

Туннелирование в СВЧ диапазоне.

Батарин Егор

23 марта 2021 г.

Аннотация

Цель работы: исследование эффекта туннелирования радиоволн миллиметрового диапазона, проведение измерений в хеме Майкельсона.

1 Теория

Проникновение электромагнитных волн в менее плотную среду при полном внутреннем отражении - явление той же природы, что и проникновение частиц в область, где их полная энергия оказывается меньше потенциальной энергии. Это явление изучается в квантовой физике и носит название **туннельного эффекта**.

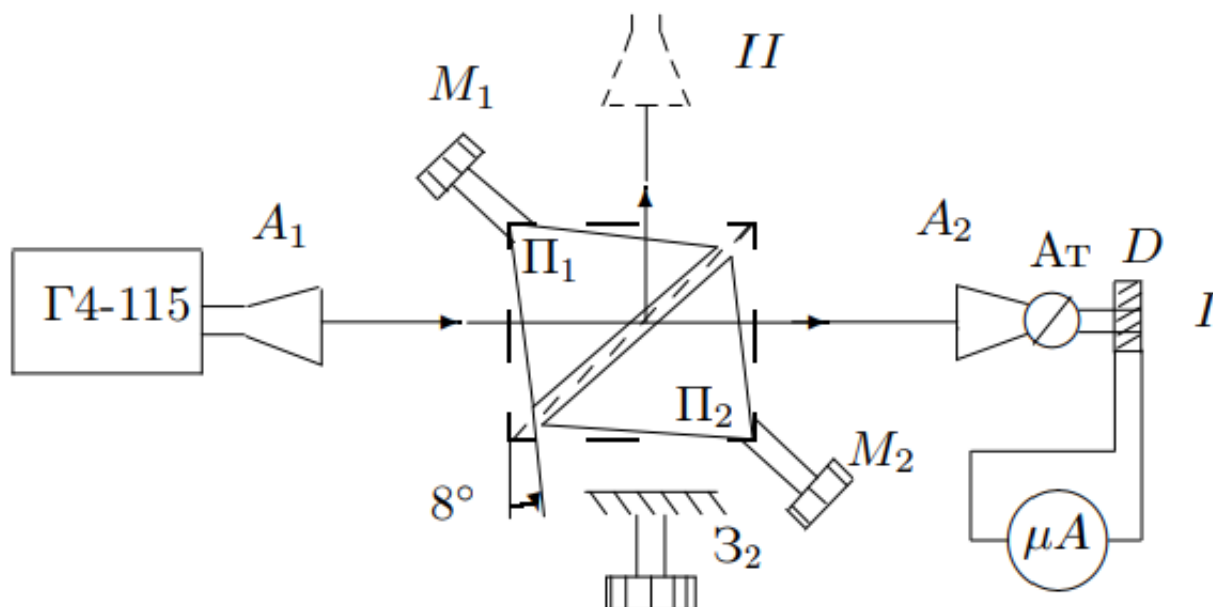


Рис. 1: Схема установки

Исследуем этот эффект - проникновение ЭМВ через воздушный зазор между диэлектрическими призмами при полном внутреннем отражении на границе диэлектрик-воздух. Моделирование интерферометра Майкельсона с использованием этого эффекта и измерение длины волны излучения и показателя преломления фторопласта для радиоволн миллиметрового диапазона.

Для измерения показателя преломления материала призм мы установим пластину толщины h из того же материала, что и призм - фторопласта. Имеем тогда приращение длины "оптического пути"

$$\Delta = 2h(n - 1).$$

Данное приращение можно скомпенсировать, передвинув подвижное зеркало на необходимое расстояние δx :

$$\delta x = h(n - 1).$$

Для толстых пластин, когда $\Delta > \lambda$, необходимо учесть изменение порядка интерференции. Это можно сделать, зная приближенное значение показателя преломления фторопласта ($n \approx 1.5$)

2 Выполнение

1. Исследование туннелирования СВЧ волн.

