

## Dépôt chimique en phase vapeur assistée par plasma de couches minces d'oxyde de silicium dans les technologies des semi-conducteurs et des MEMS

(Salle blanche du LAAS – Service TEAM)

**Objectifs :  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{SiO}_x:\text{H}$  [5nm – 10 $\mu\text{m}$ ], échantillons, plaques 4" et 6"**

### Dépôt sur Silicium (substrat SiP)

- Dépôt sur Ga(Al)As, GaN, Ga(Al)Sb
- Dépôt sur verre (FS)
- Dépôt sur métaux
- Dépôt sur résine
- Dépôt sur diamant



2 techniques de dépôts (**CC PECVD, IC PECVD**)



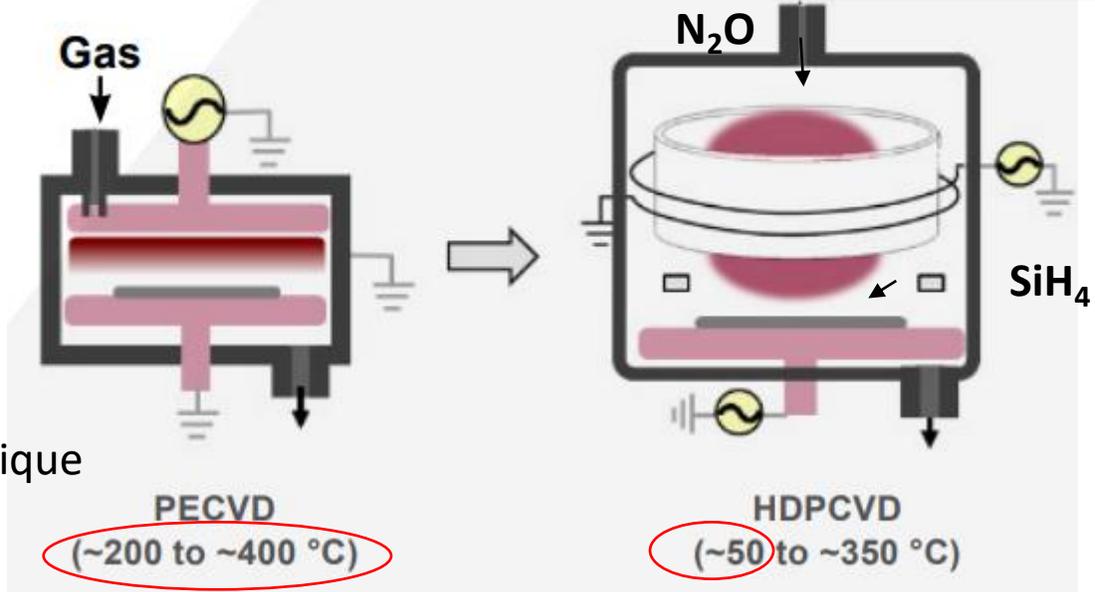
*Pascal Dubreuil*

2002 : MEMS Si



2019 : MEMS, Photonique

- possible > 5µm ?



Low Pressure RF Plasma Sources for Industrial Applications (ICP versus CCP) : GODYAK - Workshop of Radio Frequency Discharges (Dublin 2011)

2008 : Photonique Ga(Al)As



2018 : Photonique (verre)

- ép +/- 1nm ?
- [H] minimum ?

Oxyde de Silicium	T°C dépôt	Vitesse dépôt	Applications
CCPECVD SiO <sub>x</sub> :H	200 à 380	50 à 600 nm/min	encapsulation, MEMS, masque dur, diélectrique
ICPECVD SiO <sub>x</sub> :H	100	8nm/min	diélectrique, masque dur, guide optique

