IRAMIS : Institut Rayonnement Matlère de Saclay

Saclay

SPEC/GQ

"Structure fine" d'un circuit supraconducteur: manipulation du spin d'un électron unique

Spécialité Physique de la matière condensée

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil SPEC/GQ

Candidature avant le 04/04/2020

Durée 6 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact POTHIER Hugues
+33 1 69 08 55 29
hugues.pothier@cea.fr

Résumé

Nous concevons et fabriquons des circuits supraconducteurs dont le comportement est déterminé par les lois de la mécanique quantique. Pour un stage avant la thèse, nous proposons de réaliser des expériences visant à la manipulation cohérente du spin d'une quasiparticule unique.

Sujet détaillé

Nous concevons et fabriquons des circuits supraconducteurs dont le comportement est déterminé par les lois de la mécanique quantique. Pour un stage avant la thèse, nous proposons de réaliser des expériences visant à la manipulation cohérente du spin d'une quasiparticule unique.

Dans la pratique, nous utilisons des nanofils semiconducteurs couverts d'une coque supraconductrice. Cette coque est retirée sur une petite section du fil, ce qui se traduit par un spectre discret d'états quantiques dans la section découverte. Nous avons récemment montré que, du fait de l'interaction spin-orbite dans le semiconducteur, ce spectre présente une structure fine analogue à celle du spectre des atomes [1]. Pendant le stage, la manipulation quantique du spin d'une quasiparticule unique sera réalisée en utilisant les techniques de l'électrodynamique quantique en circuits. Ces expériences donneront accès au temps de vie et au temps de cohérence des états.

Nous prévoyons aussi de tester la prédiction récente d'une transition de phase sous champ magnétique dans les nanofils couverts d'une coque supraconductrice [2]. Une phase topologique comportant des fermions de Majorana devrait être accessible, et révélée par la spectroscopie du circuit.

Nous cherchons une étudiante ou un étudiant fortement motivé ayant une bonne compréhension de la mécanique quantique. Elle/Il sera intégrée dans un groupe de recherche très actif en électronique quantique, et se familiarisera avec des concepts avancés de mécanique quantique et de supraconductivité. Il/Elle apprendra aussi plusieurs techniques expériementales: les mesures à basse température, bas bruit, dans le domaine des micro-ondes, ainsi que la nanofabrication.

[1] L. Tosi et al., “Spin-Orbit Splitting of Andreev States Revealed by Microwave Spectroscopy”, Phys. Rev. X 9, 011010 (2019).
[2] R. Lutchyn et al., “Topological superconductivity in full shell proximitized nanowires” arXiv :1809.05512 (2018).

Mots clés

Ingénierie quantique, supraconductivité

Compétences

Mesures à basse température, bas bruit, dans le domaine des micro-ondes, nanofabrication

Logiciels

Python, mathematica, Igor

“Fine structure” of a superconducting circuit: Manipulation of the spin of a single electron

Summary

We design and fabricate superconducting circuits that are ruled by the laws of quantum mechanics. In this internship, we propose to carry out experiments aiming at the quantum coherent manipulation of the spin of a single quasiparticle excitation.

Full description

We design and fabricate superconducting circuits that are ruled by the laws of quantum mechanics. In this internship, we propose to carry out experiments aiming at the quantum coherent manipulation of the spin of a single quasiparticle excitation.

In practice, we use semiconducting nanowires covered with a superconducting shell. The shell is removed in a small section of the nanowire, giving rise to a spectrum of quantized electronic levels in the superconductor-free section. We have recently shown that, due to the spin-orbit interaction in the semiconductor, this spectrum presents a fine structure similar to that of electronic states in atoms [1]. During the internship, the quantum manipulation of the spin of a single electron in the nanowire will be realized using circuit quantum electrodynamics techniques. This will give access to the lifetime and quantum coherence time of the states.

We also plan to test the recent prediction of a magnetic-field-driven phase transition in nanowires fully covered with a superconductor [2]. A topological phase supporting Majorana fermions could be reached, and revealed by the spectroscopy of the circuit.

We look for a strongly motivated student having a good understanding of quantum physics. She/he will be integrated in an active research group on quantum electronics and get acquainted with advanced concepts of quantum mechanics and superconductivity. He/she will also learn several experimental techniques: low temperatures, low-noise and microwave measurements, and nanofabrication.

A thesis is proposed after the internship.

[1] L. Tosi et al., “Spin-Orbit Splitting of Andreev States Revealed by Microwave Spectroscopy”, Phys. Rev. X 9, 011010 (2019).
[2] R. Lutchyn et al., “Topological superconductivity in full shell proximitized nanowires” arXiv :1809.05512 (2018).

Keywords

Quantum Engineering, Superconductivity

Skills

Low temperatures, low-noise and microwave measurements, nanofabrication.

Softwares

Python, mathematica, Igor