Рабочая частота клистрона - от 35.93 ГГц до 35.99 ГГц, мы использовали 35.96 ГГц. Ей соответствует длина волны $\lambda = \frac{c}{\nu} = 8.34 \pm 0.01$ мм. Мощность на 38 Вт. 100 Дел = 10 мкА, значит 1 Дел = 100 нА. Затем мы гереставим приемник для измерения отраженного света. Получится зависимость для преломленного и отраженного света:

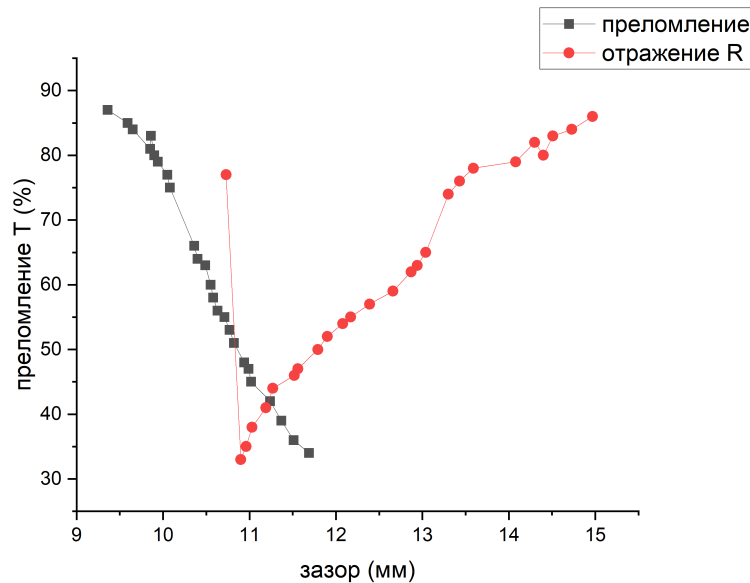


Рис. 2: Зависимость T и R от l

Отсюда видно, что $T + R \approx 1$. Далее строим график $\ln(T) = f(z)$:

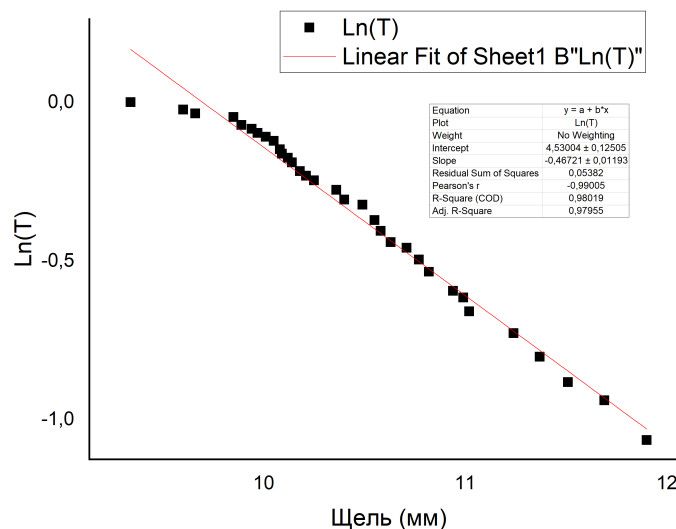


Рис. 3: $\ln(T) = f(z)$

Далее вычисляем показатель преломления n с учетом того, что $\Lambda = 0.46 \pm 0.01$ и $\varphi \approx \frac{\pi}{4}$:

$$n = \frac{1}{\sin \varphi} \sqrt{1 + \frac{1}{(4\pi\Lambda)^2}} = 1.4 \pm 0.1 \text{ мм}$$

Это хорошо соотносится с табличным значением $1.46 \cdot x'$

2. Интерферометр Майкельсона

Установим зазор такой, что $T = R \approx 0.5$. Собираем схему Майкельсона. Снимаем зависимость силы тока $I = f(x)$ от координаты x подвижного зеркала. Получаем зависимость:

Далее вставим пластину фторопласта с $h \approx 6.2$ мм. Получаем расстояние $\delta x = \frac{1.5+2+1.82}{3} = 1.77$ мм. Теперь можно вычислить показатель преломления:

$$n = 1 + \frac{\delta x}{h} = 1.3 \pm 0.1 \text{ мм}$$

Это уже дальше от правды, но мы старались :-)

3 Вывод

В работе получена зависимость T и R от l и $\ln(T) = f(z)$. По первому графику подтвердилось соотношение $T + R \approx 1$, по второму получилось значение $n = 1.4 \pm 0.1$ мм, совпадающее с табличным в пределах погрешностей. Тем не менее, значение $n = 1.3 \pm 0.1$ мм, измеренное интерферометром Майкельсона, оказалось далеким от правды.