

**Отчет о выполнении лабораторной
работы 4.6.2 "Туннелирование
миллиметровых радиоволн"**

Алпатова Александра, Калашников Михаил, Б03-205

Цель работы: экспериментальное исследование эффекта проникновения электромагнитных волн — туннелирования — через воздушный зазор между диэлектрическими призмами при полном внутреннем отражении на границе диэлектрик-воздух, а также моделирование интерферометра Майкельсона с использованием этого эффекта и измерение длины волны излучения и показателя преломления фторопласта для радиоволн миллиметрового диапазона.

В работе используются:

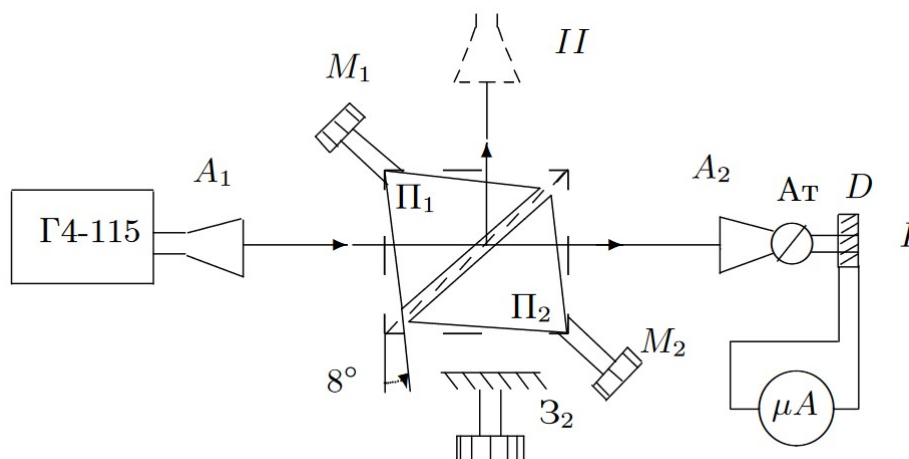
- генератор СВЧ-колебаний с рупорной антенной;
- приемная рупорная антенна и волновод;
- детектор;
- микроамперметр;
- Металлические зеркала;
- две призмы и плоскопараллельная пластина из фторопласта;
- микрометрические винты.

1. Экспериментальная установка

Туннелирование миллиметровых радиоволн через тонкий воздушный зазор переменной толщины изучается на установке, схема которой приведена ниже. Источником радиоволн является высокочастотный генератор Г4-115 на трёх отражательных клистронах, перекрывающих полосу частот от 25,80 ГГц до 37,50 ГГц, разделённую на три поддиапазона. Генерирующий при выбранной настройке клистрон возбуждает в прямоугольном металлическом волноводе сечением $7,2 \times 3,4 \text{ мм}^2$ электромагнитную волну, которая распространяется вдоль волновода и с помощью рупорной антенны А1 излучается в пространство. Задача антенны заключается в том, чтобы сделать излучение более направленным. Электрический вектор волны, бегущей вдоль волновода и излучаемый антенной, перпендикулярен широкой стенке волновода. На пути радиоволн устанавливаются две одинаковые прямые призмы П1 и П2 с почти прямоугольным (рис. 1) равнобедренным треугольником в основании. Уменьшение угла при вершине треугольника на 16° сделано для устранения обратных отражений. Призмы изготовлены из фторопласта (более точное название этого диэлектрика фторопласт-4), обладающего малыми потерями на высоких радиочастотах. Узкие грани призм ограничивают воздушную прослойку, ширина которой может изменяться с помощью микрометрических винтов М1 и М2.

Вторая рупорная антенна А2 служит приёмником радиоволн. Попадая в антенну А2, электромагнитная волна распространяется далее по волноводу, аналогичному волноводу генератора. Детектор D, расположенный в волноводе, подсоединяется к микроамперметру. Ток детектора пропорционален интенсивности принимаемого антенной электромагнитного излучения. Атенюатор Ат позволяет ослаблять сигнал. В положении I антенна

А2 принимает сигнал, прошедший воздушный промежуток, в положении II сигнал, отражённый от воздушного промежутка.

