

浙江大学

本科实验报告



课程：电磁场与电磁波

姓名：

学院：信息与电子工程学院

学号：

指导教师：王子立

专业：电子科学与技术

2021年6月16日

一、实验目的和要求

二、实验原理

三、实验内容与步骤

3.1 工作频率f测量

3.2 波导波长测量

3.3 容性膜片等效负载的测量

3.4 阻抗匹配测量

四、主要仪器和设备

五、实验数据记录和处理

5.1 系统工作频率

5.2 波导波长测量

5.3 容性膜片等效负载测量

5.4 阻抗匹配测量

六、思考题

七、实验心得

一、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。

覆盖的基本概念：

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

二、实验原理

纵向均匀的波导，如果将场分解成TE 及TM 两种模式，每种模式的场分解成横向场量与纵向场量，再将横向场量分解成模式函数与幅值的乘积，即

$$\begin{aligned}\vec{E}_t &= \vec{e}(\vec{\rho})V(z) \\ \vec{H}_t &= \vec{h}(\vec{\rho})I(z)\end{aligned}$$

则 $V(z)$ 、 $I(z)$ 满足传输线方程

$$\begin{aligned}\frac{dV(z)}{dz} &= -jk_z Z I(z) \\ \frac{dI(z)}{dz} &= -jk_z Y V(z)\end{aligned}$$

其中

$$Z = \frac{1}{Y} = \begin{cases} \frac{\omega\mu}{k_z} & TE \\ \frac{k_z}{\omega\mu} & TM \end{cases}$$

本实验应用矩形波导传输线，工作于 TE_{10} 模式，其横向场 \vec{E}_t 、 \vec{H}_t 沿纵向 z 的传输特性可用 (k_z, Z) 传输线等效。

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

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

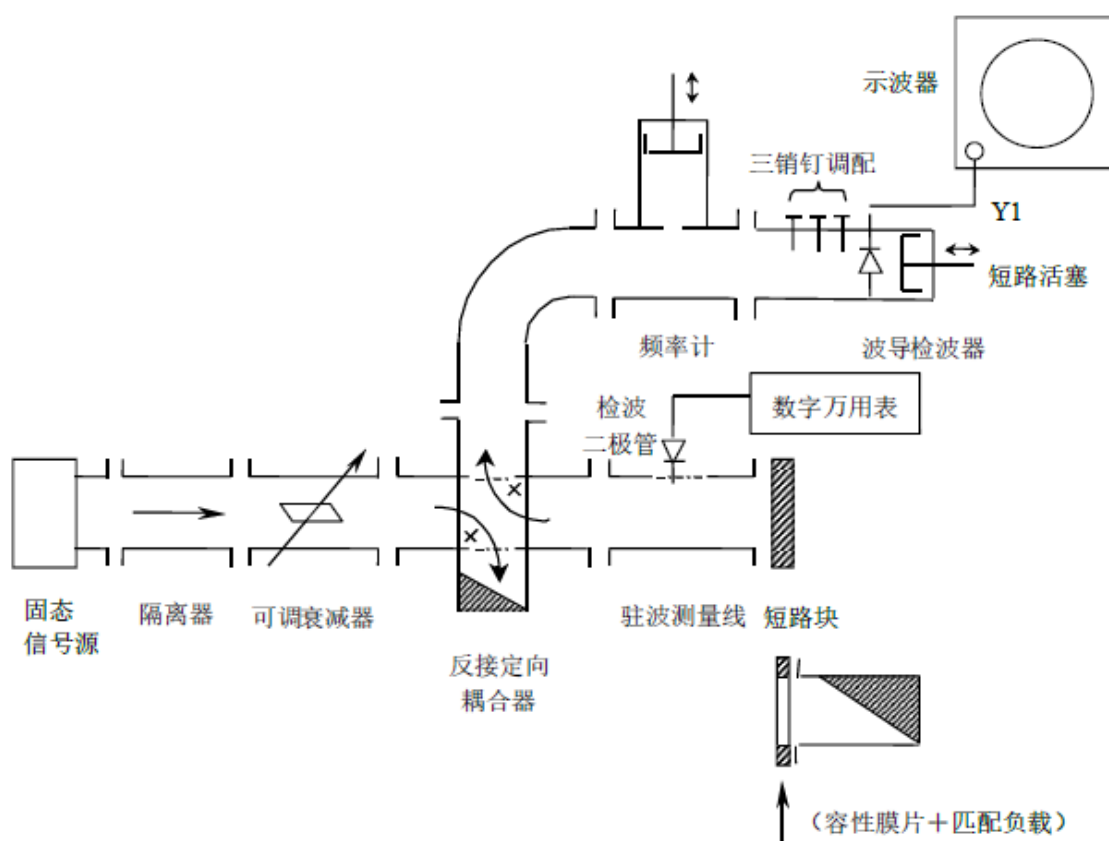
$$\rho = \frac{V_{max}}{V_{min}} = \frac{1 + |\Gamma(0)|}{1 - |\Gamma(0)|}$$

