Versatilité des procédés plasma froid: Défis matériaux pour le Photovoltaïque

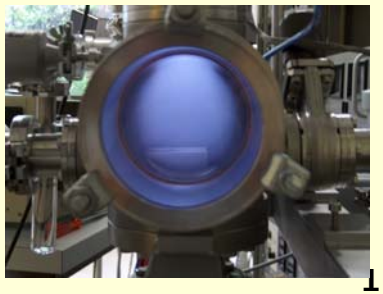
M.-P. Besland

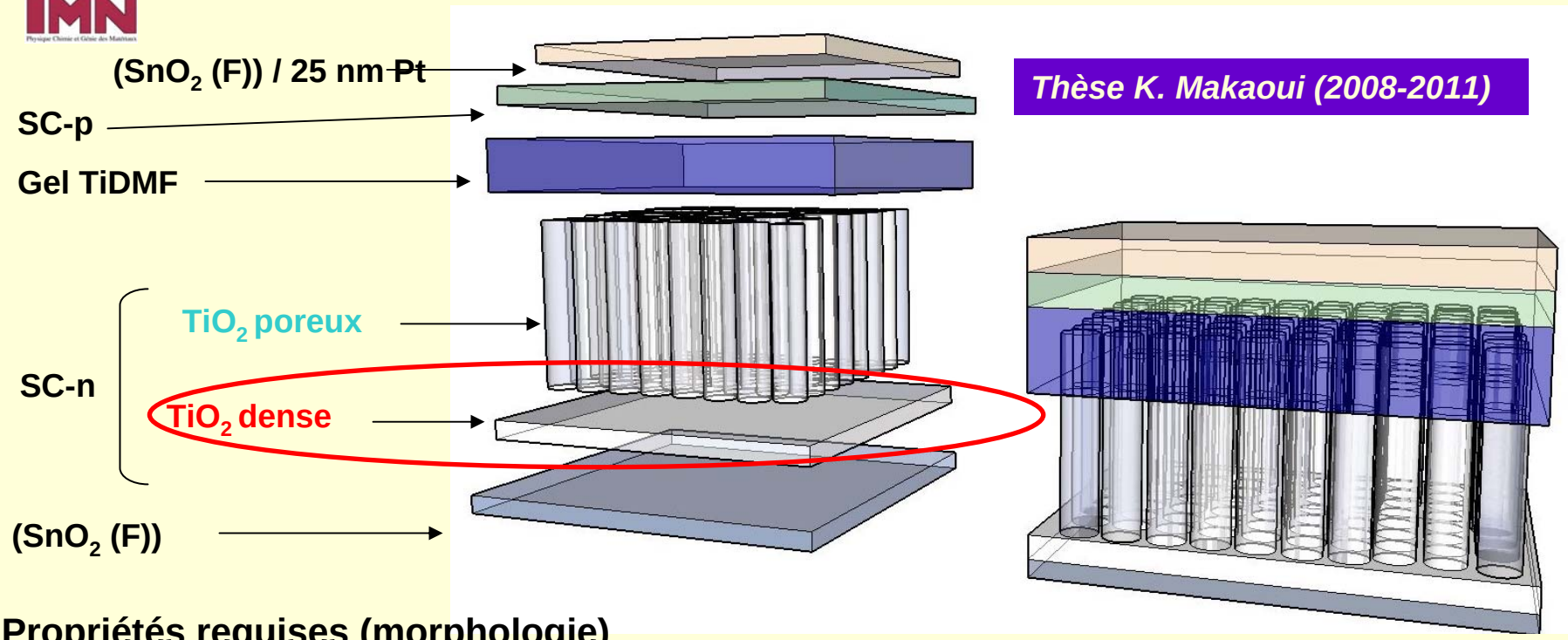
Institut des Matériaux Jean Rouxel (IMN)

Université de Nantes – UMR 6502 CNRS

NANTES

PCM / CESES





Thèse K. Makaoui (2008-2011)

Propriétés requises (morphologie)

- **dense** : Couche tampon FTO/TiDMF
- **poreuse** : augmentation de la surface d'échange avec l'absorbeur
- **Nanostructurée :** augmentation de la surface spécifique

Propriétés intrinsèques

- Gap élevé
- Bonnes propriétés électroniques

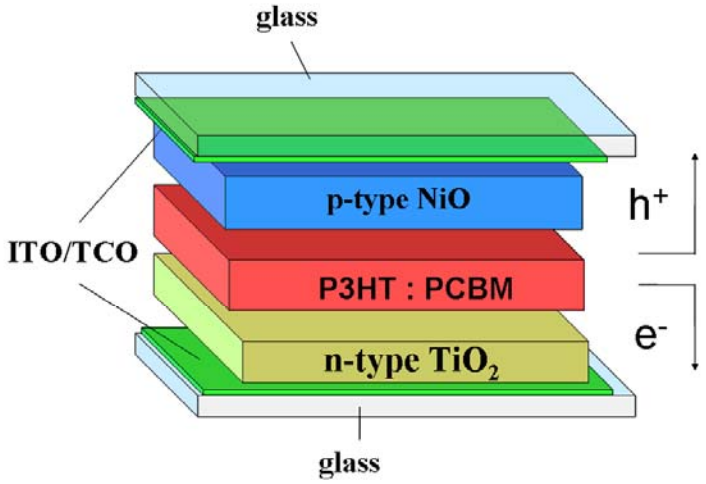
➔ **Potentialité des procédés plasma: PECVD et PVD**

