

défis de l'analyse DFM pour les circuits flexibles et flexibles-rigides

DownStream Technologies

La construction de circuits imprimés flexibles et flexibles-rigides n'est pas un concept nouveau. Elle est devenue courante, car les ingénieurs recherchent des solutions alternatives comme support des circuits pour des produits électroniques de plus en plus petits. Le schéma sur une feuille pour un simple câble est analogue à son support physique plat. Un schéma sur de multiples feuilles, qui détaille un circuit flexible-rigide, n'a que peu de ressemblance visuelle avec son assemblage flexible-rigide tridimensionnel construit avec différents matériaux. Cependant, dans les deux exemples de schémas, les outils d'analyse basés sur les schémas sont appliqués de la même manière. Cette même vérité s'applique également aux circuits imprimés courants à deux ou plusieurs couches basés sur du FR4. Les outils d'analyse de circuits imprimés d'aujourd'hui sont applicables à toutes les combinaisons de circuits imprimés rigides, quel que soit le nombre de couches ou leur taille. Cependant, en raison des propriétés uniques des supports flexibles et des supports flexibles et rigides combinés,

les conceptions flexibles nécessitent des outils spécifiques d'analyses, à la fois fonctionnelles et orientées vers la fabrication. L'analyse de l'intégrité telle que l'impédance, le couplage, la diaphonie et le bruit est devenu compliquée par les successions de variables dans les conceptions flexibles. Une même ligne de transmission peut être en *stripline* dans une zone flexible-rigide et en *microstrip* dans une zone flexible. Les types de matériaux et les constantes diélectriques au-dessus ou au-dessous d'une piste traversant un circuit varient également. Bien que les défis liés à l'analyse de l'intégrité du signal pour les conceptions flexibles méritent d'être discutés, cet article se concentrera sur les défis actuels de l'analyse de la conception pour la fabrication des circuits flexibles et flexibles-rigides.

Comparaison des circuits imprimés rigides avec les circuits flexibles et les circuits flexibles-rigides

Certains concepteurs conçoivent les circuits imprimés souples comme de simples circuits

flexibles, mais il existe de grandes différences entre les circuits rigides et les circuits souples. Les deux technologies assurent une interconnexion électrique, mais sont fabriquées avec de différents types de matériaux et de techniques. Elles ont également des applications différentes. Il n'est pas nécessaire de concevoir un circuit imprimé flexible-rigide pour la carte mère d'un PC de bureau, mais le flexible-rigide est nécessaire pour la plupart des dispositifs médicaux implantés.

Un circuit imprimé rigide typique est composé de substrats en fibre de verre, recouverts de cuivre électrodéposé, et collés ensemble. Bien que les matériaux utilisés pour coller les substrats varient, il s'agit généralement de feuilles de tissu pré-imprégnées d'époxy non durci. Ce matériau de liaison n'est pas conçu pour être flexible. Le cuivre est gravé chimiquement pour créer un tracé de circuit. La dureté des substrats collés nécessite un routage mécanique pour découper les circuits imprimés bruts. Toutes les couches du circuit imprimé sont généralement de taille et de forme identiques, à moins qu'il n'y ait la présence de cavités, de composants intégrés ou d'autres constructions exotiques. L'empilement des couches du circuit imprimé rigide est identique sur toute la surface du circuit imprimé. Le masque de soudure et la sérigraphie sont presque toujours appliqués.

Les circuits imprimés souples sont constitués de cuivre recuit laminé sur des substrats de polyimide souple. Les couches ou noyaux flexibles sont produits avec ou sans adhésifs. Les circuits flexibles sans adhésif sont surtout utilisés dans les applications qui nécessitent des performances élevées, tandis que les circuits flexibles avec adhésif sont souvent utilisés dans les applications comportant un faible nombre de couches. L'utilisation la plus courante est la feuille de cuivre laminée sur un substrat avec un adhésif époxy ou acrylique. Le matériau du substrat et l'adhésif sont conçus pour être pliés afin de minimiser la cassure des pistes. Comme pour les circuits imprimés rigides, un procédé de gravure chimique est utilisé pour créer un schéma

