

Thèse au CEMES

Mardi 11 décembre à 10 H en salle de Conférences

Benjamin Khong

Fiabilité Prédictive de Composants de Puissance Soumis à des Tests de Fatigue Accélérée

Résumé

Les dispositifs électroniques de puissances destinés aux applications automobiles sont soumis à des contraintes cycliques, essentiellement électro-thermiques, durant leur fonctionnement en conditions réelles. Pour vieillir de façon accélérée ces composants à base de MOSFET, un banc de fatigue dédié a été mis au point. L'objectif de ce travail est double. Tout d'abord établir l'influence des paramètres d'entrée (température, durée des cycles et valeur du courant injecté) sur la défaillance des composants de puissance. Analyser ensuite à différentes échelles la microstructure des composants vieillis afin de déterminer les raisons physiques de leur défaillance.

La première partie de l'étude décrit brièvement les différents types de composants de puissance, leurs applications ainsi que leur évolution technologique. Le SPSS (Single Power Side Switch) étudié ici est un commutateur de technologie "SmartMos" récemment développé par Freescale Semiconductor. La structure du composant (connections, partie active, radiateur et soudures) ainsi que les outils d'investigation (MET, MEB, FIB, SAM, SAT...) mis en œuvre sont ensuite décrits.

Une méthodologie basée sur vieillissement contrôlé des composants a permis de pointer la délamination entre le silicium et le radiateur en cuivre comme la principale cause de défaillance électrique et de montrer comment cette délamination se propageait. Cette délamination est sans doute à l'origine de défaillances plus sévères qui conduisent à la destruction des composants. Parallèlement, la caractérisation de la microstructure granulaire de la métallisation en aluminium constituant la grille a permis de relier son évolution au nombre de cycles subis et à l'état du composant.

Abstract

Under regular operating conditions, power devices designed for automotive applications have to undergo cyclic stresses, generally electro-thermally driven. To perform accelerated aging tests of these MOS-based devices, a dedicated test bench has been set up. The aim of this work is twofold : firstly determining the influence of the input parameters (temperature, cycle period, injected current) on the power device failure. Then analyzing the microstructure of aged components at different scales to establish the physical causes of failure.

In a first part, this study briefly describes the different types of power components, their main application and how they have technologically evolved in the past years. The SPSS (Single Power Side Switch) herein investigated is a switch whose fabrication is based on the "SmartMos" technology, recently developed by Freescale Semiconductor. The inner and outer

structure of the device (connexions, source-grid active region, heat sink and solders) as well as the tools used for the analysis (TEM, SEM, FIB, SAM and SAT) are then described.

A new procedure, based on the controlled aging of the devices led to the establishment of the power die/heat sink delamination as the main electric failure mode. It also allowed the monitoring of the propagation of the delamination. This power die/heat sink delamination is probably the cause of more abrupt failures leading to the complete ruin of the devices. In parallel, we have shown that the grain structure of the source metal, made of aluminum, evolves according to both the number of cycles and the condition of the tested device.