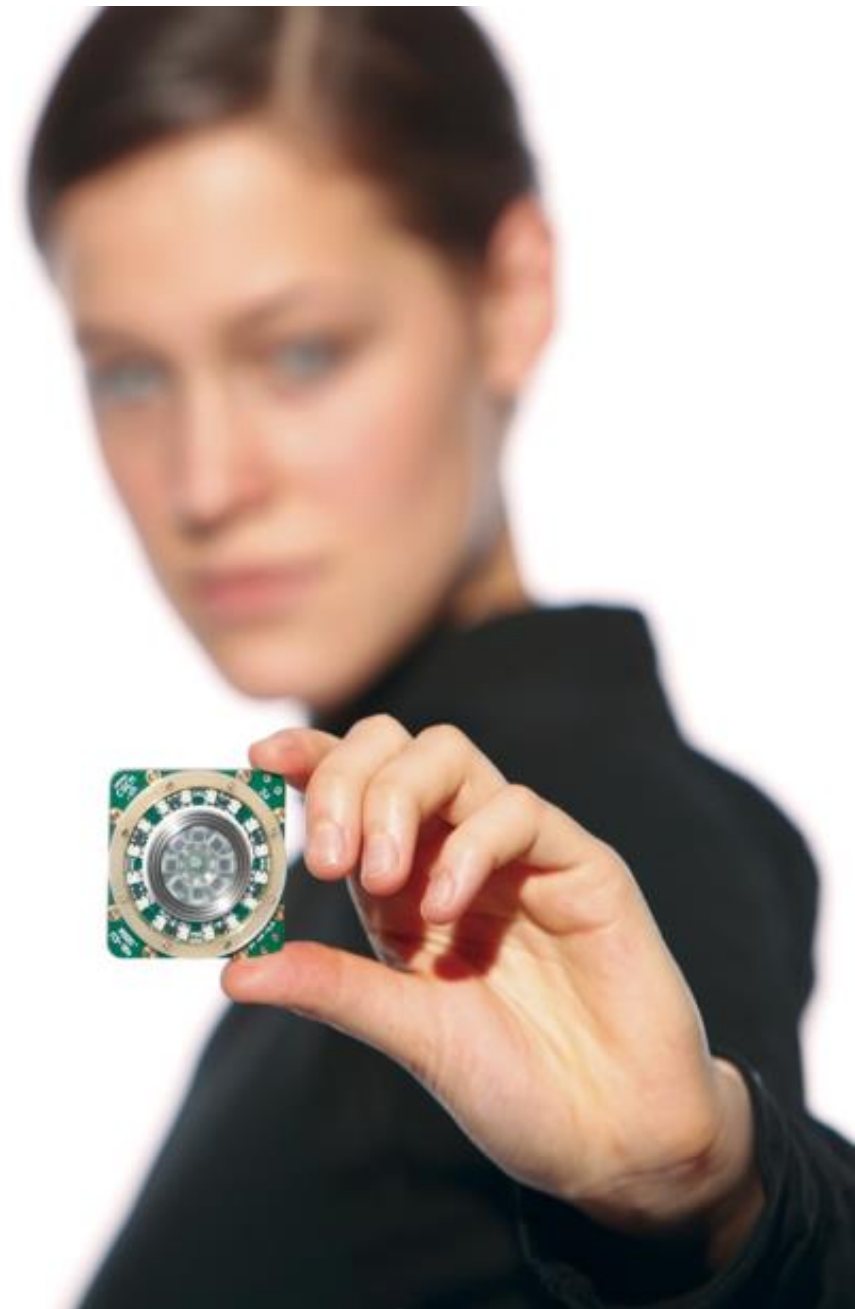


Fiabilité pour les Micro et Nano Systèmes

Trends in Micro Nano

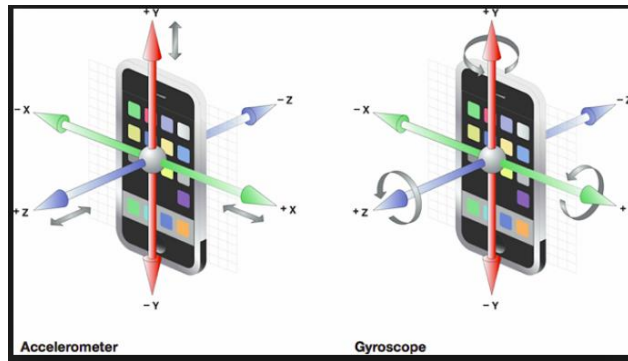
28 octobre 2015

Dr. Olha Sereda

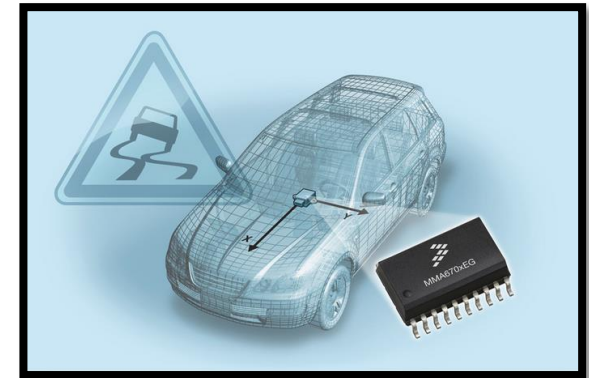


Les microsystèmes sont partout

**acceleromètres
&
gyroscopes**

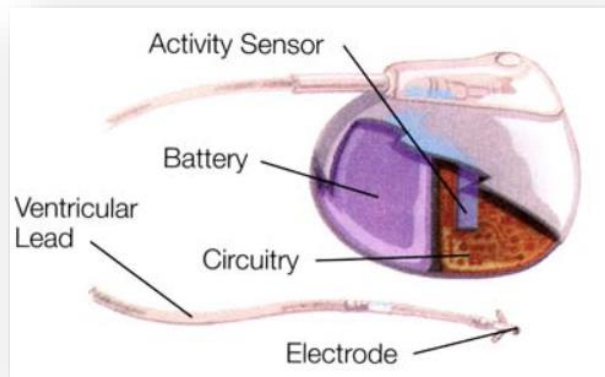


www.developer.apple.com

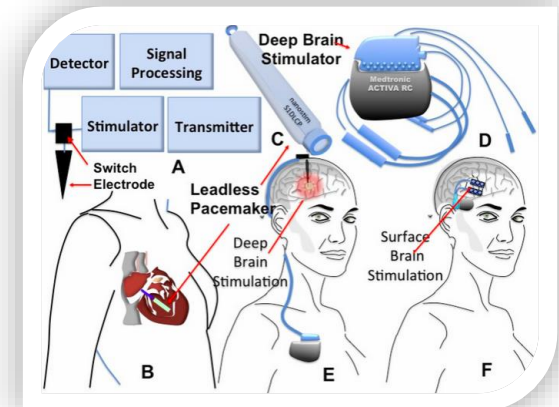


