Stage PFE-M2R – 5/6 mois

Février 2027, démarrage anticipé possible

Méthode de détection de dégradation d'assemblage brasé par mesures hautes fréquences

Environnement

Laboratoire génie de production (UTTOP) — Guillaume VINE, Stéphane BAFFREAU — E-mail : guillaume.vine@uttop.fr

IRT Saint Exupéry — Raphael RIVA, Sébastien SERPAUX

Mots Clefs

Fiabilité des assemblage, Contrôle non-destructif, Caractérisation haute-fréquence, Traitement de la donnée

Contexte

La fiabilité des brasures constitue un enjeu majeur en électronique et électronique de puissance pour l'assemblage de composants sur substrats métallisés. Soumis à des conditions de fonctionnement sévères, température et vibration, celles-ci sont amenées à subir une dégradation progressive susceptible d'entraîner une défaillance prématurée, impactant la sureté de fonctionnement et la durée de vie.

De fait, le développement de nouveaux alliages vise à améliorer les performances mécaniques et thermiques des pâtes à braser, tout en respectant les contraintes réglementaires imposées par la directive européenne RoHS, qui limite l'usage de substances toxiques telles que le plomb. Dans ce cadre, des alliages basse température (LTS) et/ou des alliages dopés (SAC+), à haute fiabilité, représentent des solutions prometteuses [1]. L'évaluation de ces matériaux nécessite des études approfondies sur leur vieillissement en cyclage thermomécaniques afin de caractériser leurs performances.

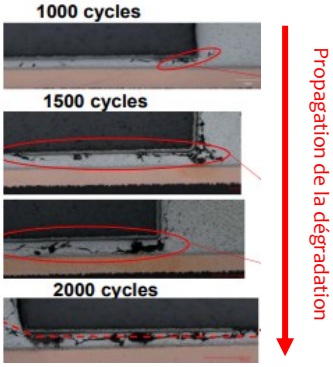


Figure 1 : Exemple de dégradation de brasure en cours de cyclage [1]

Un aspect clé dans ces analyses de vieillissement des pâtes à braser soumises à des cycles thermomécaniques réside dans l'utilisation de méthodes de caractérisation capables de détecter et suivre précocement les signes de dégradation. En effet, les approches classiques fondées sur la mesure de la résistance en courant continu (DC) présentent une sensibilité limitée, ne permettant souvent d'identifier les défauts qu'à un stade avancé, voire uniquement après rupture complète de l'interconnexion.

Dans l'objectif d'une détection précoce, les mesures d'impédance et des paramètres de diffusion (paramètres S) à haute fréquence offrent une sensibilité significativement accrue en comparaison de ces mesures DC. En effet, au-delà de plusieurs centaines de MHz, le courant se concentre à la surface des conducteurs en raison de l'effet de peau, amplifiant l'influence des dégradations superficielles sur les caractéristiques électriques mesurées [2]. Par ailleurs, à mesure que la fréquence augmente, les réflexions et transmissions du signal deviennent de plus en plus sensible aux discontinuités présentes le long du chemin de propagation, facilitant ainsi la détection et la localisation des défauts [3].

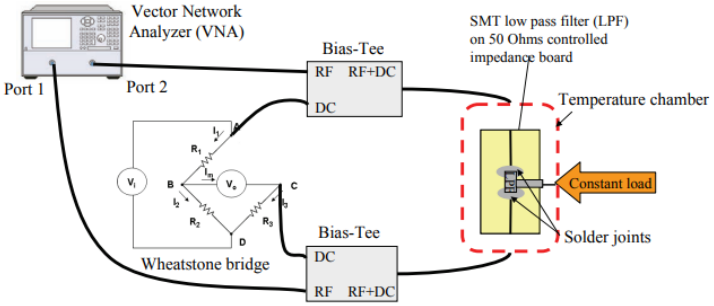


Figure 2 : Exemple de dispositif expérimental pour le suivi de dégradation associant la mesure haute fréquence (VNA) et la mesure DC (pont de Wheatstone) [2]

Ces mesures s'appuient sur l'utilisation d'un analyseur de réseau vectoriel (VNA), permettant l'acquisition des paramètres S sur de larges bandes de fréquence, au-delà du gigahertz. Cependant, les conditions de vieillissement sont susceptibles de modifier non seulement les propriétés de la brasure, mais également celles associées aux cartes de test. Afin de dissocier ces différentes contributions, des structures témoins dédiées doivent être intégrées afin de suivre l'évolution des propriétés des cartes au cours du cyclage et d'en corriger l'influence lors de l'analyse des mesures.

Objectif et contribution attendue

Le stage proposé s'inscrit dans une collaboration entre le laboratoire Génie de Production, développant des méthodes large-bande de fréquences pour détecter l'apparition de défauts en électronique de puissance [4], et l'IRT Saint Exupéry, étudiant et modélisant la fiabilité des technologies de brasure sans plomb [1].

