**电磁场与微波实验 第一次实验 预习报告**

无82 许凌玮 2018011084

# 实验一 自由空间电磁波波长的测量和矩形波导截止特性的研究

## 一、实验目的

1. 了解电磁波综合综合测试仪的结构，掌握其工作原理；

2. 在学习均匀平面电磁波特性的基础上，观察与了解电磁波传播特性；

3. 熟悉并利用相干波原理，测量自由空间内电磁波波长，并确定相位常数；

4. 研究电磁波在矩形波导中的截止特性。

## 二、实验原理

1. **自由空间电磁波波长的测量**

两路等幅、同频率的均匀平面的电磁波，在自由空间内以相同或者相反方向传播时，由于初始相位不同发生干涉现象，在传播路径上可形成驻波分布。通过构造不同光程的两路光路叠加形成驻波，可以测得波长。

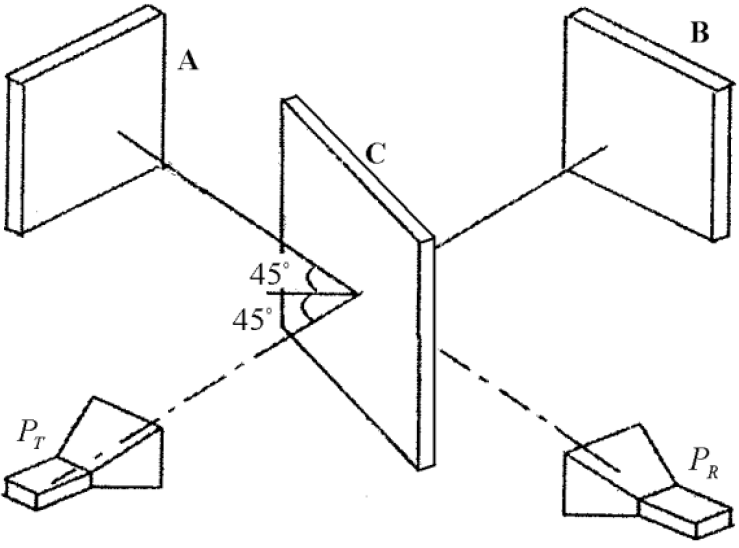
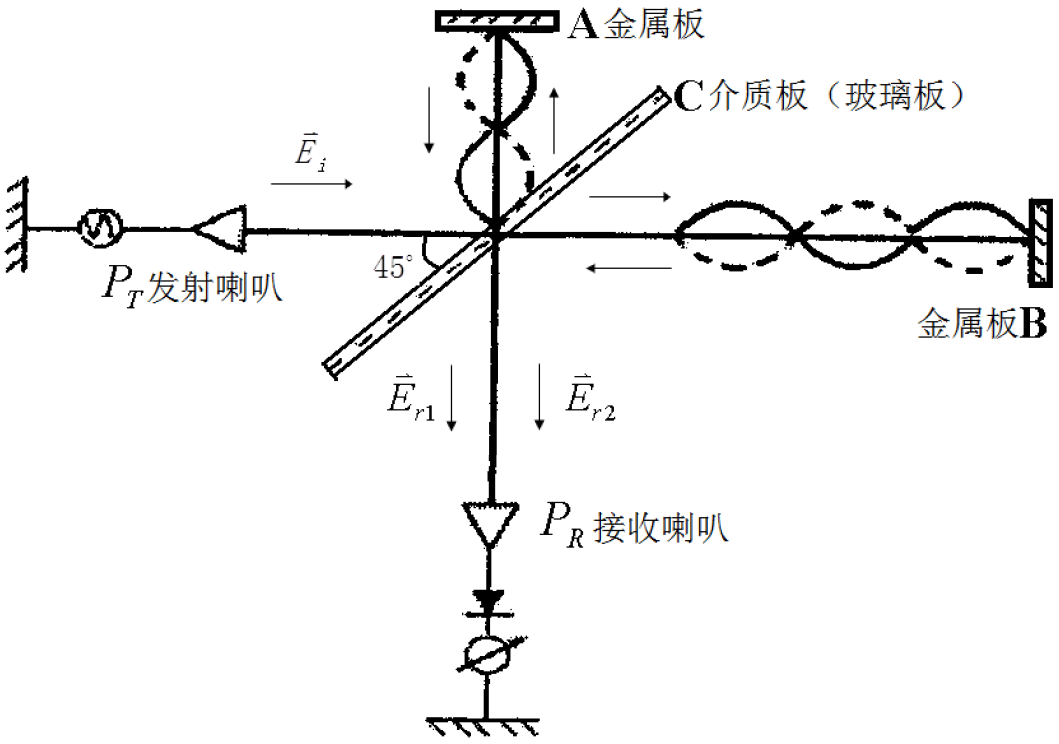
 