	Rutile	Anatase
Gap (eV)	3.05	3.26
Densité	4.27	3.90

A. Granier, A. Goullet, PY Jouan, L. Brohan, M. Richard-Plouet

Transparent Hybrid Organic Solar Cell

Thèse A. KARPINSKI (2009-2012)



P3HT: poly(3-hexylthiophene) + PCBM: [6,6]-phenyl-C61 butyric acid methyl ester

ITO : tin-doped indium oxide , TCO: transparent conductive oxide

NiO : gap 3,4 - 4,3eV
transparent dans le visible

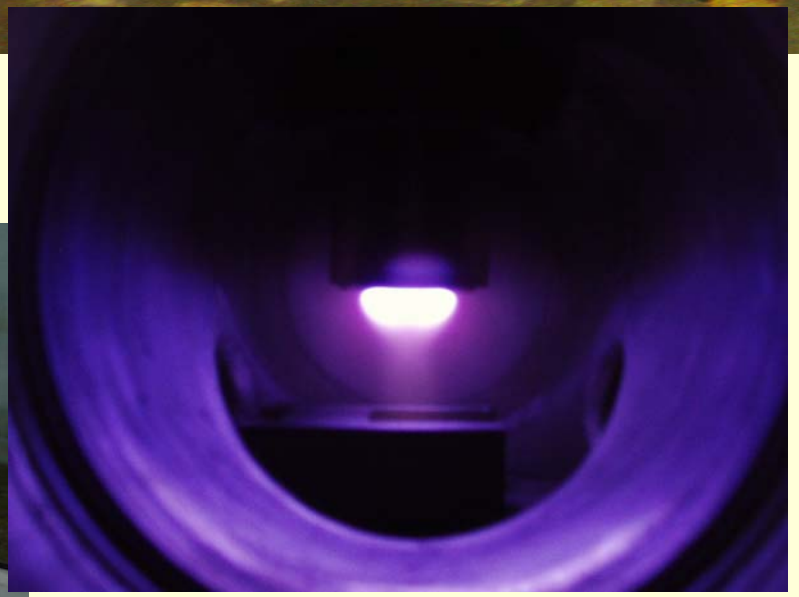
Cellule solaire organique hybride: les SC inorganique TiO_2 et **NiO**

