

OPTIMISATION DES PROCÉDÉS DE TEST DES SEMICONDUCTEURS

Par Brice BLANC – 06 16 28 91 42 – briceb@solutest.com – SOLUTEST
Expert système de test

Produits National Instruments Utilisés :

- LabVIEW 8.0 PDS
- Logiciel NI Motion
- Logiciel NI Vision
- Logiciel DAQmx
- Carte d'acquisition NI PCI 6251
- Boîtier de connexion NI SC 2345
- NI SCC-SG24 : Module de conditionnement pour capteur de force.
- Carte Firewire IEEE 1394 NI PCI 8252 pour l'acquisition vidéo
- Carte contrôleur d'axe NI PCI 7334
- Unité de puissance MID 7604 pour moteur pas à pas
- Carte Multimètre digital NI 4070 pour la mesure de $R_{CONTACT}$

L'objectif :

Concevoir et réaliser un instrument permettant d'étudier et d'optimiser les procédés automatiques de test sous pointes des semi-conducteurs.

La solution :

Intégrer les différents éléments devant constituer le banc de test (actionneurs, capteurs, mesures) à l'aide d'un PC et de l'environnement de programmation LabVIEW de National Instruments.

Résumé :

Le test des semi-conducteurs sur tranche de silicium (wafer) nécessite d'établir un contact électrique avec les circuits gravés sur la tranche (les puces). Ce contact est établi physiquement grâce à une "carte à pointes".

Chaque fois qu'un contact électrique est établi entre les pointes de la carte à pointes et les pads de connexion des circuits, une fraction du matériau constituant les pads de connexion est arraché. Ces débris de matière polluent en conséquence les pointes de test et la plaque de silicium. Cette pollution est responsable d'une diminution importante des rendements de test et donc d'une augmentation significative des coûts de production.

Pour pouvoir étudier et caractériser les interactions entre les pointes de test et les pads de test de la puce un banc de recherche unique a été développé intégrant actionneurs, capteurs de force, acquisition de données, mesure électrique et capture d'image haute résolution.

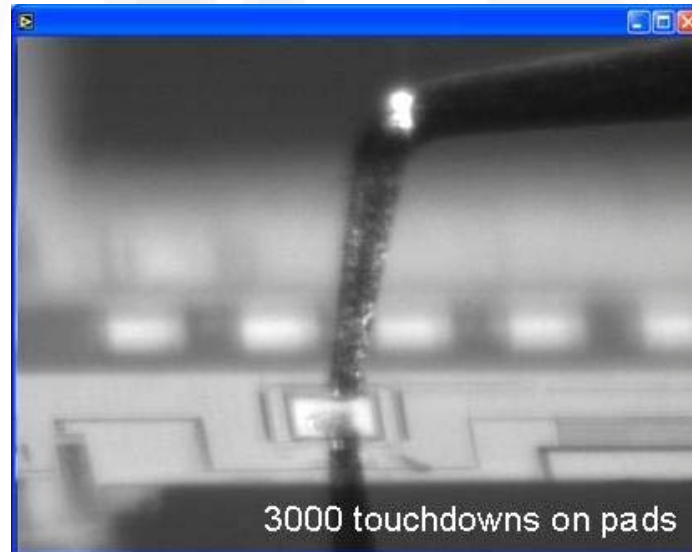
Ce banc permet de mesurer et d'optimiser un grand nombre de paramètres de test qui ne sont habituellement pas accessibles en production. Grâce à l'environnement de programmation LabVIEW, la réalisation de ce banc de caractérisation a pu être menée à terme en un temps record de 3 mois permettant ainsi de répondre rapidement à la demande d'importants fabricants de semi-conducteurs mondiaux.



Optimiser les cadences de nettoyage des cartes à pointes pour semi-conducteurs :

Le test des semi-conducteurs sur tranche de silicium nécessite d'établir un contact électrique avec les circuits gravés sur la tranche. Ce contact est établi physiquement grâce à une "carte à pointes".

