

Работа 3.7.2

Электромагнитные волны в волноводе

Эйден Манро

Цель работы

Ознакомление с особенностями распространения электромагнитных волн в волноводе, аппаратурой и методами измерения основных характеристик протекающих при этом процессов.

Экспериментальные установки

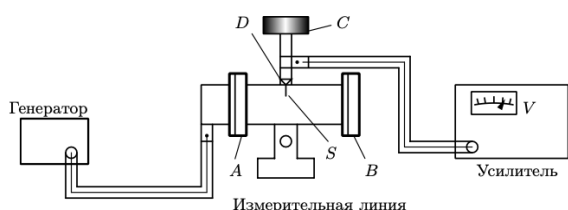


Рис. 1: Схема для исследования структуры волн СВЧ

(встроен в усилитель).

Для согласования зонда (как антенны) со входом усилителя предусмотрена специальная ручка регулировки измерительной линии С. Как правило, они согласованы, и в настройке нет необходимости.

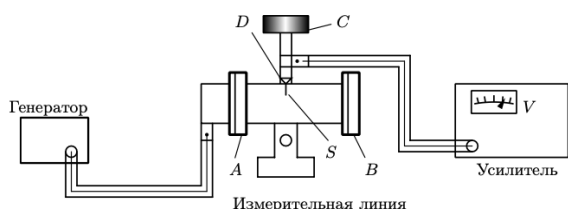


Рис. 2: Схема для исследования затухания

Схема для исследования структуры волн в волноводе при частоте выше критической представлена на рис. 1. Модулированный сигнал от высокочастотного генератора (пути с частотой повторения 1 кГц) поступает на вход А измерительной линии, вдоль которой перемещается зонд S. Высокочастотный сигнал с зонда поступает на кристаллический детектор D. С нагрузки детектора (с RC-цепочкой) снимается огибающая высокочастотного сигнала и подается на усилитель низкой частоты. Величина сигнала регистрируется вольтметром V

Для исследования затухания волн в волноводе при частоте ниже критической используются те же генератор, усилитель, измерительная линия и дополнительный набор волноводов с отдельной детекторной головкой G. Дополнительный набор начинается и заканчивается волноводами переменного сечения I и II. Между ними можно разместить 1, 2 или 3 одинаковых отрезка с постоянным сечением. В такой системе волны с частотами меньше критической экспоненциально затухают.

Формулы

$$\lambda_w = \left(\frac{1}{\lambda_0^2} - \frac{1}{\lambda_{\text{кр}}^2} \right)^{-\frac{1}{2}},$$

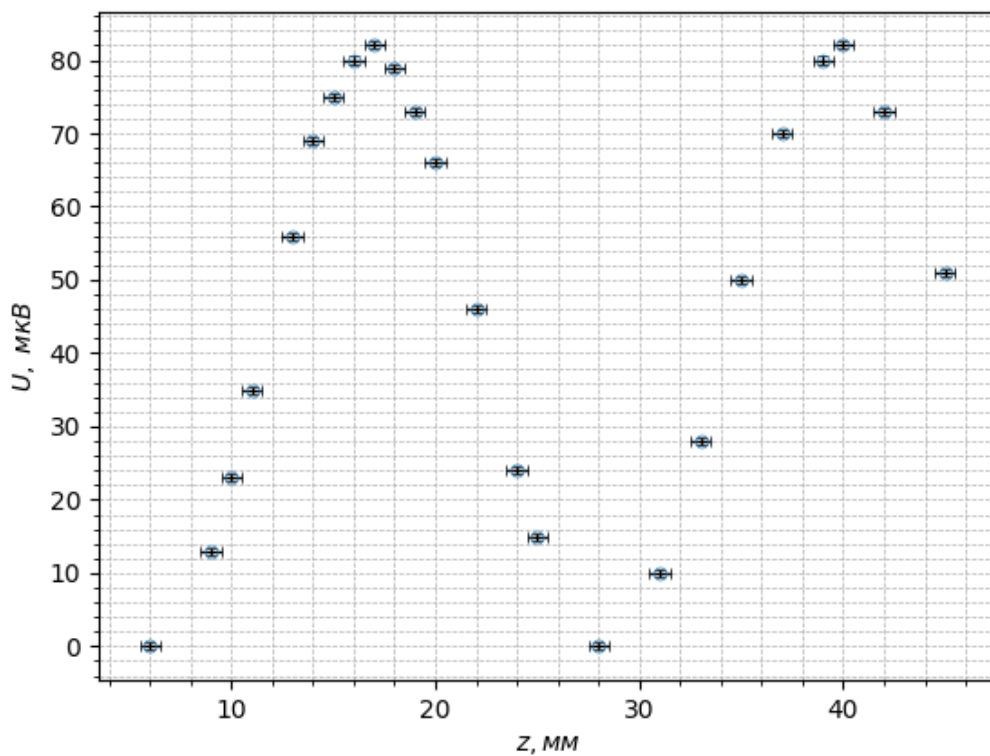
$$r = \frac{E_{\text{max}} - E_{\text{min}}}{E_{\text{max}} + E_{\text{min}}},$$