➔ Transport des e^- et des trous vers le collecteur de courant

➔ Augmentation stabilité des cellules

CESES/PCM: M. Richard-Plouet, L. Brohan, PY Jouan

Dépôt par pulvérisation magnétron réactive



Paramètres : Puissance DC

Cible métallique 1.3'' : Ti ou Ni

cible-substrat : 3 cm

Magnétron équilibré

Pulvérisation réactive Ar/O_2

Porte substrat relié à la masse

Dépôt TiO_2

Pression de travail : 2,5 – 4,5 mTorr

Courant de décharge : 100 - 230 mA

Dépôt NiO

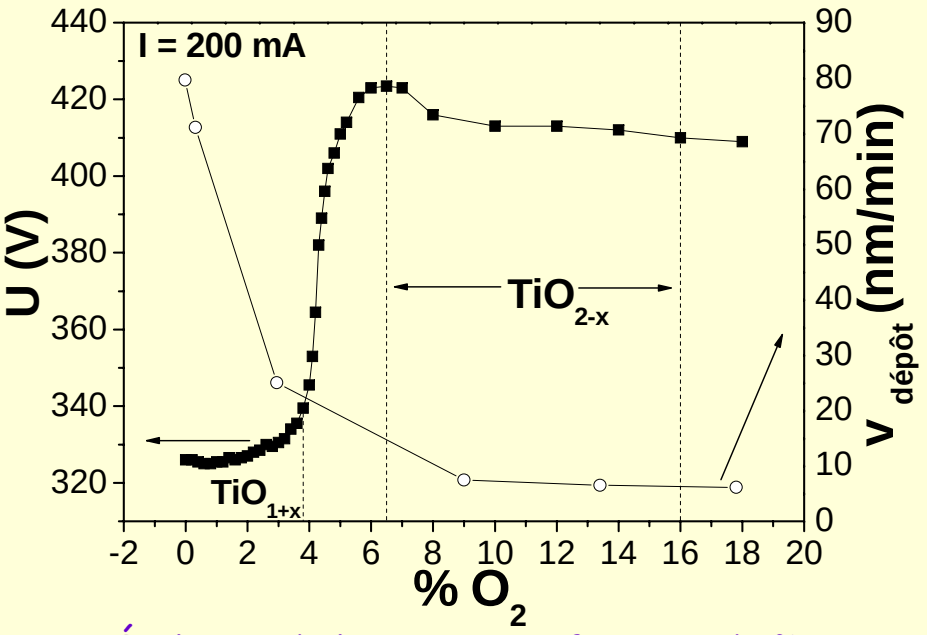
Pression de travail : 3 mTorr

Courant de décharge : 50 - 110mA

Plasmas Basse Pression – Haute Densité ➔ Matériaux cristallisés

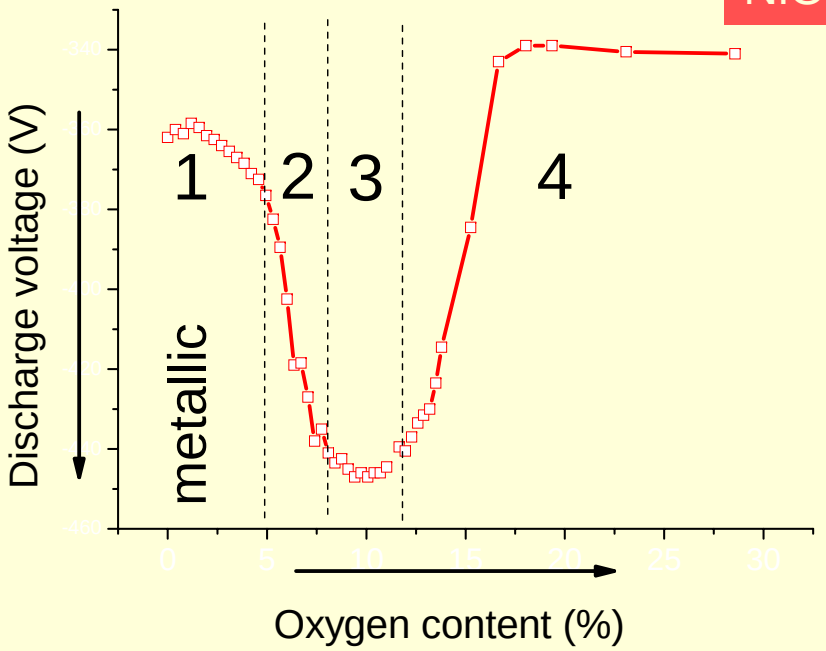
Transition
régime métallique – régime oxyde