Chaque fois qu'un contact électrique est établi entre les pointes de la carte à pointes et les pads de connexion des circuits (voir photo ci dessous), une fraction du matériau constituant les pads de connexion est arraché. Ces débris de matière polluent en conséquence les pointes de test et la plaque de silicium. Cette pollution est responsable d'une diminution importante des rendements de test et donc d'une augmentation significative des coûts de production.



Vue d'une pointe de test de 50µm de diamètre située juste au dessus d'un pad de connexion

Une solution pour réduire la pollution générée par les débris de matière consiste à insérer régulièrement les pointes de test dans un matériau polymère contenant des abrasifs. Cette méthode permet de collecter les débris de matière (les débris se collent au polymère) et permet de nettoyer les pointes de test (effet de l'abrasif). La résistance du contact électrique est alors restaurée à une valeur faible.

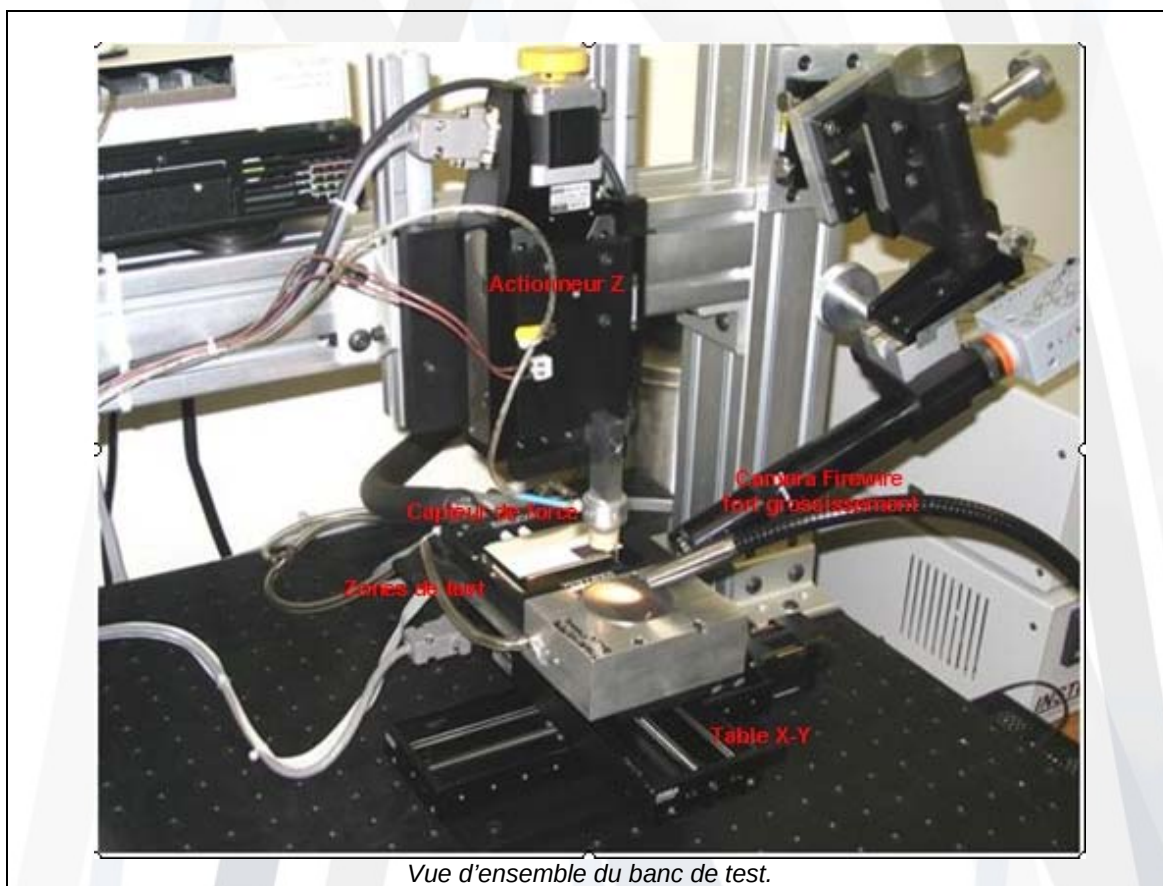
Cependant une utilisation trop importante des matériaux de nettoyage réduit la durée de vie des cartes à pointes à cause de l'effet abrasif. Le prix de ces cartes à pointes étant élevé (jusqu'à plusieurs centaines de milliers de dollars) il est intéressant de déterminer la fréquence optimale de nettoyage des pointes.

