

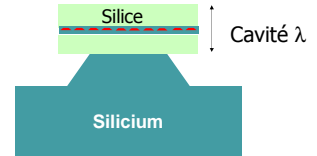
## Boîtes Quantiques d'InAs insérées dans une matrice de Silicium

Coordinateur : INL Institut des Nanotechnologies de Lyon – UMR CNRS 5270  
Partenaires : CEA INAC Grenoble, LPN CNRS Marcoussis, FOTON INSA Rennes

### Objectif :

Intégration de boîtes quantiques d'InAs dans du silicium pour la réalisation d'un émetteur de lumière dans la filière silicium (laser à micro-disque sur SOI).

Boîtes quantiques d'InAs dans un puits quantique de Si dans SiO<sub>2</sub>

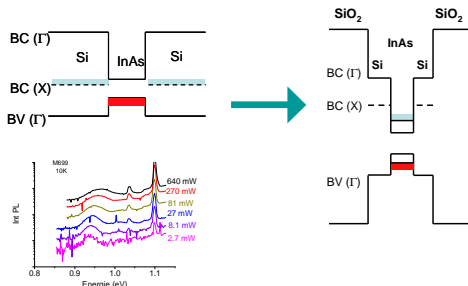


### Défis « Physique »

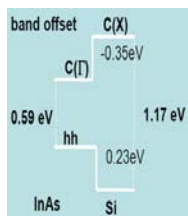
- Emission de lumière
- Nature de l'interface InAs/Si : type II
- Modifier la nature de l'interface: BQs InAs/PQ Si/SiO<sub>2</sub>
- Efficacité radiative ? Efficacité d'injection ?

### → Forcer l'interface à être type I

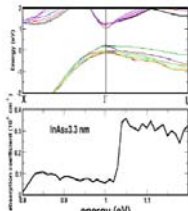
Concept: insérer les BQs d'InAs dans un PQ Si/SiO<sub>2</sub> pour modifier la nature de l'interface en tirant parti des effets de confinement quantique  
⇒ croissance des BQs d'InAs sur SOI aminci



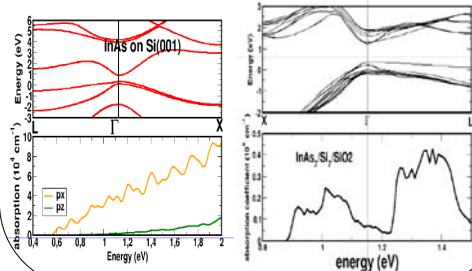
### → Modélisation numérique



Faible confinement électronique pour l'empilement InAs/Si et influence des états de conduction de type X.



Absorption optique faible améliorée par le confinement en présence de SiO<sub>2</sub> et d'une fine couche de Si



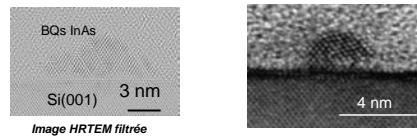
### Défis « Matériaux »

- Maîtrise de la croissance auto-organisée par MBE des BQs d'InAs sur silicium (SOI aminci)
- Produire des BQs d'InAs non relaxés

### → Croissance auto-organisée

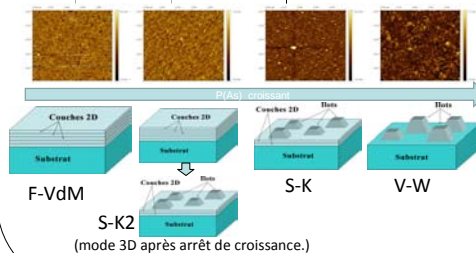
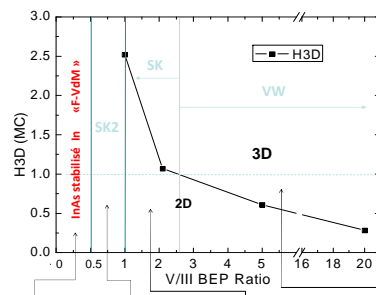
Verrous et objectifs :

- 1 - InAs/Si :  $\Delta a/a \sim 10\%$   
1 dislocation / 3 nm  
îlot 3D de diamètre  $\leq 3-4$  nm
- 2 - BQs InAs dans un puits quantique de Si  
îlot 3D de hauteur  $\leq 3-4$  nm
- 3 - Densité supérieure à  $10^{11}$  cm<sup>-2</sup>



### → Etude des modes de croissance

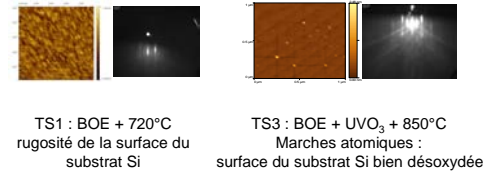
Objectif : viser un mode de croissance de type SK plutôt que VW  
Possible avec des faibles rapports V/III



### Défis « Technologiques »

- Encapsulation des boîtes par Si épitaxié
- Croissance des BQs InAs sur du SOI aminci
- Réalisation d'un démonstrateur micro-disque sur substrat de SOI aminci

### → Préparation du substrat Silicium



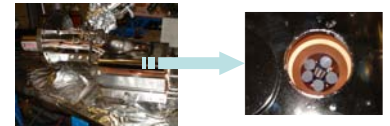
TS1 : BOE + 720°C  
rugosité de la surface du substrat Si

TS3 : BOE + UVO<sub>3</sub> + 850°C  
Marches atomiques : surface du substrat Si bien désoxydée

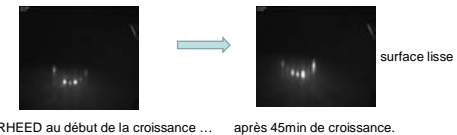
### → Croissance MBE de Si sur Si

Objectif : encapsulation des BQ d'InAs dans le réacteur III-V à sources solides

Installation d'un canon à électrons dans le bâti MBE

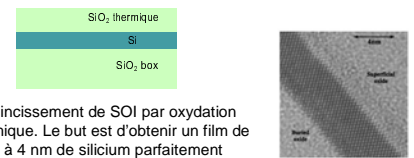


Après une étape de dégazage du canon et des parois du bâti :



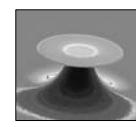
RHEED au début de la croissance ... après 45min de croissance.

### → Amincissement de SOI



Amincissement de SOI par oxydation thermique. Le but est d'obtenir un film de 3 à 4 nm de silicium parfaitement monocristallin pour l'épitaxie des boîtes d'InAs.

### → Réalisation de résonateurs à micro-disque



Micro-disque de 15μm de diamètre

Les micro-disques sont obtenus par lithographie (optique ou e-beam) puis par gravure du tri-couche SiO<sub>2</sub>/Si/SiO<sub>2</sub>. Le piédestal est obtenu par gravure du substrat de silicium.

Conclusions : → Simulations : interface InAs/Si peut être type I si InAs dans un puits quantique de Si (épaisseur au moins 3nm).

→ Croissance BQ InAs/Si : possibilité d'un mode de croissance de type SK voire SK modifié (SK2).

Perspectives : → Introduction de Ga dans les boîtes d'InAs pour limiter le désaccord paramétrique avec Si.

→ A terme, introduction d'azote dans les boîtes de GaInAs.