TiO_2



Évolution de la tension en fonction du % d'oxygène pour un débit d'argon fixé

NiO

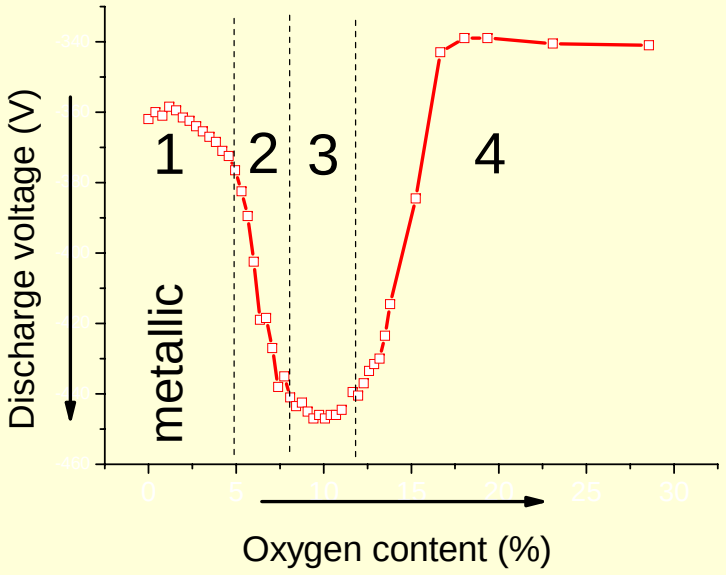


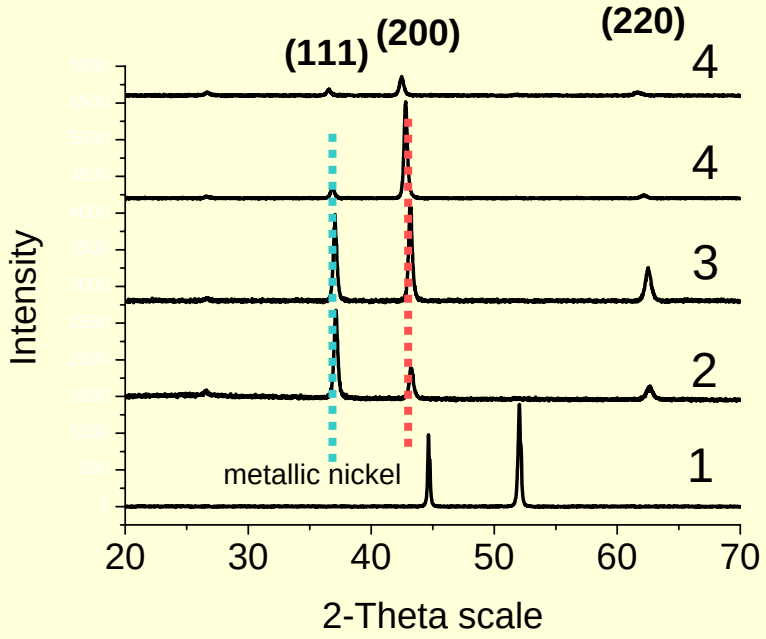
Faible % O_2 ➔ TiO

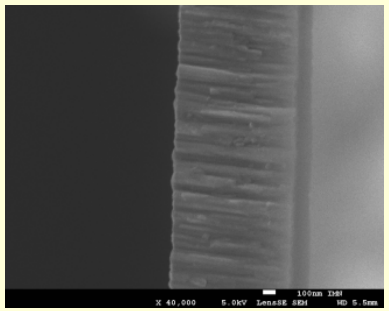
Fort % O_2 : régime oxyde ➔ TiO_2

Dépôt NiO par pulvérisation réactive magnétron DC

Corrélation V_{Cible} / Courbe I-V décharge et Croissance NiO







Ex: Croissance orientée (200) ➔ structure colonnaire plus prononcée

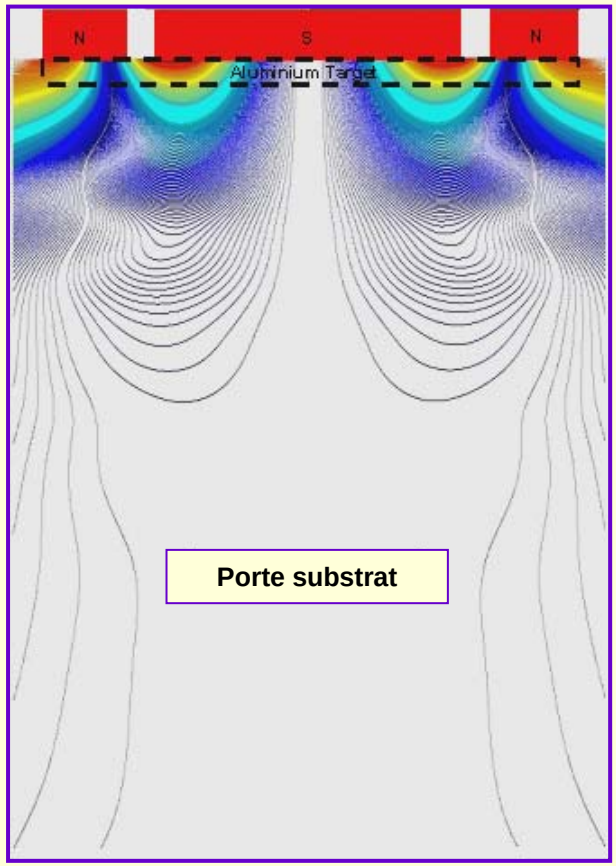
Evolution intensité relative vs % O_2

Modification structure et propriétés des films en fonction des paramètres procédé

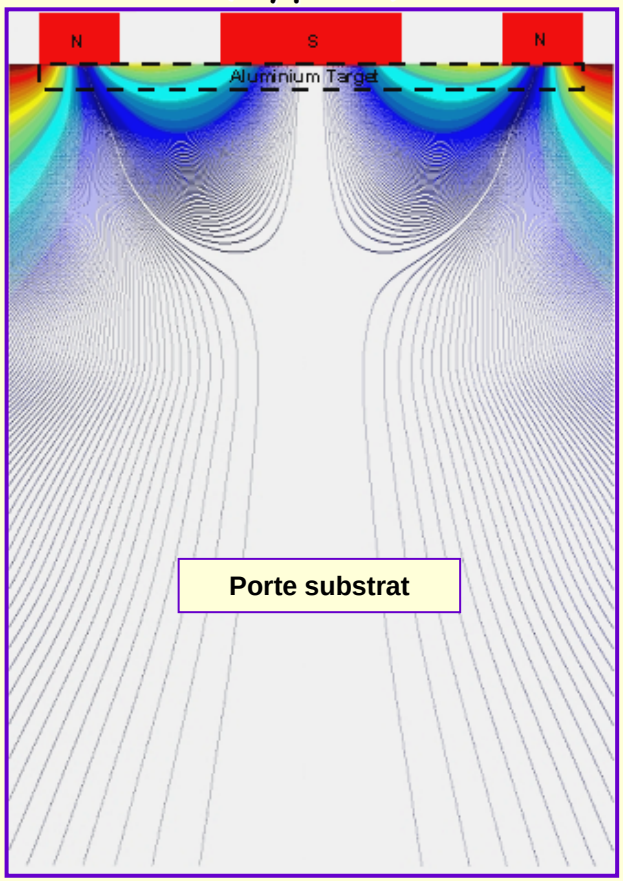
Connaissance du procédé ➔ maîtrise du matériau

