

# Intéractions hydrogène/surface des semiconducteurs à large bande interdite

---

- **Introduction**
- **Intéractions hydrogène / semiconducteurs**

**Barrière de surface**

**Intéractions hydrogène / défauts**

**Intéractions hydrogène / dopants**

**Réactivité chimique des surfaces**

**Procédé SMART-CUT<sup>®</sup>**

- **Semiconducteurs à large bande interdite**

**Semiconducteur composé (GaN)**

**Diamant**

**T. Kossiniewski**

**M.A. Pinault**

**J. Barjon**

**J.-M. Laroche**

**M. Barbé**

**E. Rzepka**

**D. Ballutaud**

**J. Chevallier**



# Semiconducteurs à large bande interdite

Matériaux	Si	GaAs	GaN	AlN	SiC (3C, 4H et 6H)	Diamant
Paramètre de maille(A)	5.43	5.65	3.189(a) 5.185(c)	3.11(a) 4.98(c)	4.35; 1.07(a), 10.05(c); 3.08(a), 15.117(c)	3.567
E <sub>g</sub> (eV) à 300 K	1.14	1.43	3.4	6.2	2.4; 3.26; 3.10	5.47
Constante diélectrique	11.8	13.2	9	8.5	9.7; 9.7; 9.97	5.7
V <sub>saturation</sub> (x10 <sup>7</sup> cm/s)	1	2	2.5		2.2; 2.0; 2.0	2.7
μ <sub>n</sub> (cm <sup>2</sup> /V.s) à 300 K	1500	8600	2000		1000; 900,1140	2400 [Nav,79] 4500 [Isb, 02]
μ <sub>p</sub> (cm <sup>2</sup> /V.s) à 300 K	480	130	200	14 [Edw, 65]	50; 120; 850	2100 [Nav,79] 3800 [Isb,02]
Champ de claquage (10 <sup>5</sup> V/cm)	3	5	50		20; 30; 30	200 [Isb, 02]
conductivité thermique (W/cm K)	1.5	0.46	1.3	3	3.2; 5; 4.9	24



## Barrière de surface

---

- **Dissociation catalytique à la surface du métal**



surface      volume

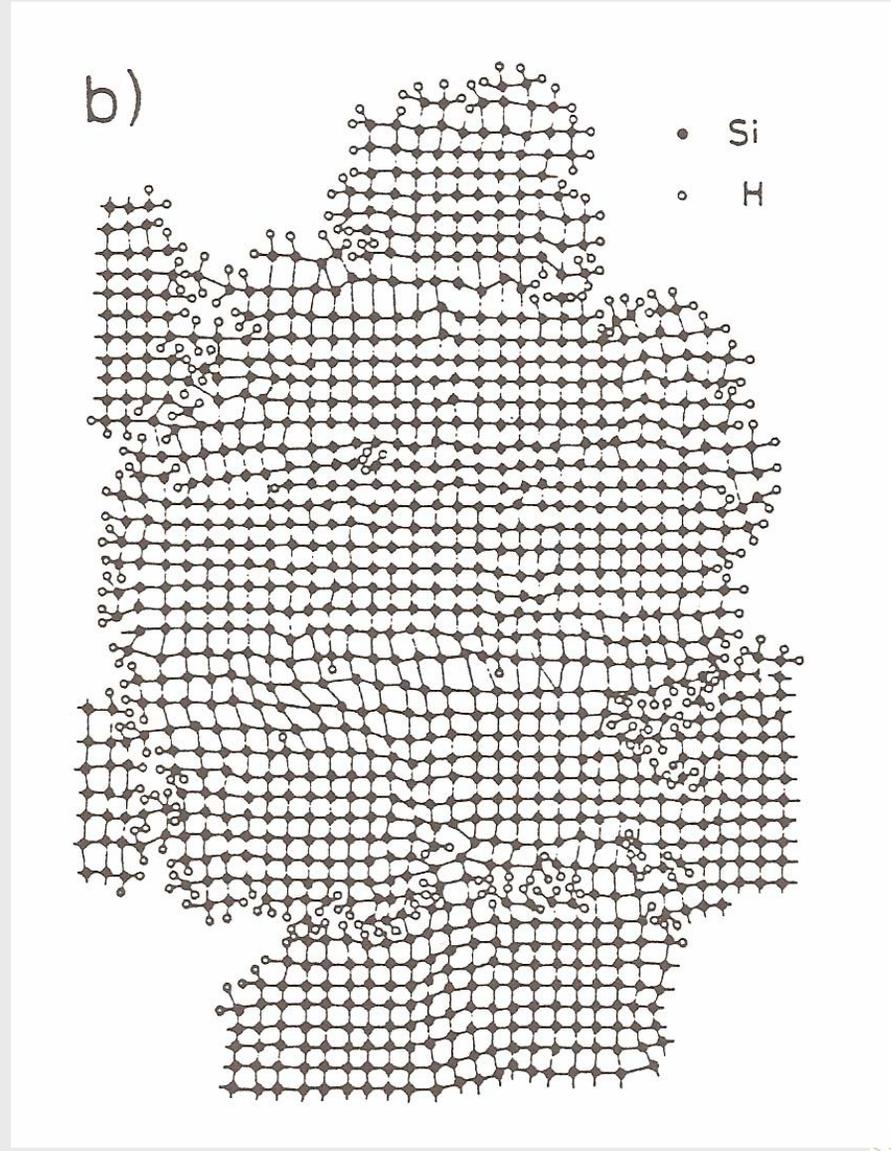
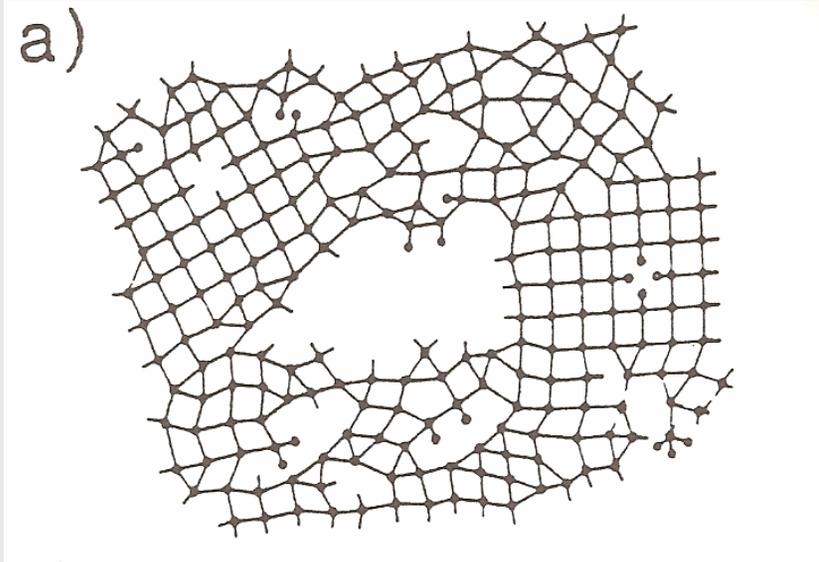
- **A la surface du semiconducteur**