www.edn.com

**même un
pacemaker
a un capteur**



www.brighamandwomens.org



www.mdpi.com

Microsystèmes pour applications spatiales

Avantages des MEMS:

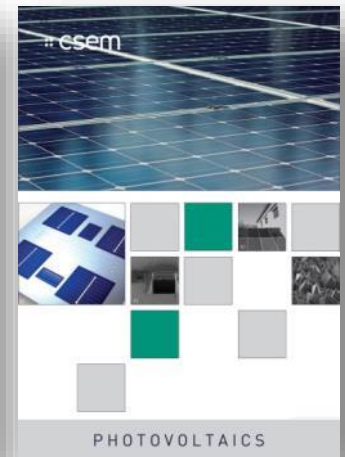
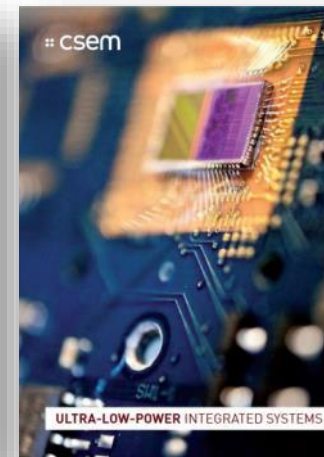
- ✓ Petite taille et faible poids
- ✓ Robustesse contre les vibrations et les chocs lors du lancement grâce à la faible masse
- ✓ Robustesse contre la radiation

