

福建省精品课程教材

电磁场与微波技术实验教程

Experiments on Electromagnetic Field and Microwave Technology

游佰强 周建华 徐伟明 李伟文等 编著
You Baiqiang Zhou Jianhua Xu Weiming Li Weiwen

厦门大学出版社

内容简介

《电磁场与微波技术实验教程》是为电子、通信专业高年级学生、科技人员掌握相关基础知识而编写的一本教科书,能使读者在较为全面地了解电磁硬件实验手段的同时,初步掌握 MWO、ADS、HFSS 等现代 CAD 开发设计工具,为射频电路设计、现代光电子器件设计与开发、无线通信、光纤通信、卫星通信等相关领域的理论学习和科研工作打下坚实的基础。

相对于传统的电磁场与微波技术实验,本教程在内容上做了较大篇幅的改进,更强调为现代科学技术基本技能掌握服务的工程理念。教材由浅入深地让读者从最基本的电磁实验现象入手,进而探讨传输媒质的影响、偏振特性、谐振器、微带天线的设计与制作、测试技术、电磁兼容问题等,使读者的知识面基本能够与现代科技接轨。为了保证教学内容的完整性,也在有限篇幅尽可能补充了相关的部分基础理论知识和背景知识。

此教程的编写本身是根据现代科技发展需求进行的改革尝试,基本内容既可作为大学高年级专业基础课的实验教材,后面天线、EMC、RF 电路等系列专题也可作为创新性实验或研究生低年级的学习资料。此外,这些专题讨论也是奋战在科技一线的工程技术人员不可多得的入门参考资料。

高等院校信息技术实验教程丛书编委会

主任委员:王 琳

副主任委员:隋榕生 李名世

委 员:程曙艳 胡晓毅 黄联芬 李名世 林聪仁 刘舜奎
彭侠夫 隋榕生 王 琳 王晓雪 姚 铭 游佰强

序

21 世纪,科学技术的发展日新月异,信息化时代的来临使信息科学与技术深入社会生活的各个领域。其发展水平已成为衡量一个国家科技实力的重要标志之一。各国都把培养大量高水平的信息科学人才作为科技发展的重要战略目标。

培养高水平的信息科学人才,应重视学生的工程素质和实践能力的培养,提高学生分析问题、解决实际问题的能力,这也是当前社会对毕业生专业技能的要求。各高校通过实验课程、课程设计、毕业设计、毕业实习以及组织各种竞赛来提高学生的实践能力、设计与制作能力。

实验是自然科学的基础,是一切科学创造的源泉。学生在本科阶段存在课程多,学时少,实验、实践锻炼的机会更少的问题。一方面由于扩招引起的指导教师、实验资源不足;另一方面也缺少一批实用、高效的实验教材。在厦门大学出版社的大力支持下,我们组织完成了这套“高等院校信息技术实验教程丛书”的编写工作。参与编写该丛书的作者都是担任相关课程的老师或实验指导老师,该丛书是在相关课程经过多年实验使用的实验讲义的基础上编制而成,收集了较多不同难度的实验项目,供实验课选择。

“高等院校信息技术实验教程丛书”包括《电子技术实验教程》、《电机与电力拖动实验教程》、《可编程控制器(PLC)实验教程》、《自控原理与计算机控制实验教程》、《过程控制实验教程》、《单片机原理与接口技术实验教程》、《电磁场与微波技术实验教程》、《数据库技术实验教程》、《汇编程序设计实验教程》、《数字信号处理(DSP)实验教程》十本实验指导书。

在此,我们向所有支持和参与该丛书出版的单位和同志表示感谢,特别要向李茂青教授、许茹教授在该丛书的编写、出版中做出的指导性工作表示感谢。同时,感谢该丛书中使用的实验设备的生产厂家提供的支持。

由于作者的水平与能力有限,丛书中的不足与问题在所难免,恳请广大师生批评指正。

高等院校信息技术实验教程丛书编委会

2008 年 1 月于厦门大学海韵园

前言

Preface

《电磁场与微波技术实验教程》是配合电子、通信两个一级学科的重要支柱课程《电磁场理论》和《微波技术基础》，独立开设的一门实验课程。通过此课程的理论教学和实验训练，能使学生在两门专业基础课程的理论教学基础上从实验的角度来理解电磁波的传输特性，初步掌握现代 CAD 开发技术如 Microwave Office、ADS、HFSS 等设计工具，为射频电路设计、现代光电子器件设计与开发、无线通信、光纤通信、卫星通信等相关领域的课程学习和科研打下坚实的基础。