Les robots modernes de test automatique des semi-conducteurs (appelés *prober* en Anglais) sont généralement équipés d'une zone permettant de recevoir des matériaux de nettoyage. Cependant, il est impossible avec ces machines d'accéder à tous les paramètres permettant une optimisation complète des procédés de nettoyage.

International Test Solutions est une société Américaine qui fabrique et qui commercialise des polymères de nettoyage pour l'industrie des semi-conducteurs. Ses clients comptent parmi les plus grands acteurs de ce marché. Afin d'apporter des réponses pertinentes et de développer son support client il était important pour cette société de se doter d'un instrument permettant d'étudier, de caractériser et d'optimiser les procédés de nettoyage des cartes à pointes pour semi-conducteurs. Il s'agissait de proposer aux clients de nouveaux services à forte valeur ajoutée et de renforcer le savoir faire de la société.

Éléments constitutifs du banc de test :

Le banc de test se compose tout d'abord d'une table X-Y (voir photo ci dessous) constituée par deux actionneurs linéaires à base de moteur pas à pas positionnables à quelques microns près. La taille des pointes de test et des pads de connexion étant de l'ordre de quelques dizaines de microns. Cette table à déplacement permet de poser ou d'insérer la pointe sur les différents matériaux (pads de test, polymère de nettoyage, zone de mesure de la résistance de contact).



La pointe de test est montée sur un actionneur linéaire à base de moteur pas à pas (axe z) via un capteur de force très sensible (50 grammes). Cet actionneur permet de poser la pointe de test sur le pad de test du circuit (cycles de test) ou d'insérer la pointe dans le polymère de nettoyage (cycles de nettoyage) après positionnement correct de la table X-Y à l'emplacement souhaité.

Les actionneurs à base de moteur pas à pas sont commandés grâce à un contrôleur d'axe NI PCI 7334 via une unité de puissance NI MID 7604.

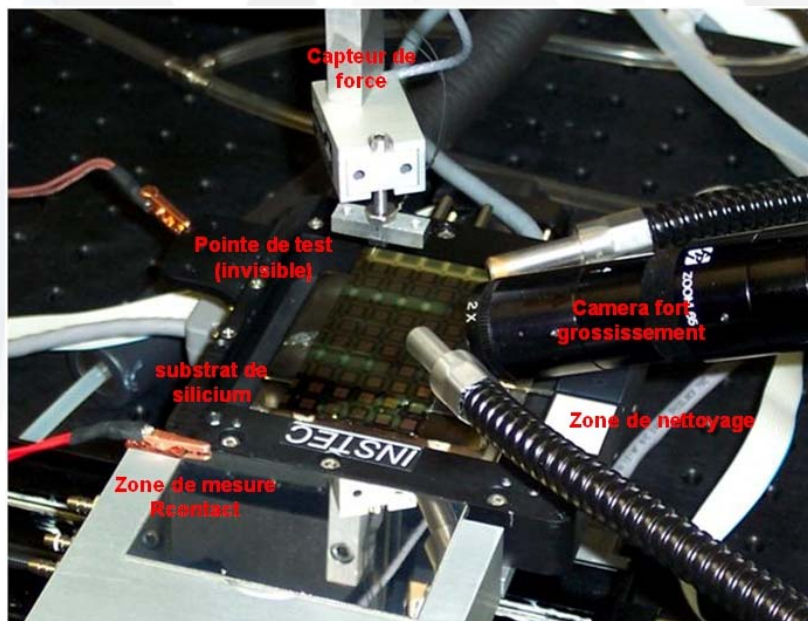
Le capteur de force permet de mesurer la force nécessaire à la pointe pour pénétrer le polymère ou encore de mesurer la résistance de contact en fonction de la force appliquée à la pointe. Le signal du capteur de force est mis en forme par un module NI SCC-SG24 relié à une carte de conversion analogique/numérique NI PCI 6251 via un boîtier de connexion NI SC 2345.

