

# Développement de procédés plasma dédiés à l'élaboration et la caractérisation du silicium pour le photovoltaïque.

Rafik BENRABBAH<sup>(1)\*</sup>, Malek BENMANSOUR<sup>(2)</sup>, Jean Paul GARANDET<sup>(2)</sup>, Daniel MORVAN<sup>(1)</sup>.

<sup>1</sup>Laboratoire Génie des Procédés Plasmas et Traitements de Surface, 11 Rue Pierre et Marie Curie 75005 Paris

<sup>2</sup>CEA/INES- DRT-LITEN-DTS -LMPS, 50 Av. Du Lac Léman, 73377 Le Bourget du Lac, France

\* Rafik-benrabbah@etu.chimie-paristech.fr / 01.44.27.68.30



## Objectifs



1- PURETE DU SILICIUM ↔ EFFICACITE DES CELLULES

Contrôler la pureté de la matière première et du matériau final (à l'état solide)  
Contrôle en ligne, en temps réel lors de la purification

Analyse LIBS

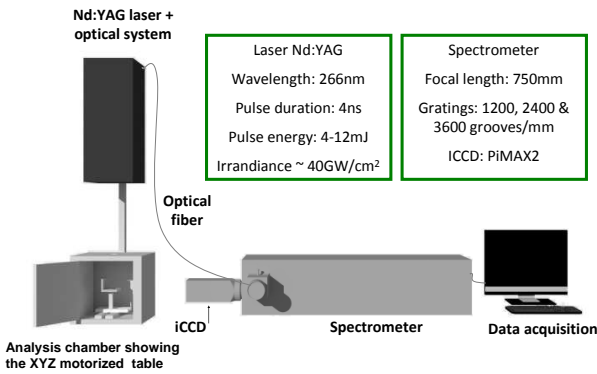


2- BAISSER LE COUT DES CELLULES A BASE DE SILICIUM

Dépôt de silicium ultra pur 1ppm-1ppb sur substrat Si-UMG bon marché

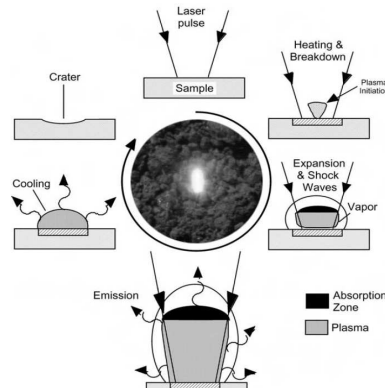
Silicium épitaxié

## Analyse du silicium par LIBS\*



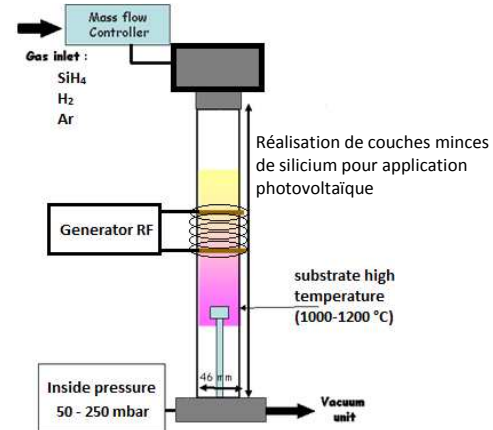
Montage expérimental LIBS

\*LIBS: Laser Induced Breakdown Spectroscopy / Spectroscopie sur plasma induit par laser



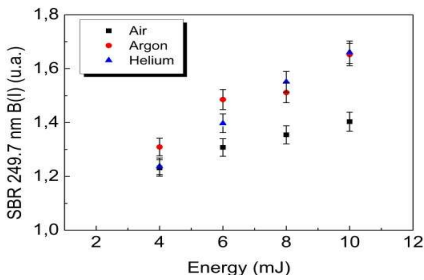
Principe de l'analyse LIBS

## Réalisation de couche mince de silicium épitaxiée par TP-CVD



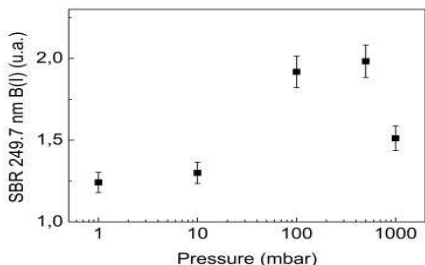
Montage expérimental

## Résultats expérimentaux sur LIBS sur Si solide



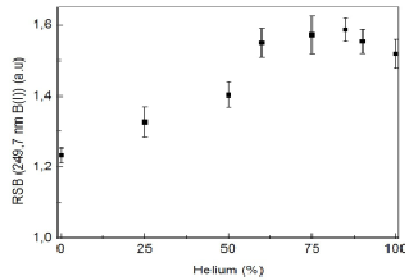
Influence du gaz ambiant et de l'énergie du laser

En atmosphère inerte et à haute énergie  
-> amélioration du signal



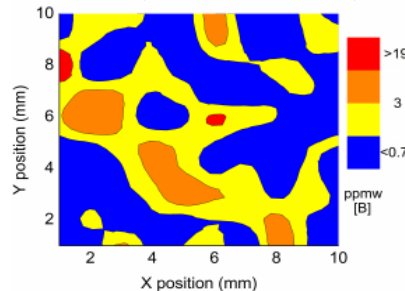
Influence de la pression

A pression 500mbar -> Amélioration du signal



Mélange de gaz

Meilleur signal 85% helium 15% argon



Cartographie du Bore

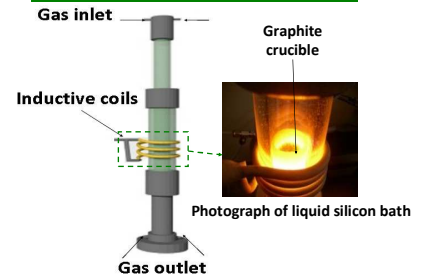
Analyse quantitative permettant de cartographier la concentration du bore sur le wafer



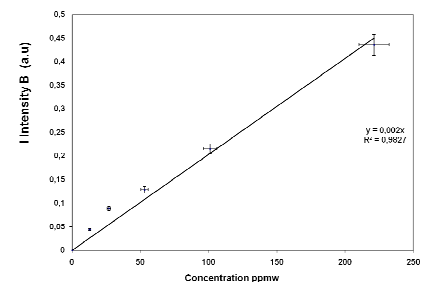
- Dépôt avec une structure cristalline
- Taille des grains > 100 µm
- Épaisseur : dizaine de µm
- Vitesse de dépôt > µm/min
- Substrat à bas coût : silicium métallurgique UMG

Remerciement: CEA/INES pour le financement  
Brevet CEA/INES-ENSCP

## Analyse silicium en fusion 1410° C



Montage pour la fusion du silicium



Courbe d'étalonnage du bore

## Conclusion et perspectives

- Nous avons démontré le potentiel de la LIBS pour l'analyse du silicium à l'état solide et à l'état liquide.
- La sensibilité de la technique dépend de différents paramètres : la résolution temporelle, l'atmosphère d'analyse, l'énergie du pulse, la pression.
- Utilisation de la technique comme outil de contrôle en ligne des procédés (développement en cours en collaboration avec le CEA).
- La LIBS a aussi été développé pour l'analyse d'autres impuretés, à savoir, l'aluminium et le fer.

## Dosage du phosphore dans le silicium.

