

ANALYSE DE DÉFAILLANCE EN MICROÉLECTRONIQUE

Une défaillance électrique dans un module électronique peut survenir en production, après des tests de fiabilité dans le cadre d'une qualification ou en service chez un client. Peu importe l'origine du problème, le processus à suivre pour trouver le défaut responsable de la défaillance est toujours le même.

Le processus d'analyse de défaillance (FA) est une suite d'étapes très précises et importantes pour trouver le défaut et en identifier le mécanisme de formation.

1) Il commence par une collecte de données (« incoming fail data ») qui permettra, en outre, d'identifier l'historique de la pièce, les conditions d'utilisation du module lorsque la défaillance électrique fut détectée, les paramètres de test électrique, le ou les circuits défectueux, et diverses autres données pertinentes. 2) À la seconde étape, la défaillance électrique (« Electrical failure characterization ») sera caractérisée. Cette information pourrait donner des indices sur le type de défaut et sa localisation, tout en offrant une signature électrique à suivre lors de l'investigation. 3) La troisième étape consiste à vérifier l'intégrité physique du module (« Package/assembly inspection ») par des inspections non-destructives. Des indices importants peuvent être obtenus lors de cette étape sur la localisation du défaut, ou simplement pour discriminer un artefact du défaut recherché lors de l'étape d'investigation destructive. 4) La localisation du défaut (« Physical defect isolation ») consiste à la quatrième étape de l'investigation. Cette étape destructive permet de localiser et d'identifier le défaut. 5) L'investigation ne doit pas se limiter à identifier le défaut, il faut caractériser l'environnement autour du défaut (« Failure mechanism characterization »), afin d'être en mesure d'identifier le mécanisme de formation de ce dernier. Cette information sera importante à l'étape suivante 6) pour permettre d'identifier la cause fondamentale (« Root cause determination ») de cette défaillance électrique ou mécanique, et permettre la mise en place d'actions correctives pour que cette défaillance ne survienne plus.

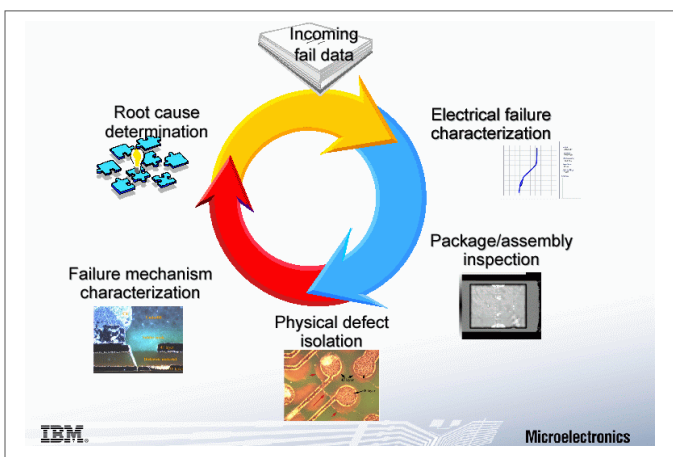


Image 1 : Processus d'analyse de défaillance

1→ TDR : technique utilisant un signal à haute fréquence pour localiser un défaut

Utilisons un exemple concret pour démontrer l'importance de suivre le processus d'analyse de défaillance (FA).