$$v_{\Phi} = \frac{c}{\sqrt{1 - (w_{\text{кр}}/w)^2}}$$

$$\alpha = \frac{1}{c} \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda_{\text{кр}}}{\lambda_0} \right)^2}.$$

Результаты

Рис. 3: Зависимость показания вольтметра от положения зонда.



Длина волны в волноводе по графику:

$$\lambda_{\text{в}} = (46 \pm 2) \text{ мм}$$

Теоретический расчет длины волны:

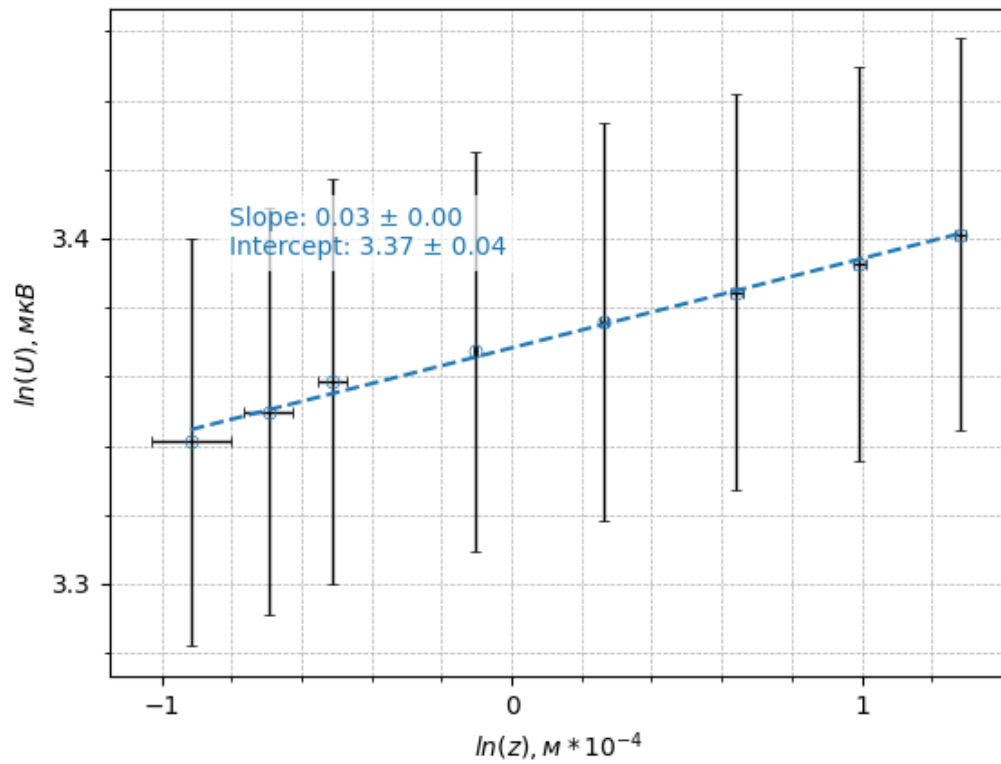
$$\lambda_{\text{в}} = 45 \text{ мм}$$

Значения совпали в пределах погрешности.

