

# 浙江大学



## 电磁场与电磁波课程实验报告

实验名称：微带传输线负载特性矢网测量

姓名学号：

年级专业：20 级 电子科学与技术

指导教师：王子立

2022 年 5 月 8 日

## 目录

1	测试数据 .....	2
1.1	微带线负载反射特性 .....	2
1.1.1	传输线开路 .....	2
1.1.2	传输线短路 .....	3
1.1.3	传输线负载 $49.9\Omega$ .....	4
1.1.4	传输线负载为 $1\text{pF}$ 电容 .....	5
1.1.5	传输线为 $3.3\text{nH}$ 电感 .....	6
1.2	天线的驻波比特性曲线 .....	7
1.3	微带耦合滤波器的滤波特性 .....	8
2	思考题 .....	10
3	实验的收获与体会 .....	10
4	实验建议与意见 .....	11



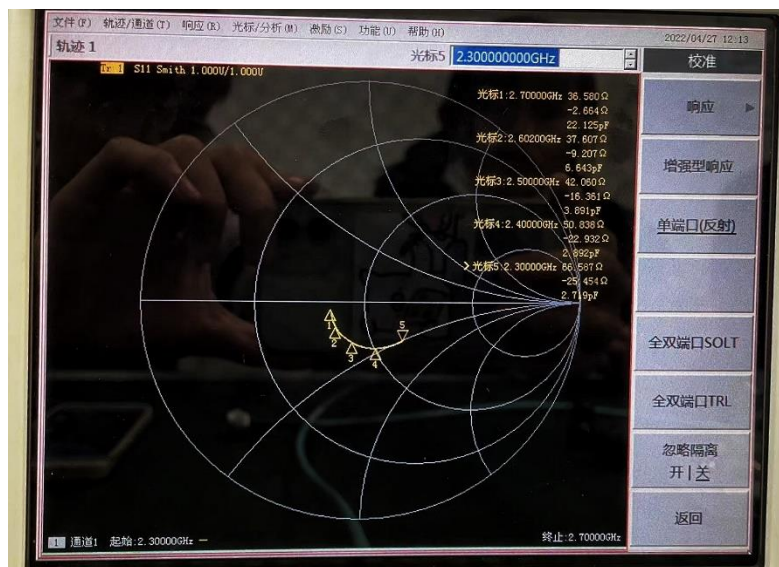
## 1.1.2 传输线短路



频率 f/GHz	电阻 R/ $\Omega$	电抗 X/ $\Omega$	感容性	实验值	理论值
2.3	4.411	-23.074	容性	$-0.558-j0.661$	-1
2.4	3.772	-6.077	容性	$-0.836-j0.208$	-1
2.5	3.830	9.456	感性	$-0.802+j0.317$	-1
2.6	4.666	27.505	感性	$-0.460+j0.735$	-1
2.7	7.087	52.139	感性	$0.045+j0.872$	-1

传输线短路时的理论反射系数应该为-1。此时由于实验所用的短路电阻非焊接，而是徒手压在模型上的，存在电感，距离越远，电感越大。在 2.5GHz 频率左右最接近理论值。

### 1.1.3 传输线负载 49.9Ω



频率 f/GHz	电阻 R/ $\Omega$	电抗 X/ $\Omega$	感容性	实验值	理论值
2.3	66.587	-25.454	容性	0.181-j0.179	0
2.4	50.838	-22.932	容性	0.057-j0.214	0
2.5	42.060	-16.361	容性	-0.053-j0.187	0
2.6	37.607	-9.207	容性	-0.129-j0.119	0
2.7	36.580	-2.664	容性	-0.154-j0.036	0

负载为 49.9 欧姆时与标准负载接近，反射系数理论值为 0，史密斯图应该接近原点处。

### 1.1.4 传输线负载为 1pF 电容



频率 f/GHz	电阻 R/Ω	电抗 X/Ω	感容性	实验值	理论值
2.3	3.961	-85.598	容性	0.473-j0.836	0.314-j0.949
2.4	2.854	-46.119	容性	-0.074-j0.937	0.275-j0.961
2.5	2.183	-24.039	容性	-0.581-j0.728	0.237-j0.971
2.6	1.703	-7.369	容性	-0.896-j0.27	0.199-j0.979
2.7	1.442	7.269	感性	-0.906-j0.269	0.163-j0.987

