

Лабораторная работа на тему:
Туннелирование миллиметровых радиоволн

Шистко Степан

Рябов Олег

Группа Б04-302

18 марта 2025 г.



1 Введение

Цель работы: изучение явления проникновения электромагнитного поля во вторую среду при полном внутреннем отражении (туннелирование) и использование этого явления для создания интерференционных схем в СВЧ-диапазоне. В работе используются: генератор СВЧ-колебаний; излучающая и приемная рупорные антенны; детектор; две фторопластовые призмы; металлические зеркала; микроамперметр; плоскопараллельная пластина из фторопласта.

2 Экспериментальная установка

Туннелирование СВЧ-радио волн через тонкий воздушный зазор переменной толщины изучается по схеме.

Схема установки для исследования явления туннелирования:

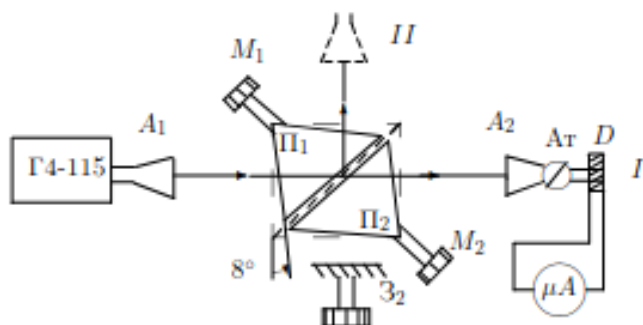


Рис. 2. Схема установки для исследования явления туннелирования СВЧ-радиоволн

На пути радиоволн устанавливаются две призмы П1 и П2, изготовленные из фторопласта диэлектрика с малыми потерями на высоких радиочастотах. Геометрия призм близка к прямоугольной, однако для устранения обратных отражений две грани каждой из призм скошены под углом 8° . Диагональные грани призм ограничивают воздушную прослойку, ширина которой может изменяться с помощью микрометрических винтов М1 и М2. Источником радиоволн служит СВЧ-генератор Г4-115, работающий в непрерывном режиме. Основным элементом генератора является специальная лампа клистрон, генерирующая СВЧ-колебания. От клистрона к рупорной антенне A_1 энергия СВЧ-колебаний передается по прямоугольному волноводу. Клистрон возбуждает в волновод линейно поляризованную электромагнитную волну, которая с помощью рупорной антенны излучается в пространство. Электрический вектор волны, бегущей вдоль волновода и излучаемый антенной, перпендикулярен широкой стенке волновода. Вторая рупорная антенна A_2 служит приёмником волн. Попадая в антенну A_2 , электромагнитная волна распространяется далее в волновод. Детектор D, расположенный в волновод, подсоединяется к микроамперметру. Ток детектора пропорционален интенсивности принимаемого антенной электромагнитного излучения. Аттенуатор Ат позволяет ослаблять сигнал. В положении I антенна A_2 принимает сигнал, прошедший воздушный промежуток, в положении II сигнал, отраженный от воздушного промежутка. Установка позволяет смоделировать интерферометр Майкельсона.

Схема, моделирующая интерферометр Майкельсона:

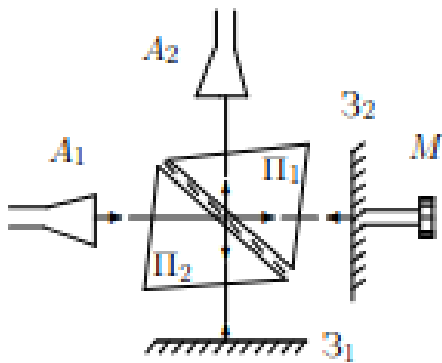


Рис. 3. Схема, моделирующая интерферометр Майкельсона

В качестве делителя используется воздушный зазор между диагональными гранями призмы; зеркало Z_1 установлено неподвижно, зеркало Z_2 может перемещаться с помощью микрометрического винта M . Для измерения показателя преломления материала призмы интерференционным методом перед неподвижным зеркалом устанавливается пластинка из фторопласта известной толщины d . В этом плече интерферометра возникает приращение длины оптического пути $\Delta = 2d(n - 1)$. Можно компенсировать это приращение, переместив подвижное зеркало на необходимое расстояние x_0 . Показатель преломления определяется из условия

$$x_0 = d(n - 1)$$

Для толстых пластин, когда $\Delta > \lambda$, необходимо учесть изменение порядка интерференции. Это можно сделать, зная приближённое значение показателя преломления фторопласта ($n \approx 1,5$).

