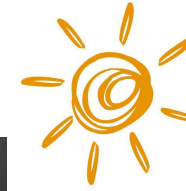


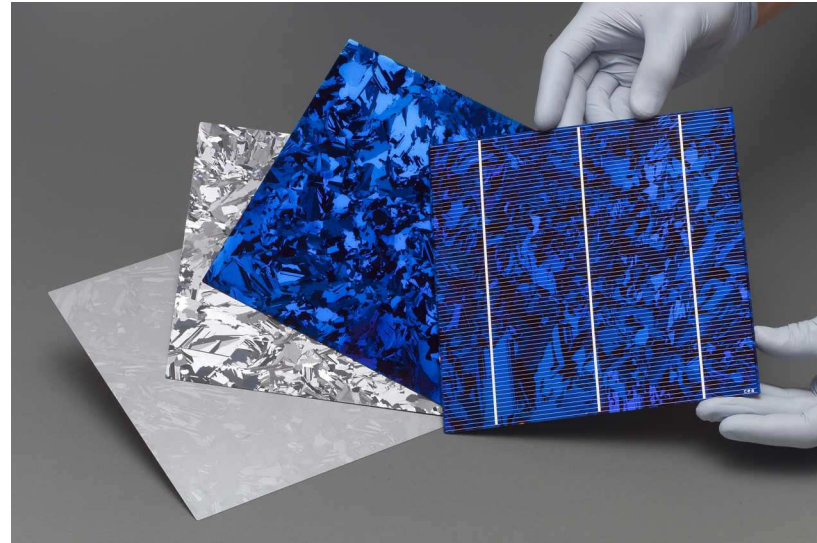


énergie atomique • énergies alternatives

**liten**



**ines**  
INSTITUT NATIONAL  
DE L'ENERGIE SOLAIRE



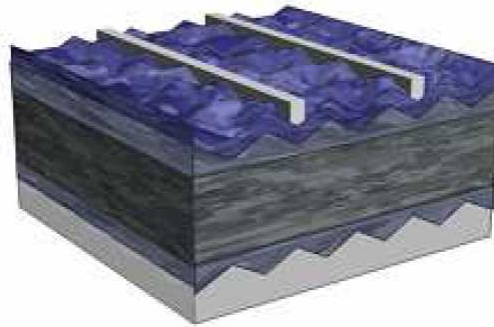
# Les plasmas dans la fabrication des cellules solaires homojonction

Marc Pirot

# Cellule solaire homojonction c-Si / mc-Si



## PROCESS FLOW



en technologie « émetteur sélectif »

	type / area (cm <sup>2</sup> )	Voc (mV)	Jsc (mA/cm <sup>2</sup> )	FF (%)	η (%)
CENTRO THERM	c-Si (148)	-	-	-	18.7
	mc-Si (243)	-	-	-	17.1
INES	c-Si (138.2)	634	38.1	79.1	19.1
	mc-Si (222)	623.6	34.8	79.2	17.2

c-Si 125PSQ & mc-Si up to 156x156 mm<sup>2</sup>  
P-type wafers 0.5 - 2 Ω·cm (180 μm ép. )

### 1. texturation de surface

décapage zone écroûie  
KOH & IPA ou acide

### 2. diffusion émetteur N

POCL<sub>3</sub> + HF retrait verre de Phosphore

### 3. couche antireflet

dépôt d'une couche de SiN PECVD

### 4. formation des contacts

sérigraphie pâte conductrice  
en face avant (Ag) & en face arrière (Al)

### 5. cuisson des contacts

four RTP

### 6. ouverture de jonction

laser

# où apparait la technologie des plasmas

## 3. couche antireflet

**But :** Réduction de la réflectivité de la surface

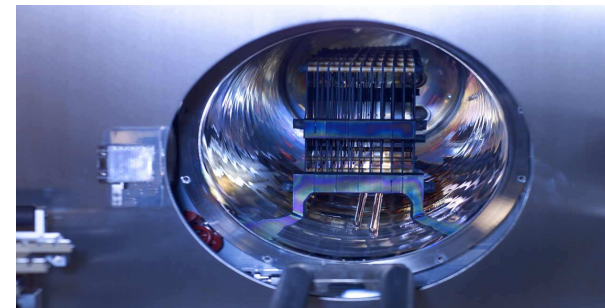
Dépôt d'une couche diélectrique indice  $n$  adapté / mise en module, faible  $k$

**Nitride de Silicium :**  
(SiNx)

**dépôt chimique en phase gazeuse SiH<sub>4</sub>/NH<sub>3</sub>  
assisté par plasma (PECVD) 40 KHz pulsé**

Avantage du SiNx :

Permet d'améliorer les caractéristiques électriques des cellules par une passivation volumique du matériau (diffusion hydrogène)



Réacteur de dépôt PECVD

- **Procédé mature**

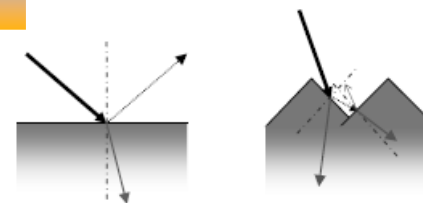
- Voie en cours d'exploration (projet SiNPA): dépôt **SiNx** à **Pression Atmosphérique**  
(réduction des coûts)