***Robuste contre la radiation due à la structure mécanique.
Cependant, le circuit de contrôle n'est pas robuste.***

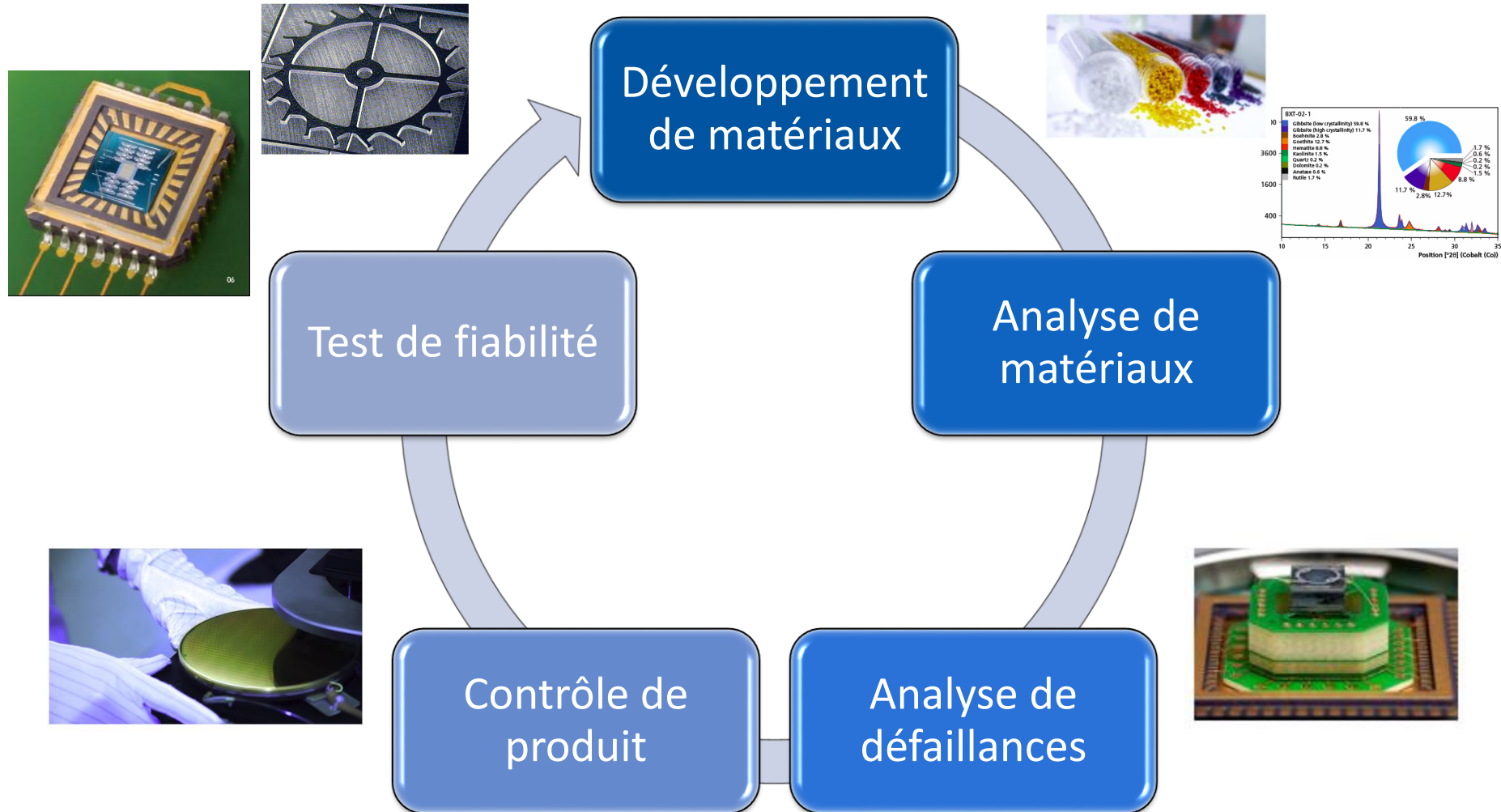
Fiabilité supérieure est exigée!

