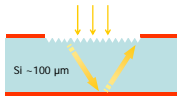


## Contexte

- **Concepts photoniques pour les cellules photovoltaïques:**
- Maximiser la capture de la lumière solaire incidente
- Optimiser l'absorption des photons capturés

### • Cellules 1<sup>ère</sup> génération :

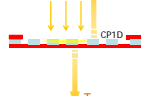
Ingénierie optique conventionnelle



**Objectifs:** Cellule solaire "photonisée", couplage de la lumière incidente avec modes de Bloch lents du cristal photonique

### • Cellules en couches minces

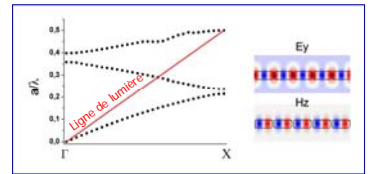
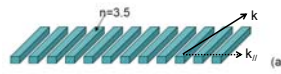
(0,1 μm - 1 μm) :



Lumière incidente → mode optique plasmon, lumière lente...

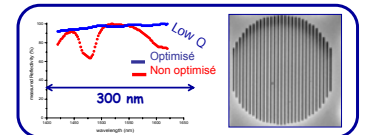
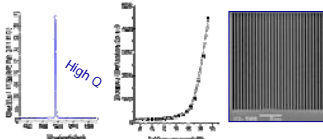
- Contrôle du couplage de la lumière incidente
- Contrôle de l'absorption

## Lumière lente dans les cristaux photoniques



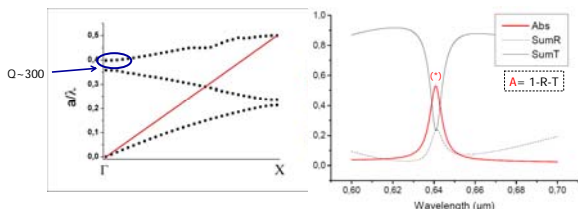
- Au-dessus de la ligne de lumière: Couplage de la lumière en incidence verticale
- Bandes photoniques plates (faible  $v_G$  sur une large gamme de  $k_{||}$ )

### • Deux configurations principales:



$Q$  = Facteur de qualité du mode  $\propto 1/(\text{largeur spectrale}) \propto \text{durée de vie des photons}$

## Cristaux photoniques absorbants



### • Pour les cellules solaires:

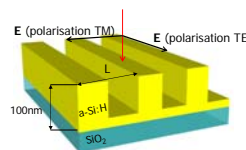
(\*) Augmentation de l'absorption à la résonance

→ Conditions de couplage critique entre la lumière incidente et le milieu absorbant :  $\tau_0 = \tau_a$

→ Structure multimode pour une large gamme spectrale

## Démonstrateur: Couche de a-Si:H de 100nm

### Cristal photonique 1D :

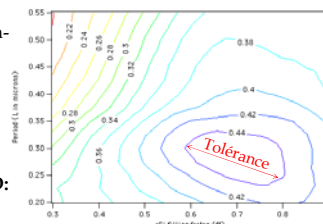


a-Si:H: Milieu absorbant à haut indice de réfraction

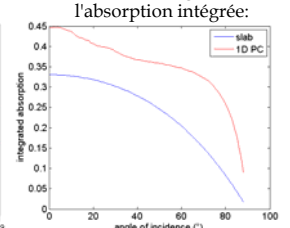
- Optimisation des paramètres du cristal photonique (entre 300-720nm) : période (L) et taux de remplissage en a-Si:H (ff)