Des circuits ouverts lors des vérifications électriques de pièces en fin de ligne de la production de microprocesseur sont détectés. L'information recueillie sur l'historique de ces pièces défectueuses et les paramètres du test électrique sont très importants pour établir la suite des étapes du FA (étape 1 : « incoming fail data ») et comprendre la signature électrique obtenue en mode manuel (étape 2 : « electrical failure characterization »). En effet, dans ce cas précis, la signature de circuit ouvert n'a pu être détectée en mode manuel à température ambiante au laboratoire. L'information recueillie auprès du groupe de test électrique a finalement montré que la défaillance du circuit ouvert était détectée à haute température. Ainsi, nous avons pu confirmer la défaillance en mode manuel en chauffant la pièce. De plus, un défaut détectable à haute température nous indique qu'il s'agit d'un défaut très subtil. La technique de TDR1 (« Time Domain Reflectometry ») à haute température, nous a indiqué que le défaut se situe près du joint de soudure de la microplaquette. L'étape suivante du processus est de vérifier si le défaut peut être vu par des techniques non destructives tel que l'inspection par rayons X ou par ultrason (étape 3 : « Package/assembly inspection »). Comme nous savons maintenant qu'il s'agit d'un défaut très subtil, ces techniques n'ont pas pu nous aider dans cette investigation. Nous sommes rendus maintenant à l'étape destructive du processus (étape 4 : « Physical defect isolation »). Une coupe transversale près du joint de soudure a été effectuée en se fiant aux données obtenues par la technique TDR. Les observations optiques à fort grossissement de cette coupe n'ont pas montré de défaut particulier.



Image 2 : coupe transversale

Mais on se souvient, qu'il s'agit d'un défaut subtile détectable seulement à haute température. Alors, un traitement de surface de l'échantillon avec un faisceau d'ion à l'argon (« ion milling ») a été utilisé pour enlever l'effet mécanique du polissage, et ainsi révéler le défaut. Ce traitement a permis de mettre en évidence une fissure au niveau des vias du laminé qui explique le circuit ouvert. De plus, une caractérisation minutieuse de ce défaut a permis d'observer une discontinuité dans la croissance granulaire à l'interface de placage (étape 5 : « Failure mechanism Characterization »). Ce genre de discontinuité dans un via est habituellement associée à un problème de placage. En discutant avec le fournisseur, la cause fondamentale a pu être identifiée, et des actions correctives furent mises en place. (Étape 6 : « root cause determination »).

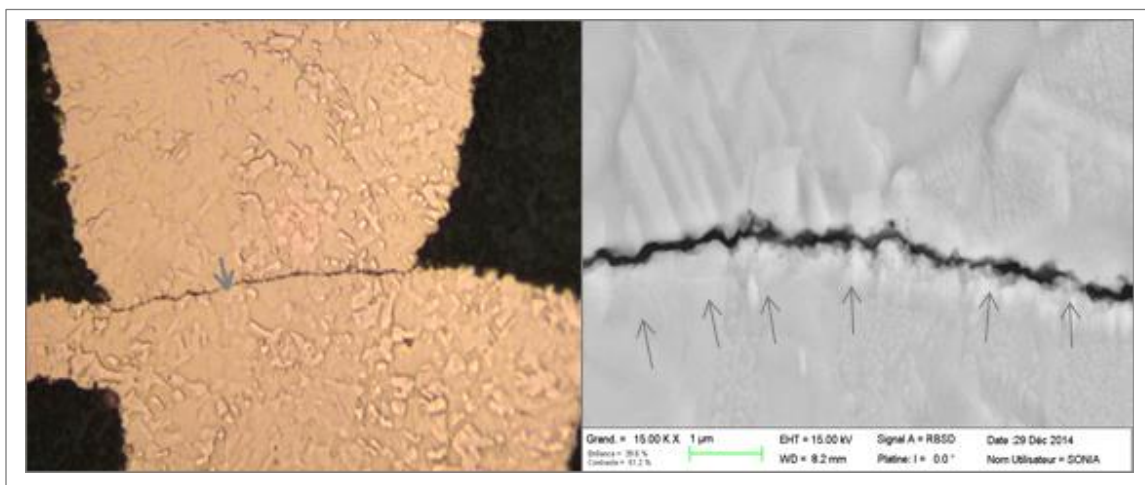


Image 3 : Fissure observée après le traitement de surface

Diverses techniques sont disponibles au C2MI pour permettre une investigation de défaillance, mais le succès d'une investigation réside principalement dans l'expertise de l'analyste. Le processus est défini par des étapes, mais chaque investigation demandera que ce processus soit adapté selon les informations recueillies au cours de l'investigation. Ainsi, chaque décision prise par l'analyste aura une incidence sur le succès ou non de l'investigation.