

réunion 9/11/23

réunion 9/11/23

Présents

- Matthieu Beley
- Vincent Bley
- Nicolas Botter
- Paul Bruyère
- Mounira Bouarroudj
- Souhila Bouzerd
- Paul Bruyère
- Cyril Buttay
- Céline Combettes
- Baptiste Daire
- Laurent Dupont
- Gautier Girard
- Emilie Loupias
- Sébastien Mercier
- Loris Pace
- Mickaël Petit
- Florentin Salomez
- David Tremouilles (distanciel)
- Alejandro Can Ortiz (doctorant Laplace ANR destini)
- Ahmed Sabry Ahmed

Agenda

- 9h30-10h accueil café
- 10h présentations grand format (20 minutes présentation, 10 minutes questions)
 - **Gauthier Girard**: présentation des activités du LEM3
 - **Ahmed Sabry Ahmed** (Mitsubishi Electric R&D Centre Europe/Ampère): circuits imprimés avec diffuseur de chaleur en graphite

- **Souhila Bouzerd** "moyen de détection de l'initiation du délaminage d'un joint brasé pour l'intégration de l'EP sur PCB."
- **Paul Bruyère** gestion du point triple Métal-FR4-Air dans le cadre d'un module de puissance 3D avec puces enfouies
- **Florentin Salomez** Limites théoriques des solénoïdes droits sans matériau magnétique sur PCB
- 12h30 repas
- 14h présentations nouveaux travaux (projets, thèses, etc.) sous un format court
 - **Emilie Loupias**, pre-packaging pour composants de puissance
 - **Mathieu Beley**
 - **Alejandro Can Ortiz** intégration de snubbers RC
- 15h gestion GT (prochaines réunions, alimentation collection HAL, demandes SEEDS)

Réunion

Souhila Bouzerd "moyen de détection de l'initiation du délaminage d'un joint brasé pour l'intégration de l'EP sur PCB."

Rappel de la structure "TAPIR", avec des radiateurs brasés directement sur les deux faces d'un substrat PCB avec des puces enfouies. Le radiateur a une surface de $17 \times 17 \text{mm}^2$, et on s'intéresse à la dégradation thermo mécaniques dans cette structure. Une méthode de mesure de la délamination par mesure de la résistance électrique entre le PCB et le radiateur est proposée. Des simulations comsol sont utilisées pour étudier la sensibilité de la méthode. Le passage à la mesure expérimentale est en cours, pour le moment les échantillons réalisés n'ont pas permis de créer des zones délaminées sur demande (génération de défauts "modèles"). En revanche, la mesure montre que la technique n'est pas sensible aux vacuoles dans la brasure lorsque celles-ci ne sont pas dans les coins.

Gauthier Girard: présentation des activités du LEM

Présentation des travaux réalisés au LEM sur les circuits imprimés:

- Caractérisation mécanique des matériaux
 - méthode de mesure des coefficients de dilatation de PCB (dans le plan ou perpendiculaire au plan) par TMA
 - test de traction avec mesure par corrélation d'image (pour éviter le recours aux jauges de contraintes, qui sont du même ordre de grandeur que les éprouvettes)
 - un modèle mécanique complet nécessite 12 valeurs, mais certaines ne sont pas mesurables (typiquement une traction hors plan, du fait de la faible épaisseur du PCB). Ces valeurs sont donc identifiées par simulation. Pour cela, une simulation détaillée (comprenant notamment les détails du tissage) est utilisée, en ajustant les paramètres matériaux pour retrouver les valeurs mesurées, et ainsi pouvoir calculer les autres.

- le cuivre utilisé peut lui-même se comporter très différemment selon s'il a été électrodéposé, laminé, recuit... Ça s'explique par la microstructure, bien plus fine pour le matériau laminé.
 - présentation d'une méthode pour faire du chargement cyclique traction/compression sur un feuillard de cuivre de 17 ou 35 μm (normalement impossible car le feuillard flambe immédiatement en compression): le cuivre est laminé sur du polyimide dont l'élasticité permet d'exercer une force de rappel pour mettre le cuivre en compression.
 - une mesure de résistance permet ensuite de faire un suivi de la dégradation de ce cuivre en chargement cyclique
- une fois le comportement du cuivre bien connu, on peut corriger les valeurs d'énergie d'interface obtenues par des mesures de pelage (il démontre que 75% de l'énergie mesurée lors du test de pelage est en fait dissipée dans la déformation plastique du cuivre, et seuls 25% correspondent à l'énergie d'interface.)
- exemples d'applications: prédiction de la durée de vie de circuits flexibles soumis à une flexion répétée, ou de trous métallisés dans un circuit multi-couches en chargement thermique. Les modèles éléments finis ont aussi permis de nourrir un modèle compact qui permet de prédire très vite la durée de vie d'un trou métallisé en fonction des paramètres matériaux et dimensionnels.

Ahmed Sabry Ahmed: circuits imprimés avec diffuseur de chaleur en graphite

Intégration de feuilles de graphite dans un circuit imprimé avec puces enfouies pour améliorer l'étalement de la chaleur. La méthode proposée est compatible avec la technologie de fabrication des PCBs et permet d'améliorer la résistance thermique R_{thJC} de 30%.

