

高等学校教材

微波实验指导书

钮茂德 主编



西北电讯工程学院出版社

73.459
680

高等学校教材

微波实验指导书

钮茂德 主编

西北电讯工程学院出版社

1985

内 容 简 介

本书是一本微波实验教材。由电磁场与微波技术教材编审委员会微波技术教材编审小组评选审定，并推荐作为工科高等学校电子类专业试用教材出版。

全书共分两部分，第一部分具体介绍十五个实验，其中包括基本微波参量测量实验，动态和半自动化测量实验，以及有源电路基本实验。第二部分介绍微波常用仪器的工作原理及使用方法。实验总学时数约为45学时。本书除作为微波专业和电子类各专业的微波实验教材外，也可供从事微波技术的工作人员参考。

DT15/30

高等学校教材

微波实验指导书

钮茂德 主编

西北电讯工程学院出版社出版

陕西省富平印刷厂印刷

陕西省新华书店发行 各地新华书店经售

开本 787×1092 1/16 印张 8 12/16 印刷字数 207 千字

1985 年 6 月第一版 1985 年 6 月第一次印刷 印数 1—6,000

统一书号: 15322·25

定价: 1.85 元

出版说明

根据国务院关于高等学校教材工作分工的规定，我部承担了全国高等学校工科电子类专业课教材的编审、出版的组织工作。从一九七七年底到一九八二年初，由于各有关院校，特别是参与编审工作的广大教师的努力和有关出版社的紧密配合，共编审出版了教材 159 种。

为了使工科电子类专业教材能更好地适应社会主义现代化建设培养人才的需要，反映国内外电子科学技术水平，达到“打好基础、精选内容、逐步更新、利于教学”的要求，在总结第一轮教材编审出版工作经验的基础上，电子工业部于一九八二年先后成立了高等学校《无线电技术与信息系统》、《电磁场与微波技术》、《电子材料与固体器件》、《电子物理与器件》、《电子机械》、《计算机与自动控制》，中等专业学校《电子类专业》、《电子机械类专业》共八个教材编审委员会，作为教材工作方面的一个经常性的业务指导机构，并制定了一九八二~一九八五年教材编审出版规划，列入规划的教材、教学参考书、实验指导书等共217种选题。在努力提高教材质量，适当增加教材品种的思想指导下，这一批教材的编审工作由编审委员会直接组织进行。

这一批教材的书稿，主要是从通过教学实践、师生反映较好的讲义中评选择优和从第一轮较好的教材中修编产生出来的。广大编审者，各编审委员会和有关出版社都为保证和提高教材质量作出了努力。

这一批教材，分别由电子工业出版社、国防工业出版社、上海科学技术出版社、西北电讯工程学院出版社、湖南科学技术出版社、江苏科学技术出版社、黑龙江科学技术出版社和天津科学技术出版社承担出版工作。

限于水平和经验，这一批教材的编审出版工作肯定还会有许多缺点和不足之处，希望使用教材的单位、广大教师和同学积极提出批评建议，共同为提高工科电子类专业教材的质量而努力。

电子工业部教材办公室

前 言

本教材由电磁场与微波技术教材编审委员会微波技术教材编审小组评选审定，并推荐出版。

该教材由上海科学技术大学钮茂德担任主编，天津大学言华副教授担任主审。编审者均依据微波技术教材编审小组审定的编写大纲进行编写和审阅。

本实验课程的参考教学时数为45学时，其主要内容为两部分，第一部分实验，包括微波测试系统的调试，驻波比、阻抗及二端口微波网络参量的测量，谐振腔品质因数和介电常数的扫频测量，时域反射及单板机辅助测量，微波混频器、晶体管 S 参量、放大器以及体效应振荡器特性的测量等。第二部分微波仪器，介绍常用的单频、扫频微波信号源、驻波测量线、小功率计、选频放大器、时域反射计、噪声源及频谱分析仪等仪器的工作原理和使用方法。

本教材在内容安排上注意循序渐进，叙述方法上适当详细，以便于自学。每个实验除说明实验目的、原理、装置、内容步骤等项目以外，还附有思考题，以帮助学生加深对实验内容的理解，培养独立思考和解决问题的能力。此外，在实验一至实验六基本训练的基础上，要求学生在实验七、实验九和实验十二中根据实验内容自行设计实验方案和选择仪器设备，拟订实验步骤，独立完成实验的全过程，以逐步培养学生科学实验基本技能和分析、解决问题的能力。

《微波实验》可以配合《微波技术基础》、《微波器件与电路》等课程进行，也可以单独设课。书中共十五个实验，每个实验约3学时。各校可根据不同专业要求和仪器设备条件选修或演示。并建议各校配合《微波实验》教学，可对有关元件、系统采取实物展出或摄制电视录象片等方式以加强直观教学，增加学生的感性认识。