Фазовая скорость волн в волноводе:

$$v_{\Phi} = (1443760366 \pm 62772189) \text{ м/с}$$

Рис. 4: Зависимость логарифма показателя вольтметра от логарифма положения зонда.



Характер детектирования линейный.

Напряжения с фланцем:

$$U_{max} = (70 \pm 0.5) \text{мкВ}$$

Коэффициент отражения:

$$r = 0,292 \pm 0,007$$

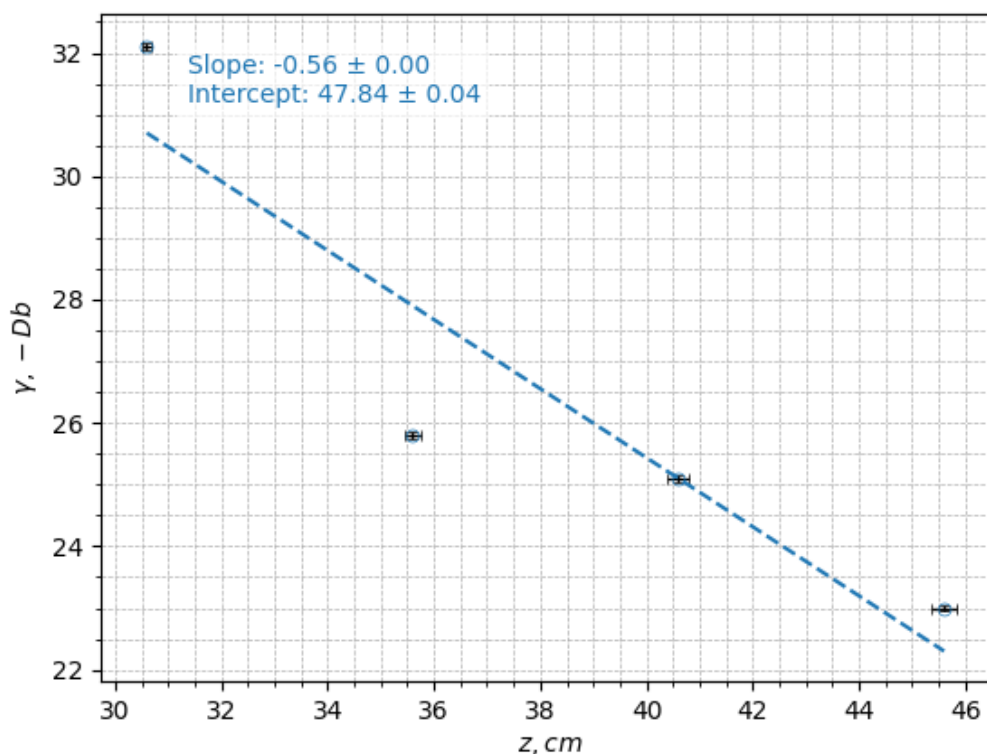
Напряжения без фланцем:

$$U_{max} = (21 \pm 0.5) \text{мкВ}$$

$$r = 0,111 \pm 0,002$$

Воздух не препятствует распространению СВЧ-волн, но в воздушной среде при распространении излучение становится менее интенсивным.

Рис. 5: Зависимость затухания от полной длины подключенных секций.



Коэффициент затухания:

$$\beta = 0.56 \pm 0.1 \text{ Б/см}$$

Вывод

Измерения в волноводе при частоте выше критической выполнены с высокой точностью. Экспериментально определенная длина волны, рассчитанная по графику, согласуется с теоретическими расчетами в пределах погрешности.

Полученная фазовая скорость волн превысила скорость света, что соответствует физическим законам, так как фазовая скорость характеризует перемещение узлов волны и не связана с переносом энергии или информации.

Измерения при частоте ниже критической сопровождалась значительными погрешностями. Это можно объяснить низкой надежностью самодельных конструкций и неудовлетворительным состоянием устаревшего оборудования.