La pointe de test et la zone de mesure de la résistance de contact sont reliées électriquement à un multimètre digital 7 digits NI PCI 4070 afin de réaliser une mesure précise de R_{contact} .

En outre une plaque contrôlée en température (-70°C à +400°C) est montée sur la table X-Y. Les matériaux à tester sont eux-mêmes tenus par vide sur cette plaque afin de contrôler leur température.



Enfin, une camera à fort pouvoir grossissant permet de visualiser les interactions entre la pointe de test et les pads de test du substrat de silicium ou le polymère de nettoyage (voir photo ci-dessous). Cette camera de type Firewire (IEEE 1394) est interfacée avec l'application grâce à une carte NI PCI 8252.



Vue de près de la zone de test comprenant le substrat de silicium, la pointe de test (invisible sur la photo car trop petite), la zone de nettoyage, le capteur de force, etc.

Développement et mise au point du banc de test :

Un tel instrument n'existe pas dans le commerce. Son développement devait donc passer par l'intégration de différents éléments facilement disponibles.

Afin de réduire les coûts et le temps de développement au minimum il était nécessaire d'employer un environnement de programmation permettant de facilement intégrer des éléments de nature hétérogènes.

Pour répondre à ces critères contraignants, l'environnement graphique LabVIEW de National Instruments apparut comme le plus approprié. En outre l'utilisation de LabVIEW a permis de valider rapidement la méthode et la faisabilité du projet.

Tous les éléments devant constituer le banc de test qui étaient disponibles chez National Instruments furent retenus et utilisés afin de faciliter le développement et l'intégration logicielle.

Une première version du logiciel de pilotage intégrant les éléments de base (déplacement, mesure de force, capture d'image) fut développée en moins d'un mois et permis de valider la qualité des mesures et la faisabilité du projet.

En 3 mois un logiciel complet fut développé permettant de réaliser une batterie de mesures et de test. Une interface graphique simple et conviviale permis de former rapidement le personnel à l'utilisation du banc de test (voir photo page suivante).



Saisie d'écran de l'application de test montrant l'image acquise par la camera.

Fonctionnalités et résultats obtenus :

Le développement de ce banc de test à permis d'optimiser des paramètres jusque la réglés avec peu ou pas de précision. En outre ce banc de recherche et d'optimisation permet de réaliser les fonctions suivantes:

- Mesure de la force nécessaire à l'insertion des pointes de test dans les matériaux de nettoyage (rhéologie du matériau de nettoyage).
- Mesure de la résistance de contact en fonction de la force appliquée à la pointe.
- Visualisation de l'usure des pointes en fonction du nombre de d'insertions des pointes dans le matériau de nettoyage.
- Simulation des fonctions de test disponibles sur les machines de production permettant de reproduire en laboratoire les conditions de test rencontrées en production.
- Optimisation des procédés de test et de la fréquence de nettoyage des pointes de test.
- Génération de vidéos montrant l'accumulation et le rejet des débris de matières sur les substrats de silicium.
- Génération de vidéos montrant l'insertion des pointes dans le polymère de nettoyage.

Un banc de recherche unique a été développé en un temps record intégrant actionneurs, capteurs de force, acquisition de données, mesure électrique et capture d'image haute résolution grâce à



l'utilisation de LabVIEW, un environnement de programmation graphique adapté à l'intégration d'éléments de test et de mesure.

Article rédigé par Mr Brice Blanc
Expert système de test
11 Rue Stendhal
73360 Les Echelles
06 16 28 91 42
briceb@solutest.com
www.solutest.com