

Université de Sherbrooke

Plan de cours- Automne 2023

Faculté des Sciences

Département de Physique

Cours : Nanoélectronique quantique et qubits de spins

Sigle : PHY735

Crédits : 3

Place du cours dans le programme : Maîtrise recherche, Maîtrise cours, Doctorat

Type de cours : Option

Cours préalable : PHQ634

Professeure : Eva Dupont-Ferrier

Bureau : D2-1117

Tel : 819 821 8000 poste 66715

Courriel : Eva.dupont-ferrier@sherbrooke.ca

Disponibilités : en semaine sur rendez-vous

Correcteur : J. Rivard

Mise en contexte du cours

Le cours PHY735 est un cours à option dans le cadre de la maîtrise cours, cheminement en sciences et technologie quantique. Il est également ouvert aux étudiants et étudiantes de la maîtrise recherche ainsi qu'aux personnes effectuant un doctorat. Des bases en physique du solide, physique des semiconducteurs et mécanique quantique sont souhaitables.

Objectifs généraux

Acquérir les notions essentielles à la compréhension du fonctionnement de dispositifs utilisés en nanoélectronique quantique. Se familiariser avec les aspects fabrication et de mise à l'échelle.

Objectifs spécifiques

A la fin de cours l'étudiant ou l'étudiante devra être en mesure :

- de comprendre les mécanismes à la base du fonctionnement des dispositifs nanoélectroniques
- d'analyser les dispositifs à base de qubit de charge et de spin et les enjeux liés aux mécanismes de décohérence
- d'acquérir une vision globale sur les problématiques de microélectronique, nanoélectronique et qubits de spin
- de suivre les dernières avancées de la recherche en nanoélectronique et de les analyser de façon critique

Plan détaillé de la matière

1.1.Introduction aux concepts du cours et aux systèmes pour l'information quantique

Temps de cohérence et temps de manipulation, système extensibles, critères Di Vincenzo

1.2 De l'électronique classique à l'électronique quantique

Élément de base de l'électronique classique le transistor MOS classique: Concepts de base et équation du courant en régime linéaire et en régime de saturation

2. Évolution de la microélectronique et état de l'art

Évolution de la taille : Loi Moore, limitations, étapes clés des développements technologiques : FDSOI, FinFET, high k, DIBL, Si contraint, ...

3. Transistor monoélectronique

Introduction : du classique au quantique, intérêt et applications classiques et quantiques

4. Blocage de Coulomb II

Modèle orthodoxe, dot métallique vs niveaux discrets, diagramme de stabilité

5. Blocage de Coulomb III

Évolution pic en régime linéaire, en température, régime non linéaire, fabrication des dispositifs

6. Qubit de charge

Dispositifs, cas de couplage de qubits de charge, détermination du temps de cohérence

7. Qubit de spin I

Sphère de Bloch, lecture du spin électronique via la conversion spin-charge, lecture du spin nucléaire, mesures QND

8. Qubit de Spin II

Manipulation de spin: ESR, le couplage spin-orbite, manipulation électrique, cas du spin nucléaire

9. Mesures de spins uniques et mesures d'ensembles

NMR, T1, T2, T2*, Hahn echo, Ramsey, CPMG, ...

10. Autres technologies de qubits

11. Systèmes hybrides pour l'extension à grande échelle

12. Révisions- Synthèse

13. Exposés

Méthode pédagogique

Le cours consistera en exposés magistraux et résolutions de problèmes en classe.

Évaluation

- Devoir 20%
- Rapport 30%
- Exposé oral 50%

La date de remise du rapport et devoir sera convenue avec la professeure durant le cours. Tout délai non justifié pour la remise des travaux entrainera une pénalité de 5% par jour de retard.

Le rapport, du style PRL, sera de 3000 mots maximum (excluant les légendes des figures et la bibliographie). L'exposé oral, d'une durée de 20 minutes, sera présenté devant la professeure et l'ensemble du groupe et suivi d'une période de questions de 20 minutes, elle aura lieu à la fin de la session la date de passage exacte sera déterminée en cours de session.

Références

Les références sont disponibles sur le site Moodle.