电磁场与微波技术已经成为电子、通信两大领域不可缺少的必备知识之一，而了解电磁波传播特性并掌握现代射频电路及其器件的设计方法已经成为电子工程和通信工程专业的一个重要环节，特别是相关实验训练部分的环节。因此在本实验课程的安排上对传统电磁场理论和微波技术实验在内容上做了大篇幅的改进，更强调为现代电子、通信、微波、射频、器件设计技术服务的工程理念。教材内容安排上是由浅入深地让同学们从电磁波的传输特性如反射、衍射和干涉入手，进而探讨介质对电磁波传播的影响以及电磁波的偏振特性，并介绍传统微波测量线和基本微波器件的工作原理。此外，还补充了一系列的实用技术介绍，如微带天线的设计与制作、天线的测试技术、场的测试方法和电磁兼容简介等，使读者的知识面基本能够与现代科技接轨。另一个相对传统实验项目做的大改动在于大大加强了软件分析技术的介绍，教材从最基本的传输线仿真入手，介绍了一些常用的工具。然后，概述了目前射频微波设计方面的各种软件特性，重点讨论了美国 AWR 公司的 Microwave Office 设计软件的基本使用方法，给出了 RF 电路设计、微带天线设计、功率分配器设计等实用内容。最后，对功能强大的 ADS、HFSS 都结合实际设计例子介绍了使用方法。教材的构思和理念先进，直接与现代工程需求相结合。为了保证教学内容的完整性，我们在教材编写过程中尽可能补充了相关部分的基础理论知识和背景知识，实现了实验教学内容的完整性。

这本教材的编写构思至初步完善历经近 10 年时间，也是教学团队不断在教学实践、工厂企业需求中逐步提炼出来的，限于时间和篇幅，很多内容尚未编辑在内。在国内外著名同行学者的大力帮助下，伴随着时光的脚步，厦门大学电磁场与微波技术系列精品课程建设也获得了长足的进步。此课程设立本身是根据现代科技发展需要进行的改革尝试，内容既可作为大学高年级专业基础课的实验教材，后面天线、EMC、RF 电路等系列专题也可作为创新性实验或研究生低年级的学习资料。此外，这些也是奋战在科技一线的工程技术人员不可多得的入门参考

资料。

署名作者中,周建华博士编辑润色了全书的内容,他多年来一直承担着系列精品课程网站的建设;徐伟明工程师完成了全部微波实验,尝试验证了各类实验数据,并在多年来的实践教学中给予了很大的帮助;李伟文博士在传输线、功分器等内容上提供了素材;此外,蔡国雄在读博士参与了软件部分的编写,并检索了国内外众多著名高校的相关信息;林斌硕士在滤波器设计、测试、光子带隙等方面编写了教材的初稿。

本教材中很多内容同时也融合了笔者教学科研团队多年来的专利成果,系列精品课程正在不断完善之中。欢迎读者访问教学科研网站 boya.xmu.edu.cn,下载相关支持软件,加深对本教材内容的理解。

本书内容取材丰富,涉及面广,所以编著中难免有所遗漏,欢迎读者来函交流指正。

游佰强

2008 年于厦门大学海韵园

目 录

前言

1 硬件实验预备知识	(1)
1.1 微波分光仪测试系统概述	(1)
1.2 微波分光仪工作原理	(2)
1.3 微波分光仪系统主要部件及其功能简介	(2)
1.4 分光仪机械结构的安装与调整	(3)
1.5 测试软件安装	(4)
1.6 实验内容及仪器使用方法	(4)
1.6.1 微波信号源	(4)
1.6.2 3 cm 的微波测量线	(5)
1.6.3 选频信号放大器	(5)
1.7 参考资料	(5)
1.8 实验报告整体要求	(6)
2 实验一 电磁波的反射	(7)
2.1 实验目的	(7)
2.2 实验原理	(7)
2.3 实验内容	(12)
2.4 实验报告要求	(12)
2.5 参考文献	(12)
3 实验二 电磁波通过单缝时的衍射现象	(13)
3.1 实验目的	(13)
3.2 实验原理	(13)
3.3 实验内容	(16)
3.4 实验报告要求	(16)
4 实验三 双缝干涉实验	(17)
4.1 实验目的	(17)
4.2 实验原理	(17)
4.3 实验内容	(19)
4.4 实验报告要求	(19)