→ Simple couche mince: 29% d'absorption

→ Cristal photonique 1D: 45% d'absorption

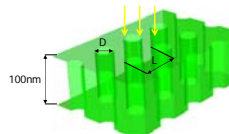


### Dépendance angulaire de l'absorption intégrée:



### Cristal photonique 2D :

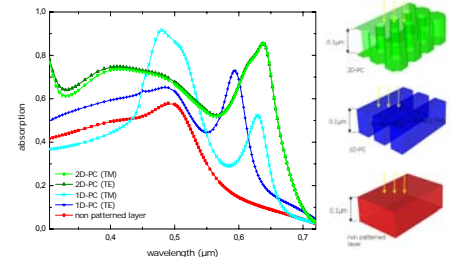
Optimisation des paramètres: L=0,3μm et ff(air)=80%:



→ Cristal photonique 1D: 45% d'absorption

→ Cristal photonique 2D: 55% d'absorption

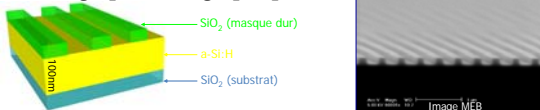
- Indépendance à la polarisation
- Toujours une excellente acceptation angulaire



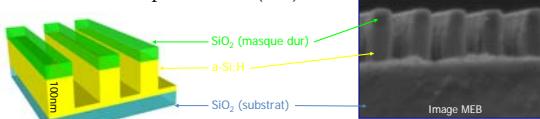
## Fabrication

→ A partir d'une couche de a-Si:H de 100nm d'épaisseur (incertitudes technologiques < tolérance de ± 10%)

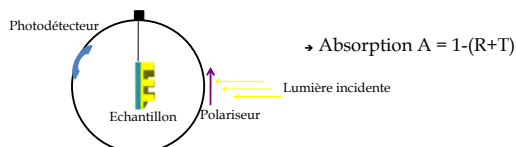
### 1. Lithographie holographique



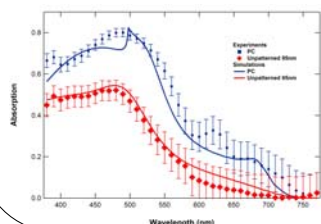
### 2. Transfert des motifs du masque dur dans a-Si:H - Gravure Ionique Réactive (RIE) -



## Caractérisation



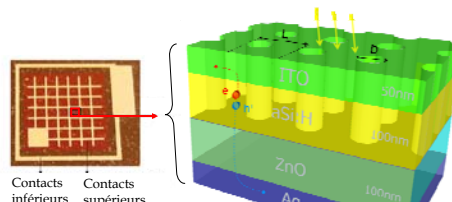
→ Absorption  $A = 1 - (R+T)$



→ Augmentation de l'absorption du fait de la structuration

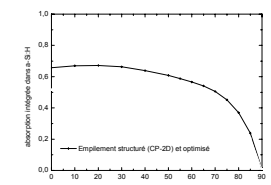
→ Bonne correspondance avec les résultats théoriques

## Vers une cellule solaire à cristaux photoniques



→ Absorption intégrée dans la couche active (a-Si:H) > 65% entre 300-720nm

→ Robustesse de l'absorption intégrée vis-à-vis de l'angle d'incidence:



## CONCLUSION

- Démonstration théorique et expérimentale de l'augmentation de l'absorption d'une couche absorbante via sa structuration en CP 1D planaire
- Possibilité d'obtenir une indépendance à la polarisation (CP2D)
- Design de cellule complète avec couche active structurée comme CP2D

### Publications:

Park, Y., Drouard, E., El Daif, O., Letartre, X., Viktorovitch, P., Fave, A., Lemiti, M., and Seassal, C., "Absorption enhancement using photonic crystals for silicon thin film solar cells," Opt. Expr. 17, 14312 (2009)

El Daif, O., Drouard, E., Gomard, G., Fave, A., Kaminski, A., Lemiti, M., Park, Y., Letartre, X., Viktorovitch, P., Ahn, S., Jeon, H., and Seassal, C., "Photonic Crystal Enhanced Absorption of Amorphous Silicon for Solar Cells," Proc. 24th European Photovoltaic Solar Energy Conference, p. 548 (2009).