieurs méthodes, pour aider par exemple à déterminer le type d'aiguille à utiliser (Figure 1), les paramètres machine, les motifs de dépose, et les conditions environnementales comme la température ambiante ou l'humidité, etc.

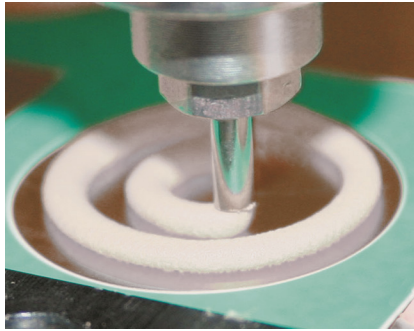


Figure 1. Les matériaux thermiques conformables peuvent être déposés de manière optimale selon des règles industrielles, établies en partenariat avec les grands fournisseurs d'équipements de dépose.

Les matériaux thermiques conformables peuvent être des "gap-fillers" (mastics interstitiels) bi-composants, comme ceux de la gamme Gap Filler de Bergquist, qui offrent des conductivités thermiques de 1.0 W/m-K à 4.0 W/m-K, de faibles modules d'élasticité, et qui sont compressibles. Ils sont parfaits pour les composants montés sur des circuits à proximité d'un radiateur ou d'un boîtier métallique. Ces matériaux sont polymérisables à température ambiante ou à chaud, sans générer de sous-produits. Le matériau polymérisé est sec au toucher, et maintient une bonne interface pendant les cycles thermiques. Le Gap Filler 3500S35 est une formulation à module d'élasticité très bas, qui offre une souplesse mécanique et une conformabilité extrêmes, parfaites pour les composants fragiles qui sont extrêmement sensibles aux contraintes mécaniques.

Les matériaux d'interface thermique liquido-conformables sont utilisés dans le cas d'applications nécessitant une dépose par seringue, un faible niveau de contrainte mécanique; et une possibilité de reprise. Parfaits pour les applications à densité de puissance très élevée, comme les assemblages faisant appel à des puces nues qui doivent être en contact avec un radiateur ou un diffuseur de chaleur, les matériaux liquido-formables comme Liqui-Form™ 2000 génèrent une très faible contrainte mécanique sur les composants pendant l'assemblage, et présentent un pouvoir adhérent naturel qui leur permet de rester en place. Aucune polymérisation, aucun mélange, ni aucune réfrigération ne sont nécessaires, ce qui permet une utilisation facile sur la chaîne de production.

Adhésifs thermiques : un double rôle

Pour les applications comme les contrôleurs de puissance nécessitant le montage d'un grand nombre de composants de puissance sur radiateur, l'élimination de fixations mécaniques au profit d'un adhésif thermique permet d'améliorer sensiblement la productivité d'assemblage. La dépose d'un adhésif silicone liquide monocomposant, comme le Liqui-Bond SA, peut se faire automatiquement à grande vitesse et quasiment sans intervention

humaine. Ces matériaux peuvent également être déposés par sérigraphie. Les adhésifs Liqui-Bond SA sont conçus pour conserver leur structure et leur stabilité sur une large plage de températures, et dans des environnements difficiles. En outre, leurs propriétés élastiques douces permettent d'absorber les dilatations différentielles.

Dans certains cas, on peut aussi utiliser des rubans adhésifs thermoconducteurs, comme ceux de la gamme Bergquist Bond-Ply. L'adhésif acrylique thermo-conducteur présent sur les deux faces permet de fixer des dissipateurs ou des radiateurs aux composants ou au circuit imprimé, sans utiliser de fixations mécaniques. Les concepteurs peuvent spécifier du ruban renforcé à la fibre de verre ou au polyimide. La Figure 2 montre comment utiliser le Bond-Ply 100 renforcé à la fibre de verre, pour fixer un radiateur sur un processeur hautes-performances.