*La dissociation doit être induite par un plasma,  
froid ou thermique*

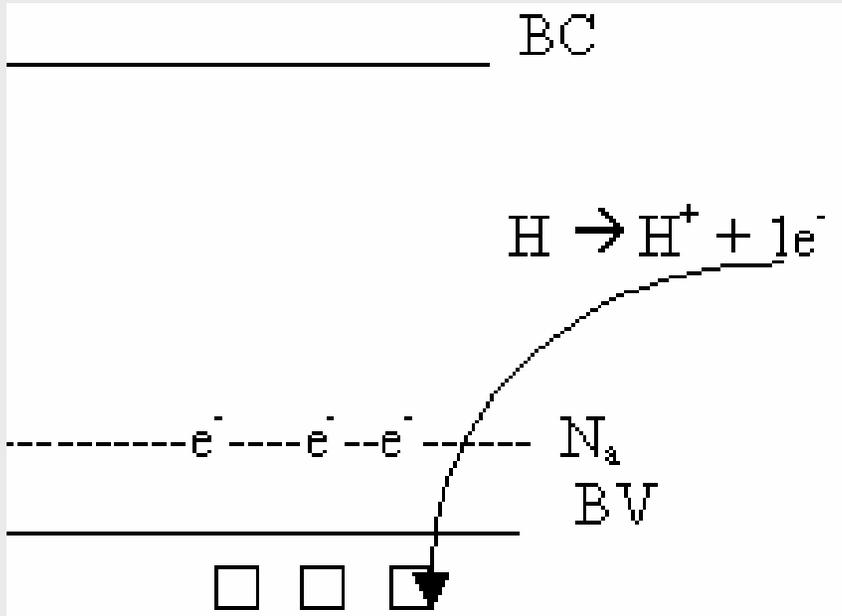


**gravure de la surface et/ou  
diffusion**

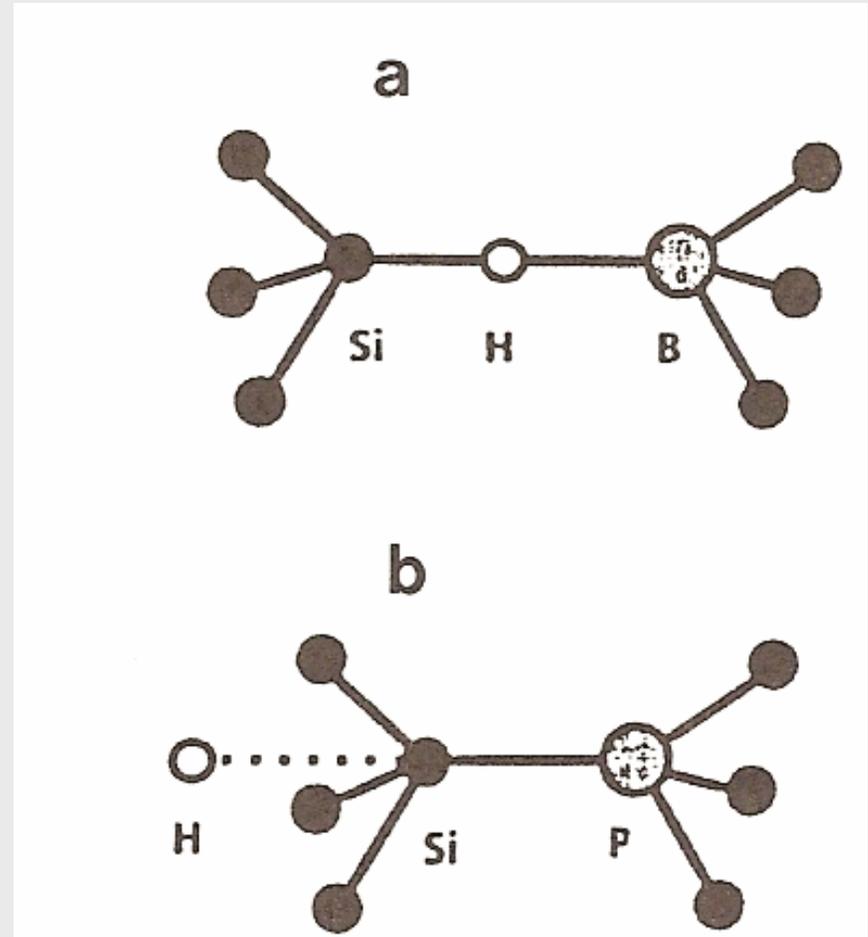
# Intéractions hydrogène / défauts



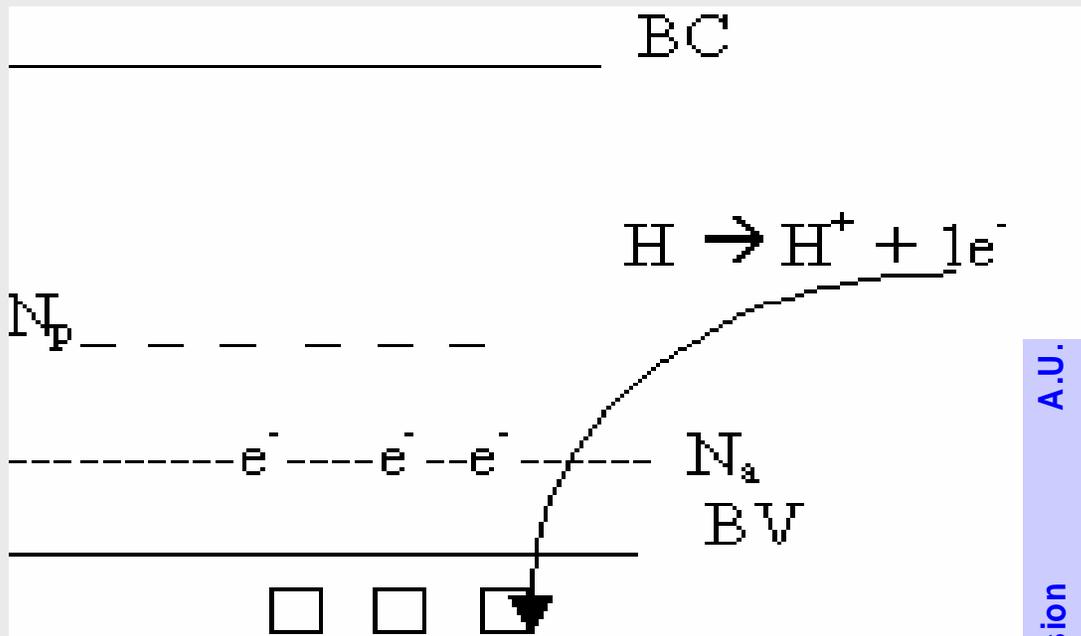
# Intéractions hydrogène / dopants



J. Chevallier et al, Diamond  
and Rel. Mat. **10** (2001) 399



# Intéractions hydrogène / dopants



Dissociation

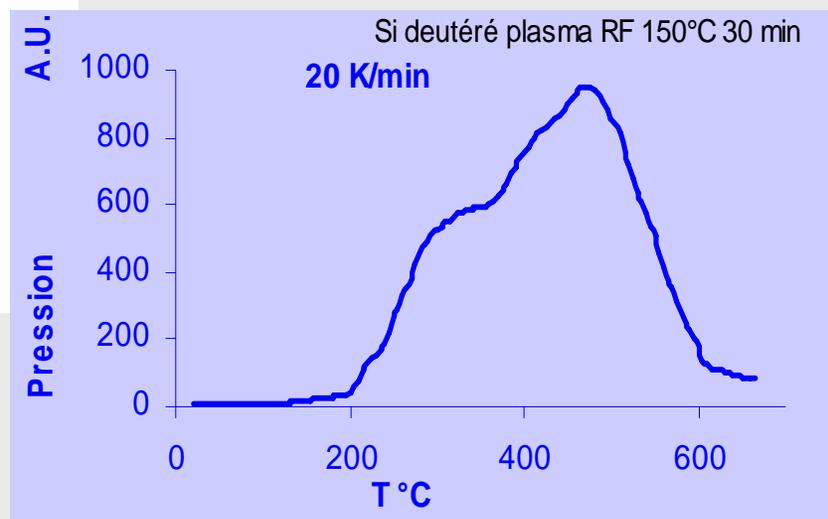
Diffusion

Désorption



Volume

surface



# Réactivité chimique des surfaces

---

## Exposition à un plasma $H_2$ $\mu$ -onde ou RF

- Semiconducteurs de type III-V (GaAs) ou II-VI (CdTe, ZnSe)

*Exposition à  $H_2$   $\rightarrow$  gravure*

*$\rightarrow$  réduction de l'oxyde de surface*

*$\rightarrow$  enrichissement en métal*

*$\rightarrow$  stabilisation par rapport à l'oxydation à l'air*

Ce phénomène décroît lorsque la largeur de bande interdite augmente.

- Semiconducteurs IV (Si et diamant)

*Exposition à  $H_2$   $\rightarrow$  gravure (la vitesse dépend de la nature du plasma et de la présence de traces d'oxygène)*