Programmes technologiques du CSEM

- MEMS
- Ingénierie des surfaces
- Systèmes
- Systèmes intégrés de très basse consommation
- Photovoltaïque & gestion d'énergie



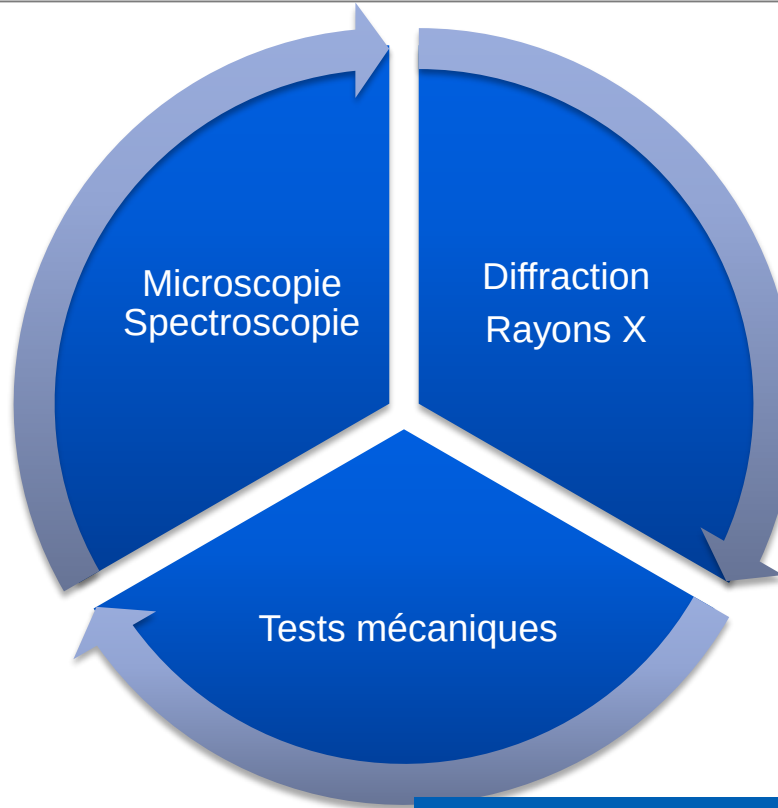
Quelles sont nos activités?



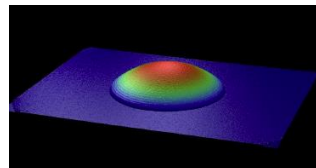
Comment on le fait?



ESEM
TEM
AFM
SPM
3D imaging



HR-XRD
SAXS
WAXS
Chambre à l'humidité et à haute température



Dureté
Test de traction
Bulge test
Tribologie

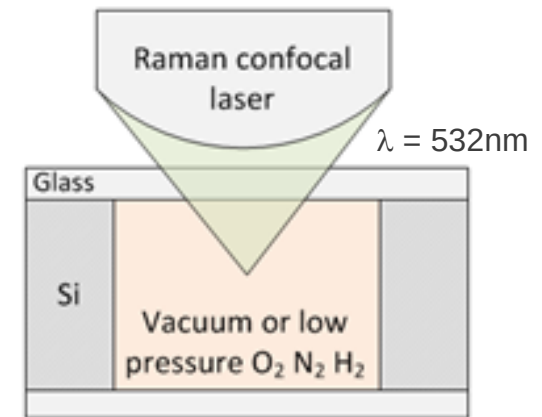
Exemples pratiques

- **Fiabilité d'une cellule d'horloge atomique par spectroscopie Raman**
- **Analyse des défauts et de la fiabilité mécanique du silicium**
- **Plateforme de fiabilité**

Exemple 1

Fiabilité d'une cellule d'horloge atomique par spectroscopie Raman

- Horloge atomique (Cs, Rb) demande une étanchéité exceptionnelle
- *RGA vers Spectroscopie Raman*: un outil pratique et non-destructif pour étudier la fiabilité de la cellule Rubidium
 - Analyse quantitative des **gaz diatomiques** dans la cavité doté d'un couvercle transparent (N_2 , O_2 , H_2).
 - Limite de détection ~ 5 mbar.