# où peut apparaître la technologie des plasmas 1/4

## 1. texturation de surface

**But** : réduction de la réflectivité de la surface  
retrait de la zone écaillée (ép. 8-10 µm)

la texturation a aussi de l'influence sur:  
la passivation de surface  
la qualité de la prise de contact

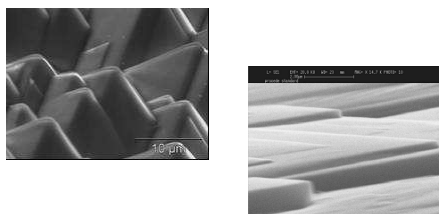


en 1<sup>ère</sup> approche:  $I_{cc}$  directement lié à réflectivité

↪ 1% gagné en réflectivité = 1% en courant ...

par voie chimique

réflectivité c-Si performante,  
réflectivité mc-Si élevée



→ intérêt porte sur mc-Si: réduire la réflectivité, par ex à un niveau équivalent à celle du c-Si (ou mieux)

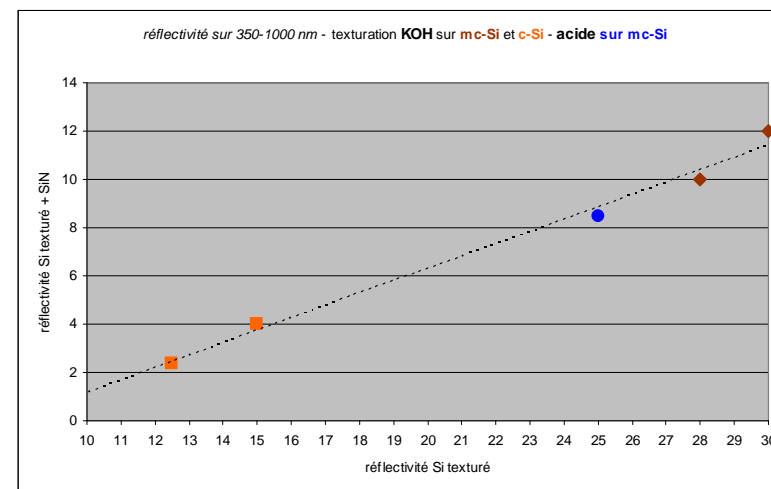
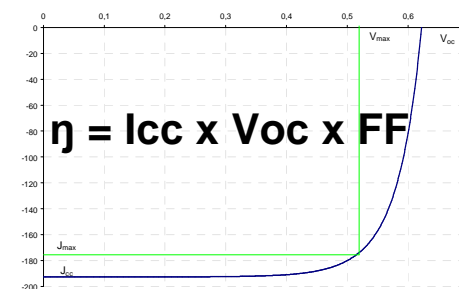
étape qui offre  
**le plus fort potentiel de gain sur mc-Si**

Ex: gain en réfl. de 5%

$$\eta = 17.2\% = I_{cc} \times V_{oc} \times FF$$

$$\text{devient } \eta = I_{cc} \times 1.05 \times V_{oc} \times FF = 17.2 \times 1.05 = 18.06$$

↔ gain de 0.85% absolu

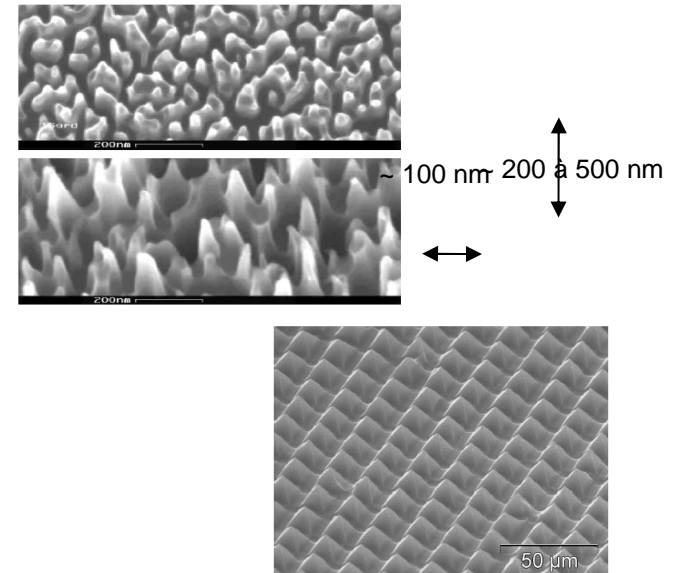
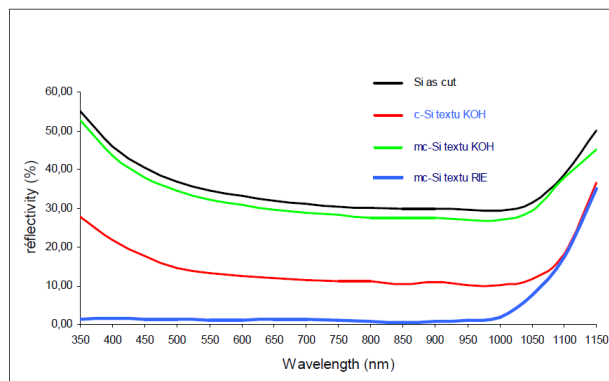


