Memcapacitors ferroélectriques fonctionnels pour l'électronique cryogénique

Numéro de la fiche : OPR-1427

Sommaire

DIRECTION DE RECHERCHE

Dominique Drouin, Professeur - Département de génie électrique et de génie informatique

RENSEIGNEMENTS

dominique.drouin@usherbrooke.ca

UNITÉ(S) ADMINISTRATIVE(S)

Faculté de génie
Département de génie chimique et de génie biotechnologique
Département de génie électrique et de génie informatique
Département de génie mécanique
Institut interdisciplinaire d'innovation technologique (3IT)
Institut quantique

CYCLE(S)

3e cycle

LIEU(X)

3IT - Institut interdisciplinaire d'innovation technologique
Institut Quantique Sherbrooke

Description du projet

Contexte : Les avancées récentes en informatique quantique ont confirmé le potentiel de différentes plateformes, des circuits supraconducteurs aux qubits de spin basés sur des boîtes quantiques sur Si ou Ge. Ces derniers constituent une approche particulièrement attractive car ils s'appuient directement sur les technologies CMOS, ouvrant la voie à des processeurs quantiques compatibles avec les chaînes de fabrication industrielles existantes.
Cependant, la mise à l'échelle industrielle de ces architectures est aujourd'hui limitée par la complexité du contrôle cryogénique : le grand nombre de lignes de câblage, la consommation énergétique et les procédures de réglage manuelles constituent des freins majeurs à l'intégration de milliers de qubits sur une puce. Pour lever ces verrous, il est indispensable d'intégrer des fonctions de contrôle et de réglage directement au froid, au plus près des qubits, tout en respectant les contraintes de compatibilité CMOS et de faible consommation. Dans ce contexte, les memcapacitors ferroélectriques à base de $HfZrO_2$ (HZO) représentent une solution technologique prometteuse. Non volatils, réglables de manière analogique et compatibles avec les procédés industriels avancés, ils offrent une voie réaliste vers une électronique cryogénique intégrée, compacte et scalable, adaptée aux exigences d'un déploiement industriel du calcul quantique. Leur fonctionnement et leur fiabilité en régime cryogénique profond restent toutefois à démontrer.

Sujet : Le projet de cette thèse vise à étudier le fonctionnement de memcapacitors ferroélectriques en environnement cryogénique et à évaluer leur potentiel pour le contrôle et le réglage de qubits semi conducteurs. L'objectif est de démontrer que ces composants non volatils, à réglage analogique et à faible consommation, peuvent constituer une brique technologique clé de l'électronique de contrôle intégrée au froid, indispensable au calcul quantique scalable.
Soutenue par l'expertise du 3IT et de l'Institut Quantique (IQ), la personne recrutée sera en charge de :

(i) Concevoir et fabriquer des memcapacitors ferroélectriques $HfZrO_2$ compatibles cryogénie, incluant des dispositifs individuels et des

réseaux en crossbar, avec intégration d'électrodes supraconductrices (TiN, NbN) afin d'améliorer l'intégrité du signal et la scalabilité ;
(ii) Réaliser les procédés de micro‑ et nanofabrication associés (lithographie, gravure sèche, passivation) ainsi que les caractérisations physico‑chimiques et morphologiques (AFM, SEM, TEM) pour valider la qualité et la stabilité des dispositifs ;
(iii) Conduire des caractérisations électriques complètes à température ambiante puis en environnement cryogénique profond (jusqu'à ~20 mK), incluant l'étude de l'hystérésis capacitive, de la rétention, de l'endurance, de la programmation analogique et des sources de bruit ;
(iv) Analyser l'impact des interconnexions supraconductrices sur les performances et la fiabilité des memcapacitors, et évaluer leur potentiel pour l'adaptation d'impédance et le contrôle de qubits semi‑conducteurs.

À l'issue de cette thèse, le candidat aura démontré des memcapacitors ferroélectriques pleinement fonctionnels en régime cryogénique, posant ainsi les bases d'une électronique de contrôle intégrée, compacte et manufacturable pour les processeurs quantiques semi conducteurs de nouvelle génération.

Environnement de travail : Le projet sera réalisé sous la direction de professeur Dominique Drouin. Le travail sera effectué principalement à l'Institut Interdisciplinaire d'Innovation Technologique (3IT) et à l'Institut Quantique (IQ) de l'UdeS. Le 3IT est un institut unique au Canada, spécialisé dans la recherche et le développement de technologies innovantes pour l'énergie, l'électronique, la robotique et la santé. L'IQ est un institut de pointe ayant pour mission d'inventer les technologies quantiques de demain et de les transférer en milieu industriel. La personne bénéficiera d'un environnement de recherche exceptionnel où le personnel étudiant, professionnel, professoral travaillent conjointement pour développer les technologies futures de l'IA et du CQ.

Profil recherché :
• Spécialisation en nanotechnologie, génie électrique ou science des matériaux
• Atouts : connaissances en nanofabrication, mémoires résistives, calcul en mémoire, mesures cryogéniques
• Forte capacité d'adaptation, d'autonomie, de travail en équipe et de résolution de problèmes
• Intérêt prononcé pour la conception, le travail expérimental en salle blanche, la R&D interdisciplinaire
• Français et anglais courant
Documents à fournir à inpaqt@usherbrooke.ca: Lettre, CV avec liste de publications et références

Discipline(s) par secteur

Sciences naturelles et génie

Génie chimique, Génie électrique et génie électronique, Génie mécanique

Financement offert

À discuter

La dernière mise à jour a été faite le 30 juin 2026. L'Université se réserve le droit de modifier ses projets sans préavis.