本教材由钮茂德编写第一部分的实验一至实验十，王佩珍、施肖波编写实验十一，夏士明编写实验十二、实验十三，林住集编写实验十四、实验十五，蒋志炎、施肖波、林住集、夏士明等编写第二部分，蒋志炎统编全稿。微波教研室李英副教授、徐得名副教授为本书提出了许多宝贵意见。本教材是在上海科技大学无线电系从事微波教学的同志多年来教学实践的基础上编写的，在编写过程中曾参考其它兄弟院校的实验指导书。北京工业学院汤世贤教授和许多兄弟院校提出不少宝贵意见，上海科大侯元庆教授、无线电系主任冯子来副教授始终给予热情帮助和鼓励，这里谨表诚挚的感谢。由于编者水平有限，书中难免还存在一些缺点和错误，殷切希望广大读者批评指正。

编 者

1984年

目 录

绪论

第一部分 实验

实验一	微波测试系统的认识与调试	(3)
实验二	测量线调整与晶体检波器校准	(10)
实验三	电压驻波比测量(1)	(16)
实验四	电压驻波比测量(2)	(20)
实验五	阻抗测量及匹配技术	(25)
实验六	二端口微波网络参量的测量	(31)
实验七	定向耦合器特性的测量及应用	(38)
实验八	谐振腔品质因数的扫频测量	(42)
实验九	介电常数的测量	(49)
实验十	时域反射法测量负载阻抗	(56)
实验十一	反射系数的单板机辅助测量	(61)
实验十二	微波混频器特性的测量	(66)
实验十三	微波晶体三级管S参量的测量	(71)
实验十四	微波放大器特性的测量	(76)
实验十五	体效应振荡器特性的测量	(83)

第二部分 仪器使用说明

I 微波信号源

(I) 概述	(89)
(II) K-108型反射速调管及WS-1型通用速调管电源	(91)
(III) XB7标准信号发生器	(93)
(IV) XB9A标准信号发生器	(96)
(V) XS11A扫频信号发生器	(98)

II 驻波测量线

(I) 概述	(102)
(II) 驻波测量线的构造及工作原理	(102)
(III) TC-26型波导测量线	(105)
(IV) TC8D型同轴测量线	(106)

III 功率计

(I) 概述	(107)
(II) GLX-11型热敏电阻式小功率计	(107)
(III) GX2B型薄膜热电偶式小功率计	(112)
(IV) 使用小功率计注意事项	(115)

IV 选频放大器

(I)	概述	(115)
(II)	FD-1 型测量放大器	(116)
(III)	XF-01 型选频放大器	(118)
V	TF 7 型时域反射取样示波器	
VI	XZ-3 型噪声发生器	
VI	BP-9 型宽带频谱分析仪	
(I)	扫频超外差式频谱仪的基本原理	(129)
(II)	BP-9 型宽带频谱分析仪	(130)

绪 论

众所周知，微波测量技术无论是测量对象、测量方法和使用仪器都不同于低频测量技术。在低频无线电测量中，电流、电压和频率是三个基本参量，但在微波测量中，基本参量却是驻波、功率和波长（或频率）。而且，微波测量技术对微波学科的发展有着独特的作用。因为在微波技术中有许多理论问题尚未能完满解决，所以实际工作中往往需要根据测量结果来解决问题。此外，工程中要求微波元器件、组件具有高度的互换性，仅依靠设计数据是不能保证的，只有通过精确测量才能得到可靠的结果。因此，微波理论和测量技术二者是相辅相成、互相促进的关系。对于微波专业或电子类其它各专业的学生，加强微波实验基本技能和技巧的训练更是十分重要的。

另一方面，自六十年代中期以来，微波固态器件和集成电路迅速发展，锁相、取样、扫频、频率合成和计算机等新技术不断出现，使微波测量仪器呈现崭新的面貌；扫频信号发生器、微波数字频率计、全景频谱仪、手动或自动网络分析仪、六端口反射计和时域反射计等仪器的相继问世，又进而促使微波测量技术飞速发展。为了适应科学技术发展的需要，培养高质量的四化建设人才，微波测量领域中的先进技术和仪器设备应该在实验教学中有所反映。

书中所列十五个实验，包括三方面内容。实验一至实验七，引导学生认识、熟悉微波测试系统，掌握基本的点频微波参量测量方法，并了解微波测量中的误差来源及处理方法。七个实验均选用三厘米波段，采用K-108反射速调管微波信号源，BD-20波导系统、TC-26测量线（上无廿六厂生产）等设备。读者可根据本实验室设备情况，任选一个工作频段，用波导或同轴系统进行实验。图1及图2分别示出一种波导和一种同轴测试系统。

