



Moteur thermique quantique à base d'une jonction Josephson polarisée 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 développerons un moteur thermique quantique basé sur une jonction Josephson polarisée par une tension DC couplée à deux résonateurs micro-ondes, un chaud et à haute fréquence et un de basse fréquence, plus froid. Des photons haute fréquence sont absorbés et des photons de basse fréquence émis, la différence d'énergie étant convertie en énergie électrostatique.

Sujet détaillé

Ce projet appartient au domaine nouveau et actif qu'est la thermodynamique quantique. Nous souhaitons développer un moteur thermique simple dont le principe de fonctionnement est intrinsèquement quantique. Le dispositif impliqué dans ce projet est le suivant: une jonction Josephson est couplée à deux résonateurs de fréquence ν_1 , ν_2 avec $\nu_1 > \nu_2$ et sollicitée à une tension V . Comme la jonction Josephson est un élément non dissipatif, un courant continu ne peut s'écouler à travers 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. Nous avons récemment détecté le rayonnement émis à $2eV = h\nu_1 + h\nu_2$, le transfert d'une paire Cooper étant alors associé à l'émission d'un photon dans les deux résonateurs. Nous avons montré que le rayonnement alors émis est non classique [1]. Le but de ce stage est de démontrer que ce dispositif peut être utilisé comme moteur thermique: lorsque les deux modes sont maintenus à des températures différentes, avec $T_1 > T_2$, choisies de sorte qu'il y ait plus de photons dans 1 que dans 2. Ensuite, si en polarisant la jonction à $2eV = h\nu_1 - h\nu_2$, on s'attend à un passage des paires Cooper remontant le circuit, associée à l'absorption des photons à la fréquence ν_1 et à la ré-émission des photons à ν_2 , ce qui entraîne la conversion de la chaleur en énergie électrique. Contrairement à la plupart des machines classiques, l'efficacité de ce moteur devrait être élevée, même à puissance maximale [2]. L'échantillon étant déjà disponible, le stagiaire effectuera l'expérience, consistant à refroidir l'échantillon avec un réfrigérateur à dilution, assurant des populations différentes dans les deux modes et à mesurer le courant induit par des mesures 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. Rev. B 93, 041418 (2016)

Mots clés

Compétences

Nanofabrication, cryogénie, électronique à bas bruit

Logiciels

Quantum thermal engine with a voltage biased Josephson junction

Summary

We will develop a quantum thermal engine based on a dc voltage biased Josephson junction coupled to two microwave resonators, a hot, high frequency one and a cold, low frequency one. High frequency photons are then absorbed and low frequency one emitted, the energy difference being converted into electrostatic energy.

Full description

This project belongs to the fast growing field of quantum thermodynamics. We wish to develop a simple thermal engine whose operating principle is intrinsically quantum. The device involved in this project is the following: a Josephson junction is coupled to two resonators of frequency ν_1, ν_2 with $\nu_1 > \nu_2$ and biased at a voltage V . As the Josephson junction is a non-dissipative element, a DC current can flow through the circuit only if the energy $2eV = n_1 h\nu_1 + n_2 h\nu_2$ provided by the generator upon the transfer of a Cooper pair is converted into electromagnetic excitations of the resonators. We have recently detected the radiation emitted at $2eV = h\nu_1 + h\nu_2$, the transfer of a Cooper pair then being associated to the emission of a photon in both resonators. We have shown that the resulting radiation is non classical [1]. The purpose of this internship is to demonstrate that this device can be used as a thermal engine: When the two modes are at held at different temperatures, with $T_1 > T_2$, chosen so that there are more photons in 1 than in 2. Then if biasing the junction at $2eV = h\nu_1 - h\nu_2$, one expects a backflow of Cooper pairs, associated to the absorption of a photons at frequency ν_1 and re-emission of photons at ν_2 , resulting in the conversion of heat into electrical work. Unlike most classical machines, the efficiency of this engine is predicted to be high, even at maximum power[2]. The sample being already available, the trainee will perform the experiment, cool the sample with a dilution refrigerator, ensure different populations of the two modes and measure the induced current by ultra low-noise 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