

ШИРОКОПОЛОСНЫЕ УСТРОЙСТВА НА ОСНОВЕ МНОГОЭЛЕМЕНТНЫХ ДЖОЗЕФСОНОВСКИХ СТРУКТУР

Н.В. Колотинский¹, В.К. Корнев¹, А.В. Шарафиев², И.И. Соловьев²

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова.

Физический факультет, Москва

²НИИ ядерной физики имени Д.В. Скобельцина МГУ имени М. В. Ломоносова,
Москва

kolotinskij@physics.msu.ru

Развитие современной сверхпроводниковой электроники, в основе которой лежит использование макроскопических квантовых эффектов в сверхпроводниках, в первую очередь, эффекта Джозефсона и эффекта макроскопической квантовой интерференции, открывает дополнительные возможности для создания и совершенствования новых устройств и систем, в том числе, для приема, обработки и защиты информации.

Широко используемые в настоящее время сверхпроводниковые сквиды (SQUID – Superconducting Quantum Interference Device) обладают уникальной чувствительностью к магнитным сигналам, однако имеют очень ограниченный динамический диапазон и ограниченную линейность преобразования входного сигнала в напряжение. В низкочастотных устройствах на основе сквидов (когда частота сигналов не превышает единиц мегагерц) требуемое увеличение динамического диапазона и линейности достигается за счет применения внешней следящей обратной связи. Однако такой подход не представляется возможным в случае широкополосных систем на основе сквидов.

Целью настоящей работы являлось изучение физических основ создания широкополосных устройств на основе многоэлементных джозефсоновских структур, реализующих как большой динамический диапазон за счет большого числа активных элементов, так и высокую линейность преобразования магнитного сигнала в напряжение за счет индивидуальных характеристик этих элементов.

Были предложены и изучены два типа базовых ячеек: (i) би-сквид и (ii) дифференциальная ячейка на основе параллельной джозефсоновской структуры. На основе этих ячеек были разработаны и затем изготовлены многоэлементные структуры с использованием современной ниобиевой технологии сверхпроводниковых интегральных схем с плотностью критического тока $4,5 \text{ кА/см}^2$.

Предложенные многоэлементные сверхпроводниковые структуры делают возможным создание на их основе нового типа электрически малых антенн (ЭМА) – активных ЭМА, осуществляющих одновременно широкополосный прием и усиление электромагнитных сигналов. При этом возможно создание активных ЭМА как трансформаторного типа путем интег-

рирования многоэлементной структуры со сверхпроводящим трансформатором магнитного потока, так и бестрансформаторного типа, когда многоэлементная структура в виде двумерной решетки сверхпроводящих ячеек с несверхпроводящим электрическим соединением ячеек используется непосредственно как антенна (см. рис. 1). В последнем случае выходной сигнал представляет собой коллективный результат индивидуальных откликов напряжения ячеек на приложенный к ним поток магнитного сигнала. На рис. 2 приводится схематическое изображение механизма трансформации магнитного потока вектора \mathbf{H} падающей волны, приложенного перпендикулярно ячейке, в контур параллельной цепочки джозефсоновских переходов этой ячейки.

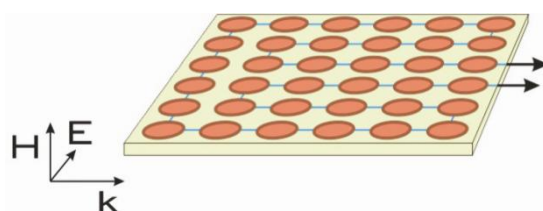


Рис. 1. Схематическое изображение активной ЭМА бестрансформаторного типа на основе двумерной решетки сверхпроводящих ячеек с несверхпроводящим электрическим соединением ячеек

В докладе излагаются физические основы создания широкополосных многоэлементных джозефсоновских структур, приводятся и обсуждаются результаты экспериментального изучения характеристик разработанных структур и прототипов активных ЭМА на их основе.

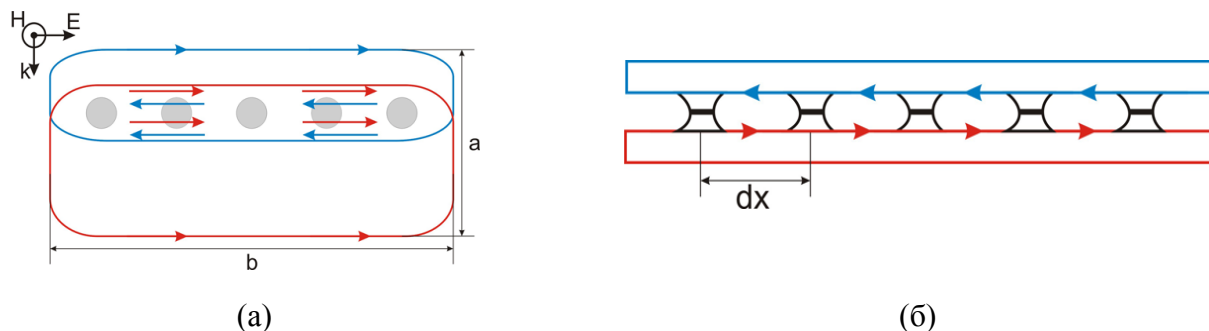


Рис. 2. Схематическое изображение механизма трансформации магнитного потока вектора \mathbf{H} падающей волны, приложенного перпендикулярно ячейке, в контур параллельной цепочки джозефсоновских переходов, показанных кружками на виде сверху (а) и «перемычками» между сверхпроводящими пленочными слоями на виде сбоку (б). Магнитное поле \mathbf{H} падающей волны, перпендикулярное плоскости чипа, обуславливает экранирующие Мейснеровские токи, текущие по краям образующих ячейку сверхпроводящих пленок $M1$ и $M2$, которые замыкаются по внутренним поверхностям пленок в области их пересечения и создают магнитный поток, приложенный к параллельной цепочке джозефсоновских переходов