Un jeu de démonstrateurs est réalisé. des tests de refusion montrent qu'il est nécessaire de "riveter" les couches de graphite en distribuant des vias sur toute la surface du graphite pour prévenir la défoliation des couches de graphite.

Les résistances thermiques sont mesurées avec une attention particulière sur la répétabilité des mesures (chaque point correspond à 5 mesures; pression d'appui, matériau d'interface, positionnement sont contrôlés). Le gain en R_{thJA} est de 36% en mesure (51% en simulation). La R_{thJC} est mesurée par la "Dual Thermal Interface Method" (JEDEC 51-14).

Paul Bruyère - gestion du point triple Métal-FR4-Air dans le cadre d'un module de puissance 3D avec puces enfouies

Retour de la structure TAPIR. Ici, on s'intéresse à la tenue en tension, notamment aux points triples du circuit imprimé dans l'air. Comme il n'est pas possible de changer le milieu, ou de modifier la forme des électrodes, on s'intéresse ici à l'insertion de plaques de champ dans le PCB.

Simulation paramétrique, suivi par une réalisation de véhicules de test (PCB 4 couches). Les mesures confirment une très forte augmentation des PDIV avec les plaques de champ (plus de 200% de gain)

Florentin Salomez Limites théoriques des solénoïdes droits sans matériau magnétique sur PCB

Rappel du contexte: besoin de décarbonner, ressources (en cuivre, notamment) limitées. Faire de la conversion à très haute fréquence permet d'utiliser des inductances à air, qui consomment potentiellement moins de ressources. Mais il faut alors fabriquer des inductances à très haut facteur de qualité.

Le composant étudié ici est un solénoïde à base rectangulaire, bobiné avec du ruban cuivre. Avec les dimensions possibles, on arrive à un facteur de qualité max de 250 (théorique) et des inductances de quelques dizaines de nH (jusqu'à 500nH). Les mesures confirment ces résultats, avec des facteurs de qualité qui atteignent 150, et un fort effet de l'épaisseur de l'inductance (c'est le paramètre qui a le plus d'effet.)

Emilie Loupias - pre-packaging pour composants de puissance

Résumé des travaux en cours sur l'ANR TECoCIP, qui vise au développement d'une technologie de pré-packaging de composants actifs destinée à la production de petites séries. Ces pré-packages seront enfouis dans du circuit imprimé. Les étapes technologiques présentées sont basées sur l'utilisation de résine photosensible (SU8 et SUEX)

Mathieu Beley - Caractérisation sur circuit imprimé de composants passifs

besoin de caractériser les composants passifs utilisés pour la conversion VHF, pour faire des modèles valables sur des fréquences allant jusqu'à 35-350MHz. Pour cela il faut utiliser un VNA (vector network analyzer), et compenser les éléments de connectique. Pour cette compensation, il fait appel à des méthodes de de-embedding, dans lesquelles la connectique est modélisée par une matrice "T", en série avec celle de l'élément sous test.

Un des soucis rencontrés, c'est la sensibilité des cartes de test à la précision de fabrication (gravure PCB).

Alejandro Can Ortiz - Conception, fabrication et essais de circuits RC d'ammortissement

Présentation d'un snubber pour les bras d'onduleurs du projet Destini (structure TAPIR déjà discutée plus tôt), avec une capacité de 4.7 nF et une résistance de 0.4 ohms. Le travail vise à intégrer ce snubber au plus proche de la puce. Pour cela, ils utilisent une couche de OmegaPly (feuille de cuivre et nickel superposés qui permet de réaliser des résistances intégrées dans du PCB). La faible valeur de résistance visée impose des géométries annulaires assez larges (80 mm de périphérie)

Les résistances obtenues ont une valeur proche de l'objectif, une dépendance assez faible à la température, et une bonne capacité de dissipation thermique (testé jusqu'à 4 W, avec une augmentation de température de l'ordre de 50°C)

La prochaine étape du travail sera l'enfouissement de condensateurs

Gestion/Animation du GT

- SEEDS nous demande un bilan et des perspectives du GT PCB. Discussion sur les perspectives:
 - conserver la réunion annuelle d'automne.
 - collaboration avec le GT CEPPS (convertisseurs d'électronique de puissance plus soutenables), autour des matériaux et des convertisseurs plus durables, par exemple en co-organisant un atelier commun, pour traiter notamment l'aspect intégration.
- Infos:
 - La base IEEEExplore est en essai par BibCNRS jusqu'au 7/12/23. <https://ieeexplore-ieee-org.insis.bib.cnrs.fr/Xplore/home.jsp> (nécessite login/password janus, que vous avez si vous appartenez à un laboratoire dont le CNRS est tutelle).
 - concours chercheurs CNRS: il est décalé d'un mois (10/01 - 9/02).
 - événements à venir:
 - journée simulation IEEE EPS le 5/12/23, inscription gratuite
 - Journées SEEDS/JCGE
 - Journée fiabsurf en avril, à Porquerolles
- Mise à jour
 - de la liste des publications de la collection GT-PCB (merci d'envoyer toutes vos fiches HAL correspondant à l'activité du GT PCB à cyril.buttay@insa-lyon.fr)
 - Recueil des identifiants ORCID des participants (demande de SEEDS).