



Circuits quantiques supraconducteurs haute impédance

Spécialité Physique de la matière condensée

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil

Candidature avant le 28/04/2017

Durée 4 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [JOYEZ Philippe](mailto:philippe.joyez@cea.fr)
+33 1 69 08 74 44/55 29
philippe.joyez@cea.fr

Résumé

En exploitant la forte inductance cinétique de certains matériaux supraconducteur, on devrait pouvoir créer une nouvelle classe de circuits électroniques quantiques

Sujet détaillé

Développer une nouvelle classe de circuits supraconducteurs quantiques de haute impédance

By exploiting the high kinetic inductance of some superconducting materials we should be able to create a new class of quantum electronic circuits

Sujet détaillé/Full description :

En couplant électromagnétisme et circuits quantiques non-linéaires il est récemment devenu possible de réaliser des états quantiques plus sophistiqués (« chats de Schrödinger », états « NOON »,...) que ce qui est possible en physique atomique ou de réaliser des processeurs quantiques rudimentaires.

Bien qu'il soit possible d'atteindre le régime de fort couplage champ-matière dans ces systèmes, la relativement basse impédance du vide implique une asymétrie dans quasiment tout circuit quantique: les fluctuations quantiques de la charge sont plus grandes que celle son flux conjugué, imposant des contraintes sur les états quantiques réalisables. Notre objectif est de dépasser cette limitation en façonnant le couplage au champ électromagnétique grâce à la très haute réactance des supraconducteurs très désordonnés.

Les propriétés singulières de ces matériaux (haute impédance, non-linéarité,...) peuvent en effet être mises à profit pour développer de nouveaux dispositifs infaisables actuellement tels que des détecteurs de photons ayant une haute efficacité quantique, ou des amplificateurs paramétriques large bande limités quantiquement qui pourraient avoir une utilité en astronomie ou en d'autres domaines.

L'objectif spécifique de ce stage (et de la thèse à suivre) est de tester les prédictions selon lesquelles un nanofil d'un tel matériau implémente une Jonction à Sauts de Phase Quantique (JSPQ) qui devrait être le dual quantique exact de la jonction Josephson bien connue et composant essentiel de tout circuit quantique. Plus précisément il s'agit

d'observer la prédiction frappante selon laquelle la charge d'une petite électrode supraconductrice connectée par une telle JSPQ est quantifiée en unité de $2e$, réalisant ainsi le dual d'un RF-SQUID.

Mots clés

Electronique quantique, supraconductivité

Compétences

L'étudiant(e) doit aimer combiner théorie et expériences. Il/elle doit être à l'aise avec les concepts de la mécanique quantique et avoir des connaissances en physique du solide. Au cours du stage l'étudiant(e) se familiarisera avec les techniques utilisées au laboratoire : Nanolithographie, Très basses températures (mK), mesures ultra-bas bruit, ingénierie micro-onde, modélisation, analyse de données,...

Logiciels

-

High impedance superconducting quantum circuits

Summary

By exploiting the high kinetic inductance of some superconducting materials we should be able to create a new class of quantum electronic circuits

Full description

By coupling electromagnetism and non-linear quantum circuits it recently became possible to produce more sophisticated quantum states (e.g. "Schrödinger cats", "NOON" states, ...) than is possible with atomic physics techniques and also to demonstrate the operation of rudimentary quantum processors. The growth of this field exploiting genuinely quantum phenomena has been amazing.

Even though it is possible to engineer strong light-matter coupling in these systems, the rather weak impedance of vacuum implies an asymmetry in nearly all quantum circuits: Quantum fluctuations of the charge are greater than that of its quantum-conjugate flux, which imposes limitations on the electronic states that can be realized. Our goal is to overcome these limitations by taking advantage of the very high reactance of disordered superconductors to tailor the coupling to the electromagnetic field.

The peculiar properties of these materials (high impedance, non-linearity, ...) can indeed be used to develop new devices that are presently lacking such as photon detectors with high quantum efficiency or wideband parametric amplifiers operating at the quantum limit that could be useful in astronomy or other fields.

The specific goal of the internship (and the PhD to follow) is to test predictions according to which a nanowire made of such a material implements a Quantum Phase Slip Junction (QPSJ) which should be the exact quantum-mechanical dual circuit of the well-known Josephson junction (which is the key component of virtually any quantum circuit). More precisely we will propose to check the striking prediction that the charge of a small superconducting electrode connected by a QPSJ is quantized in units of $2e$, realizing the dual of an RF-SQUID.

Keywords

Quantum electronics, superconductivity

Skills

The student must like combining experiment and theory. He/she should be at ease with concepts of quantum mechanics and have some knowledge in solid state physics. During the internship the student will familiarize with nanolithography, ultra-low temperatures, ultra low-noise measurements, microwave engineering, modeling, data analysis,...

Softwares

-