5 实验四 迈克尔逊干涉实验	(20)
5.1 实验目的	(20)
5.2 实验原理	(20)
5.3 实验内容	(22)
5.4 实验报告要求	(22)
6 实验五 无损介质介电常数实验	(23)
6.1 实验目的	(23)
6.2 实验原理	(23)
6.3 实验内容	(24)
6.4 实验报告要求	(24)
6.5 参考文献	(24)
7 实验六 偏振实验	(25)
7.1 实验目的	(25)
7.2 实验原理	(25)
7.3 实验内容	(26)
7.4 实验报告要求	(26)
8 实验七 布拉格衍射实验	(28)
8.1 实验目的	(28)
8.2 实验原理	(28)
8.3 实验内容	(30)
8.4 实验报告要求	(30)
9 实验八 极化波的产生/检测	(31)
9.1 实验目的	(31)
9.2 实验原理	(31)
9.3 实验内容	(33)
9.4 实验报告要求	(33)
10 实验九 圆极化波的左旋/右旋	(34)
10.1 实验目的	(34)
10.2 实验原理	(34)
10.3 实验内容	(37)
10.4 实验报告要求	(37)
11 实验十 圆极化波的反射/折射	(38)
11.1 实验目的	(38)

11.2	实验原理	(38)
12	3 厘米波导测量线	(41)
12.1	概述及实验目的	(41)
12.2	3 cm 测量线的主要技术指标	(41)
12.3	仪器的结构和工作原理	(41)
12.4	仪器的使用和维护	(43)
12.4.1	驻波系数的测量	(44)
12.4.2	检波律校准曲线	(44)
12.4.3	参考面位置的确定	(45)
12.5	大驻波系数的测量	(45)
12.5.1	功率衰减法	(45)
12.5.2	二倍最小值法	(45)
12.6	实验内容(量波导波长)	(46)
12.7	注意事项	(46)
13	微带天线制作基础	(48)
13.1	实验目的	(48)
13.2	常用的微带天线制作方法简介	(49)
13.2.1	腐蚀工艺制板法	(49)
13.2.2	导电油墨印刷法	(49)
13.2.3	低温共烧和高温烧结法	(51)
13.3	用腐蚀工艺制板法制作微带天线	(52)
13.4	实验内容	(53)
13.5	实验报告要求	(53)
14	微带天线测试基础	(54)
14.1	实验目的	(54)
14.2	偶极子天线的辐射特性	(55)
14.2.1	偶极子天线的辐射场与方向性	(55)
14.2.2	偶极子天线的通频带与谐振长度	(56)
14.3	偶极子天线的性能测试与分析	(57)
14.3.1	天线回波损耗的测量与分析	(57)
14.3.2	天线方向图的测量与分析	(58)
14.4	实验内容	(60)
14.5	实验报告要求	(61)
15	场强测试基础	(62)
15.1	实验目的	(62)
15.2	场强测量	(62)

