

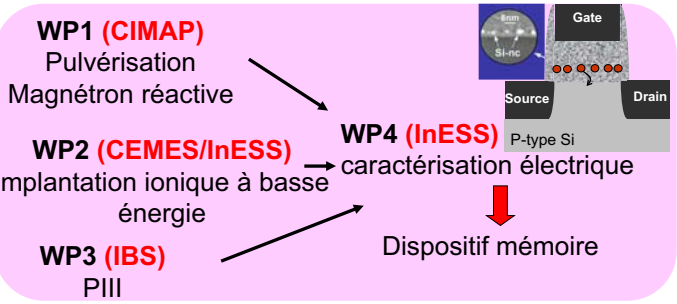
Objectifs

- synthèse de NCs de Si et Ge dans HfSi<sub>x</sub>O<sub>y</sub>N<sub>z</sub>
- utilisation comme oxyde de grille dans des mémoires non volatiles

C. Bonafos, P. E. Coulon, J. Groenen, S. Schamm, G. Ben Assayag, B. Pécassou, C. Crestou, A. Clavierie  
 CEMES/CNRS, 29 rue J. Marvig, Toulouse  
 F. Gourbilleau, L. Khomenkova, C. Dufour, J. Cardin, P. Voivenel, S. Fourbert, C. Frilay  
 CIMAP CNRS/ENSICAEN, 6 Boulevard Maréchal Juin, 14050 Caen  
 M. Carrada, S. Bhabani, A. Slaoui, J.J Grob, S. Roques, M. Amman-Liess, Y. Le Gall, J. Stoquert  
 InESS, 23 Rue du Loess BP 20, 67037 Strasbourg  
 F. Torregrosa, H. Etienne, Y. Spiegel, J. Banti, S. Plane, S. Morata, C. Stroch, L. Roux  
 IBS, ZI Peynier/ Rousset, Rue G. Imbrt Prolongée, 13790 Peynier

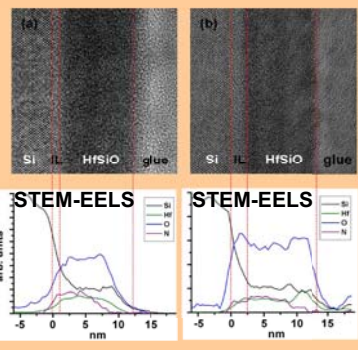
# NanOcristaux dans des MAtrices à forte constante Diélectrique

## Projet n° ANR/PNANO07-0053 – NOMAD



### Couches de HfO<sub>2</sub>/HfSiO par pulvérisation magnétron réactive

- Pulvérisation d'une cible de HfO<sub>2</sub> sur laquelle se trouve une quantité variable de morceaux de Si dans un plasma d'argon
- Procédé basse température de dépôt et faible puissance RF

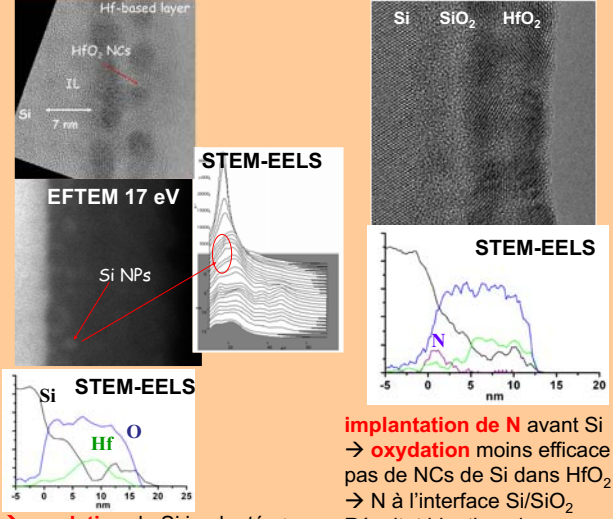


→ Couche interfaciale **mince** (~2.5 nm)  
 → La couche high-k reste **amorphe** même après recuit à 800 °C

STEM-EELS: Concentration en Si de **20%**

### NCs de Si par II à basse énergie

- Implantation ionique de Si à basse énergie (3-5 keV, 20 % at.) dans des couches de HfO<sub>2</sub> (7 à 9 nm)
- RTA 1000° 30 s sous N<sub>2</sub> pour la précipitation du Si

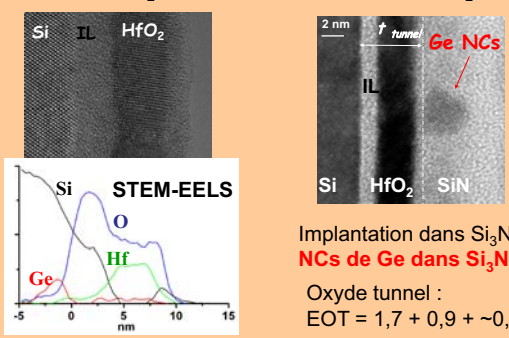


**implantation de N** avant Si → **oxydation** moins efficace mais pas de NCs de Si dans HfO<sub>2</sub>  
 → N à l'interface Si/SiO<sub>2</sub>  
 Résultat identique lorsque, pour réduire l'oxydation du Si, (i) on l'implante à travers SiN, (ii) dans HfSiON ou (iii) avec un recuit NH<sub>3</sub>

→ **oxydation** du Si implanté => **NCs de HfO<sub>2</sub> dans SiO<sub>2</sub>**  
 → formation de **NPs de Si** dans la couche interfaciale SiO<sub>2</sub> (7 nm)

### NCs de Ge par II à basse énergie

- Implantation ionique de Ge à basse énergie (5 keV, 15 % at.) dans des couches de HfO<sub>2</sub> et dans des couches SiN/HfO<sub>2</sub>
- recuit 800° 30 min sous N<sub>2</sub> pour la précipitation du Ge



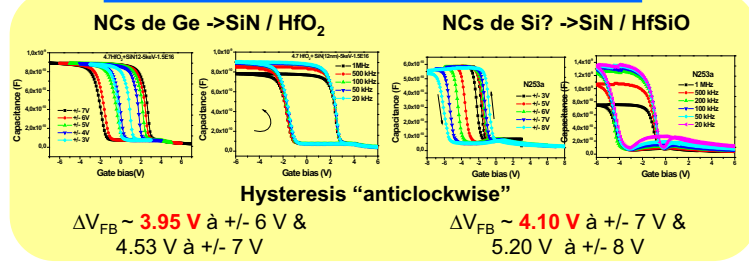
Implantation dans Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>/HfO<sub>2</sub> : **NCs de Ge dans Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>**  
 Oxyde tunnel : EOT = 1,7 + 0,9 + ~0,4 = ~3.0 nm

Après implantation, **pas de Ge** dans HfO<sub>2</sub>  
 → Ge migre à l'interface Si/SiO<sub>2</sub>

### Conclusions

- Fabrication par pulvérisation magnétron réactive de couches minces de HfSiO amorphes
- Oxydation du Si implanté dans HfO<sub>2</sub>
- Ge implanté dans HfO<sub>2</sub> diffuse à l'interface avec le substrat
- Solution: Ncs de Ge dans des structures alternatives SiN/HfO<sub>2</sub> (et de Si dans SiN/HfSiO) → propriétés électriques prometteuses
- En cours: fabrication de Nps d'Ag directement dans HfO<sub>2</sub> par II à basse énergie

### Caractérisation électrique



contact: [bonafos@cemes.fr](mailto:bonafos@cemes.fr)