
How do Mechanics and Thermo mechanics affect microelectronic products: Some residual stress and strain effects, investigations and industrial management.

Abstract

The work reported here aims to provide to the reader some features on several items related to the microelectronic industry. The content is built in order to, even for non expert of the semiconductor fields, allow a comprehensive understanding of the technology development problematic. Its range from general considerations, to applications and researches on mechanical challenges. These later have been investigated in the last few years within STMicroelectronics.

Hence, starting from a general description of the microelectronic device market, the main processes of chip manufacturing are depicted. Then, focus is put on mechanical and thermo mechanical phenomena occurring during manufacturing and qualification tests. Challenges of such mechanisms are presented, and the need for a deep understanding of the physics is highlighted.

Requirements for numerical tools, and the industrial context, are justified underlining the need for smart compromises.

Specific numerical methods have been developed, implemented and tested. Results have been faced to experimental results for correlation purposes, allowing additional insights and virtual prototyping.

This work proposes, trough a selection of applications, to briefly show results on FEOl, BEOl and packaging features of the device. Extracted from team publications, typical examples of strain engineering and fracture mechanics investigations are presented. Their added values are highlighted.

This thesis would help people to get familiar with some methods to deal on mechanical and thermo mechanical topics in a technology development framework of the microelectronic industry.

Key-Words: Microelectronics, simulation, thermo-mechanical stress, strain engineering, piezoresistive boosters, fracture mechanics, energy based failure index, multi-scale, homogenization.

Impacts mécaniques et thermomécaniques dans les produits de la microélectronique : Effets des contraintes résiduelles et déformations, recherches et développements de méthodes numériques dans un cadre industriel.

Résumé

Ce document propose au lecteur quelques éclairages sur l'industrie de la microélectronique : Il doit permettre à un public non expert du domaine des semi conducteurs une large compréhension des problématiques mécaniques et thermomécaniques rencontrées lors des développements technologiques des produits. Aussi, des exemples techniques spécifiques sont choisis. Ceux-ci illustrent des travaux de recherches appliquées visant à répondre aux besoins industriels de la course à la miniaturisation et l'amélioration des performances.

En première partie les généralités du marché, les grandes tendances technologiques, ainsi que les procédés de fabrication sont décrits.

L'attention est portée ensuite sur les phénomènes d'origines mécaniques qui se manifestent durant l'élaboration ou la qualification des puces. Les challenges à relever, les compromis à concéder dans un cadre industriel concernant les besoins numériques et expérimentaux pour faire face à ces problématiques sont soulignés.

Enfin, quelques travaux internes de développement d'outils numériques et leur application sont illustrés par des exemples. Des stratégies de simulations particulières, incluant des modélisations multi échelles, techniques d'homogénéisation et calcul d'index de défaillance énergétiques dédiés, permettent d'une part d'améliorer la compréhension des physiques mises en jeux et d'autre part d'optimiser les architectures. L'usage quotidien de ces travaux contribue à l'amélioration des performances électriques et la diminution des pertes de rendement. En fournissant des règles dans les phases amonts de conception des architectures, les temps de mise sur le marché de nouveaux produits et leurs coûts de développement sont ainsi diminués.

Mots-clés : Microélectronique, simulation, contraintes thermomécanique, ingénierie des déformations, effet piezorésistif, mécanique de la rupture, critère de défaillance énergétique, multi échelles, homogénéisation.