15.2.1	场强仪	(63)
15.2.2	频谱分析仪与场强仪	(63)
15.2.3	电视场强测量术语	(64)
15.3	实验思考题	(64)
16	电磁兼容入门	(65)
16.1	实验目的	(65)
16.2	电磁兼容的基本概念	(65)
16.2.1	电磁兼容的发展	(66)
16.2.2	电磁兼容规范	(67)
16.2.3	电磁兼容的一些实际技术	(67)
16.3	电磁干扰三要素	(70)
16.4	辐射干扰的测量方法	(70)
16.5	测量接收机	(71)
16.5.1	测试天线	(71)
16.5.2	测试场地	(71)
16.5.3	测量记录	(72)
16.5.4	大环境信号测量	(72)
16.5.5	安装现场测量	(72)
16.5.6	传导干扰的测量方法(建议传导干扰测量在屏蔽室内进行)	(72)
16.5.7	测量接收机	(72)
16.5.8	人工电源网络	(72)
16.5.9	接地平板	(73)
16.5.10	电信端口的传导干扰测量	(73)
16.6	实验内容	(73)
	硬件实验部分附录(典型测试数据)	(74)
	六个实验的典型数据	(74)
1.	入射实验	(74)
2.	单缝衍射实验 $a=70\text{ mm}, \lambda=32\text{ mm}$	(74)
3.	双缝衍射实验 $a=40; b=80, \lambda=32\text{ mm}$	(74)
4.	迈克尔逊干涉实验	(74)
5.	偏振实验	(74)
6.	布拉格衍射实验	(74)
	硬件实验配套软件的补充说明	(78)
17	第二部分 微波器件设计及软件使用	(79)
17.1	常用RF微波软件简介	(79)
17.1.1	基于矩量法的微波EDA仿真软件	(80)
17.1.2	基于时域有限差分的微波仿真软件	(81)

17.1.3	基于有限元的微波 EDA 仿真软件	(82)
17.1.4	基于积分方程的新混合算法 EDA 仿真软件	(82)
17.2	Microwave Office	(83)
17.2.1	仿真系统简介	(83)
17.2.2	Microwave Office 的工作过程及原理	(83)
17.2.3	Microwave Office 特点	(84)
17.2.4	Microwave Office 2003 更新	(84)
17.3	Microwave Office 2003 操作指南	(84)
17.3.1	软件主界面	(84)
17.3.2	MWO 菜单栏	(84)
17.3.3	MWO 工具栏	(86)
17.3.4	Design Explore	(86)
17.3.5	Project Browser	(87)
17.3.6	Element Browser	(88)
17.3.7	Circuit Elements	(88)
17.3.8	System Blocks	(90)
17.3.9	Layout Browser	(91)
17.4	Microwave Office 部分功能介绍	(91)
17.4.1	变量(variable)	(91)
17.4.2	测量参数	(92)
17.4.3	优化功能	(93)
17.4.4	TXLine(传输线阻抗计算器)的使用	(95)
17.5	Microwave Office 2003 实例演示	(96)
17.5.1	新建一个 Project	(97)
17.5.2	创建一个新的电路原理图	(97)
17.5.3	设置仿真频率	(97)
17.5.4	分析电路	(98)
17.5.5	电路的谐调与优化(Tune and Optimization)	(98)
17.5.6	Optimization 功能	(98)
17.6	实例演示实验内容及实验报告要求	(99)
18	微波基础计算器使用	(100)
18.1	实验目的	(100)
18.2	实验原理	(100)
18.2.1	长线理论	(100)
18.3	二端口微波网络理论	(101)
18.3.1	微波电路的构成	(101)
18.4	实验作业	(104)

19 集总参数滤波器	(106)
19.1 实验目的.....	(106)
19.2 实验要求.....	(106)
19.3 实验原理.....	(106)
19.4 实验作业.....	(109)
20 分布参数滤波器	(111)
20.1 实验目的.....	(111)
20.2 实验要求.....	(111)
20.3 实验原理.....	(111)
20.4 实验作业.....	(113)
21 非线性电路仿真	(114)
21.1 实验目的.....	(114)
21.2 实验要求.....	(114)
21.3 实验原理.....	(114)
21.4 实验报告要求.....	(118)
22 电路板 Layout 设计	(119)
22.1 实验目的.....	(119)
22.2 实验内容.....	(119)
22.3 实验报告要求.....	(124)
23 专题讨论:滤波器设计向导	(126)
23.1 进入向导.....	(126)
23.2 其他设计参数.....	(132)
23.3 微带滤波器设计最常见的问题及处理方法.....	(133)
23.4 Note:补充课程讲解	(136)
24 微带天线仿真设计基础	(137)
24.1 实验目的.....	(137)
24.2 微带天线概述.....	(137)
24.3 微带天线的理论分析方法.....	(138)
24.4 微带天线的尺寸结构设计.....	(139)
24.5 MWO 天线设计的实用方法简介	(140)
24.6 用 MWO 软件仿真设计矩形微带天线	(141)
24.6.1 矩形微带贴片天线设计的步骤.....	(141)
24.6.2 矩形微带贴片天线的仿真.....	(142)
24.6.3 矩形微带贴片天线的匹配设计.....	(150)