# Procédé SMART-CUT<sup>®</sup>

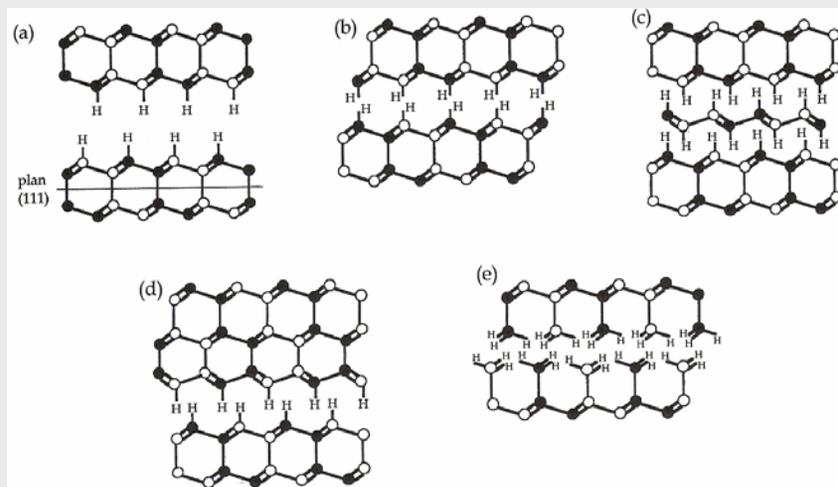
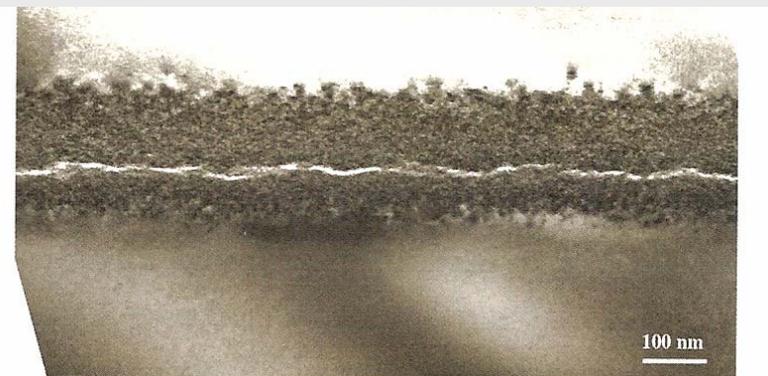
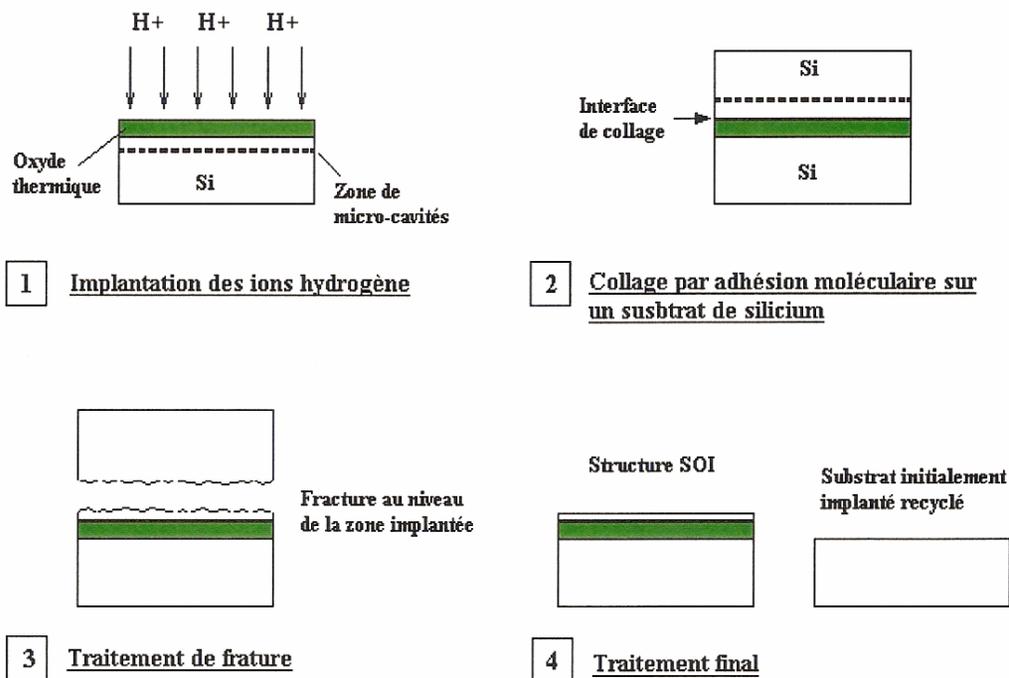
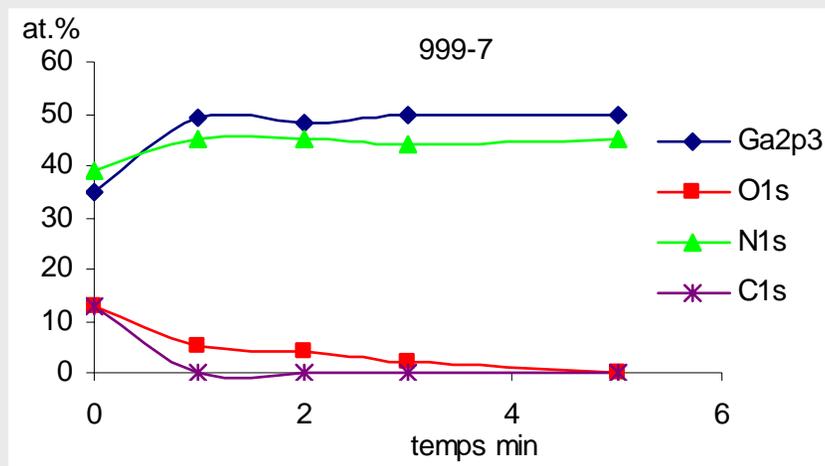


Figure I-9 : Principe du procédé Smart-Cut<sup>®</sup>, développé pour l'élaboration de matériau SOI.

# Semiconducteurs à large bande interdite

## GaN

999-7					
temps min	Ga2p3	O1s	N1s	C1s	
0	35	13	39	13	
1	49	5	45	0	
2	48	4	45	0	
3	50	2	44	0	
5	50	0	45	0	



# Semiconducteurs à large bande interdite

## Diamant –dépôt MPCVD

- Le dépôt de diamant « basse pression basse température » par dépôt chimique en phase vapeur sous plasma micro-onde se produit **hors équilibre thermodynamique**.