3 Ход работы

3.1 Пункт 1

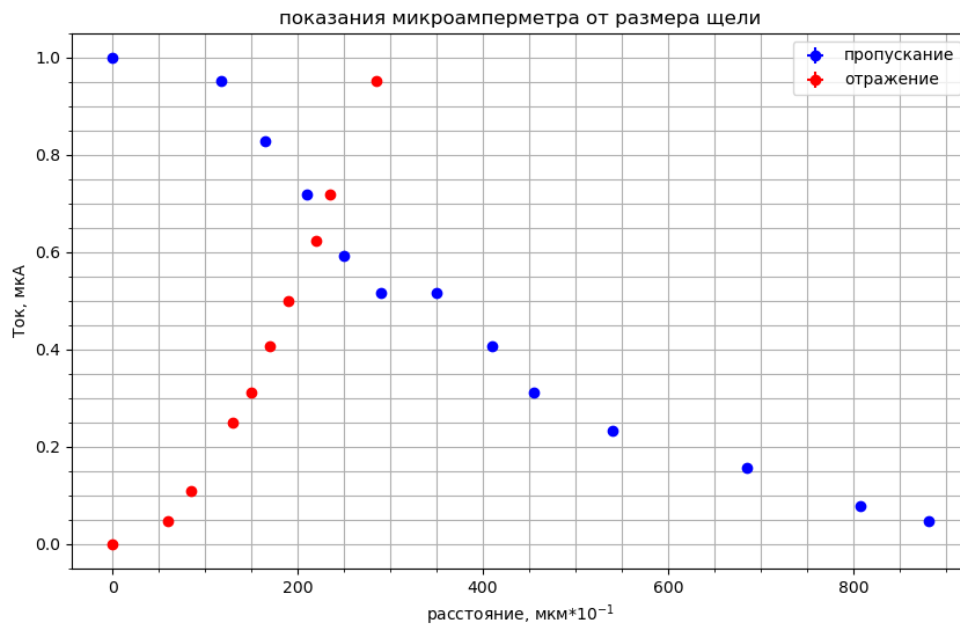
Данные выставленные в начале работы с установкой:

$$\lambda = 0.9 \text{ см}$$

$$\nu = 34.8 \text{ GHz}$$

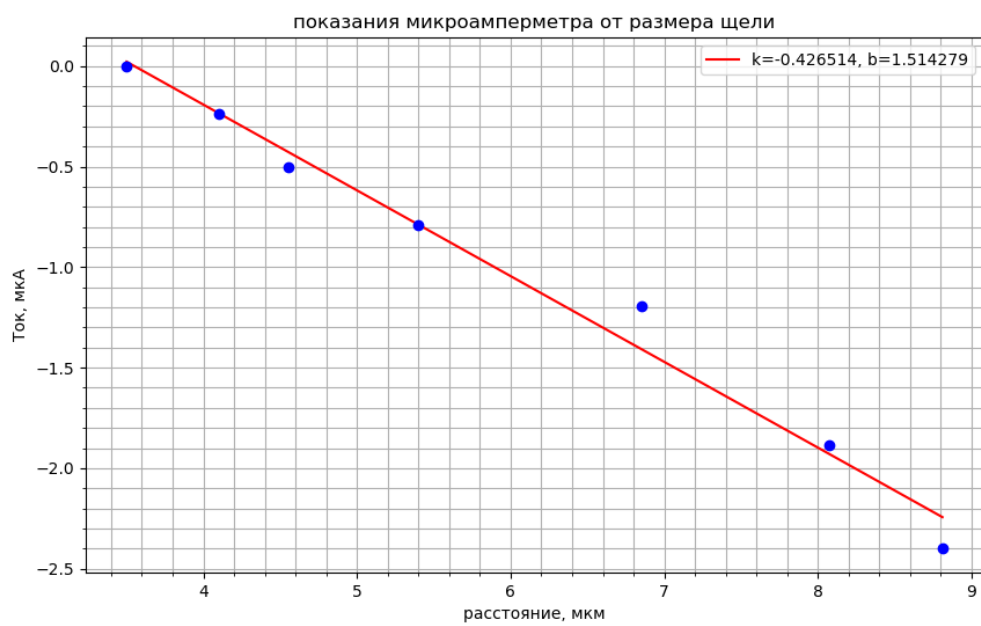
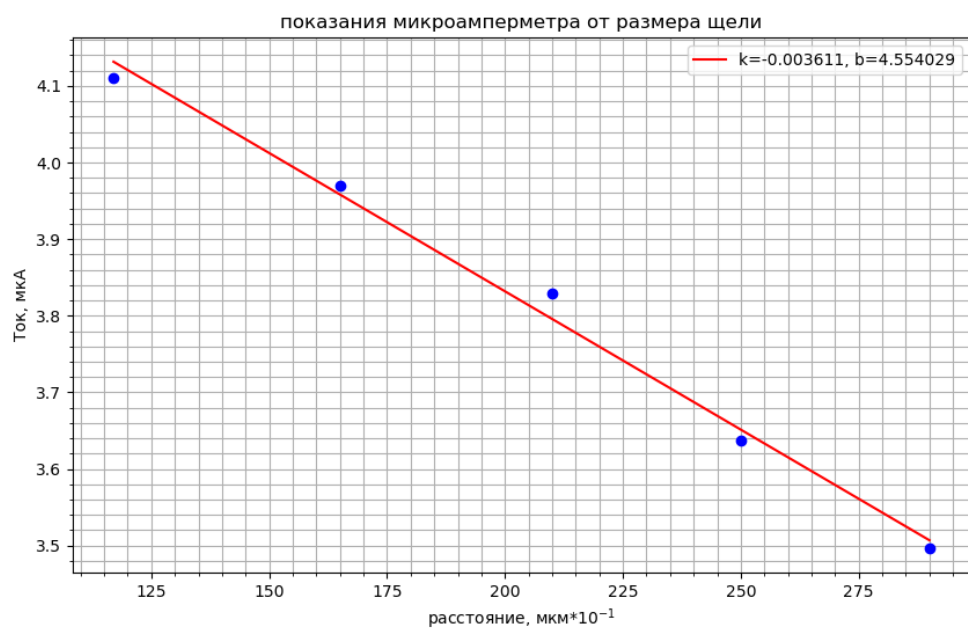
3.2 Пункт 2

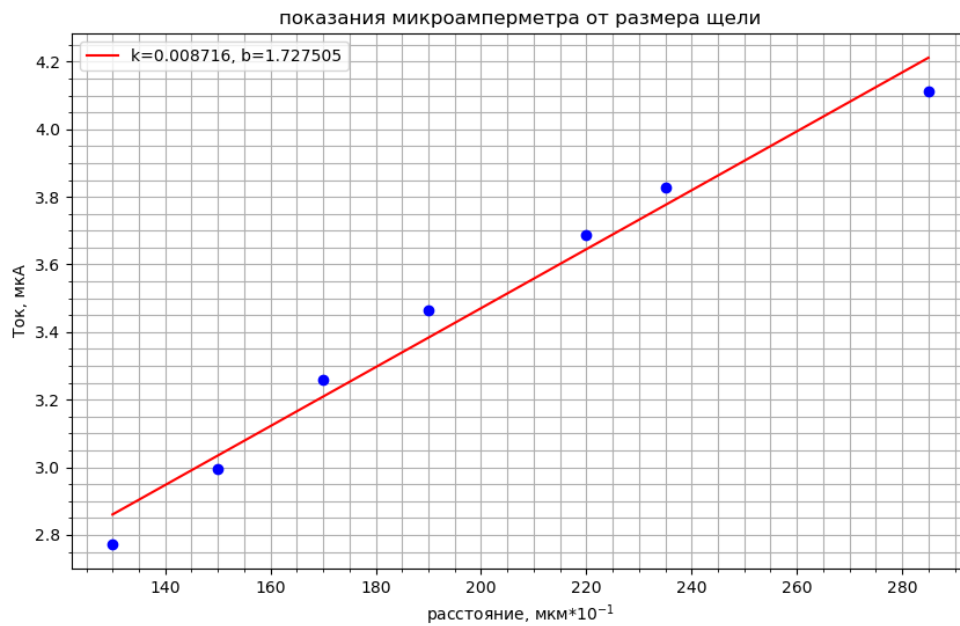
В пункте 2 требовалось получить графики R и T от толщины зазора:



В сумме графики T и R должны неизменно давать единицу, однако в нашем случае данная сумма нарастает при увеличении толщины зазора. В точке пересечения сумма = $1.26I_{max}$

Получим зависимость $\ln(T) = f(I)$, где I - показания микрометра. Согласно теории, эта график зависимости должен быть прямой линией. Абсолютная погрешность $\ln(T)$, как известно, равна относительной погрешности аргумента T ; примем ее равной для всех значений 0,004.





Лучше всего на прямую лег график Т который был снят двигая ручку второго микрометра, у которого люфт был меньше. По нему и будем определять искомые величины.

Из графика видно что затухание $\Lambda = -1/k = 0.0004261/mm$ Так же получен показатель преломления:

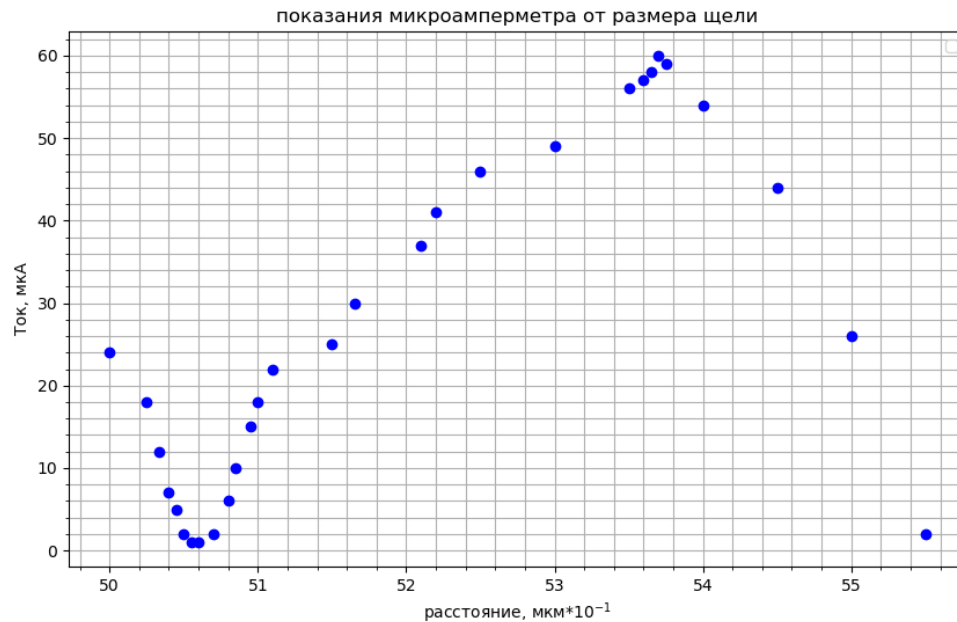
$$n \sin \varphi_1 = \sqrt{1 + \frac{\lambda_2}{4\pi\Lambda}} = 1.0002$$

Откуда

$$n = 1.414$$

3.3 Пункт 3

Были сняты и получены результаты зависимости тока от от координаты x



Расстояние между минимумами получалось 5мм, следовательно в 10мм умещается целая длина волны, откуда выходит что длина волны: 10мм

Показатель преломления рассчитанный интерференционным путем получается:

$$n = \frac{x_0}{d} + 1 = \frac{1.79}{6.2} + 1 = 1.289$$

4 Вывод

Получены показатели преломления для фторопласта-4 двумя способами - методом туннелирования и интерференционным. Полученные значения: 1.414, vs 1.28, более точный метод за счет меньших погрешностей юстировки и меньшего люфта - второй, потому данная цифра и взята за конечную.