24.7	实验内容·····	(154)
24.8	实验报告要求·····	(154)
25	微波光子晶体仿真设计基础 ·····	(155)
25.1	实验目的·····	(155)
25.2	光子晶体概述·····	(155)
25.3	用 MWO 软件在微带天线上设计光子晶体结构 ·····	(156)
25.4	PBG 结构变化对微带天线的性能影响 ·····	(159)
25.5	实验内容·····	(160)
25.6	实验报告要求·····	(160)
26	微带功分器设计 ·····	(161)
26.1	实验目的·····	(161)
26.2	功分器原理·····	(161)
26.3	用 MWO 软件设计微带功分器 ·····	(165)
26.4	实验内容·····	(166)
26.5	实验报告要求·····	(168)
27	Advanced Design System 2003A ·····	(169)
27.1	软件介绍·····	(169)
27.1.1	ADS 仿真环境简介 ·····	(169)
27.1.2	ADS 仿真环境主窗口 ·····	(170)
27.1.3	ADS 原理图窗口 ·····	(171)
27.2	ADS 实验:微带滤波器的设计 ·····	(172)
27.2.1	实验目的·····	(172)
27.2.2	实验要求·····	(172)
27.2.3	实验原理·····	(172)
27.3	ADS 主要仿真器介绍(ADS2006A,ADS2005A,ADS2004A) ·····	(177)
27.4	实验作业·····	(180)
28	HFSS 简介(10.0) ·····	(181)
28.1	HFSS 改进及特点 ·····	(181)
28.2	用 HFSS 设计微带天线实例 ·····	(183)
28.3	实验内容·····	(188)
参考文献 ·····		(189)

1 硬件实验预备知识

当今,微波技术是一种应用广泛、社会效益和经济效益都很明显的高新科技产业之一,所以它能再次得到迅速发展,其主要原因是自身具有的巨大应用价值。现代无线通信、卫星通信、微电子学、纳米技术、电机科学、雷达、RFID 等传感器技术乃至生命科学与技术都是以电磁场与微波技术为基础,而现代武器装备信息化更是离不开微波、毫米波这项核心技术的支撑。例如,微波雷达技术不仅应用于国防,还用于导航、气象测量、大地测量、工业检测和交通管理等方面。

从性质上看,微波是波长很短、频率很高的电磁波,它具有电磁波的特性,即会产生反射、折射、干涉和衍射等现象。用微波和用光波做波动实验得到的波动现象及其规律是一致的,由于微波的波长比光波的波长在量级上大一万倍左右,因此用微波做波动实验比光波更直观和方便。我们将采用微波分光系统,通过以下系列微波实验(定性)来验证电磁波的一些特性和规律,如反射特性、衍射特性、干涉特性和偏振特性,以及晶体对电磁波的衍射特性等。通过实验,我们还能对微波的产生、传播和检测的知识、基本器件与技术有所了解。

1.1 微波分光仪测试系统概述

DH926U 型微波分光仪自动测试系统是适合于电磁波传播基本性质验证的实验设备之一,它可以直接测试偏振电磁波的入射、反射、衍射和干涉等基本现象;也可以测试电磁波的偏振特性和材料的吸收特性等等。实验项目内容本身属于电磁场与微波基础理论课程的验证,也为现代通讯、遥感遥测的科学研究打下了一定的基础。为了提高实验精度,单缝及双缝板的缝隙周围加有微波吸收材料,使单缝及双缝实验曲线更接近于理论典型数据。全部实验数据均可由计算机通过 USB 采集、处理,经合理设置初值后直接显示所计算出的实验结果。仪器的旋转传动部分均配有光电角度传感器和距离传感器,可以与手动配合 DH926AD 型数据采集仪,测试出旋转角度及移动距离。配合 DH1121B 型三厘米固态信号源、晶体检波器及数据采集仪,通过 USB 传输线直接传输到计算机,利用 DH926U 型微波分光仪配套的自动测试应用软件,既可实现半自动的电磁波传播特性测试。