图1 自由空间电磁波波长测试装置与原理图

实验装置与原理如图1所示。发射喇叭*PT*发出的入射波以45°向介质板投射，在分界面上产生反射波和折射波，反射波经过固定板A的反射后再经过介质板的折射传播到接收喇叭*PR*处，折射波则经过可动板B的反射后再经过介质板的反射最终到达*PR*处，两者在*PR*处产生干涉。两路电磁波分别为：

两路电磁波的路程差为：

当时，干涉相长，接收指示达到最大值，时，干涉相消，接收指示达到最小值。因此，持续单向移动可动板B改变两路信号的路程差时，接收信号最大值和零值交替出现，呈周期性变化。测量多个接受零值处B板的位置，即可计算、（）。

若测得四个零值点的位置、、、，则可计算得到波长

直接法：

逐差法：

注意，测量时必须单向移动B板以避免回程差的影响，测量最小值时应使用两点法测量以减小误差，即测出零点左右两个相同值（取10）对应的刻度、，取平均值得。

2. **矩形波导截止特性的研究**

开缝金属板和开孔金属板如图2所示。设缝宽为，相当于波导的宽边，电场方向平行于缝隙的开缝方向，工作波长为。根据矩形波导相关理论，对于开缝金属板，当 时电磁波可以通过波导传输，当时一部分极化方向的电磁波会被反射，出现截止衰减现象。对于开孔金属板，时不同极化方向的电磁波都会被反射。

