

浙江大学



电磁场与电磁波实验 实验报告

实验名称 波导传输线负载特性测量与阻抗匹配

实验地点 东四 221

姓 名 陶泓宇

学 号 3200103929

实验日期 2022 年 5 月 19 日

指导老师 王子立

成 绩

目录

1 实验目的和要求	1
2 实验原理	1
3 测量结果与分析	3
3.1 测量结果	3
3.2 波导波长 λ_g	4
3.3 矩形波导 TE_{10} 模的波导波长 λ_g	4
3.4 驻波系数与反射系数与归一化阻抗值	4
3.5 用单销钉调节匹配后的驻波系数	5
3.6 匹配状态时销钉所呈现的归一化电抗值	5
4 思考题	5
5 实验总结与心得体会	6

1 实验目的和要求

了解波导传输线的基本特性，容性膜片的负载特性及阻抗匹配方法。了解以下内容

1. 波导的传输线模型
2. 波导色散特性——波导波长
3. 阻抗及匹配
4. Smith 圆图

2 实验原理

传输线的状态可以用以下五组参数等价，电压与电流；入射波与反射波；反射系数‘阻抗或导纳；驻波系数与驻波相位。

定义传输线上电压最大值与最小值之比为驻波系数 VSWR

如果波导末端短路（即传输线终端短路），则在传输线上形成纯驻波，驻波两最小点之间的举例为 $\lambda_g/2$ ，由此可以测出波导波长 λ_g

如果矩形波导（截面为 $a \times b$ ），插入一膜片，则该膜片的等效阻抗呈电容性，叫做容性膜片

传输线与负载匹配时，则传输线工作与行波状态（负载阻抗 Z_t 等于特征阻抗 $Z(0)$ ），此时传输线传输效率最高，传输功率容量也达到最大，传输线与负载不匹配时，一般在传输线与负载之间加一阻抗变换器来达到匹配，使传输线工作于行波状态，本实验使用可滑动的单销钉调配器，调节销钉的插入深度和横向位置使波导系统与负载达到匹配

实验涉及的公式：

$$\Gamma(0) = \frac{Z(0) - Z}{Z(0) + Z} = |\Gamma(0)| e^{j\psi(0)}$$

$$Z(0) = Z \frac{1 + \Gamma(0)}{1 - \Gamma(0)} \quad (\Omega)$$

$$\rho = \frac{V_{\max}}{V_{\min}} = \frac{1 + |\Gamma(0)|}{1 - |\Gamma(0)|}$$

$$\tilde{d}_{\min 1} = d_{\min 1} / \lambda$$

$$d_{\min 1} = \frac{\psi(0)\lambda_g}{4\pi} + \frac{\lambda_g}{4} \quad (\text{cm}), \quad (\text{如果 } \lambda_g \text{ 用 cm 作单位})$$

$$\lambda_g = \frac{\lambda}{\sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{2a}\right)^2}} \quad (\text{cm}), \quad (\text{如果 } \lambda, a \text{ 用 cm 作单位})$$

式中 a 为矩形波导宽边，本实验中 $a = 2.286 \text{ cm}$ ， $b = 1.016 \text{ cm}$

图 1: 实验涉及公式

用于读取归一化阻抗与反射系数的史密斯圆图:

接上容性膜片 + 匹配负载后测的第一个驻波最小点位置 $d_{min2} = 4.6cm$
如下:

横向移动驻波测量线探针位置读到的检波输出最大值 $P_{max} = 0.242mV$,
最小值 $P_{min} = 0.057mV$

接上单销钉调配器,横向移动驻波测量线,得到的 $P_{max} = 0.213mV, P_{min} = 0.06mV$

3.2 波导波长 λ_g

$$\lambda_g = 2|d_{min1} - d_{min2}| = 4.01cm$$

波导波长测量值为 4.01cm

3.3 矩形波导 TE_{10} 模的波导波长 λ_g

$$\lambda = \frac{c}{f} = 3.15cm$$

计算得到的波导波长理论值为 3.15cm, 大约有 25% 的误差

3.4 驻波系数与反射系数与归一化阻抗值

$$\rho = \frac{V_{max}}{V_{min}} = 2.05$$

$$|\Gamma(0)| = \frac{\rho - 1}{\rho + 1} = 0.344$$

$$d_{min1} = \frac{\phi(0)\lambda_g}{4\pi} + \frac{\lambda_g}{4} \Rightarrow \phi(0) = 1.04\pi$$

$$\Gamma(0) = |\Gamma(0)|e^{j\phi(0)} = 0.344e^{j1.04\pi}$$

由史密斯圆图可以得到: $z = 0.6 - 0.38j$

3.5 用单销钉调节匹配后的驻波系数

$$\rho = \frac{V_{max}}{V_{min}} = 1.88$$

3.6 匹配状态时销钉所呈现的归一化电抗值

$$|\Gamma(0)| = \frac{\rho - 1}{\rho + 1} = 0.305$$

$$d_{min1} = \frac{\phi(0)\lambda_g}{4\pi} + \frac{\lambda_g}{4} \Rightarrow \phi(0) = -0.42\pi$$

$$\Gamma(0) = |\Gamma(0)|e^{j\phi(0)} = 0.305e^{-j0.42\pi}$$

由史密斯圆图可以得到: $z = 0.557 - 0.18i$

4 思考题

1. 测量线开口端不接短路块, 任意接一负载, 能否测出波导波长? 接短路块测波导波长有什么优点?

可以测出波长, 使用短路块是因为在短路块处会发生全反射, 形成纯驻波, 现象比较明显

2. 测负载驻波相位为什么要先测 d_{min} (短)? 驻波相位是驻波最小点和短路点之间的相位差, 需要测量短路点的位置

3. 在单销钉调配器调配前, 测量线探针为什么不能伸入到波导里面? 探针伸入波导会引起反射, 会干扰调配器表面的匹配

4. 单销钉调配器调节匹配时, 为什么检波器输出指示越小, 表示调配得越好?

输出方波越小代表这条反射支路上的反射程度越小, 调配的越好

5. 如果经销钉调配器调配后, 测得驻波系数 $\rho = 1$, 在单销钉调配器与负载之间是否是行波? 单销钉调配器至信号源方向是否是行波? 为什么?

单销钉调配器与负载之间不是行波, 单销钉调配器至信号源方向是行波, 因为通过反射负载后的反射接近于 0

5 实验总结与心得体会

这次实验让我对于波导传输线有了更深入的了解，同时也学习到了如何通过史密斯圆图看归一化阻抗和反射系数；对于课堂上学的理论知识有了更深的理解