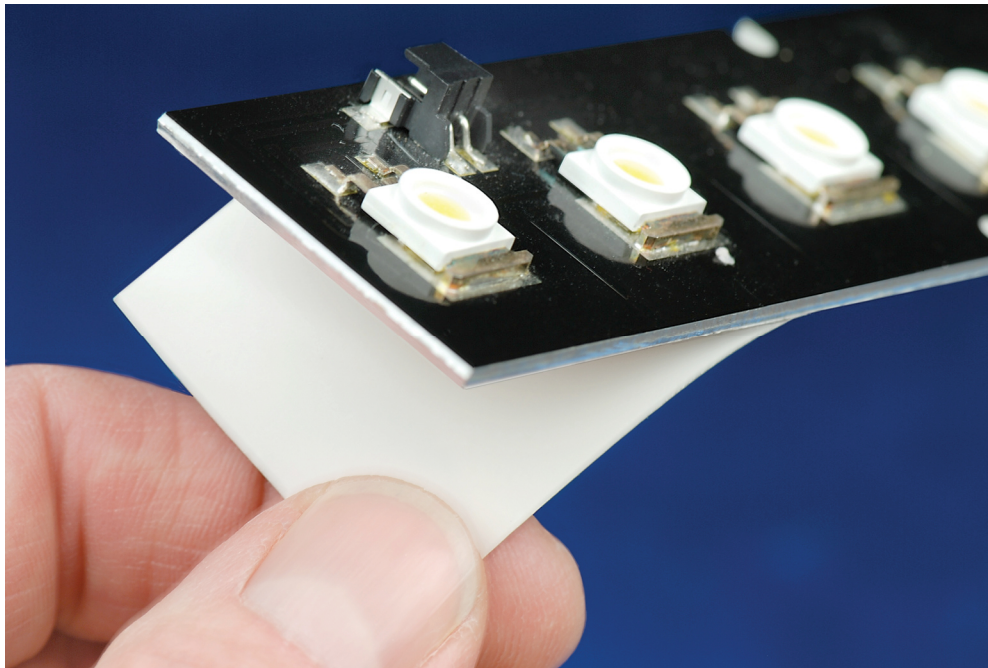


Figure 2. Les adhésifs thermiques Bond-Ply permettent d'éliminer les clips et les vis

Les substrats thermiques boostent la densité de puissance

Dans certaines applications comme les convertisseurs d'énergie, les commandes moteur ou les éclairages semiconducteurs, un substrat thermique permet d'augmenter la densité de puissance, de réduire le nombre de composants de puissance, et d'améliorer la fiabilité de dispositifs comme les LED. Dans les projets à LED notamment, qu'il s'agisse de remplacer des lampes à incandescence, ou de moteurs d'éclairage, les fournisseurs de LED recommandent souvent d'ajouter un grand nombre de "vias" (trous traversée métallisés) étamés au substrat FR4 classique, pour évacuer la chaleur. L'utilisation d'un substrat

thermique plutôt que du FR4 permet d'éviter une telle complexité de conception au niveau de la carte, tout en permettant au concepteur de maîtriser la température opérationnelle des jonctions. Ceci améliore la fiabilité et favorise un niveau de luminosité constant des LED, pour de meilleures performances et une durée de vie accrue.

Certaines technologies de substrat, comme le DBC (Direct Bond Copper, ou cuivre collé sur céramique) ou la céramique couche épaisse, offrent d'excellentes propriétés thermiques. D'un autre côté, un substrat SMI (Substrat métallique isolé, ou IMS® en anglais pour « Insulated Metal Substrate ») comme le Thermal Clad® de Bergquist, à la fois robuste mécaniquement et économique, est bien adapté lorsqu'une connexion électrique au substrat lui-même est nécessaire.