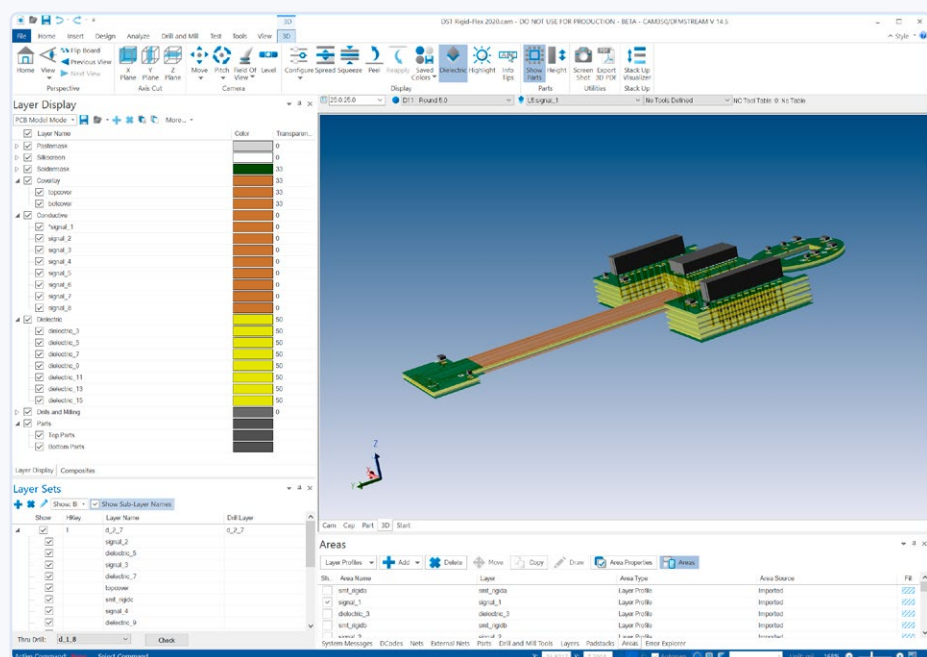


Figure 1. Une conception rigide-flexible en 3D avec des couches séparées pour une meilleure visualisation.

de circuit. La nature flexible des matériaux nécessite une découpe ou un détournage plutôt qu'un routage mécanique. Chaque couche d'un élément flexible double-face a une forme identique. Cependant, les matériaux flexibles à couches multiples sont susceptibles de présenter des variations de forme pour chaque couche ou noyau. Les circuits imprimés souples nécessitent un film isolant en couche mince sur les conducteurs, appelé *coverlay*. Contrairement aux masques de soudure pour circuits imprimés rigides, les *coverlays* sont découpés à l'emporte-pièce, tout comme les couches souples qu'ils isolent. La structure d'un circuit imprimé souple multicouche peut varier d'un bout à l'autre de la surface du circuit. C'est particulièrement vrai pour les circuits imprimés flexibles multicouches, où la forme des couches varie parmi l'ensemble des couches ou des noyaux. Une zone de plan de masse ou d'alimentation flexible est généralement hachurée, alors qu'elle est pleine pour les circuits imprimés rigides. Les hachures réduisent le risque de rupture des conducteurs. Les couches flexibles peuvent également être blindées par une feuille de cuivre ou d'argent. Le masquage et le blindage des couches flexibles ne sont pas rares, mais peu courants.

Les circuits imprimés flexibles-rigides sont évidemment une combinaison de matériaux rigides et flexibles. Les circuits imprimés *Rigid-Flex* sont essentiellement une combinaison hybride de matériaux et de procédés issus des circuits imprimés rigides et flexibles. Les deux types de matériaux sont généralement traités séparément et collés ensemble plus tard au cours du processus de fabrication. L'empilement des couches varie généralement beaucoup sur l'ensemble du circuit imprimé (**Figure 1**). Il peut y avoir des zones flexibles-rigides, flexibles uniquement, diverses combinaisons de couches rigides et flexibles, etc... Il y a aussi les circuits flexibles renforcés, où des FR4 vierges ou d'autres matériaux rigides sont collés de manière sélective à des supports flexibles pour leur donner de la rigidité. Le matériau rigide qui sert de raidisseur comporte rarement des conducteurs.

Les utilisation de circuits rigides par rapport aux circuits flexibles et flexibles-rigides

Les circuits imprimés rigides sont une technologie fondamentale dans les produits électroniques d'aujourd'hui. Les circuits imprimés rigides offrent une intégrité mécanique, une

conductivité électrique et une fiabilité, mais sont limités par leur profil en deux dimensions. Leur planéité limite les concepteurs à deux dimensions, ce qui restreint considérablement la souplesse de la conception, en particulier lorsque la taille des appareils électroniques diminue. Les circuits imprimés flexibles sont pliés pour tirer parti d'un espace tridimensionnel, tout en accueillant des composants. Les circuits imprimés flexibles permettent une utilisation maximale de l'espace pour intégrer des composants électroniques, mais à un coût supérieur à celui des circuits imprimés conventionnels.