*Pascal Dubreuil*



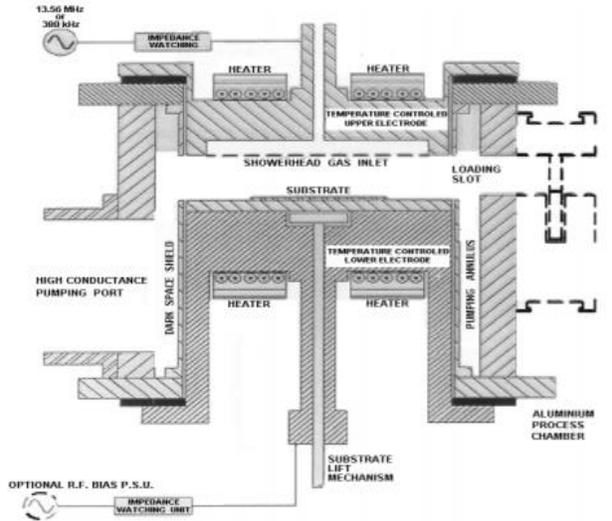
## CCPECVD



## ICPECVD



Lignes de gaz CCP		Lignes de gaz ICP	
SiH <sub>4</sub>	[30-60 sccm]	SiH <sub>4</sub>	[5-10 sccm]
N <sub>2</sub> O	[1000-1800 sccm]	N <sub>2</sub> O	[5-20 sccm]
650-750mT		5mT-15mT	
Source Plasma CCP		Source Plasma ICP (+ RF)	
RF 380KHz	300W	RF 13,56MHz ICP	500W
RF 13,56MHz	50-150W	RF 13,56MHz	50-200W



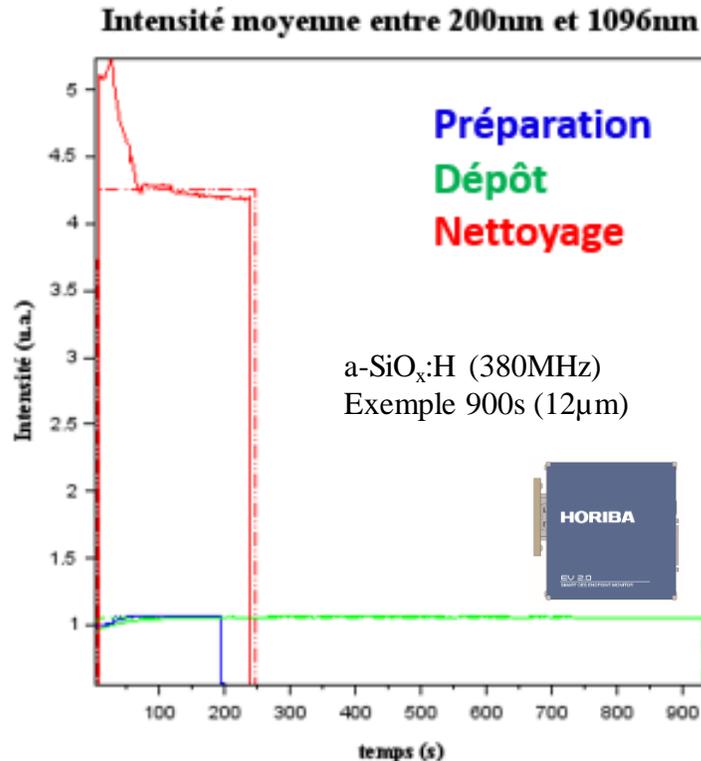
• Plasmalab System100

• STS Multiplex (rétrofit) → ApSy PECVD 100

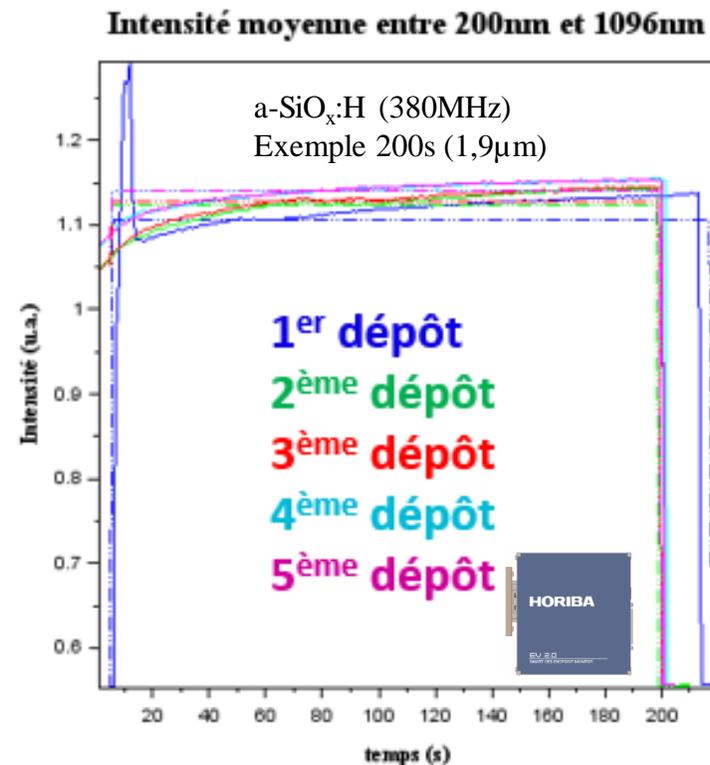
Matériau Épaisseur (<10%)	Vitesse dépôt nm/min	Indice refraction	Contrainte $\sigma$ MPa
SiO <sub>x</sub> :H (CCP) amorphe 30nm-12 $\mu$ m	(3 recettes) 200, 300, 380°C	1,47@633 ou 1,52@633	-120 (C) 300nm sur Si
SiO <sub>x</sub> :H (ICP) amorphe 5nm-200nm	(1 recette) 100°C	1,47@633	-120 (C) 150nm sur Si

