IRAMIS : Institut Rayonnement Matlère de Saclay

Saclay

SPEC/LENSIS

Films ferroélectriques HfO2 : d'une compéhension fondamentale aux dispositifs optimisés à basse consommation d'énergie

Spécialité Physique des matériaux

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil SPEC/LENSIS

Candidature avant le 17/04/2023

Durée 5 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact BARRETT Nick
+33 1 69 08 32 72
nick.barrett@cea.fr

Autre lien https://www.lensislab.com/

Résumé

Nous utiliserons la caractérisation avancée des matériaux operando pour tracer une voie d'optimisation des dispositifs ferroélectriques par ingénierie des matériaux.

Sujet détaillé

La ferroélectricité dans les couches minces de HfO2 dopées, dans les conditions de contrainte et de température a été publiée en 2011, générant un fort intérêt dans la communauté de recherche et de développement des nouvelles technologies de mémoires non-volatiles [Böscke2011].

Grâce à la compatibilité CMOS et au potentiel de mise à l'échelle et d'intégration 3D, il s'agit non seulement d'une percée par rapport aux dispositifs ferroélectriques (FE) conventionnels à base de pérovskite, mais aussi d'une révolution du point de vue des applications [Mikolajick2021].

Par rapport aux technologies telles que les mémoires flash ou résistives, à changement de phase et magnétiques, les mémoires FE sont intrinsèquement à faible consommation d'énergie : l'inversion de la polarisation électrique qui code l'information est trois ordres de grandeur plus efficace sur le plan énergétique que les concurrents les plus proches. Cependant, pour accroître la maturité technologique, il faut comprendre l'influence des dopants et des défauts sur les performances des dispositifs.

Nous utiliserons la caractérisation avancée des matériaux operando pour tracer une voie d'optimisation des dispositifs par l'ingénierie fondamentale des matériaux. Le travail de stage sera effectué en étroite collaboration (https://www.3eferro.eu/) entre les laboratoires des divisions Recherche et Tech du CEA, respectivement, IRAMIS/SPEC/LENSIS (https://www.lensislab.com/) et LETI/DCOS/S3C/LDMC.

La spectroscopie photoélectronique à rayons X en laboratoire et éventuellement en synchrotron sera utilisée pour sonder la chimie de l'interface, la structure électronique et la concentration en vacance d'oxygène en fonction du cycle opérationnel [Hamouda2020], à corréler avec les caractéristiques électriques.

La réussite de ce stage donnera lieu à une thèse de doctorat déjà financée, à la pointe de ce domaine crucial pour l'électronique de faible puissance.

Références
[Boescke2011] T. S. Böscke et al, Appl. Phys. Lett. 99, 102903 (2011).
[Francois2021] T. Francois et al, IEDM 2021 Trans. Electron Devices 2022
[Mikolajick2021] T. Mikolajick, U. Schroeder, M.H. Park, Appl. Phys. Lett. 118, 180402 (2021)
[Hamouda2020] W. Hamouda et al, J. Appl. Phys. 127, 064105 (2020).

Mots clés

Ferroélectricité, électronique à faible puissance, operando

Compétences

Logiciels

Igor Pro Python ImageJ

Hafnium oxide ferroelectric films: from fundamental understanding to optimized, low power devices

Summary

We will use advanced operando materials characterization to trace a path for ferroelectric device optimization by fundamental materials engineering.

Full description

Ferroelectricity in doped HfO2 thin films under appropriate strain and annealing conditions was reported for the first time 10 years ago generating strong interest in the non-volatile memory community [Boescke2011].

Thanks to CMOS compatibility and potential for scaling and 3D integration, it is not only a breakthrough with respect to conventional perovskite-based ferroelectric (FE) devices but also a revolution from an application prospective [Mikolajick2021].

Compared to technologies like Flash or resistive, phase change and magnetic memories, FE memories are intrinsically low power: reversing the electrical polarization which encodes the information is three orders of magnitude more energy efficient than the nearest competitors.

However, increasing the technological maturity requires understanding the influence of dopants and defects on device performance.

We will use advanced operando materials characterization to trace a path for device optimization by fundamental materials engineering.

The internship work will be done in close collaboration (https://www.3eferro.eu/) between laboratories of the CEA Research and Tech divisions, respectively, IRAMIS/SPEC/LENSIS (https://www.lensislab.com/) and LETI/DCOS/S3C/LDMC.

X-ray photoelectron spectroscopy in laboratory and possibly synchrotron environments will be used to probe the interface chemistry, electronic structure and oxygen vacancy concentration as a function of operational cycling [Hamouda2020], to be correlated with the electrical characteristics.

The successful internship work will give rise to an already funded PhD thesis at the forefront of this crucial field for low power electronics.

References
[Boescke2011] T. S. Böscke et al., Appl. Phys. Lett. 99, 102903 (2011).
[Francois2021] T. Francois et al., IEDM 2021 Trans. Electron Devices 2022
[Mikolajick2021] T. Mikolajick, U. Schroeder, M.H. Park, Appl. Phys. Lett. 118, 180402 (2021)
[Hamouda2020] W. Hamouda et al., J. Appl. Phys. 127, 064105 (2020

Keywords

Ferroelectricity, low power electronics, operando

Skills

X-ray photoelectron spectroscopy Electrical measurements Piez-response force microscopy Photoemission electron microscopy

Softwares

Igor Pro Python ImageJ