负载为 1pF 电容时，低频反射系数与理论值符合较好，频率升高时实验得到的反射系数误差较大。



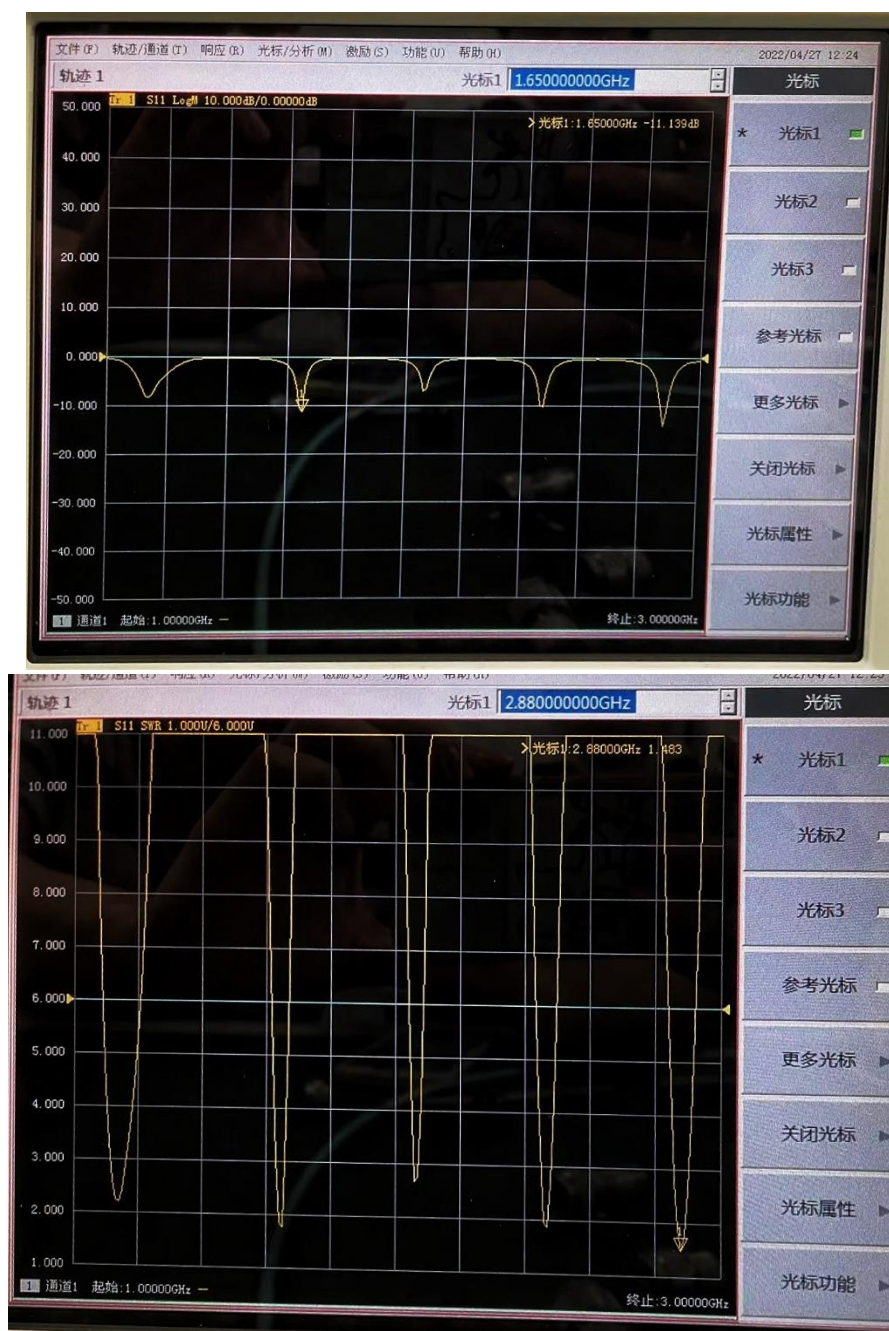
### 1.1.5 传输线为 3.3nH 电感



频率 f/GHz	电阻 R/Ω	电抗 X/Ω	感容性	实验值	理论值
2.3	2.484	41.139	感性	-0.180+j0.925	-0.047+j0.999
2.4	3.969	73.892	感性	0.355+j0.883	-0.005+j
2.5	14.816	155.389	感性	0.771+j0.548	0.036+j0.999
2.6	1159	579.381	感性	0.933+j0.032	0.075+j0.997
2.7	27.228	-181.674	容性	0.812-j0.466	0.112+j0.994