*Pascal Dubreuil*

- ❑ Pb de reproductibilité et uniformité (ép, indice) : poussières, vanne APC encrassée, nettoyage ex situ récurrent, SiH<sub>4</sub> solide
- ❑ Solution : Protocole de dépôt



Cycle : Nettoyage / Préparation / Dépôt  
avec suivi spectro à émission optique



5 Cycles (U < 10%)

✓ Protocole de dépôt

### CCPECVD :

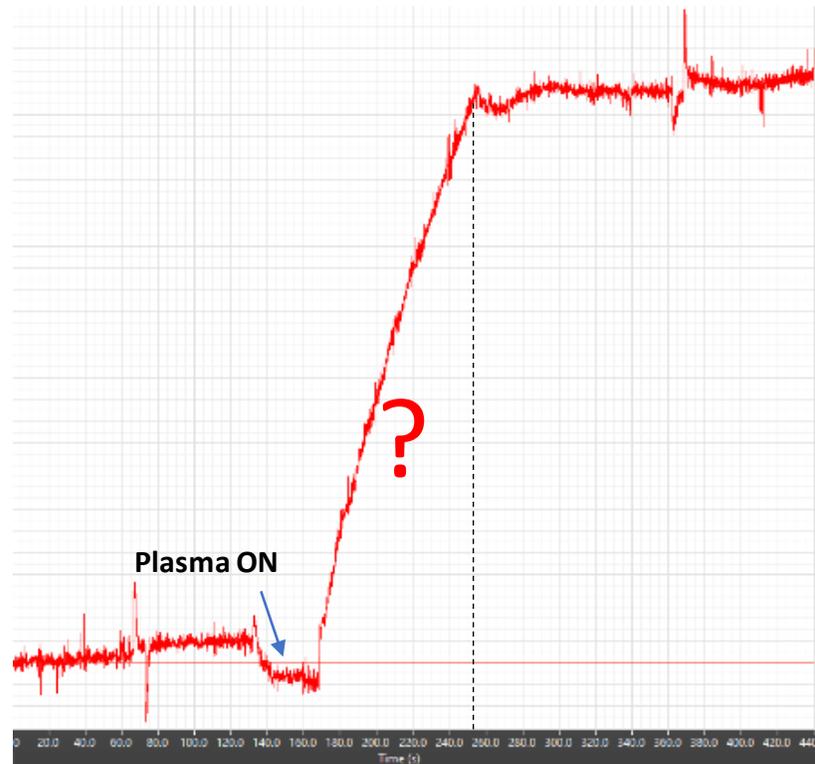
- Préparation chambre de dépôt avec recette
- Dépôt en un seul run (max 12μm < poussières)
- Nettoyage **in situ** : plasma CF<sub>4</sub>/O<sub>2</sub> suivi OES
- *Non reproductible <200nm*

### ICPECVD :

- Préparation chambre de dépôt avec recette
- Dépôt un seul run (max 200nm < poussières)
- Nettoyage **in situ** : plasma SF<sub>6</sub>/O<sub>2</sub> suivi OES
- *Non reproductible <10nm*