Les circuits imprimés rigides et souples sont présents dans de nombreux appareils électroniques. Toutefois, certaines applications bénéficient davantage d'un type particulier de circuit imprimé. Les circuits imprimés rigides conviennent aux produits tels que les téléviseurs, les ordinateurs de bureau, les lecteurs Blu-ray et d'autres produits électroniques de grande taille. Les circuits imprimés flexibles sont présents dans les smartphones, les montres connectées, les tablettes, les appareils photo, les imprimantes et les ordinateurs portables. Ils constituent une exigence fondamentale pour les dispositifs médicaux miniatures implantés tels que les stimulateurs cardiaques, les implants cochléaires et les défibrillateurs implantés. Les assemblages complexes de circuits imprimés multiples interconnectés par des fils ou des câbles sont souvent remaniés, avec des circuits imprimés rigides et flexibles pour améliorer la fiabilité, le poids et réduire l'encombrement. C'est le catalyseur de la conception de nombreux produits militaires et aérospatiaux avec des circuits imprimés souples rigidifiés. Un exemple est une balle intelligente à usage unique qui peut modifier sa trajectoire si la cible visée se déplace.

L'introduction de semi-conducteurs de petite taille ou montés en surface a marqué le début d'une révolution dans le domaine du reconditionnement miniature. Pensez au Walkman de Sony par rapport à un radio-cassette d'autrefois. Pendant des années, les circuits imprimés flexibles ont été cantonnés exclusivement au remplacement des câbles multifilaires. Qui ne se souvient pas de la présence d'un câble plat flexible connecté à la tête d'une imprimante matricielle ou à impact. La tête allait et venait sur le papier tandis que le câble fléchissait dynamiquement et assurait une interconnexion plus fiable entre la tête de l'imprimante et la carte mère. L'introduction

du flexible-rigide ne change pas la donne de la même manière que les composants CMS, en raison de son application quelque peu limitée et de la différence de coût. Il ne faut pas s'attendre à ce qu'une nouvelle collection d'ordinateurs de bureau soit conçue avec des cartes mères rigidifiées pour réduire les coûts. Cependant, les technologies miniaturisées et fiables telles que les pilules avec des caméras, les téléphones cellulaires pliables ou les dispositifs médicaux implantés ne pourraient se passer de la technologie flexibles-rigides.

Conclusion

Les concepteurs et les fabricants ont assez bien réussi jusqu'à présent avec un accès limité aux outils d'analyse DFM (*Design For Manufacture*) spécifiques aux circuits souples. Aujourd'hui, les circuits flexibles et flexibles-rigides sont devenus plus courants et la technologie sous-jacente ne cesse d'évoluer. Comme c'est souvent le cas avec les nouvelles technologies, les outils de conception et d'analyse des circuits imprimés sont en train de rattraper leur retard. Les outils de CAO pour circuits imprimés ont été mis à jour pour prendre en charge la conception de circuits flexibles et flexibles-rigides, mais nombre d'entre eux ne disposent pas encore du support nécessaire pour transmettre intelligemment les données aux fabricants. Pareillement, la plupart des outils DFM à ce jour sont inadéquats pour analyser correctement les conceptions flexibles et flexibles-rigides afin de détecter les problèmes de fabrication. Chez DownStream, nous avons la chance d'avoir une longue liste d'utilisateurs entièrement impliqués dans des conceptions flexibles, qui se sont associés avec nous pour développer une solution DFM spécifique aux circuits souples. Et nous continuons à travailler avec ces clients pour améliorer nos capacités d'analyse DFM des produits flexibles. En plus du support d'analyse DFM décrit dans ce document, nous prévoyons la possibilité d'analyser d'autres traces de rupture potentielles telles que l'effet de la poutre en I, ainsi qu'une visualisation 3D et une DFM améliorées pour les circuits flexibles et flexibles-rigides dans leur état courbé. Il ne s'agit là que de quelques exemples. Tout comme la technologie sous-jacente, les outils de conception et d'analyse des circuits imprimés doivent également évoluer en permanence pour garantir le succès des clients, et c'est l'un des fondements de l'engagement de Downstream envers notre industrie. ◀

230590-04