*La phase diamant est néanmoins obtenue car:*

- l'hydrogène stabilise la structure  $sp^3$  du carbone en se fixant à la surface sous forme  $CH_3$ .
- la phase graphite est gravée par le plasma d'hydrogène plus rapidement que la phase diamant.

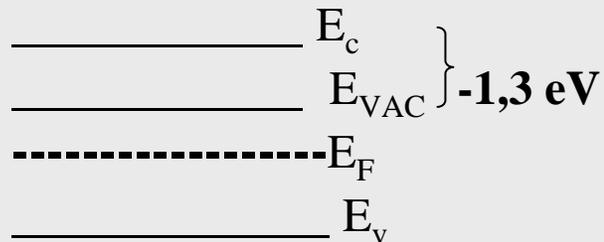
*L. Wang, Thermodynamics of CVD Diamond Deposition Process, Springer, 2004.*



# Semiconducteurs à large bande interdite

## Diamant – Propriétés électriques de la surface

*L'affinité électronique du diamant est négative (d'autant plus que la surface est hydrogénée)*

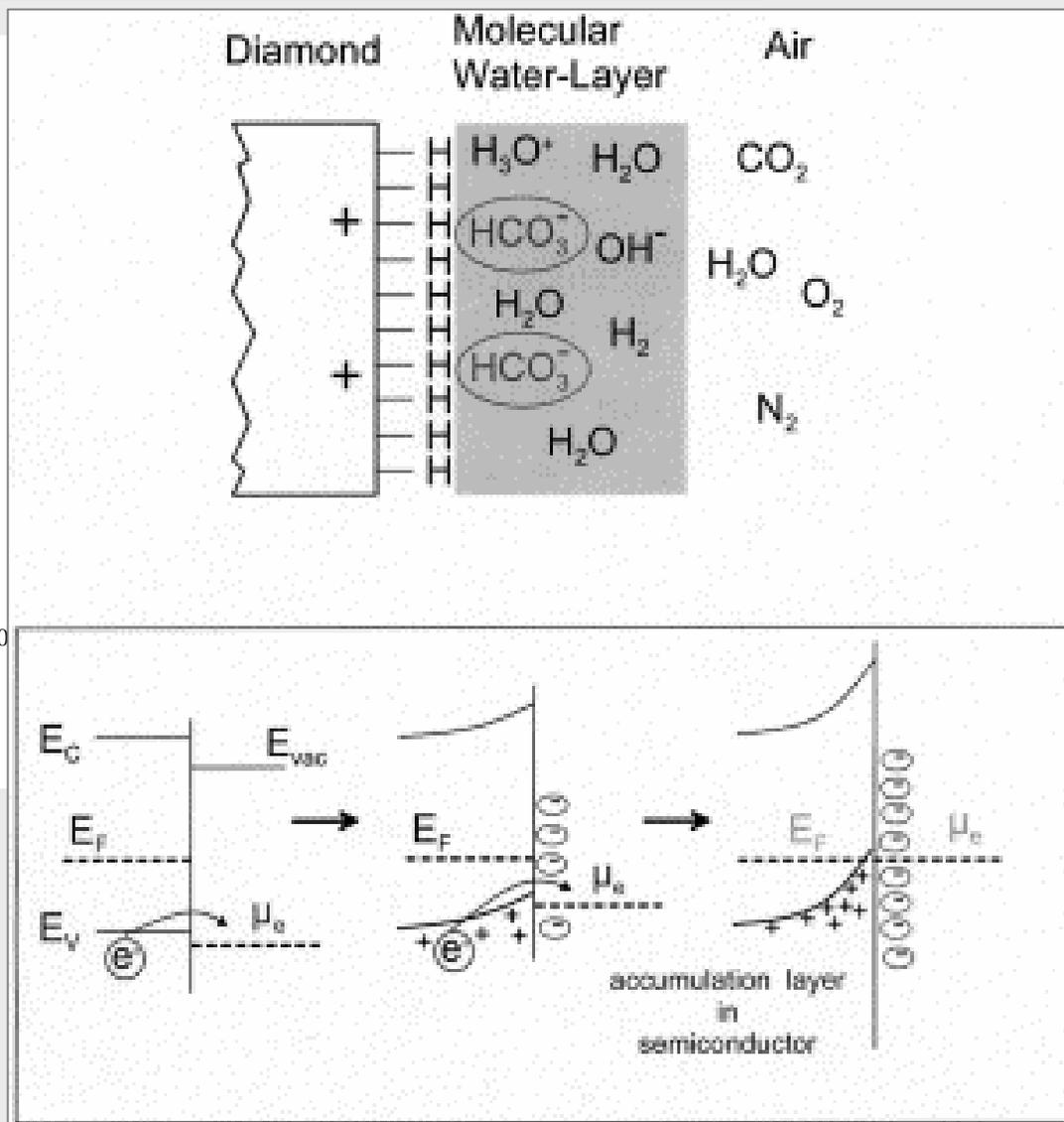
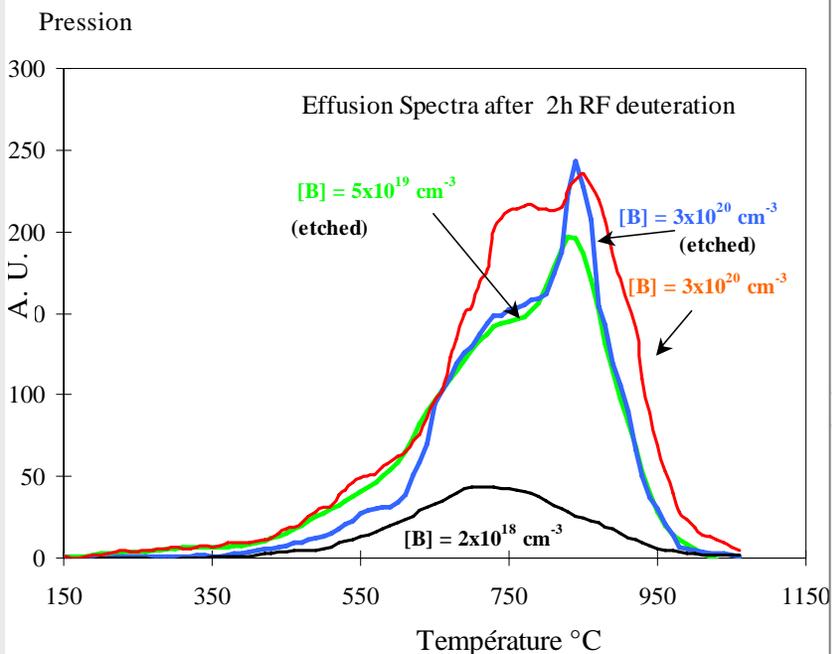


