

Analyse multi-échelles des déformations et contraintes au sein d'une matrice de détection infrarouge fonctionnant à 100K. Caractérisation expérimentale et numérique

RESUME :

L'approche actuelle dans le cadre de la fiabilisation des assemblages électroniques multicouches est la modélisation éléments-finis. Si elle est couramment utilisée, elle ne permet bien souvent d'obtenir que des informations moyennes alors même que des variations de quelques MPa sont déjà critiques pour certains composants qui présentent des défaillances en service. L'assemblage considéré dans cette thèse est une matrice de détection infrarouge fonctionnant à des températures cryogéniques proches de 100K. L'objectif est de bien comprendre l'état mécanique induit par le procédé de fabrication et la mise à la température de fonctionnement et son impact sur la tenue en service. L'assemblage a d'abord été complètement caractérisé en microscopie électronique à balayage, Diffraction des Rayons X (DRX) et microtomographie. La connaissance précise de l'architecture a ainsi permis de construire un modèle 3D éléments-finis permettant de simuler des chargements thermiques et les contraintes résiduelles induites dans chaque couche. Plusieurs techniques de diffraction ont finalement été mises en œuvre à différentes échelles à température ambiante et à 100K (DRX : analyse monocristalline ; microdiffraction Laue à l'ESRF de Grenoble) et les valeurs de contrainte obtenues ont été comparées à celles prédites par le modèle.

Mots clés : contraintes résiduelles, caractérisation microstructurale ; diffraction des rayons X ; microdiffraction Laue ; cryogénie ; modèle éléments-finis.

Multiscale analysis of strains and stresses in an infrared detector running at 100K. Experimental characterization and numerical simulation

ABSTRACT:

Finite element modeling is widely used to increase the reliability of microelectronic multilayer structures, but in most cases it only provides average values while some variations of a few MPa can lead to dramatic damage or even failure. The electronic assembly considered in this work is an infrared detector with a running temperature around 100K. The aim is to well understand the stress distribution induced by the forming process and the cooling and the impact on service life. The assembly has been first completely characterized using a scanning electron microscope, X-Ray Diffraction (XRD) and microtomography. Once the architecture well identified, a 3D finite element model has been developed in order to predict the residual stress induced in each layer after thermal loading. Finally, several diffraction techniques have also been used at room temperature and 100K (XRD: single crystal method, Laue microdiffraction at ESRF in Grenoble) and the measured stress values have been compared to those given by the model.

Keywords: residual stresses; microstructural characterization; X-ray diffraction; Laue microdiffraction; cryogenic temperatures; finite element modeling.