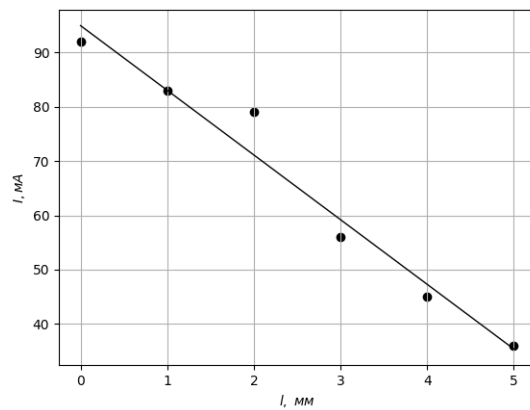


2. Проведение эксперимента

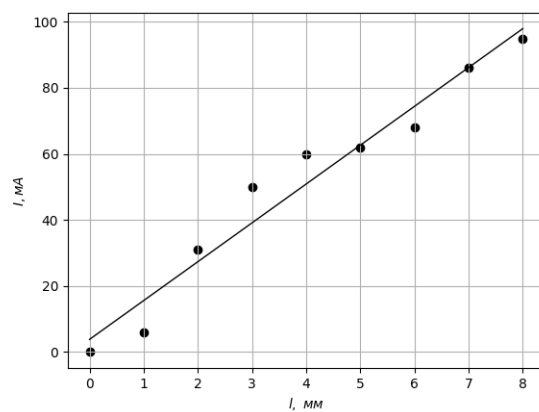
1. Настроим генератор, руководствуясь техническим описанием.
2. Установим столик с призмами так, чтобы воздушный зазор был ориентирован под углом 45° к падающему лучу.
3. Расположим приемную антенну на одной прямой с передатчиком и снимем металлическое зеркало. Добьемся максимального отклика микроамперметра, поворачивая столик и приемную антенну. Закрепим столик.
4. Вращением ручек генератора настроимся на максимальную выходную мощность клистрона.
5. Добьемся загорания сигнальной лампочки и определим рабочую частоту клистрона – 37.08 ГГц. Соответствующая длина волны – 8.1 мм.

3. Обработка данных

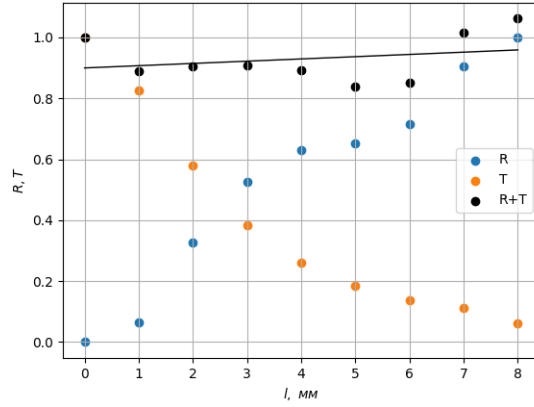
6. Снимем зависимость интенсивности прошедшей длины волны от величины зазора. Построим график зависимости интенсивности от величины зазора.



7. Переставим приемник для измерения отраженного сигнала. Снимем зависимость интенсивности отраженной волны от величины зазора.

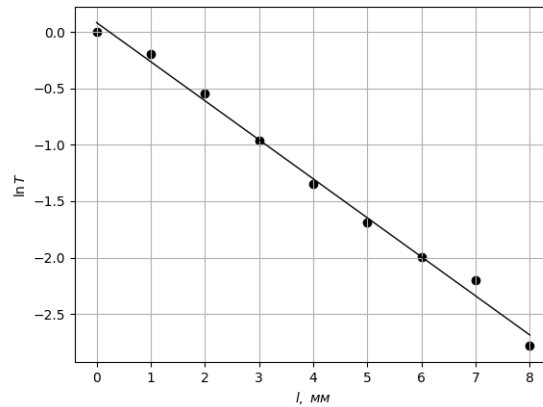


8. Установим такую величину зазора, при которой ток равен половине максимального
9. Построим графики зависимости коэффициентов T и R от величины зазора l , отнормировав токи на максимальную величину.



Примерно выполняется соотношение $R + T = 1$.

10. Построим график $\ln T = f(z)$, где z – показания микрометра.



По наклону прямой, проведенной через полученные точки рассчитаем длину затухания Δ :

$$\Delta = -1/k = 2.9 \text{ мм}$$

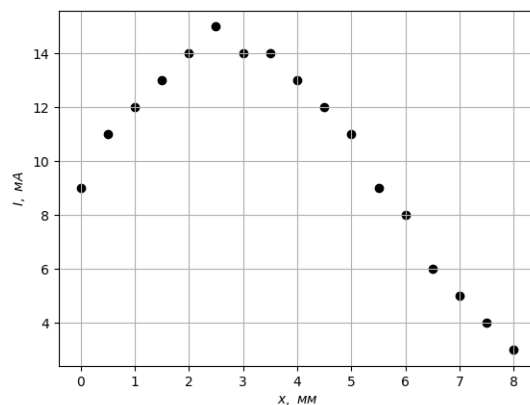
Также величину $n \sin \phi_1$:

$$n \sin \phi_1 = 1 + \left(\frac{\lambda}{4\pi\Lambda} \right)^2 = 1.05$$

Рассчитаем величину показателя преломления фторопласта n учитывая, что $\phi_1 \approx \frac{\pi}{4}$: $n = 1.48$.

11. Соберем схему интерферометра Майкельсона, используя в качестве разделителя воздушный зазор между фильтрами.

12. Снимем зависимость тока от координаты подвижного зеркала. Определим экспериментальное значение длины волны.



Показания повторяются при $x = 5.5$ мм. Следовательно, $\lambda = 2x = 11$ мм.

13. Для измерения показателя преломления фторопласта настроим интерферометр на максимальную интенсивность и поместим пластину известной толщины перед неподвижным зеркалом. Подвижным зеркалом скомпенсируем возникшую длину оптического пути ($\delta x \approx 4$ мм).

$$n = 1 + \frac{\delta x}{h} \approx 1.64$$

где $h = 6.2$ мм — толщина пластины.

4. Вывод

Значения показателя преломления фторопласта, полученные методом туннелирования и интерференционным методом отличаются, причем метод туннелирования привел нас значительно ближе к действительному значению показателя преломления.