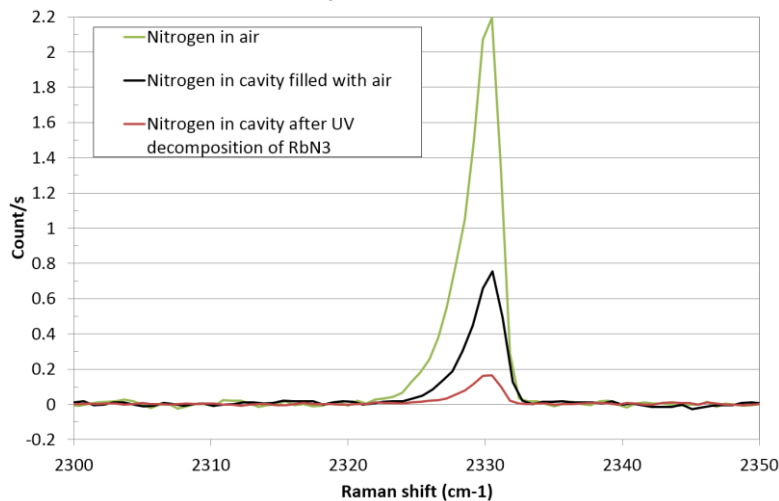


Exemple 1

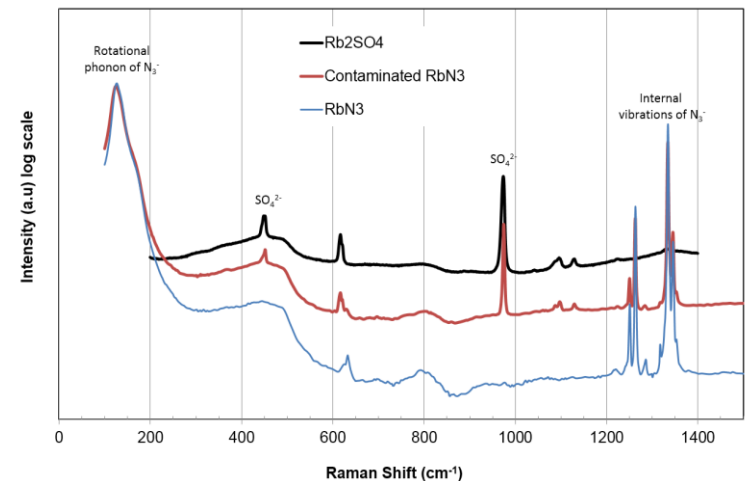
Fiabilité d'une cellule d'horloge atomique par spectroscopie Raman

- Apporte les informations clés sur:
 - Taux d'irradiation (N_2)
 - Absence de la génération du O_2 ou H_2O pendant le procédé de fabrication ou le traitement thermique
 - Analyse quantitative des solides contenus dans la cavité

Rb métallique par irradiation UV de l'azide de rubidium
 $2 RbN_3 \rightarrow 2 Rb + 3 N_2$



Identification de la contamination Rb_2SO_4



Exemples pratiques

- Fiabilité d'une cellule d'horloge atomique par spectroscopie Raman
- **Analyse de défauts et de la fiabilité mécanique du silicium**
- Plateforme de Fiabilité

But du projet CTI avec EM Marin

Dispositifs intégrés (puces) en Si deviennent de plus en plus petits

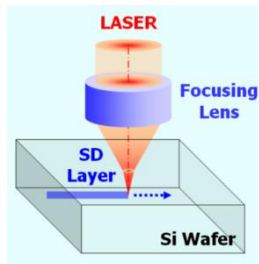


La taille du sillon de la découpe du wafer devient un facteur non-négligeable dans la fabrication du dispositif

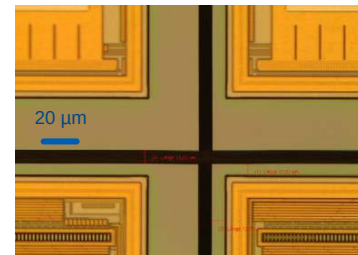
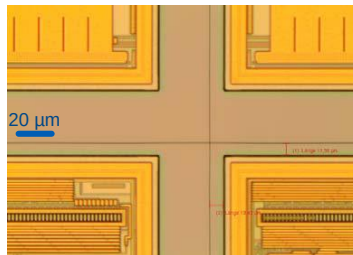