DH926AD 型数据采集仪是专为配合 DH926B 型微波分光仪使用的计算机采集测试仪器。数据采集仪将根据微波电磁场检波原理(电流探针法)测试信号电流,然后采用微电流放大系统,将检波信号经过全波整流电路后输出直流信号送 A/D。仪器 A/D 为通用型 8 通道 12 位,A/D 接收检波后的直流信号,经过多通道选择电路送内置采样保持放大器,使信号在转换期间内保持不变。由光电传感器提供的场地址定位计数脉冲,同样送 A/D 由软件控制计数,按照工业标准完成 12 位模/数转换,提供了电磁场强度的基本数据。

1.2 微波分光仪工作原理

微波虽然有许多和无线电波不同的地方,但就电磁波的本质来说,仍然具有波动的某些共同特点,反射、折射、绕射、干涉、偏振以及能量传递等方面仍显示出波动的通性。本系列实验就是充分利用它的这一通性,模仿光学实验的基本方法,开展系列实验,提供学生理论课程学习内容中的感观上的第一手实验知识,培养基本实验技能并加深对电磁波的认识。实验所采用的微波分光仪系统如图 1-1 所示。

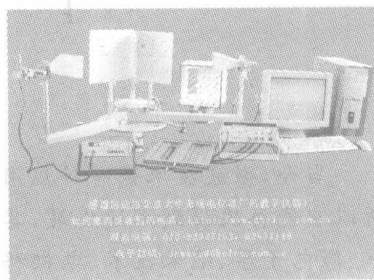


图 1-1 微波分光仪系统图

1.3 微波分光仪系统主要部件及其功能简介

DH926U 型微波分光仪自动测试系统主要包含三部分,即 DH926B 型微波分光仪、DH926AD 型数据采集仪及 DH1121B 型三厘米固态信号源,分别如表 1.1、表 1.2 和表 1.3 所列,下面分述每部分仪器的基本特性及使用方法。

表 1.1 DH926B 型微波分光仪系统的主要部件及功能

No	名称 (Name)	Num	用途 (Usage)	备注 (Note)
1	分度转台	1	实验系统主体,可确定电磁波入射及反射的角度。	水平放置,可旋转,精度 $0.5^\circ/\text{div}$
2	喇叭天线(矩形)	2	用于发射和接收定向、确定偏振的电磁波。	TE_{10} 模激发,场偏振垂直于宽边,中心最强,使用校准要注意方向 $0.5^\circ/\text{div}$
3	波导型可变衰减器	1	用于控制输出电磁波的幅度	由于矩形波导 TE_{10} 中心场最强,旋入吸收片可衰减电磁波,确保工作在最敏感区域
4	晶体检波器	1	用于检测接收电磁波(电流式)	位置敏感器件,出厂时已定在最佳位置,尽量不要旋动!
5	视频电缆	1	连接及传输电源、传感信号等	连接时请注意卡口方向
6	反射板	2	反射电磁波	近似认为是理想导体,基本全反射
7	单缝板	1	单缝衍射使用	可按实验指导调谐宽度
8	双缝板	1	双缝衍射使用	可按实验指导调谐宽度
9	半透射板	1	产生半透半反电磁波	玻璃版,需注意反射强度与角度有关
10	模拟晶体(模拟晶体及支架)	1	仿真物体内晶格结构对电磁波的反射	注意晶体取向(晶面结构),可通过调节反射格点位置改变晶面取向
11	读数机构	1	测量反射位移数据	注意角度读数
12	支座	1	反射板/半透板支架	注意角度读数

续表

No	名称 (Name)	Num	用途 (Usage)	备注 (Note)
13	支柱	4	反射板/半透板支架	注意角度读数
14	模片	1		自备 (各类书本)
15	技术说明书	1		参见教材相关章节

表 1.2 DH926AD 型数据采集仪的主要部件及功能

No	名称 (Name)	Num	用途 (Usage)	备注 (Note)
1	主机	1	数据采集、连接端口	注意不同通道的用途
2	光栅	3	位移、旋转光电转换	使用时小心变形、卡位!
3	通道电缆线	3	信号传输	注意接头方向
4	USB 电缆线	1	标准信号传输	
5	保险丝管 (0.5A)	2	预防短路	