当负载为 3.3nH 时，频率低时实验值比较接近理论值，频率高时误差较大，可能是测量误差和高频率误差综合导致的结果。

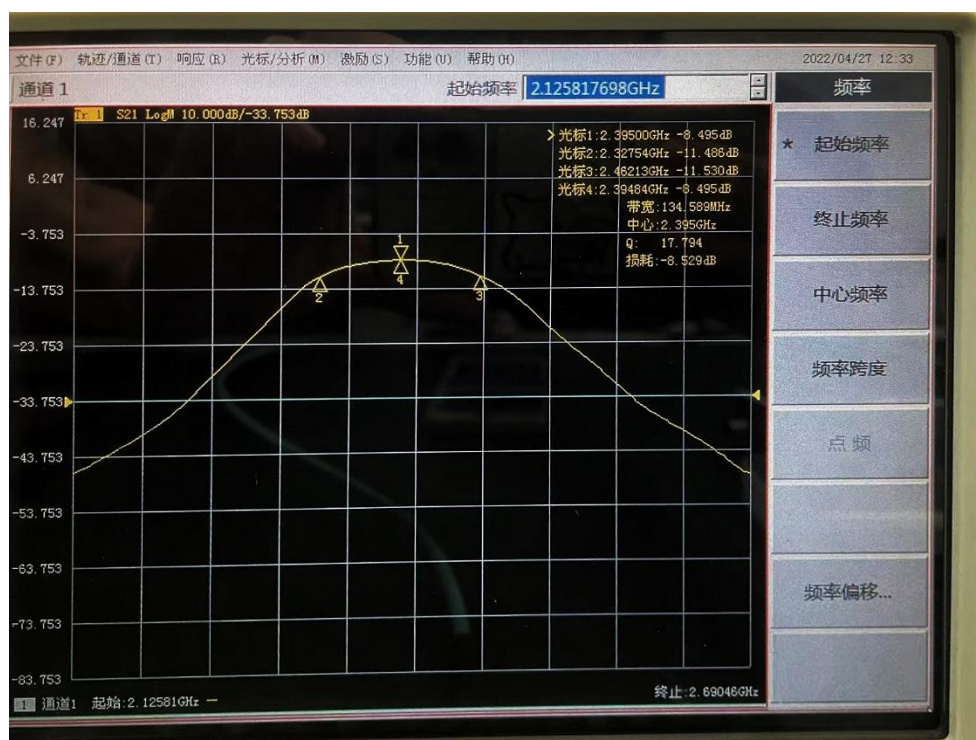
## 1.2 天线的驻波比特性曲线



如上图为天线的对数幅度图和驻波比图像。可以看到，当频率为 2.88GHz 时，天线的驻波比达到最小值 1.483。与一般的应用天线要求的驻波系数小于 1.5 比较而言，该天线的性能一般。