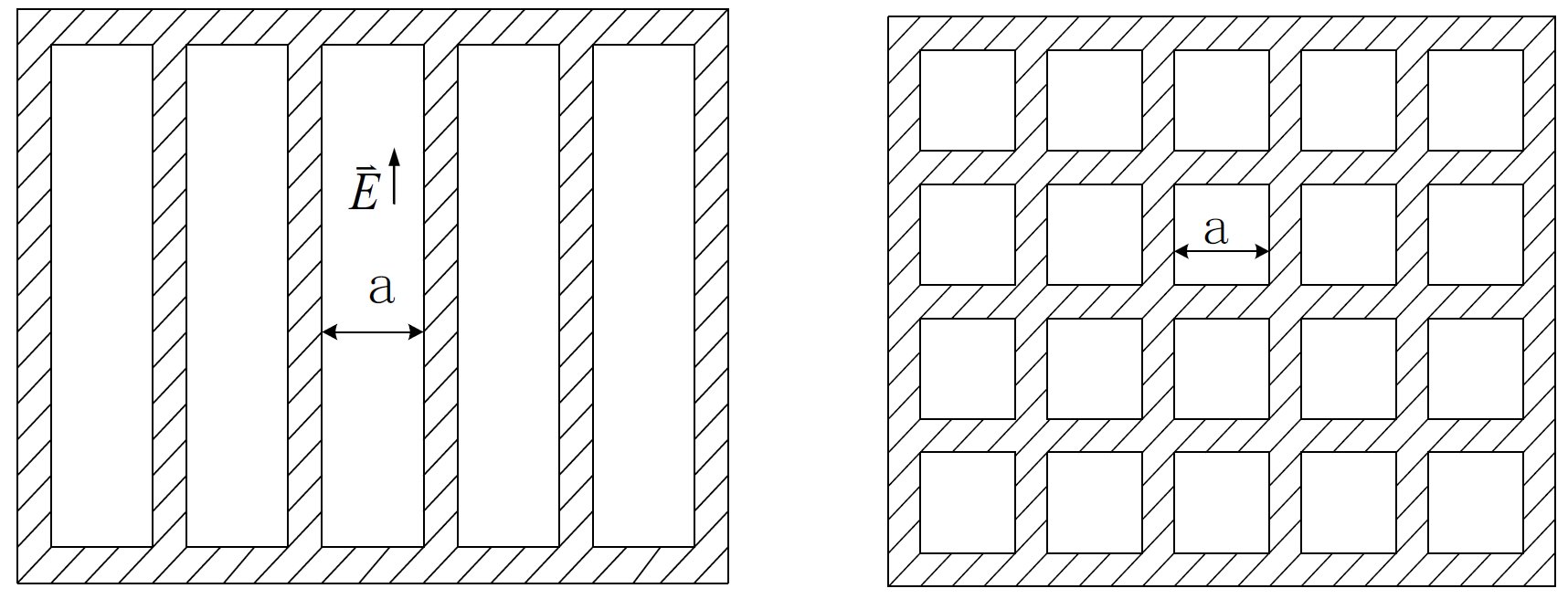


图2 开缝金属板和开孔金属板示意图

实验中，分别观察不同尺寸、不同方向的开缝金属板及开孔金属板对电磁波的反射与透射效果。通过实验观察到的现象掌握波导中电磁波的截止特性。

## 三、实验内容

**1. 自由空间电磁波波长的测量**

1) 了解电磁波综合测试仪的工作特性、使用方法，特别要熟悉与掌握利用相干波原理测试电磁波波长的方法。

2) 测值。移动可动板B，并测出相应接收零值B板的位置，根据测得的值及值，计算波长与传播常数。

3) 用频谱仪和线天线测出信号源频率，并计算波长，并与所测波长进行比较。

**2. 矩形波导的截止特性研究**

1) 掌握矩形波导的截止特性。

2) 研究不同开缝金属板和开孔金属板对电磁波反射与透射效果。

## 四、实验数据

**1. 自由空间电磁波波长的测量**

1) 电磁波综合测试仪测波长

表1 自由空间电磁波波长的测量数据记录表（单位: mm）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 第1次测量 | | | 第2次测量 | | | 第3次测量 | | |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 直接法 |  | | |  | | |  | | |
| 逐差法 |  | | |  | | |  | | |
|  | 直接法 逐差法 | | | | | | | | |
|  | 直接法 逐差法 | | | | | | | | |

2) 用频谱仪和线天线测量电磁波频率并计算波长

表2 频谱仪和线天线测波长数据记录表

|  |  |
| --- | --- |
| 电磁波频率 | 电磁波波长 |
|  |  |

**2. 矩形波导的截止特性研究**

1) 研究不同开缝金属板和开孔金属板对电磁波的反射与透射效果

表3 矩形波导的截止特性研究数据记录表1

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 直接接收示数 |  | | | |
| 放置宽缝金属板时接收示数 | 宽缝纵向放置 |  | 宽缝横向放置 |  |
| 放置窄缝金属板时接收示数 | 窄缝纵向放置 |  | 窄缝横向放置 |  |
| 放置开孔金属板时接收示数 |  | | | |

表4 矩形波导的截止特性研究数据记录表2

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 入射角 | 入射功率（接收示数） | 反射功率（接收示数） |
| 窄缝纵向放置的金属板 |  |  |
| 放置小孔金属板 |  |  |