But: évaluer et optimiser le procédé de la découpe laser des wafers Si

Un sillon de découpe étroit avec un minimum de défauts du Si

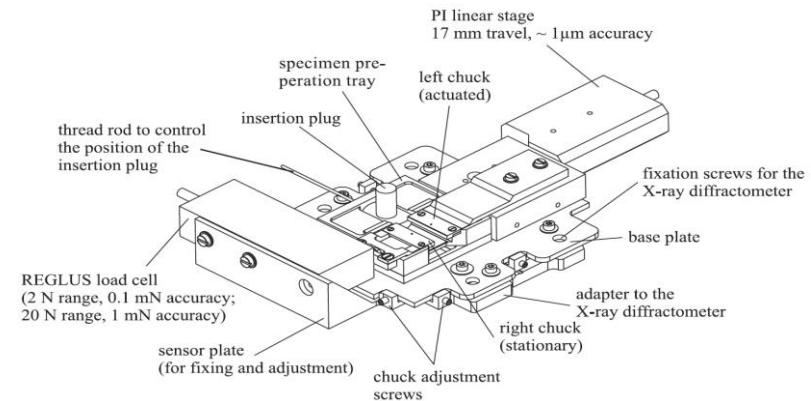


Hamamatsu Photonics 2005



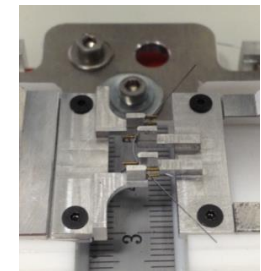
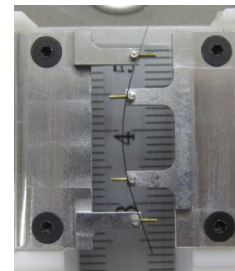
Caractérisation

Combinaison de l'analyse rayon-X à haute résolution avec les tests mécaniques pour l'analyse de la fiabilité mécanique du Si



Test mécanique

- Fabrication de deux séries de porte-échantillon pour le **test de flexion à 4 points**
- Taille d'échantillon: 100µm x 200µm x 3-4cm



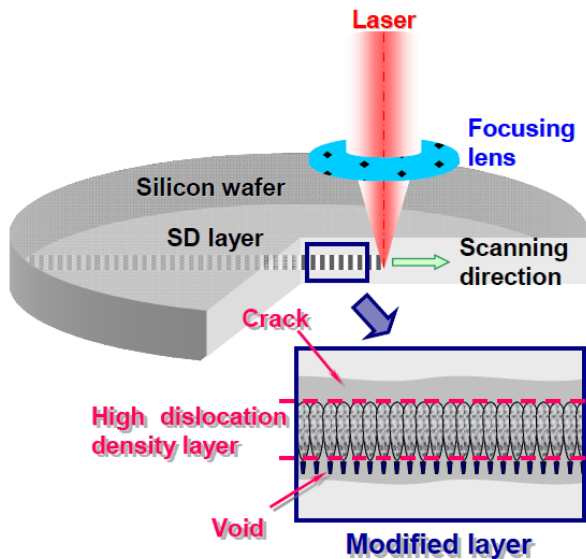
Analyses Rayons-X à Haute Résolution

- Fabrication d'un nouveau porte-échantillon pour la fixation sans contraintes d'un **wafer 8 pouces** par les aimants dans une chambre à vide