$$\tilde{d}_{min1} = \frac{d_{min1}}{\lambda}$$

$$d_{min1} = \frac{\Psi(0)\lambda_g}{4\pi} + \frac{\lambda_g}{4}(cm)$$

$$\lambda_g = \frac{\lambda}{\sqrt{1 - (\frac{\lambda}{2a})^2}} (cm)$$

三、实验内容与步骤



1. 连接实验装置，将各部件连接为如图完整的测量系统。
2. 实验开始前可调衰减器保持一定衰减量。主测量线探针插入深度为0。主测量线输出电缆连接到高精度数字万用表输入口，万用表选择AC电压测量模式。

3.1 工作频率 f 测量

1. 测量线开口端用短路块短接，接通固态微波信号源，工作状态选择方波调制。
2. 调节波导检波器中的短路活塞或三销钉调配器使示波器上显示的检波输出（方波）幅度最大。
3. 用直读式频率计测量此时系统的工作频率 f 。

3.2 波导波长测量

1. 先调节测量线探针插入深度为1mm左右，再细心调节测量线上的检波调配装置，使数字万用表上指示的检波输出信号最大，即检波匹配。
2. 慢慢地横向移动测量线探针，记下相邻两个驻波波节点的位置。

3.3 容性膜片等效负载的测量

1. 测量线开口端接短路块，横向移动测量线探针，找到一个驻波波节点位置并作记录。
2. 拆下短路块，接上容性膜片+匹配负载，往振荡源信号方向移动驻波测量线探针位置，测得第一个驻波最小点位置，并记录。
3. 测量此时的驻波系数，即横向移动驻波测量线探针位置，在数字万用表上读出检波输出最大值与最小值。

3.4 阻抗匹配测量

1. 在测量线与容性膜片+匹配负载之间串接一只单销钉调配器。
2. 调节衰减器衰减量，使示波器有足够的方波信号显示。
3. 细心调节销钉调配器销钉的横向位置和插入波导的深度，使示波器上显示的信号最小。进而提高示波器的灵敏度和增加输入功率，重复上一调节过程直到当示波器的灵敏度为最高和输入功率为最大且又在示波器上观察到的信号为最小为止，即找到最佳匹配位置。
4. 适当增加可调衰减器的衰减量之后，横向移动驻波测量线，记录该输入功率下数字万用表上的最大值与最小值，计算此时的驻波系数 ρ

四、主要仪器和设备

固态微波信号源、隔离器、可调衰减器、波长计、定向耦合器、波导检波器、驻波测量线、容性膜片+匹配负载、短路块、数字万用表、示波器、屏蔽连接线

五、实验数据记录和处理

5.1 系统工作频率

$f=9.355\text{GHz}$

5.2 波导波长测量

$$d_{min1} = 4.91cm, d_{min2} = 6.79cm$$

$$\lambda_g = 3.76cm$$

$$\lambda_{理} = \frac{c}{f} = 3.21cm,$$

5.3 容性膜片等效负载测量

$$min1(短) = 6.75cm, d_{min1(膜片)} = 6.30cm$$

$$P_{min} = 0.062mV, P_{max} = 0.185mV$$

$$\rho = 3$$

5.4 阻抗匹配测量

$$P_{max(匹配)} = 0.190mV, P_{min} = 0.056mV$$

$$\rho = 3.39$$

六、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？

能够测出波导波长，通过Smith原图变换，可以由任意负载推导处波导波长。

用短路块时，在短路块处产生全反射，形成纯驻波，现象明显，测量准确

2. 测负载驻波相位为什么要先测dmin（短）？

驻波相位为驻波最小点和短路点间相位差，因此要测量短路点位置和驻波最小点的差值。即dmin

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？

伸入波导不易于后续最佳匹配位置的寻找。

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？

输出指示越小，则调配其与负载之间的波更趋近于行波，表示负载匹配状况良好。

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？

是行波。驻波系数代表输出最大值与最小值的比，值为1表示电压恒定，但匹配器和信号源之间则不一定为行波。

七、实验心得

电磁场与电磁波中涉及到波导的知识，如果没有实验的话感觉还是比较生涩的，波导实验让我对波导器件和相应的传输线模型特性更加了解和熟悉。