À partir d'une sélection de différentes technologies de brasure et de composants (résistances et capacités montées en surface, composants de puissance, etc.), l'objectif du stage est de :

- Concevoir les cartes de test et développer le banc expérimental permettant l'acquisition de mesures haute fréquence au cours du vieillissement, ainsi que les procédures de correction permettant de s'affranchir des effets liés à l'environnement de mesure.
- Réaliser une première analyse comparative des technologies étudiées afin d'identifier les signatures électromagnétiques du vieillissement, en s'appuyant sur les résultats de la littérature [2] [5].
- Mettre en œuvre des algorithmes issus de la littérature [6] permettant d'automatiser le traitement des données et d'extraire les informations clés pour la détection et la localisation de défauts, en croisant les résultats obtenus sur l'ensemble des cartes caractérisées.

Qualités requises

Le (la) candidat(e) devra être issu d'une formation scientifique spécialisée dans un des domaines suivants : électronique analogique / radiofréquence-hyperfréquence / compatibilité électromagnétique. Une première expérience, projet étudiant ou stage, dans l'utilisation d'instruments de caractérisation haute fréquence (analyseur d'impédance, analyseur de réseau vectoriel) est requise.

Une bonne connaissance des logiciels de traitement de données tels que Scilab, Python et/ou Matlab serait fortement appréciée. Une expérience en conception de circuits imprimés (PCB), ainsi qu'en test et validation de cartes électroniques, serait également un plus.

Outre des qualités techniques certaines, le (la) candidat(e) devra posséder une curiosité scientifique pour aborder les différentes étapes proposées mais aussi être force de proposition dans le déroulement de l'étude.

Le (la) candidat(e) devra également posséder un bon niveau de maîtrise de l'anglais et des qualités de communication et de synthèse écrites et orales en français comme en anglais.

Modalités pour postuler

Toute candidature devra être adressée par mail (CV + lettre de motivation, relevé de note du M1 optionnel) à l'adresse suivante guillaume.vine@uttop.fr.

Déroulement du stage

Le stage durera 5 mois (possibilité de faire 6 mois). La gratification sera versée mensuellement et correspondra au taux horaire de gratification de 4.50 € par heure de stage. La gratification mensuelle sera calculée au prorata de jours travaillés, avec le calcul suivant : 1 jour = 7 heures. Le début du stage est possible à partir de février 2027.

Il y a trois lieux d'exercice situés dans la même ville mais distants de 5 km environ :

- Laboratoire Génie de Production, Ecole Nationale d'Ingénieurs de TARBES, 47 Avenue d'AZEREIX, 65000 TARBES, France;
- Institut Universitaire de Technologie, 1 Rue Lautréamont, 65000 Tarbes
- Plateforme PRIMES, 67 Boulevard Pierre Renaudet, 65000 Tarbes, France.

Le LGP et l'IUT sont distants de 200 m environ. La plupart du stage se déroulera sur la plateforme PRIMES.

Bibliographie

[1] H. Friaa, A. Guédon-Gracia, H. Frémont, R. Riva and L. Rocheron, "Comparative study of lead-free alloys submitted to thermomechanical ageing," 2024 25th International Conference on Thermal, Mechanical and Multi-Physics Simulation and Experiments in Microelectronics and Microsystems (EuroSimE), Catania, Italy, 2024, pp. 1-8, doi: 10.1109/EuroSimE60745.2024.10491424.

[2] D. Kwon, M. H. Azarian and M. Pecht, "Detection of solder joint failure precursors on tin-lead and lead-free assemblies using RF impedance analysis," 2009 59th Electronic Components and Technology Conference, San Diego, CA, USA, 2009, pp. 663-667, doi: 10.1109/ECTC.2009.5074085.

[3] K. Song, J. Gao, G. T. Flowers, Z. Wang, W. Yi and Z. Cheng, "Modeling and Analysis of Signal Integrity of Ball Grid Array Packages With Failed Ground Solder Balls," in IEEE Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology, vol. 12, no. 2, pp. 306-315, Feb. 2022

[4] Gopishetti, Anusha & Baffreau, S. & Vidal, Paul-Etienne & Duchesne, Cyrille & Long, T.L.. (2023). Brazing failure of inner power modules' interconnects using scattering parameter characterization. Microelectronics Reliability. 150. 115116. 10.1016/j.microrel.2023.115116.

[5] B. Yao, Y. Lu and M. Wan, "A study of solder joint degradation and detection using RF impedance analysis," 2011 International Symposium on Advanced Packaging Materials (APM), Xiamen, China, 2011, pp. 117-121, doi: 10.1109/ISAPM.2011.6105690.

[6] C. M. Furse, M. Kafal, R. Razzaghi and Y. -J. Shin, "Fault Diagnosis for Electrical Systems and Power Networks: A Review," in IEEE Sensors Journal, vol. 21, no. 2, pp. 888-906, 15 Jan.15, 2021, doi: 10.1109/JSEN.2020.2987321.