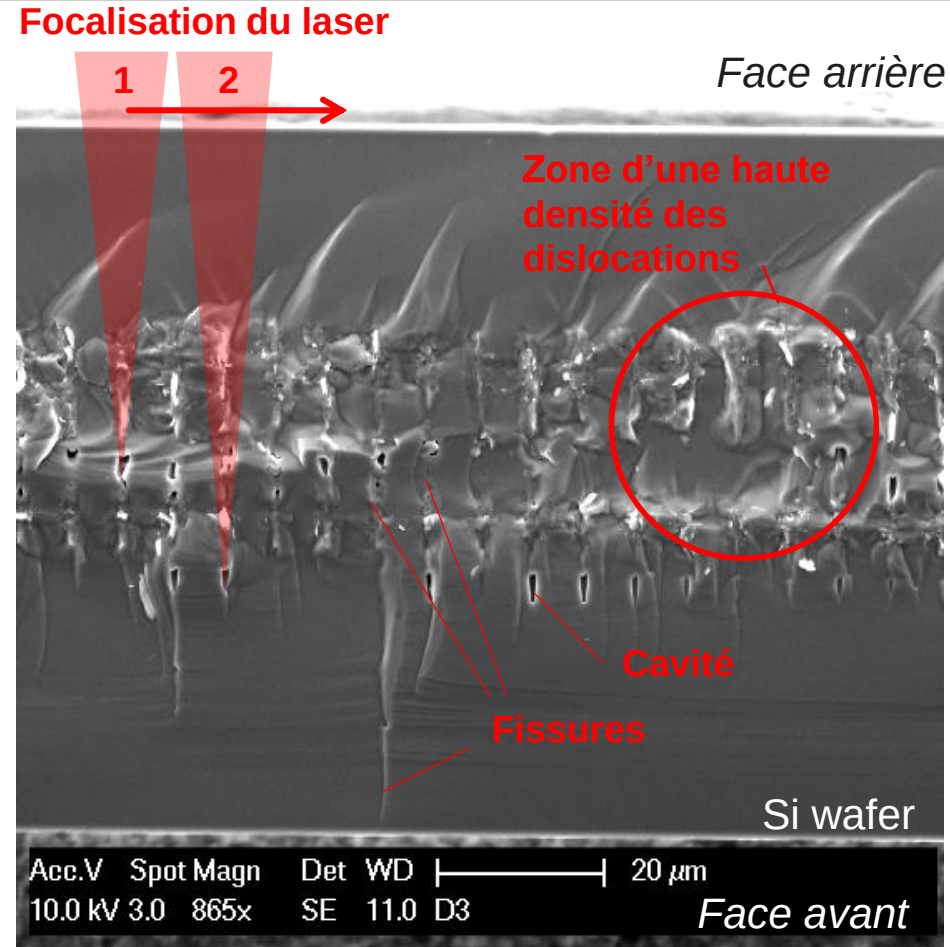
Défauts créés par la découpe laser

**Laser nanoseconde (pulsé) est focalisé à l'intérieur du wafer en Si.
La découpe se fait à l'horizontale**

- Une zone à haute densité des défauts et des fissures internes se forment dans le wafer
- Formation de cavités au point focal du laser

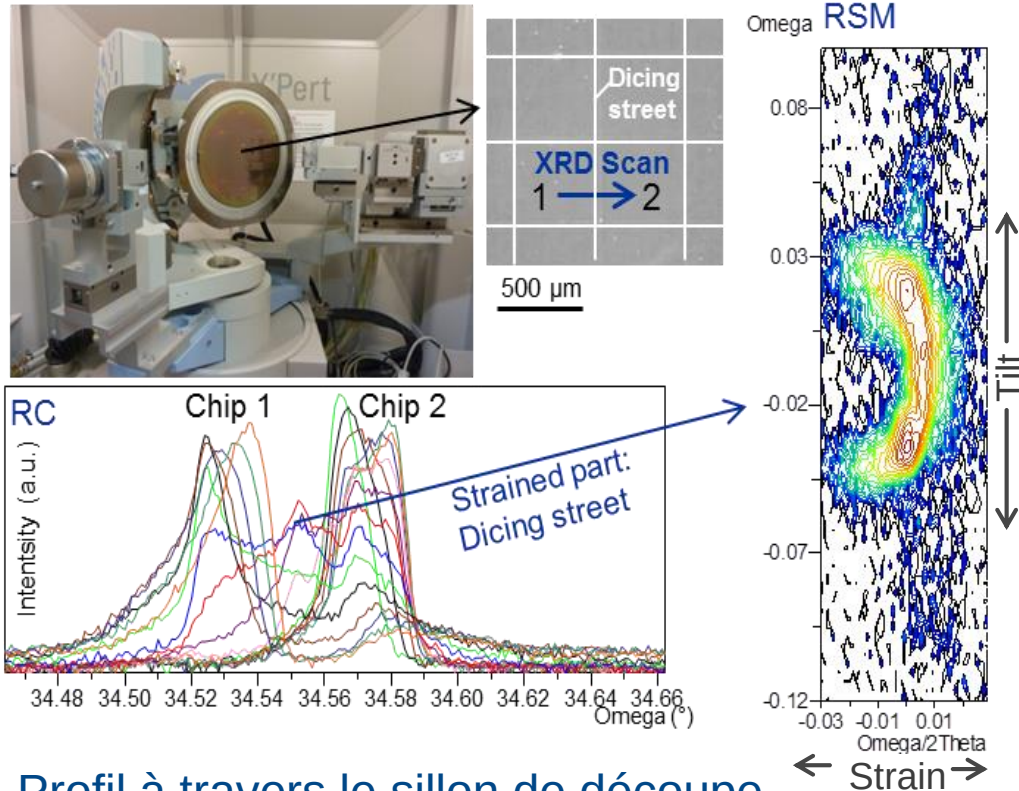


Ohmura et al. 2011. Fundamentals of Laser-Assisted Micro- and Nanotechnologies, Proc. of SPIE Vol. 7996



