

Линзовая щелевая антенна для джозефсоновского широкополосного генератора ТГц диапазона

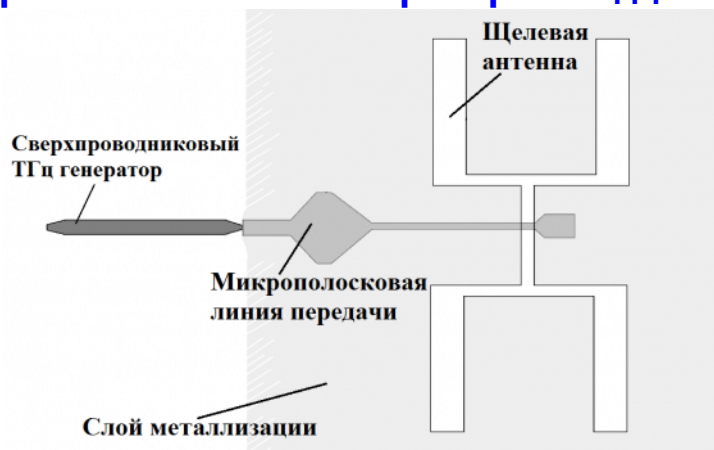


Схема планарной структуры генератора, интегрированного с щелевой антенной

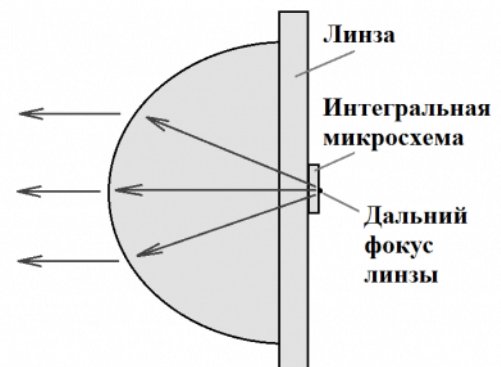


Схема передающей квазиоптической линзовой антенны

Одной из проблем современной радиофизики, астрономии и спектроскопии является отсутствие широкополосных источников в ТГц области частот. Генератор на основе сверхпроводникового туннельного СИС-перехода с геометрической длиной много больше джозефсоновской длины представляется перспективным источником в ТГц диапазоне. Такой генератор на основе туннельных структур Nb/AlOx/Nb и Nb/AlN/NbN успешно применён в качестве опорного генератора в супергетеродинном сверхпроводниковом интегральном приёмнике диапазона 450-650 ГГц. Генератор обладает широкой рабочей полосой от 200 до 750 ГГц, что составляет порядка 100% от центральной частоты. До настоящего момента генератор такого типа применялся исключительно в качестве опорного в составе интегральных гетеродинных приёмных схем для накачки детектора. При этом неизвестны работы с попыткой вывода его излучения в открытое пространство. Такая работа представляется целесообразной и интересной с практической точки зрения, поскольку генератор обладает сверхширокой рабочей полосой, достаточно прост в эксплуатации, относительно недорогой в изготовлении по сравнению с другими ТГц источниками и имеет достаточную мощность для решения многих практических задач – гетеродинное детектирование, спектроскопия газов.

В данной работе предложена идея и практическая реализация вывода ТГц излучения из плоскости структуры генератора на основе туннельного СИС-перехода в открытое пространство посредством щелевой ТГц антенны, согласованной с эллиптической линзой. Ключевая идея конструкции генератора состоит в том, что генератор интегрирован с передающей антенной на одной микросхеме (см. рис. слева). Микросхема размещается на поверхности собирающей эллиптической линзы из кремния, так что антенна попадает в фокус линзы (см. рис. справа). Таким образом, основная задача заключается в согласовании по мощности генератора и квазиоптической линзовой антенны, а также в создании требуемой диаграммы направленности излучения. Частота генератора линейно зависит от постоянного напряжения на электродах перехода и определяется фундаментальным соотношением Джозефсона через коэффициент 483,6 ГГц/мВ. Для создания магнитного поля в области перехода используется линия управления магнитным полем, конструктивно представляющая собой нижний сверхпроводящий электрод из ниобия, через который пропускается постоянный ток.

Представлены результаты начального этапа работ – численный расчёт характеристик антенны и фидера на основе микрополосковой линии передачи: согласование выходной мощности джозефсоновского генератора с антенной различных конфигураций, рассчитанных на разные частотные диапазоны; диаграммы направленности и импеданс антенн. Все расчёты производились в специализированной программе трёхмерного численного моделирования CST Studio. Разработаны три конфигурации антенно-линзовой системы, рассчитанные на три частотных диапазона: 300-420 ГГц, 380-580 ГГц и 510-700 ГГц (условно "low", "middle" и "high"), суммарно перекрывающие диапазон 300-700 ГГц. Для каждой конструкции более 70% от полной мощности, поступающей на фидер от генератора, излучается в открытое пространство. Диаграммы направленности всех конструкций представляют собой ярко выраженный центральный лепесток и слабые боковые лепестки, небольшая часть мощности излучается не в сторону подложки и линзы, а в противоположную сторону. При этом расчёты производились без учёта линзы (геометрическая распространённость структуры слишком увеличивает время расчёта), которая в реальной системе значительно повышает направленность центрального лепестка. На следующем этапе работ будут изготовлены образцы рассчитанных сверхпроводниковых структур методами магнетронного напыления и электронно-лучевой литографии, затем планируется экспериментальное исследование разработанных и изготовленных образцов генератора.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №17-79-20343).