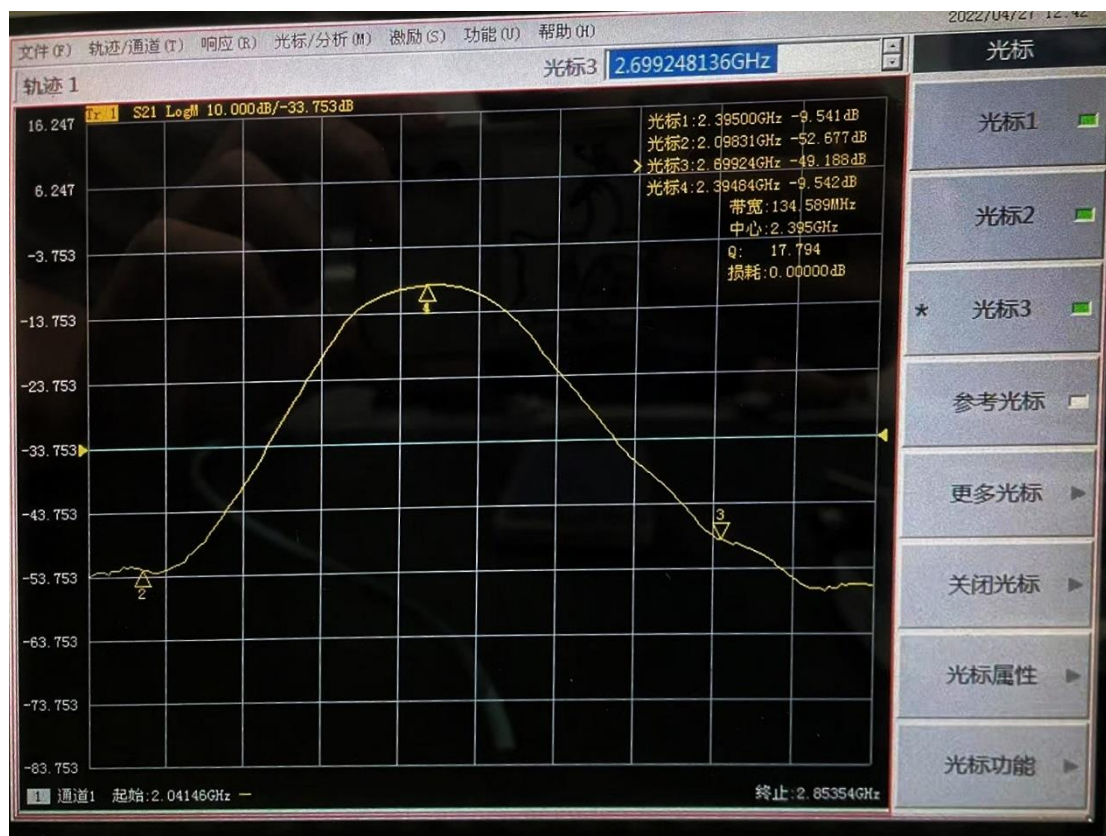
## 1.3 微带耦合滤波器的滤波特性



滤波器滤波特性图



S 参数与 $\omega$ 相位关系图



滤波器阻带衰减图

中心频率	2.395GHz
3dB 带宽	134.589MHz
插入损耗	-8.529dB
带内纹波	$\approx 0$
阻带衰减	-40dB~-43dB

由上表参数可以看出，该滤波器为带通滤波器，带宽较小。在 2.3GHz~2.7GHz 范围内，相位图中心频率范围内有较好的线性度，频率更小或更大的区域内产生非线性失真。总体而言可以有效实现滤波功能，在部分参数上有待提高。

## 2 思考题

### 1、什么是 S 参数？

S 参数，也就是散射参数。是微波传输中的一个重要参数。S12 为反向传输系数，也就是隔离。S21 为正向传输系数，也就是增益。S11 为输入反射系数，也就是输入回波损耗，S22 为输出反射系数，也就是输出回波损耗。

S11：端口 2 匹配时，端口 1 的反射系数。

S22：端口 1 匹配时，端口 2 的反射系数。

S12：端口 1 匹配时，端口 2 到端口 1 的反向传输系数。

S21：端口 2 匹配时，端口 1 到端口 2 的正向传输系数。

### 2、如果不校准，直接接入射频电缆和电路模块测量会对结果有什么影响？

结果会不准确，甚至完全无效。

### 3、如何测量转接头对测试曲线的影响。

对比接与不接转接头的开路曲线中史密斯图像的偏移。

### 4、利用实验内容 2 中已知的设计参数，计算 50 欧半波长微带线的长度和宽度。

$$\epsilon_r = 4.6, h = 0.765mm, d = 0.035mm, \text{损耗正切} 0.015$$

$$\frac{W}{L} = 0.424, L = 32.56mm, W = 1.38mm$$

## 3 实验的收获与体会

通过这次实验，我了解了基本传输线、微带线的特性，熟悉网络

参量测量，掌握矢量网络分析仪的基本使用方法。在实验中，我学习并使用了矢量网络分析仪，动手测量了传输线模块在不同负载下的反射特性、天线的驻波比、微带滤波器的网络特性等内容。在实验中，不仅让我回顾、巩固了课上学习的理论知识，更帮助我将理论与实际结合起来，让我对理论知识的理解更加深入。

## 4 实验建议与意见

实验前的理论讲解过多，实际操作的讲解过少，开始实验时需要看视频来学习，希望可以借鉴大物实验的教学方式，在讲解原理之后进行适当的演示。