# où peut apparaitre la technologie des plasmas 2/4

## 1. texturation de surface

### la texturation par Plasma

- permet l'obtention de faible réflectivité sur mc-Si mais toujours à l'état de R&D:
  - bonne réflectivité associée à de mauvaises performances (RIE atmosphère fluorée)
  - forte recombinaison en surface (faibles Voc et Icc)



- offre la possibilité de contrôler la rugosité de surface
- l'homogénéité de la surface

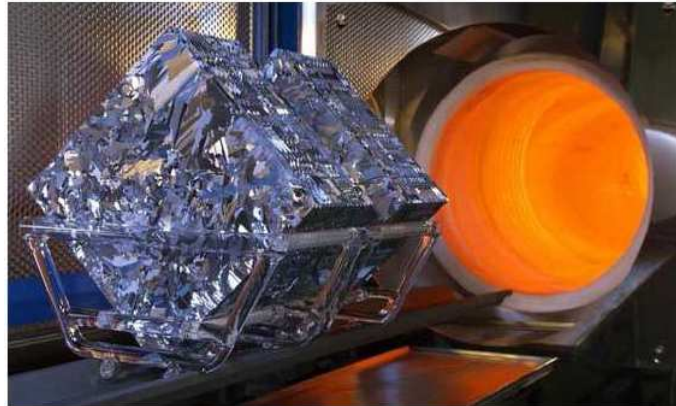
**enfin et non des moindres: dispense de la chimie (traitement déchets, consommation d'eau) si pas de DRE (Damage Removal Etching)**

**difficulté = ne pas générer de défaut dans le matériau ni en surface**  
**→ quel type de plasma et réactifs ? RIE, ICP, μ-onde, ... ?**

# où peut apparaître la technologie des plasmas 3/4

## 2. diffusion émetteur N

**But** : formation de l'émetteur – région de type "n"



**par diffusion  $POCl_3$**   $\Rightarrow$  *génération d'un verre de Phosphore à la surface ép. ~ 50 à 100 nm*  
*retrait par voie chimique = HF*

$\Rightarrow$  **retrait par plasma** = pas de chimie

difficultés:

- $\Rightarrow$  sélectivité verre de phosphore / zone dopée n
- $\Rightarrow$  pas d'altération de la surface
  - = pas de *génération de défauts dans le matériau et en surface*
  - = *conservation du profil de texturation*

**$\rightarrow$  quel type de plasma et réactifs ?**

# où peut apparaître la technologie des plasmas 4/4



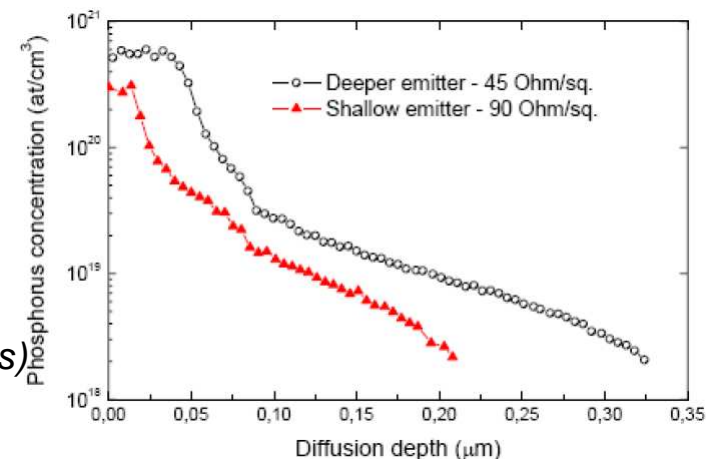
energie atomique • energies alternatives

**liten**

## 2. diffusion émetteur N

### par diffusion $POCl_3$

- précipités inactifs à la surface
- concentrations élevées
  - génèrent des recombinaisons en face AV
  - limitent la réponse dans le bleu
  - mais assurent la formation d'un bon contact Ag (limite  $R_s$ )



### ⇒ implantation du Phosphore par immersion plasma (programme futur INES – IBS)

- plusieurs avantages à ce procédé

- accès au profil

⇒ moins concentré en surface = meilleure passivation de surface = augmente Voc

- gestion émetteur sélectif aisée

- pas de retrait de verre de phosphore = pas de chimie

- diffusion sur 1 face = pas d'étape d'ouverture de la jonction par laser

- inconvénient = coût ?

## en résumé, les problématiques concernées



1. texturation de surface, retrait ZE

2. diffusion émetteur N

+

3. couche antireflet

vers un procédé cellule entièrement sec

fort gain potentiel en performances cellules (mc-Si)

(réflectivité, dopage N)

&

limitation impact environnemental

(réduction du traitement des déchets et des consommations d'eau)

→ quelle technologie plasma et réactifs retenir pour quelle application ?