La couche métallique de base peut être constituée d'aluminium ou de cuivre, en général d'une épaisseur standard – bien que des épaisseurs non standard soient également disponibles. Des recommandations sont disponibles pour aider les concepteurs à définir l'épaisseur, le poids et le coefficient de dilatation permettant d'optimiser les performances et la fiabilité des joints de soudure, en fonction de l'application. Des finitions standard ou brossées peuvent également être spécifiées, et plusieurs anodisations, transparente, noire, bleue ou rouge, des couches de base en aluminium, sont proposées. Un SMI de haute qualité surpassera typiquement des circuits imprimé stratifiés équipés de "pre-preg" ou de clinquant métallique diffuseur de chaleur.

Le choix du diélectrique est un facteur important pour la performance d'un SMI, selon le type d'application. Le diélectrique est un mélange polymère, qui assure un isolement électrique élevé, une liaison solide et une bonne résistance au vieillissement thermique, auquel on a ajouté une charge de céramique, qui assure une faible impédance thermique et maintient une résistance diélectrique élevée. Pour offrir des performances optimales et permettre un coût compétitif pour un large éventail d'applications, Le SMI Thermal-Clad existe en différentes versions : MP (Multi-Purpose, ou usage général), HT (High Temperature, ou haute température), ou spécial HPL (High Power Lighting, ou éclairage haute puissance). Le diélectrique HPL est très mince (seulement 38µ), présente une impédance thermique très basse, qui se traduit par une excellente performance thermique à 0.30°C/W selon RD 2018, et peut résister à des températures élevées. Le SMI Thermal-Clad HPL existe dans un très grand nombre de formes, notamment des éléments estampés individuels ou des étoiles et des carrés adaptés à l'éclairage courant à LED (Figure 3).

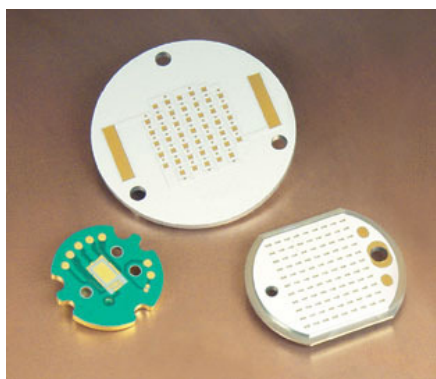


Figure 3. Le SMI Thermal-Clad est disponible dans un large éventail de formes et de tailles adaptées aux applications standard à LED.

Bien que les valeurs de conductivité thermique indiquées dans les notes techniques permettent théoriquement de comparer les substrats de différents fabricants, ces valeurs ne prennent pas en compte les variations d'épaisseur des matériaux, leurs résistances d'interface, et leurs matériaux de renfort. Pour cette raison, l'impédance thermique reste toujours le meilleur paramètre pour prédire la performance en situation réelle. En outre, les informations relatives aux procédures de test utilisées permettent aux utilisateurs de vérifier les valeurs publiées et de comparer les produits de différents fournisseurs de manière indépendante. A cet effet, Bergquist utilise des procédures de test reconnues internationalement ou, lorsque de telles procédures n'existent pas, rend librement accessibles les informations sur ses méthodes de test.

Conclusion

En dépit de l'amélioration perpétuelle du rendement des composants et des circuits électroniques tels que processeurs, semiconducteurs de puissance, convertisseurs de données, amplificateurs et LED de puissance, de l'énergie calorifique doit toujours être dissipée, et cela pour répondre à la demande des utilisateurs de disposer de toujours plus de performances, sous des dimensions toujours plus réduites. Des solutions de gestion thermique avancées sont indispensables pour assurer aux concepteurs des températures de fonctionnement internes garantissant la fiabilité.

Les matériaux thermiques conformables et les substrats thermiques SMI sont deux des catégories de produits de gestion thermique évoluant le plus rapidement. Ils sont capables d'offrir les performances thermiques nécessaires, tout en favorisant un assemblage très automatisé, avec un minimum d'interventions manuelles.