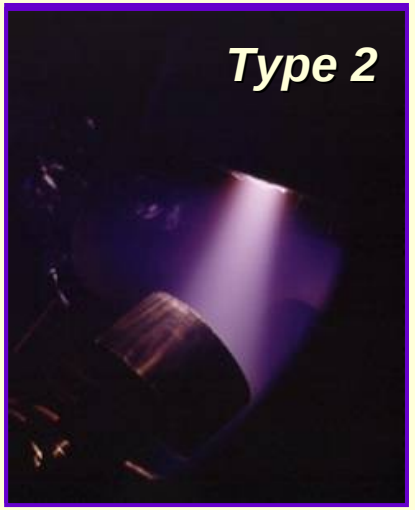
Effet de la configuration magnétique

Magnétron équilibré
(Type 1)



Magnétron Déséquilibré
(Type 2)





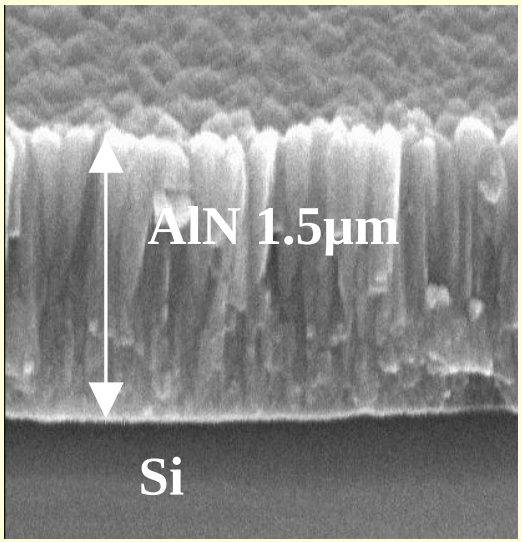
C. Duquenne et al., Journal of Applied Physics, 104 (6) 2008, 063301.

Thèse Cyril Duquenne – 14 Octobre 2008

Corrélation avec les propriétés des films AlN

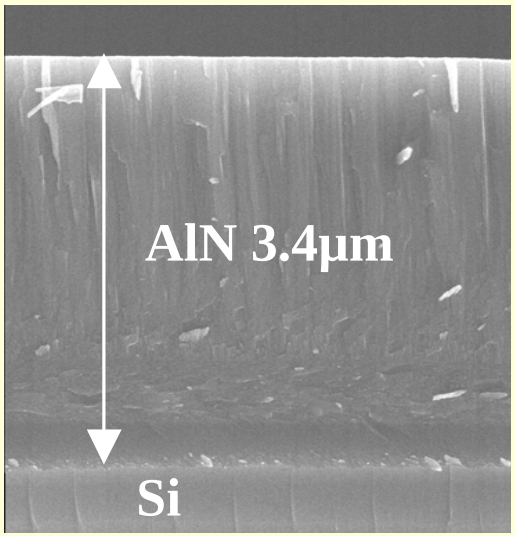
Type 1

Sélection de l'orientation
Taille de grains # 20 – 30 nm
Contamination [O] # 5 % at.
Contrainte en tension (0.5 GPa)
➔ 2 à 40 $W.K^{-1}.m^{-1}$