# 实验二 波导波长、驻波比和阻抗的测量

## 一、实验目的

1. 了解波导测量线系统，掌握微波信号源、驻波测量线及各类微波元器件的工作原理和使用方法；

2. 掌握用测量线测量波长的方法；

3. 掌握用测量线测量阻抗及电压驻波比的原理和方法。

## 二、实验原理

**1. 测量波长**

为了测量波导波长，先在波导测量线上用两点法测量两个相邻波节点的位置和，再得出波导波长。然后用波导波长和自由波长的公式计算自由波长。

对于矩形波导中的波，自由波长和波导波长的关系如下：

其中为矩形波导宽边尺寸，对于三厘米波导。

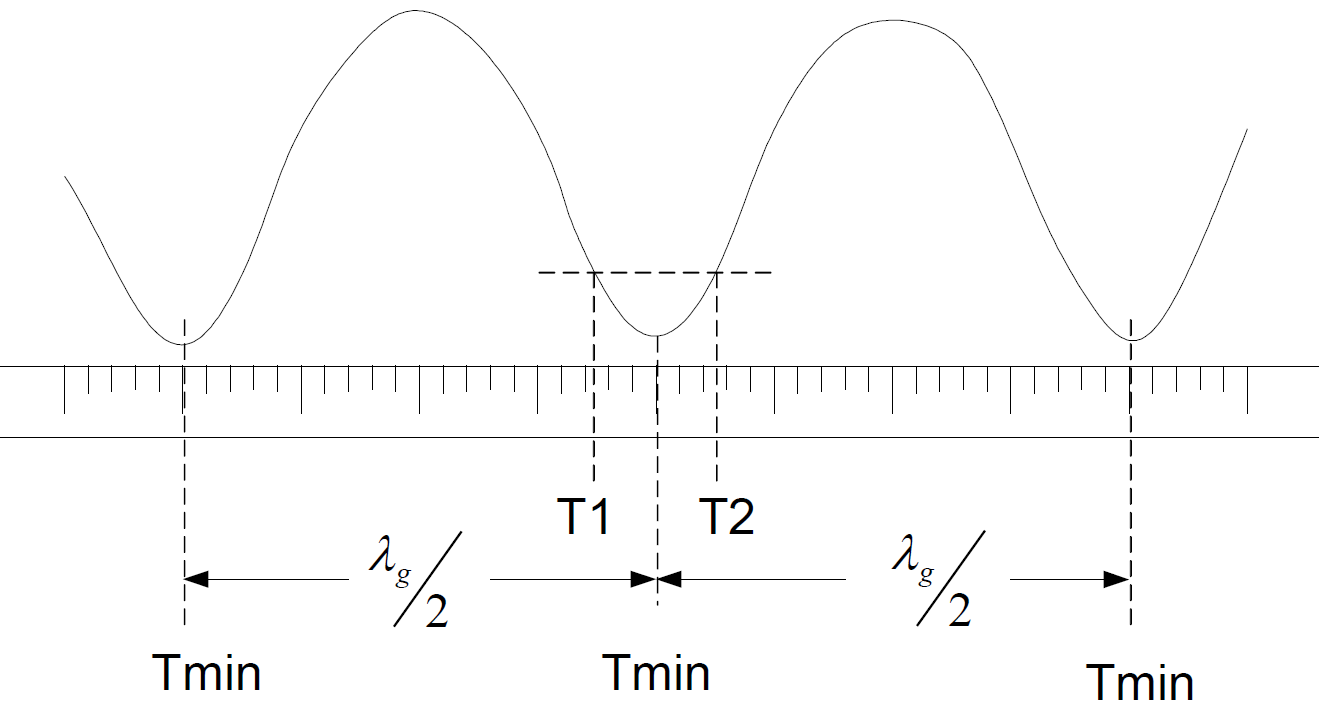


图3 两点法确定波节点位置示意图

两点法确定波节点位置如图3所示。测量波节点附近两边指示电表读数相等的两点和，由下式计算出波节点位置

**2. 电压驻波系数的测量**

电压驻波系数即波导中电场强度的最大值和最小值之比。本实验测量驻波系数采用直接法。设驻波腹点和节点处电表读数分别为和，由于是小信号工作，晶体检波律，则驻波系数为

当电压驻波系数在时，最大值与最小值相差不大，可以移动探针到多个位置记录数据，然后求平均值。当时，直接读出和即可。本实验多次测量取平均值（）

**3. 阻抗测量**

由传输线理论可知，传输线的归一化输入阻抗与其归一化终端负载的关系为

设传输线上驻波相位（即第一个电压驻波最小点离终端负载的距离）为，驻波系数为，电压驻波最小点处的归一化输入阻抗在数值上等于，即

将以及代入可得

由于测量线结构的限制，直接测量较为困难，因此实际测量时采用“等效截面法”。

首先将测量线终端短路，此时终端为波节点，沿线的驻波分布如图4-a所示。用测量线测得某一驻波节点位置 （任一驻波节点与终端的距离都是半波长的整倍数），将此位置定为终端负载的等效位置。然后去掉短路线，改接被测负载，此时系统的驻波分布如图4-b所示。用测量线测得左边第一个驻波最小点的位置，则。

然后再Smith圆图上找到归一化阻抗，如图4-c所示。驻波最小点截面处的阻抗为纯电阻，其电阻值即是以0为圆心，为半径的圆与纯电阻轴交点A所代表的值。由A点沿等圆向负载方向逆时针旋转得到T点，点T的读数即为待测元件的归一化阻抗。