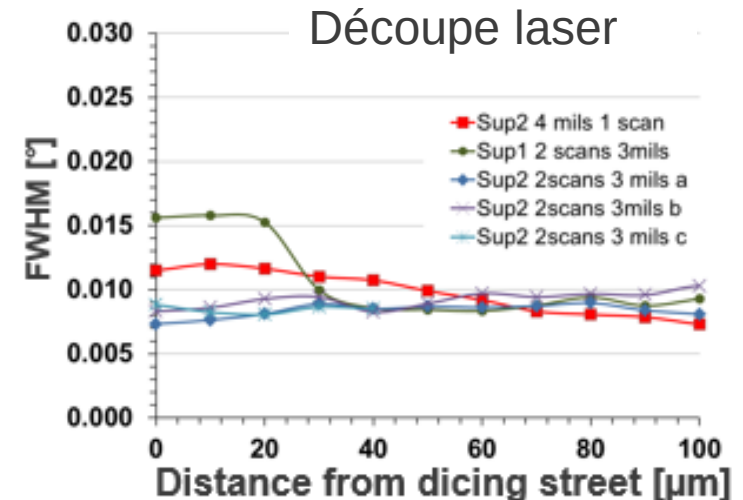
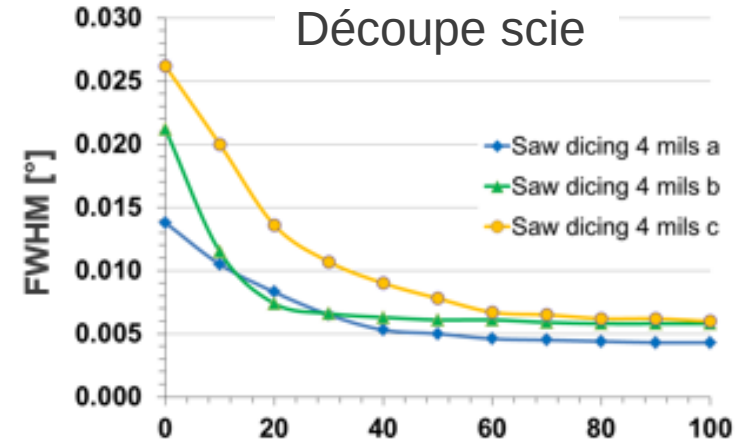
**2 paramètres principaux affectant les défauts:
fréquence de pulse et l'énergie du laser**

Analyses des défauts: Rayons-X à Haute Résolution



Profil à travers le sillon de découpe

- Moins de défauts avec la découpe laser
- Faible FWHM démontre des paramètres de découpe optimaux



Exemples pratiques

- Analyse d'une cellule de gaz avec la spectroscopie Raman
- Analyse de défauts et de la fiabilité mécanique du silicium
- **Plateforme de Fiabilité**

Plateforme de fiabilité

- **Plateforme de fiabilité opérationnelle:**
 - ✓ support processus de développement de produits,
 - ✓ compréhension des mécanismes de défaillance,
 - ✓ action corrective pour éviter les modes de défaillance,
 - ✓ tests et surveillance de la durée de vie des dispositifs.
- **Activités récentes et activités en cours pour ESA:**



- Reconnaissance de la Plateforme de Fiabilité par l'ESA
- Projets liés à la fiabilité en négociation directe avec l'ESA
- ESA Comité Table-ronde

Février 2016

- Workshop commun CSEM –ESA – SSC



Reliability of MEMS for Space

1-3 February 2016, CSEM, Neuchâtel

Dr. Laurent Marchand, ESA

Dr. Tommaso Ghidini, ESA



***Besoin d'améliorer la fiabilité de vos
dispositifs MEMS/NEMS?
Venez nous voir!***



www.infineon.com