Ristein et al, Diamond and Rel. Mat. 10 (2001) 416.

*La surface hydrogénée du diamant produit une couche superficielle dopée  $p^+$ .*

Surface hydrogénée	(100)	(111)	(110)
reconstruction de surface :	2x1:2H	1x1:H	1x1:2H

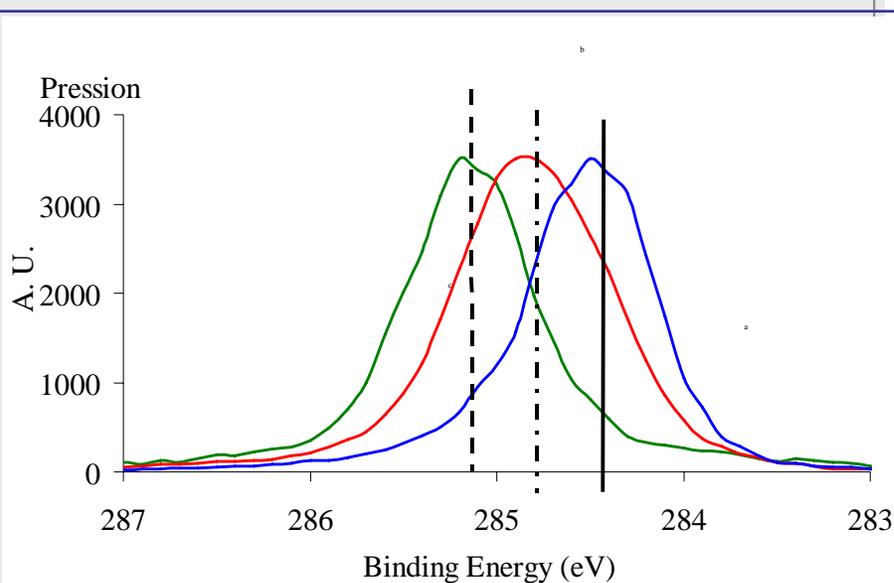
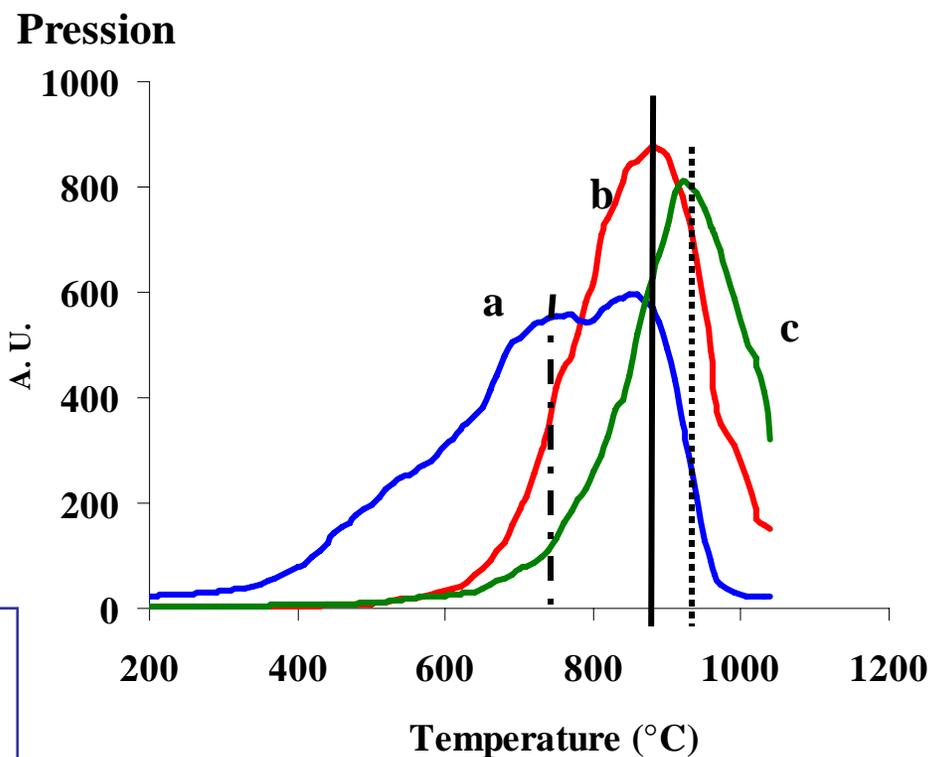
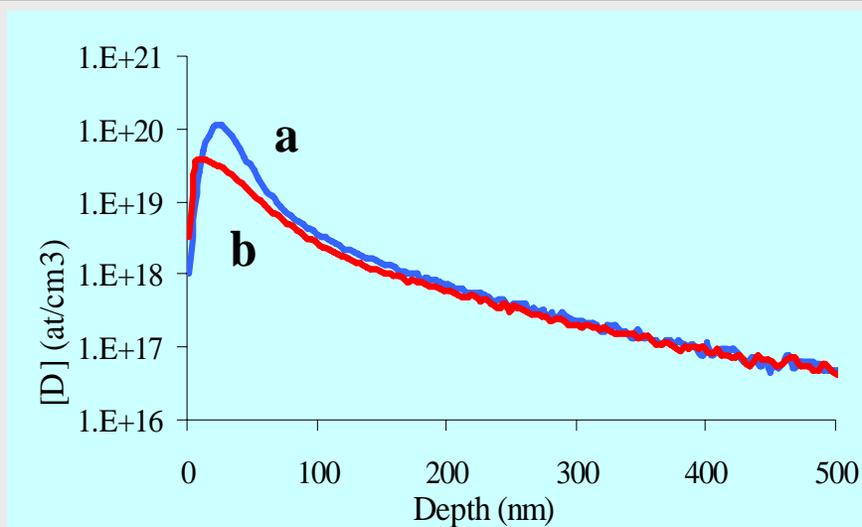
# Diamant – Propriétés électriques de la surface