Type 2

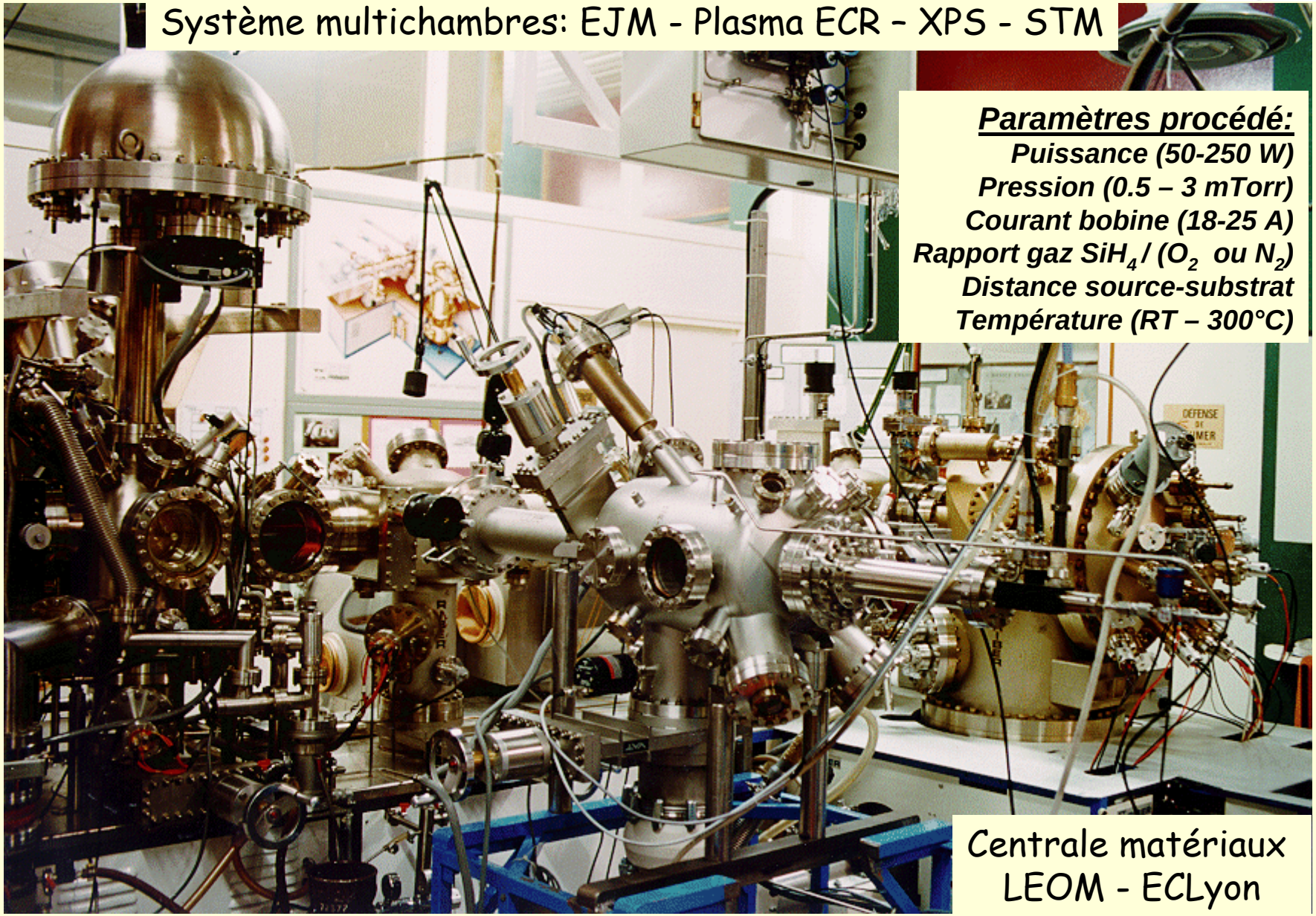
Orienté c (002)
Taille de grains # 100 – 150 nm
Contamination [O] # 0.5 % at.
Contrainte compressive (-1.5 GPa)
➔ 170 $W.K^{-1}.m^{-1}$



Collaboration LGMPA: Y. Scudeller

C. Duquenne et al., Applied Physics Letters, 2008

Système multichambres: EJM - Plasma ECR – XPS - STM



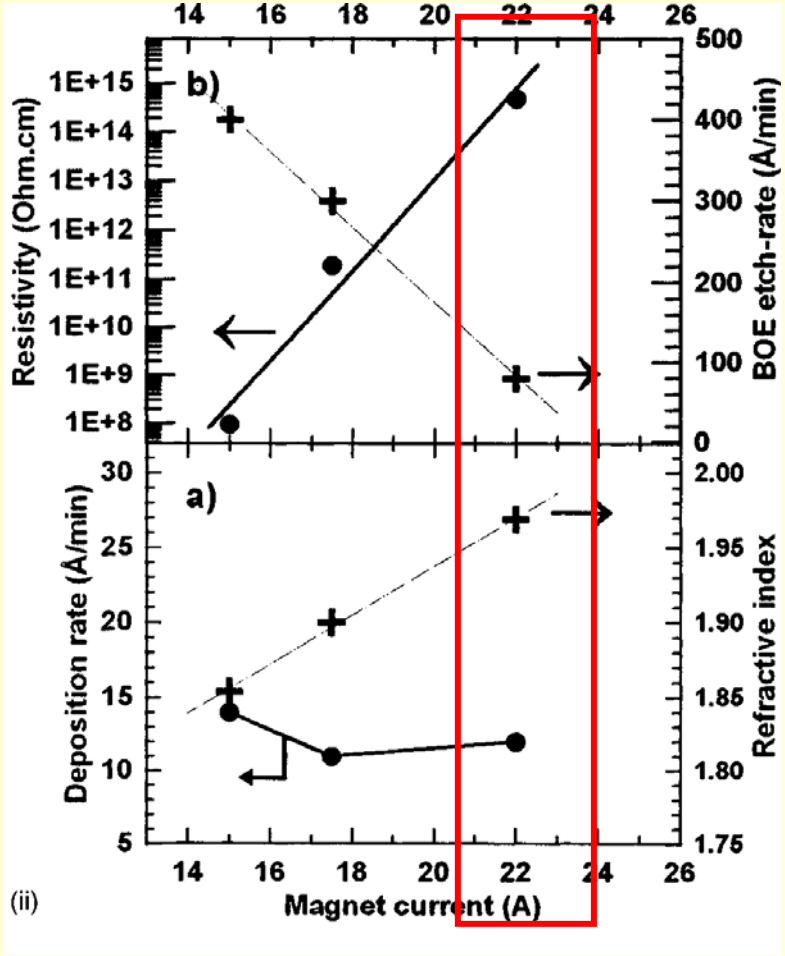
Paramètres procédé:

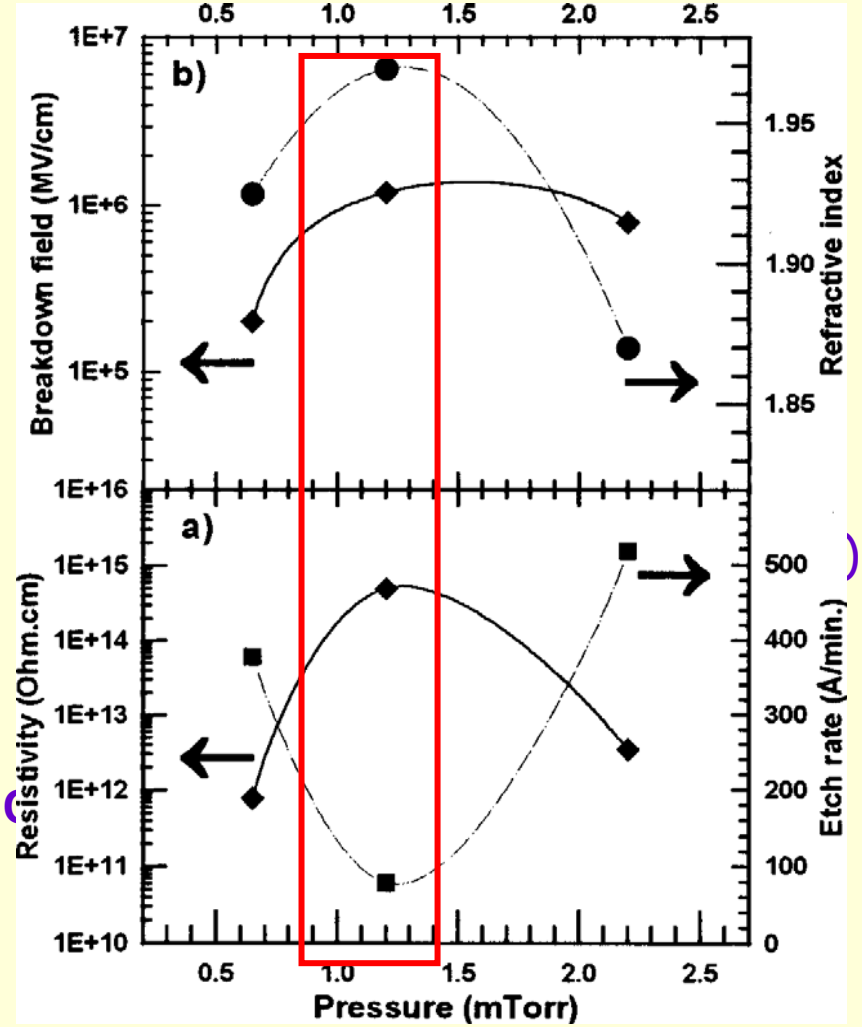
Puissance (50-250 W)
Pression (0.5 – 3 mTorr)
Courant bobine (18-25 A)
Rapport gaz SiH_4 / (O_2 ou N_2)
Distance source-substrat
Température (RT – 300°C)