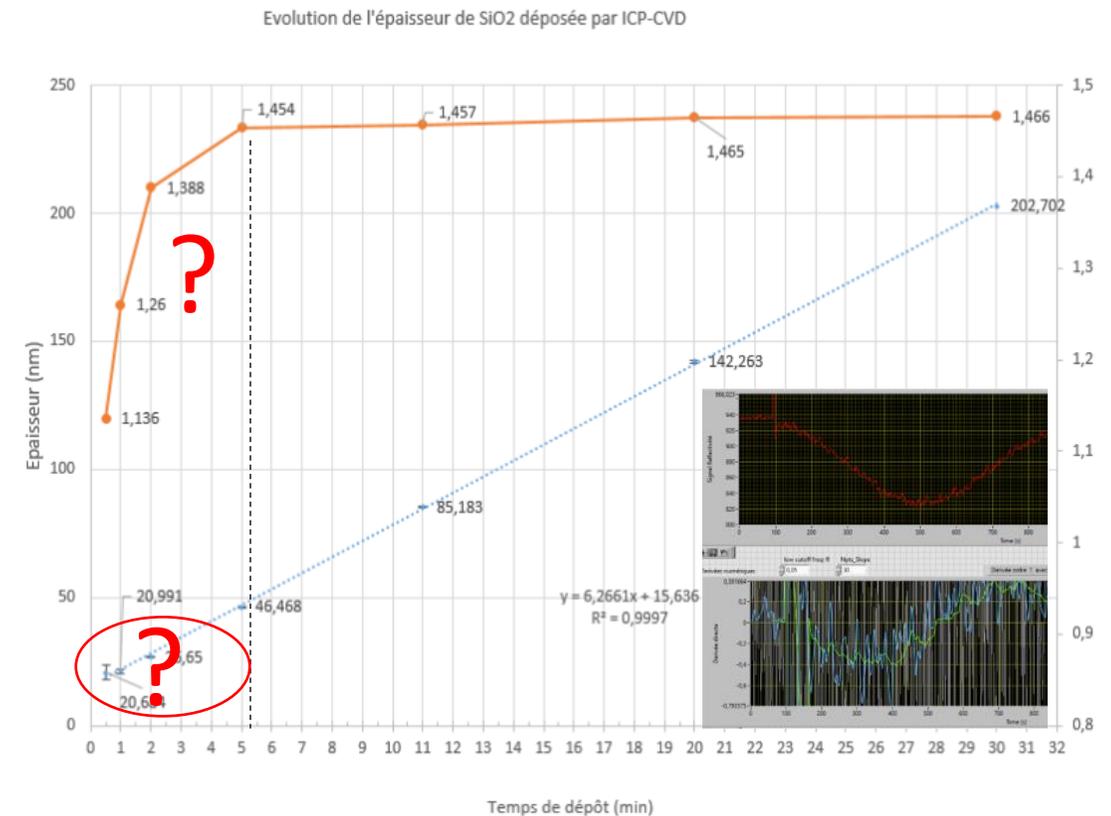
*Pascal Dubreuil*

## Suivi optique vitesse de dépôt (CCP)



✓ 2 régimes cinétiques

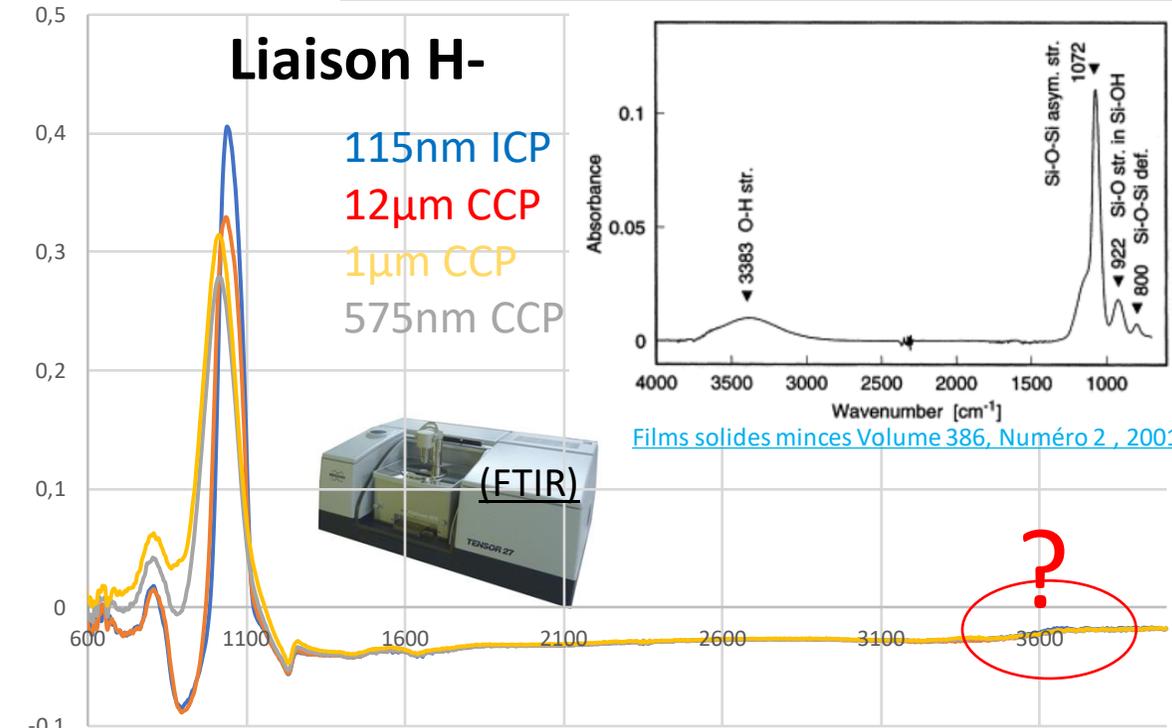
## Suivi optique vitesse de dépôt (ICP)