Ballutaud et al, Diamond and  
Rel. Mat. 9 (2000) 1171



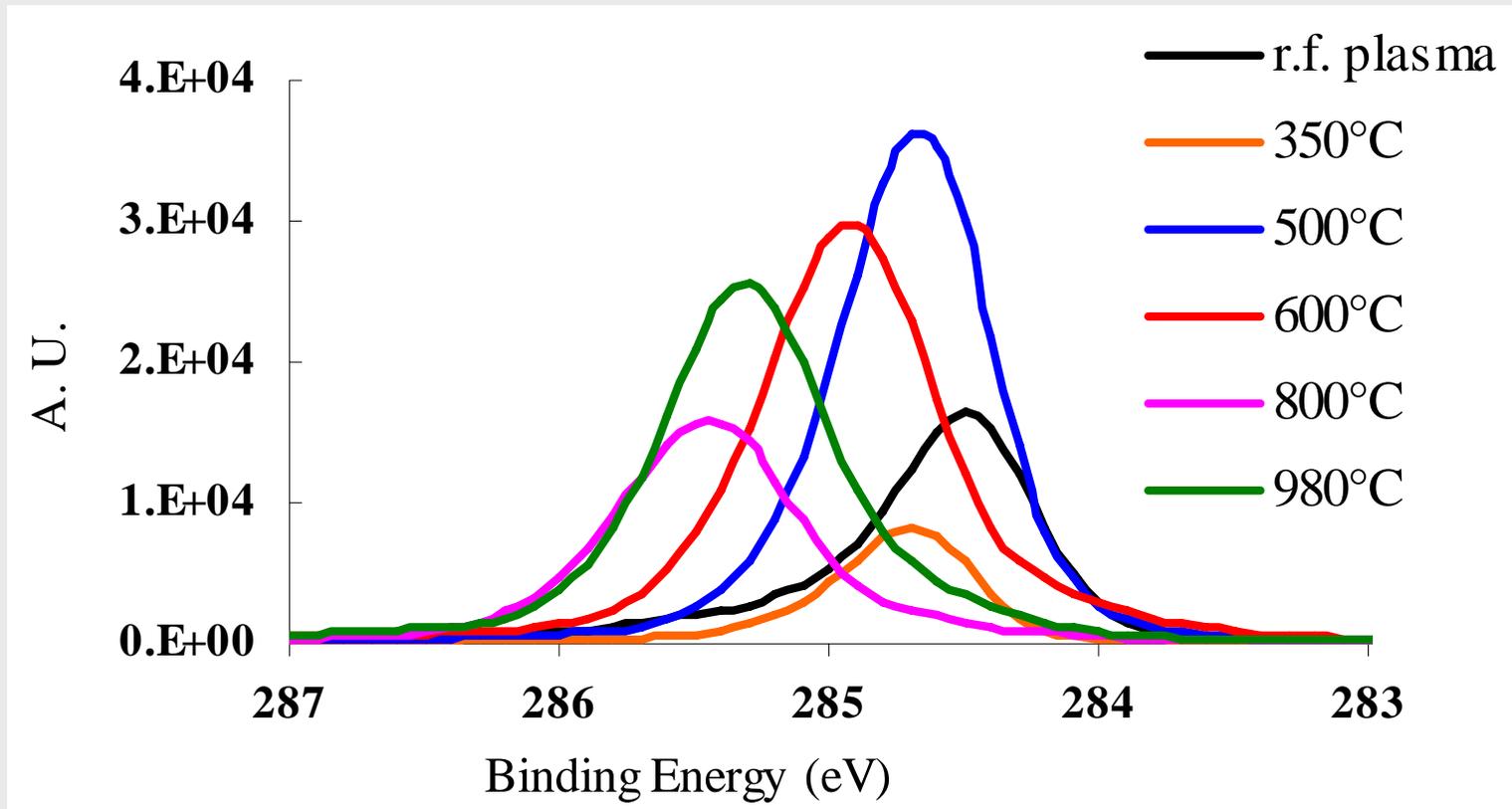
# Diamant – Propriétés électriques de la surface