Centrale matériaux
LEOM - ECLyon

Thèse M. Lapeyrade – Lyon 1999

Nitrure de silicium





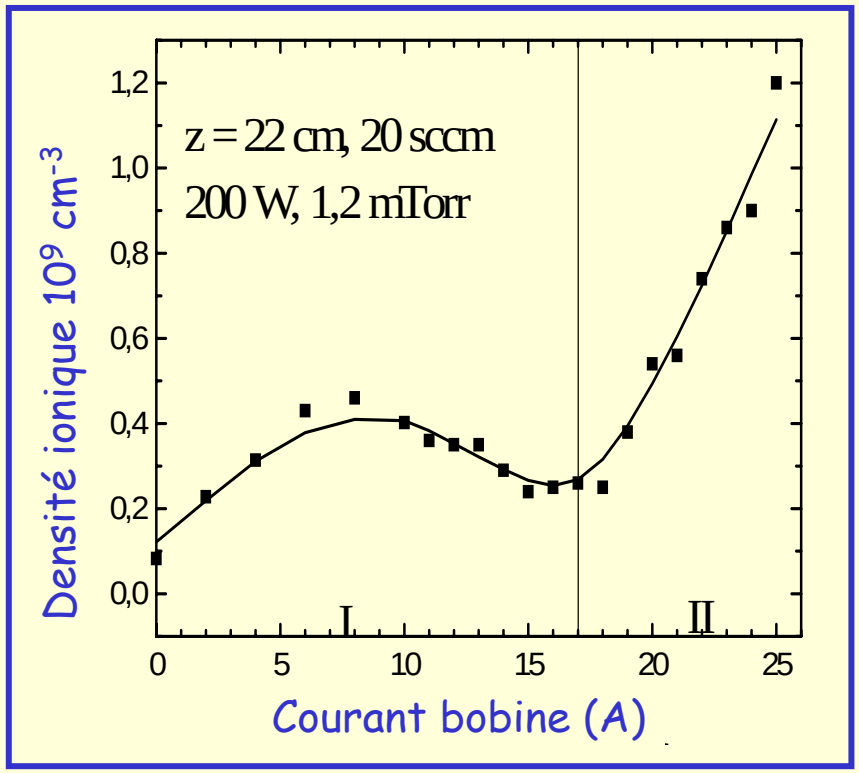
J. Vac. Sci. Technol. A17 (2) 433-444 (1999)

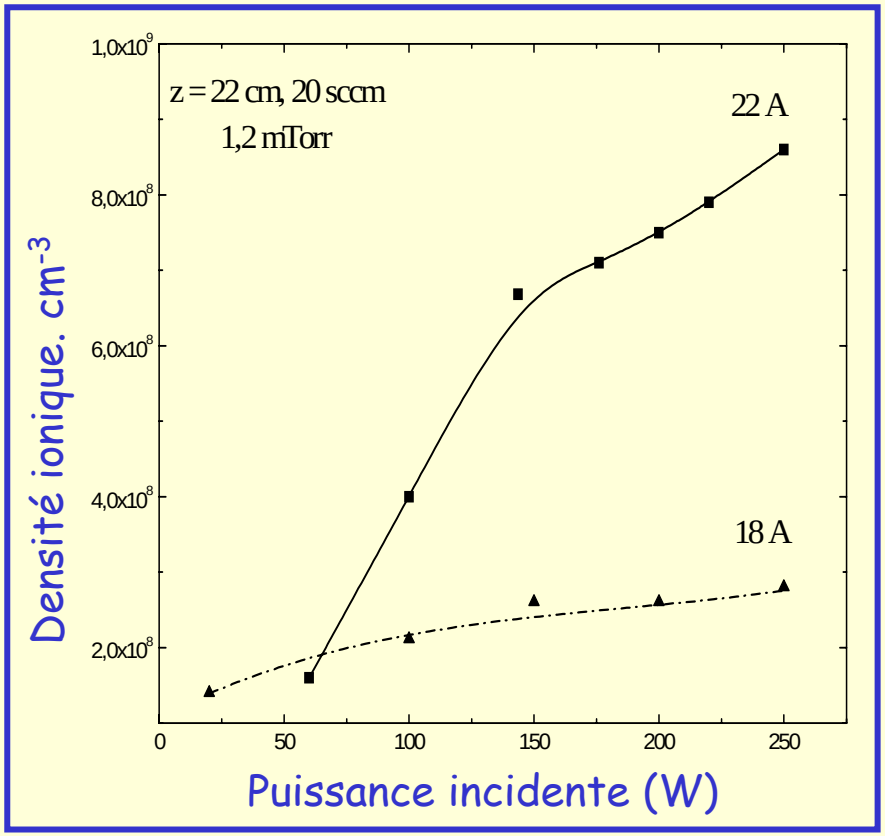
Optimum électrique = Matériau Stœchiométrique

Mesures sonde de Langmuir

Plasma N_2

Thèse M. Lapeyrade – Lyon 1999





➔ $I_{bobine} > 18\ A$ ➚ exponentielle densité ionique

Corrélation avec la densité d' ions ➡ **Intérêt d'un couplage avec caractérisations phase plasma**

Paramètres procédé/ Propriétés films

Paramètres de dépôt	Sens de variation	Vitesse de dépôt	Indice Optique	densité
Température	↗	↘	↗	↗
Flux de silane	↗	↗	↘	↘
Puissance micro-onde	↗	↗	↗	↗
Courant bobine	↗	↗	↗	↗
Distance Source-échantillon	↘	↗		↗

Message

Connaissance du procédé ➔ maîtrise du matériau

Intérêt d'un couplage avec une caractérisation et connaissance de la phase plasma