



Stabilisation d'un état de Fock dans un circuit Josephson polarisé en tension

Spécialité Physique de la matière condensée

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [SPEC/GNE](#)

Candidature avant le 06/04/2018

Durée 3 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [PORTIER Fabien](#)

+33 1 69 08 72 16/74 75

fabien.portier@cea.fr

Résumé

Nous couplerons une jonction Josephson polarisée en tension à deux résonateurs micro-ondes: l'un fortement couplé et l'autre étant un mode 'poubelle', faiblement couplé et de durée de vie courte. Si l'énergie d'une paire de Cooper transmise par la jonction correspond à la somme des énergies d'un photon dans des deux modes, ce dispositif stabilise l'état Fock à un photon dans le mode fortement couplé.

Sujet détaillé

Ce projet appartient au domaine très actif des micro-ondes quantiques avec des circuits à base de jonctions Josephson. Nous souhaitons montrer que, en concevant de manière astucieuse l'environnement électromagnétique d'une jonction Josephson polarisée en tension continue, on peut stabiliser un état Fock d'un résonateur micro-ondes. Le dispositif impliqué dans ce projet est le suivant: une jonction Josephson est couplée à deux résonateurs de fréquence ν_1 , ν_2 et polarisée à une tension V . Comme la jonction Josephson est un élément non dissipatif, un courant continu ne circule dans le circuit que si $2eV = n_1 h\nu_1 + n_2 h\nu_2$, de sorte que l'énergie fournie par le générateur lors du transfert d'une paire Cooper est convertie en excitations électromagnétiques des résonateurs. Le but de ce stage est de démontrer que ce dispositif peut être utilisé pour stabiliser l'état Fock à un photon dans l'un des résonateurs: en augmentant le couplage du résonateur 1 à la jonction, on entre dans un régime où la transition de $|1\rangle$ vers $|2\rangle$ est supprimée. Pour $2eV = h\nu_1$, ce blocage ne stabilise pas l'état $|1\rangle$, car une paire de Cooper peut remonter la tension de polarisation, avec une transition de $|1\rangle$ vers $|0\rangle$. Pour supprimer cette possibilité, nous allons utiliser un deuxième mode comme poubelle, en lui donnant une durée de vie très courte. En réglant la tension à $2eV = h\nu_1 + h\nu_2$: une paire de Cooper passe par effet tunnel à travers la jonction, émettant un photon dans chacun des deux résonateurs, le mode 2 se vide rapidement et, par conséquent, le passage en sens inverse d'une paire de Cooper est supprimé par conservation de l'énergie, stabilisant l'état Fock $|1\rangle$ dans le premier mode. Le stagiaire sera impliqué dans toutes les étapes de l'expérience: la conception de l'échantillon, sa fabrication par nanolithographie, son refroidissement par un réfrigérateur à dilution et la caractérisation du rayonnement par des mesures hyperfréquences à très faible bruit. Toutes ces techniques sont bien maîtrisées par notre groupe.

1 M. Westig et al., Phys Rev Lett 119, 137001 (2017)

2 P. P. Hofer, J.-R. Souquet, et A. A. Clerk, Phys. Rév. B 93, 041418 (2016)

Mots clés

Compétences

Nanofabrication, cryogénie, électronique à bas bruit

Logiciels

Stabilization of a Fock state in a dc biased Josephson junction circuit

Summary

We will couple a dc voltage biased Josephson junction to two microwave resonators: a strongly coupled mode and a dump mode with low coupling and short lifetime. If the energy of a Cooper pair transmitted through the junction corresponds to the sum of the energies of a photon in either modes, this stabilizes a single photon Fock state in the strongly coupled mode.

Full description

This project belongs to the fast growing field of quantum microwaves with Josephson junction circuits. We wish to show that by astutely designing the electromagnetic environment of a dc biased Josephson junction, one can stabilize a Fock state of a microwave resonator. The device involved in this project is the following: a Josephson junction is coupled to two resonators of frequency ν_1, ν_2 and biased at a voltage V . As the Josephson junction is a non-dissipative element, a DC current flows through the circuit only if $2eV = n_1 h\nu_1 + n_2 h\nu_2$, so that the energy provided by the generator upon the transfer of a Cooper pair is converted into electromagnetic excitations of the resonators. The purpose of this internship is to demonstrate that this device can be used to stabilize the single photon Fock state in one of the resonators: by increasing the coupling of resonator 1 to the junction, one enters a regime where the transition from $|1\rangle$ to $|2\rangle$ is suppressed. At $2eV = h\nu_1$, this blockade doesn't stabilize the $|1\rangle$ state, as a Cooper pair can tunnel backward, with a transition $|1\rangle$ to $|0\rangle$. To suppress this possibility, we will use the second mode as a dump mode with a very short lifetime. By setting the voltage at $2eV = h\nu_1 + h\nu_2$: a Cooper pair then tunnels through the junction, emitting a photon in both resonators, mode 2 empties quickly, and therefore the back tunneling of a Cooper pair is suppressed by energy conservation, stabilizing the single photon Fock state of resonator 1. The trainee will be involved in all the steps of the experiment: design and fabrication of the sample, using nanolithography, cooling of the sample by a dilution refrigerator, and characterization by ultra-low-noise microwave measurements. All these techniques are well mastered by our group.

1 M. Westig et al., Phys Rev Lett 119, 137001 (2017)

2 P. P. Hofer, J.-R. Souquet, and A. A. Clerk, Phys. Rev. B 93, 041418 (2016)

Keywords

Skills

Nanofabrication, cryogenics, ultralow noise electronics

Softwares