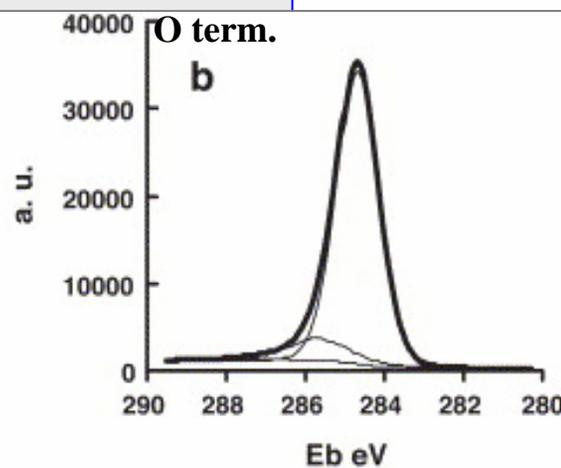
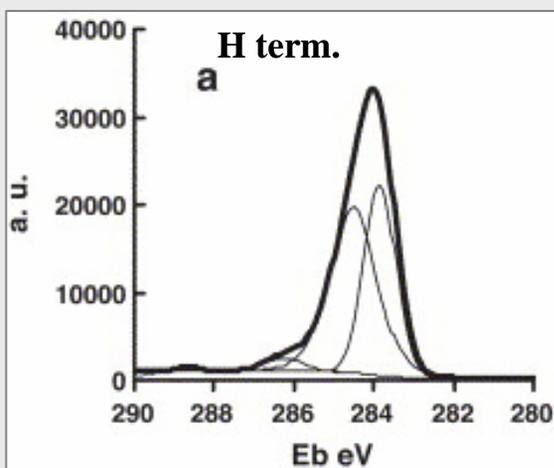
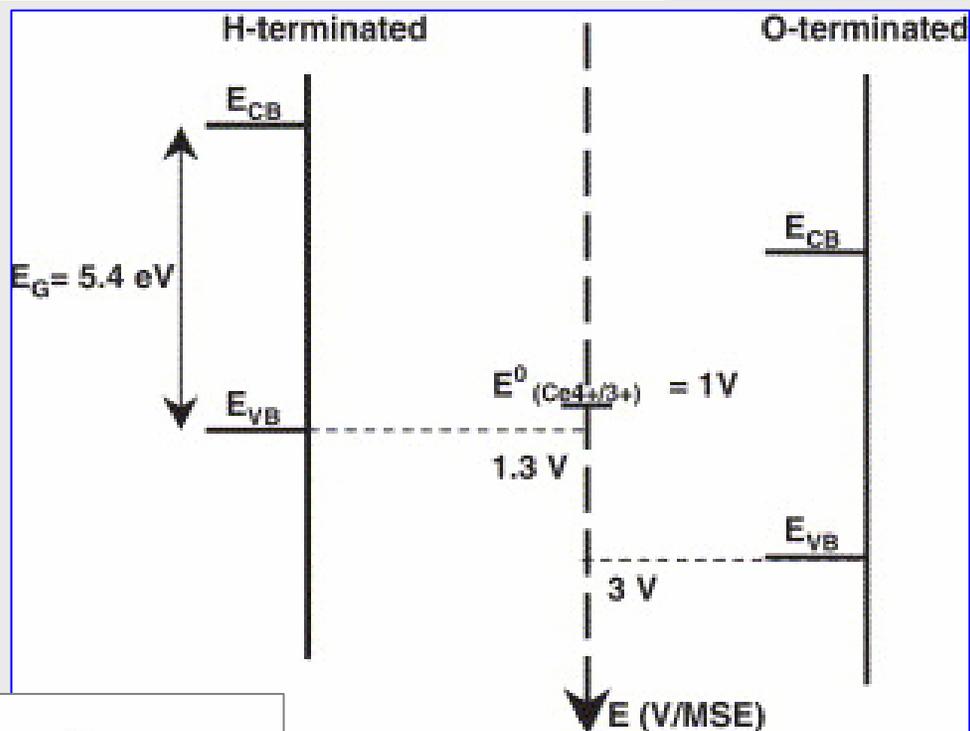
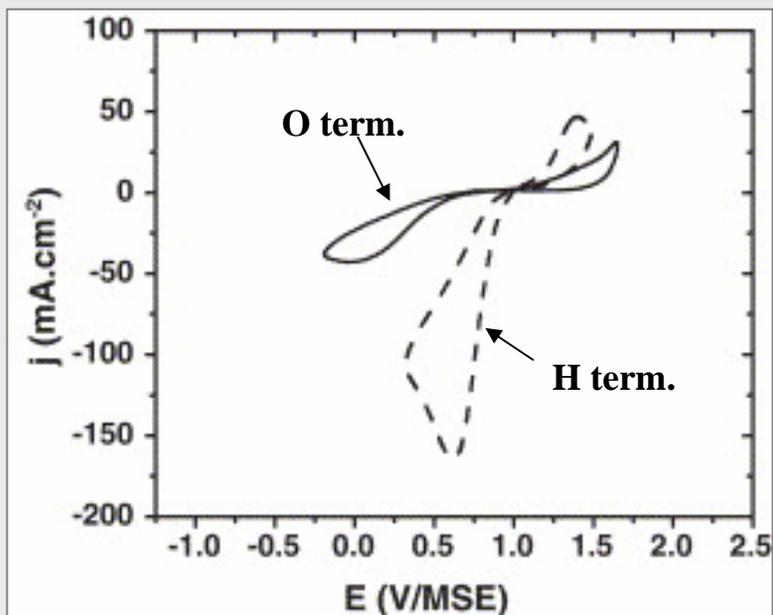
Ballutaud et al, *Diamond and Rel. Mat.* 10 (2001) 405



# Diamant – Propriétés électriques de la surface



# Diamant – Propriétés électriques de la surface



Simon et al, Diamond et  
Rel. Mat. (sous presse)