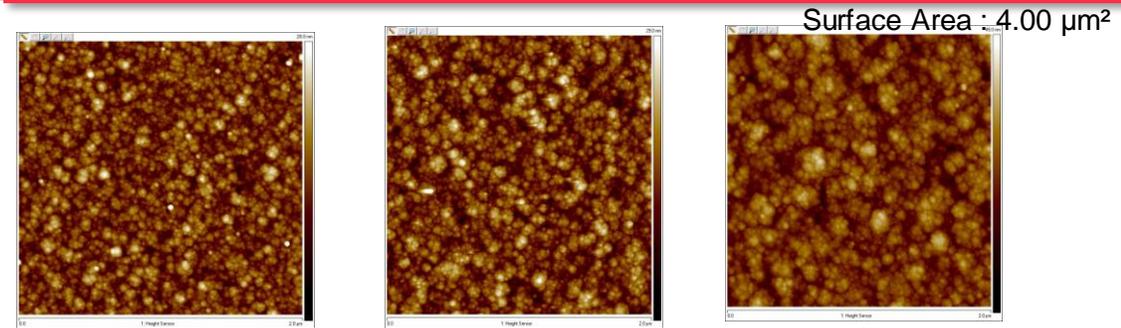
➤ Souci de reproductibilité < 60s (300nm)

➤ Souci de reproductibilité < 300s (40nm)

*Pascal Dubreuil*

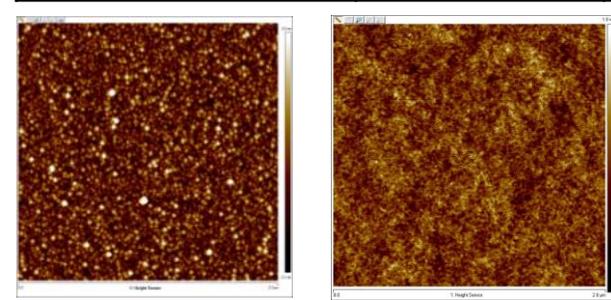


CCP



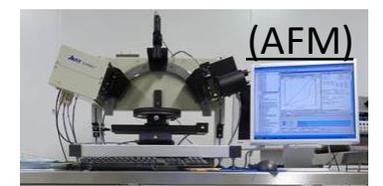
Epaisseur (µm)	RaMoy (nm)	RaMoy (nm)	RaMoy (nm)
1	2,92	3,68	3,67
0,575	2,42	3,11	3,69
12	9,60	11,73	13,66

ICP

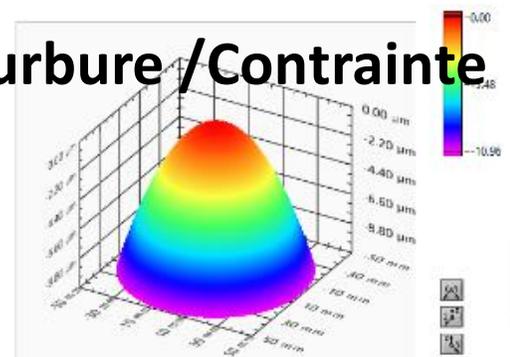


Epaisseur (µm)	RaMoy (nm)	RaMoy (nm)	RaMoy (nm)
0,115	0,56	0,62	0,70
0,200	0,70	0,78	0,82

## Rugosité Rq/Ra



## Courbure / Contrainte



12µm (CCP)  
(σ = -190MPa)



Pascal Dubreuil

- Uniformité sur multi-plaques dans un même run
- Reproductibilité et Uniformité empilement multi couches
- Adapter la contrainte en temps réel
- Adapter le dépôt  $\text{SiO}_x\text{:H}$  sur polymère, matériau « mou »
- Comparer les données, caractéristiques, bonnes pratiques dans Renatech+

The work was partly supported by the French Renatech network

*Pascal Dubreuil*