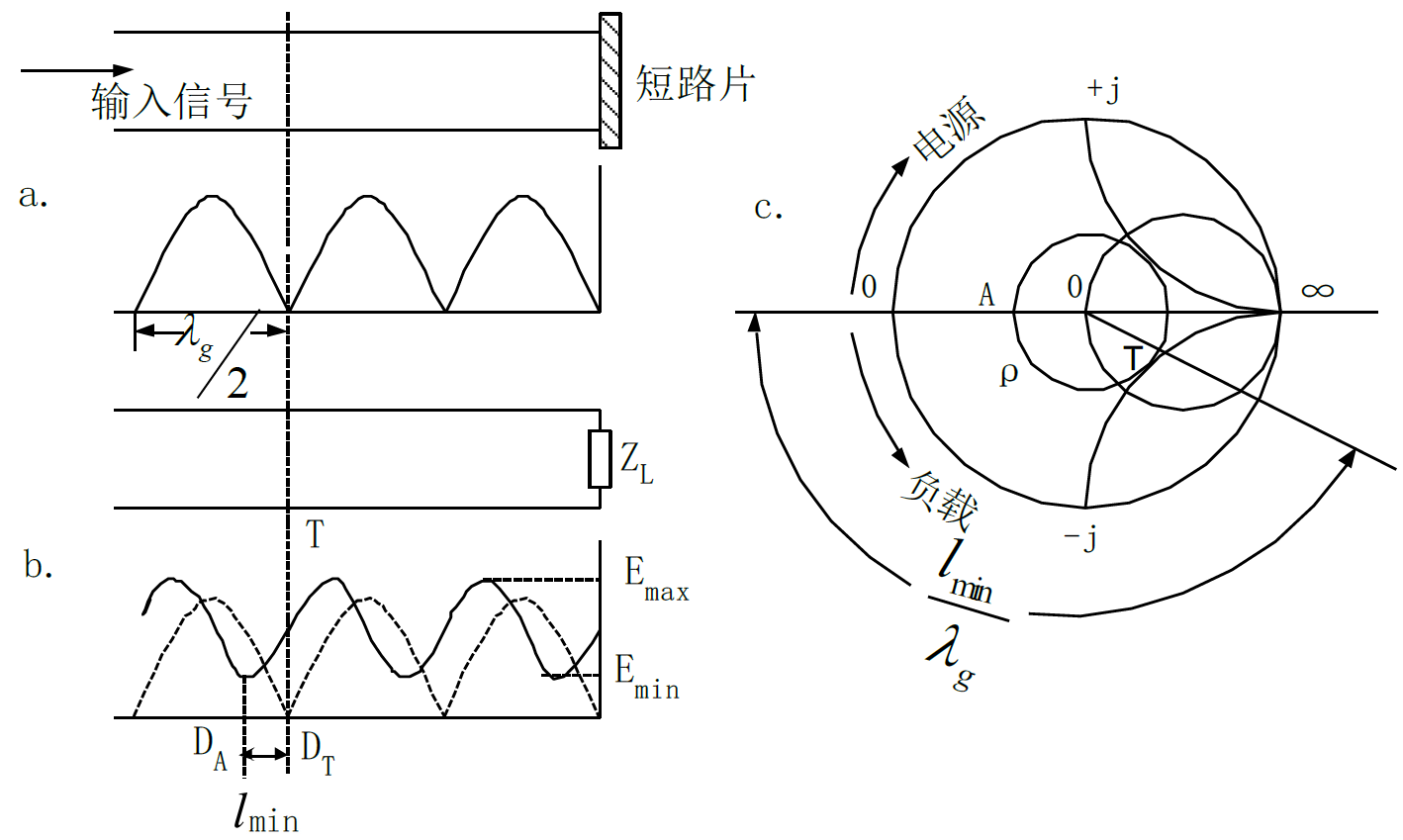


图4 “等效截面法”阻抗测量原理图

## 三、实验内容

**1. 测量信号波长。**

将驻波测量线探针插入适当深度，并将探针移至两个波节点的中点位置，然后调节其调谐回路，使测量放大器指示最大。再将波导测量线终端短路（同轴测量线终端开路），调谐选频放大器的衰减量和可变衰减器使当探针位于波腹时，放大器指示电表在量程的2/3以上，用两点法测量导波波长。

**2. 测量给定器件的电压驻波系数和阻抗。**

接上被测件，采用直接法测量驻波波腹点和波节点处的选频放大器读数和（连续测量三次，取平均值），求出电压驻波比。按照等效截面法，在测量线系统上测量和的位置，计算。在Smith圆图上标出A、T两个点，求出归一化阻抗值和实际阻抗值。

## 四、实验数据

**1. 测量信号波长**

表5 传输线测量信号波长数据记录表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | 第1次测量 | 第2次测量 | 第3次测量 |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  | | |
|  |  | | |

**2. 测量给定器件的电压驻波系数和阻抗**

表6 测量电压驻波比数据记录表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | 第1次测量 | 第2次测量 | 第3次测量 |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

表7 阻抗测量数据记录表

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
| 归一化阻抗（Smith圆图测测量值） | |
| 实际阻抗值 | |