

ВПЛИВ ГЕОМЕТРИЧНИХ РОЗМІРІВ ТА КРИТИЧНОГО СТРУМУ НА ШИРИНУ ЛІНІЇ ГЕНЕРАЦІЇ ПЕРЕХОДУ ДЖОЗЕФСОНА

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі показано залежність ширини лінії генерації та вихідної потужності від геометричних розмірів переходу Джозефсона та величини критичного струму.

Ключові слова: перехід Джозефсона (ПД), низькотемпературні надпровідники (НТНП), високотемпературні надпровідники (ВТНП), куперовські пари.

Abstract

The dependence of the generation line width and the output power on the geometric dimensions of the Josephson junction and the value of the critical current are shown in the paper.

Keywords: Josephson's junction (JJ), low temperature superconductors (LTSC), high temperature superconductors (HTSC), Cooper's pairs.

Вступ

Однією із найважливіших характеристик генераторів на базі переходів Джозефсона (ПД) є спектральна щільність потужності фазових шумів. В ряді теоретичних та експериментальних роботах показано, що спектральна форма лінії генерації є Лоренцевою, а її ширина становить десятки і навіть сотні МГц. Така форма лінії генерації та відносно велика її ширина ускладнюють застосування ПД в приймальних пристроях високої чутливості. Актуальною є задача дослідження можливості зменшення ширини лінії генерації та підвищення вихідної потужності генератора на базі переходів Джозефсона. У зв'язку з цим метою цієї праці є дослідження залежності ширини лінії генерації та вихідної потужності від геометричних розмірів переходу Джозефсона та величини критичного струму.

Основна частина

Для розрахунку залежності ширини лінії генерації від геометричних розмірів переходів, необхідно врахувати залежність величини струму нормальних електронів та куперовських пар від щільності струму та площі переходу.

З урахуванням цього, можна записати наступні вирази для ширини лінії генерації для НТНП і ВТНП:

$$\Delta f = \frac{1}{4\pi} \left(\frac{2e}{\hbar} \right)^2 \left(\frac{R_{ш}p}{R_{ш}+p} \frac{l}{a} \right)^2 \left[e(j_n a e + 2j_0 a e) + \frac{2e j_0^2 a^2 l^2}{j_n a l + 2j_0 a l} \right],$$

де $j_0 = \frac{e\mu^2}{8\pi U^2} \cdot \frac{\Delta_0^2}{T_c}$ - щільність критичного струму ПД, μ - хімічний потенціал, Δ_0 - модуль параметра енергетичної щільності надпровідника; T_c - критична температура надпровідника; p - поверхневий опір надпровідника; a і l - відповідно довжина та ширина ПД; j_n - щільність струму нормальних електронів, $R_{ш}$ - опір шунта резистивного зашунтованого ПД.

$$\Delta f = \frac{1}{4\pi} \left(\frac{2e}{h} \right)^2 \left(\frac{R_{ш} p}{R_{ш} + p} \frac{l}{a} \right)^2 \left[e(J_n a l + 2j_0 a l) + \frac{2e j_0^2 a^2 l^2 K T}{U(J_n a l + 2j_0 a l)} \right].$$

Аналіз виразів показує, що ширина лінії генерації залежить від динамічного опору та величини струмів нормальних електронів і куперівських пар. Збільшення ширини ПД приводить до збільшення величини струмів і ці залежності пропорційні площі переходів, а відповідно і їх ширині. Тому збільшення ширини ПД приводить до збільшення ширини лінії генерації. В той же час динамічний опір із збільшенням площі переходу, а відповідно і його ширини, приводить до зменшення ширини лінії генерації. При цьому зменшення ширини лінії генерації зворотно-пропорційне квадрату збільшення площі ПД, а відповідно і його ширини. Отже ми бачимо, що зі збільшенням ширини ПД ширина лінії генерації зменшується, що підтверджує справедливості отриманих математичних моделей. Слід також зазначити, що отримані результати співпадають з експериментальними залежностями, наведеними в працях (1), (2).

Висновки

Вперше отримані аналітичні залежності ширини лінії генерації переходу Джозефсона від його ширини та струмів нормальних електронів та куперівських пар.

Порівняння отриманих залежностей з експериментальними результатами, неведеними в інших працях, підтверджує достовірність розроблених математичних моделей.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. М. Букингем. Шумы в электронных приборах и системах: Пер. с англ. – к.т.н. А.Б. Мещерякова, к.ф.-м.н. В.П. Митрофанова, к.ф.-м.н. Г.А. Сидорова под редакцией д-ра ф.-м.н. В.Н. Губанкова. М.: Мир, 1986 – 399 с.
2. Лихарев К.К., Ульрих Б.Т. Системы с джозефсоновскими контактами. М.: Изд-во МГУ, 1980.

Науковий керівник: **Кичак Василь Мартинович** – докт. техн. наук, професор кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: vmkychak@gmail.com.

Кононов Сергій Павлович – к.т.н., доцент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: knnvknnv@ukr.net.

Петренко Віталій Іванович – аспірант групи АС-19, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: vit9039@ukr.net.

Supervisor: **Kichak Vasil M.** - Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of the Telecommunication, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail; vmkychak@gmail.com.

Kononov Sergiy P. – Phd, Assistant Professor of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: knnvknnv@ukr.net.

Vitaliy Petrenko – postgraduate student of AC-19, Faculty of Information communications, Radio Electronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: vit9039@ukr.net