表 1.3 DH1121B 型三厘米固态信号源的构成

No	名称 (Name)	Num	用途 (Usage)	备注 (Note)
1	主机	1	信号源激励源	实验前需确定激励电源输出正常
2	振荡器/隔离器单元	1	防止反射信号进入电源	可按需要对照波长表设置工作波长

其中,DH1121B 型三厘米固态信号源的三厘米固态振荡器发出的信号具有单一的波长(出厂时信号调在 $\lambda = 32.02\text{ mm}$ 上),这种微波信号就相当于光学实验中要求的单色光束。

DH926B 型微波分光仪的喇叭天线的增益大约是 20 分贝,波瓣的理论半功率点宽度大约为:H 面是 20° ,E 面是 16° 。当发射喇叭口面的宽边与水平面平行时,发射信号电矢量的偏振方向是垂直于水平面的;可变衰减器用来改变微波信号幅度的大小,衰减器的度盘指示越大,对微波信号的衰减也越大;晶体检波器可将微波信号变成直流信号或低频信号(当微波信号幅度用低频信号调制时)。

当以上这些元件连接时,各波导端应对齐。如果连接不正确,则信号传输就可能受到破坏。

1.4 分光仪机械结构的安装与调整

本 DH926B 型微波分光仪分度转台的安装与调整已经完成,并放置在每位同学的实验桌上,请同学们自行熟悉仪器,不要随意改动设置。要特别注意喇叭天线的平行度,旋转臂不要拉动导线。

DH1121B 型三厘米固态信号源的安装在 DH926B 型微波分光仪喇叭天线的可变衰减器

上。如要改变参数,请参照波长表设定,旋转时注意不要超出可调范围。

DH926AD 型数据采集仪配套的三个光栅分别安装在 DH926B 型微波分光仪的预留的相应位置上,然后将视频电缆的两端分别接在 DH926AD 型数据采集仪的检波输入和 DH926B 型微波分光仪的接收喇叭天线连接的检波器插座上。最后根据每个实验的不同内容,将通道电缆线的两端分别连接到光栅和数据采集仪的相应通道输入口上。

注意:

开机前先不要连接振荡器的电缆线(拔下“输出”插头),然后打开电源,状态选“等幅”,电压表应指在 12 V,检查电流应接近于零→表示电源工作正常。为了防止意外,应关断电源后再重新连接插头电缆线,打开电源,此时信号源可以正常工作。

1.5 测试软件安装

应用软件已经安装在电脑的 C 盘,请参照相关实验项目选择运行,如果没有安装,可用原始工具盘重新安装,注意 USB 驱动需要重新插拔,确保安装成功。

开始→所有程序→DH926 型微波分光仪自动测试系统→usb-dbg(测试软件名称)

如果出现故障,请找实验老师协助利用备份系统恢复,切勿随意删除测试系统文件。

1.6 实验内容及仪器使用方法

本实验系统主要可以完成七个典型的波动实验,同学们如果感兴趣也可根据情况再增加适当的附件做更多的实验。例如演示台上有 DH30003 型栅网组件与本系统组合使用时,满足相应的条件就可得到线极化、圆极化和椭圆极化的电磁波,通过三种极化波的产生、检测,可以了解电波极化的概念;选用 DH30002 型极化天线组件与本系统组合使用时,可用于多种电磁波实验,产生圆极化波,实现圆极化波反射和折射特性的实验;利用测量线,可完成常规微波参量测试等等。

1.6.1 微波信号源

三厘米固态信号源如图 1-2 所示,它是采用耿氏管做振荡源的信号发生器,能长期工作、耗电少、体积小、功率输出大、价格低廉,可输出等幅信号及方波调制信号。频率范围:8.6~9.6 GHz(由于厂家制作性能差异,每台仪器均有不同的对应波长数据表,万一丢失,可以用后面的波长检测法自行建立对应表格)。

DH1121C 信号源如图 1-3 所示,具有输出功率大、可调节,窄带扫频及等幅输出、内方波调制及外调制的功能,且微波系统设计充分考虑了器件间与外部电路的匹配与隔离。该机可实现振荡器的工作电压调节,并可实时显示体效应管的工作电压和电流关系,使学生了解振荡管的负阻特性,最适合作为高校教学实验的仪器设备。