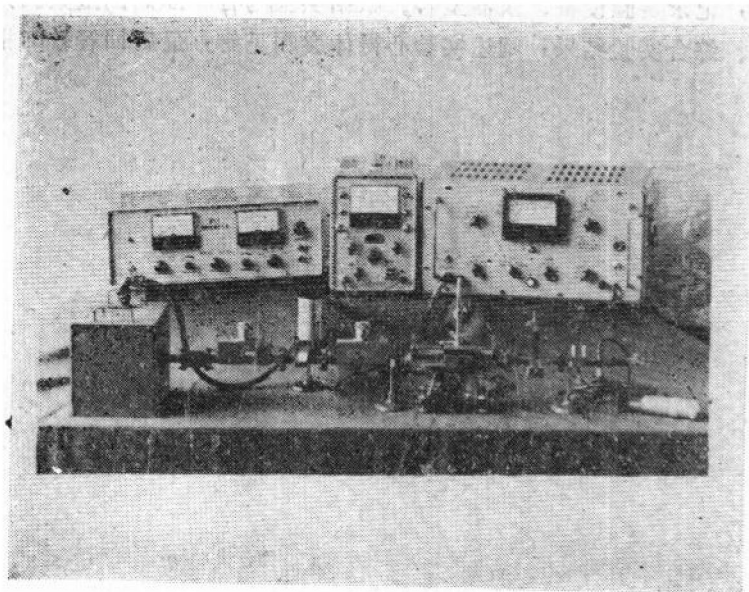


图1 一种波导测试系统

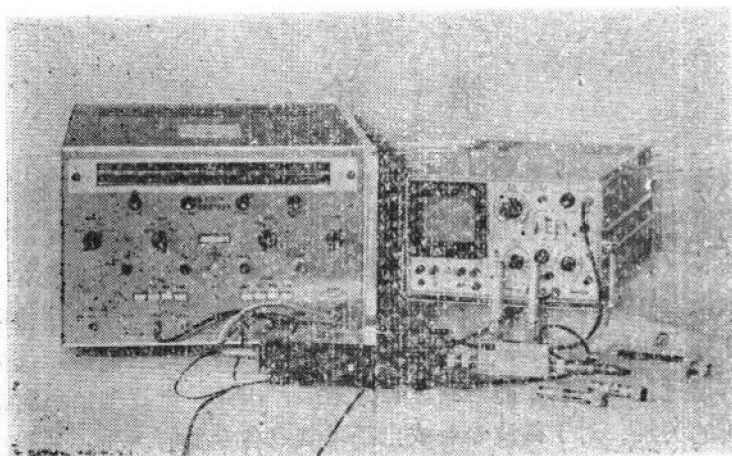


图2 一种轴测试系统

实验八至实验十一，包括扫频技术、时域反射技术、自动测量技术等实验，反映了当前微波测量中宽带、快速、自动化等典型的新技术。

实验十二至实验十五为微波有源电路的基本实验，主要介绍有源电路中最常见的振荡器、混频器、放大器的特性测量方法，要求学生掌握测量方法，同时学会使用一些专门仪器。晶体管 S 参量的测量是在一般实验室条件下测定线性二端口网络的散射参数。

为了达到实验的预期目的，学生做微波实验必须遵守实验室规则，认真撰写实验报告。实验报告可分二次进行：实验前预习报告，实验后完成报告。

实验前，学生应认真阅读实验指导书内容，写好实验预习报告，包括实验名称、目的、仪器设备及装置图，并回答部分思考题。实验前教师应检查、提问。

实验过程中严格按照科学操作方法进行实验，认真记录原始测量数据。

实验结束后，记录实验设备、仪器型号。根据实验内容和原始测量数据，进行数据计算及处理，并分析、综合实验结果，阐述实验心得体会和见解，最后回答教师指定的实验思考题。

第一部分 实 验

实验一 微波测试系统的认识与调试

一、实验目的

1. 了解微波测试系统。
2. 直观了解反射速调管振荡器特性。

二、实验原理

1. 微波测试系统

微波测试系统常用的有同轴和波导两种系统。同轴系统频带宽，一般用在较低的微波频段（二厘米波段以下）；波导系统（常用矩形波导）损耗低、功率容量大，一般用在较高频段（厘米波段直至毫米波段）。

微波测试系统通常由三部分组成，如图 1-1-1 (a) 所示。

(1) 等效电源部分（即发送器）

包括微波信号源，功率、频率监视单元，隔离器。

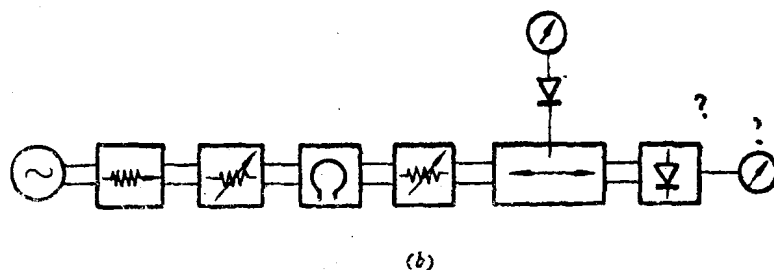
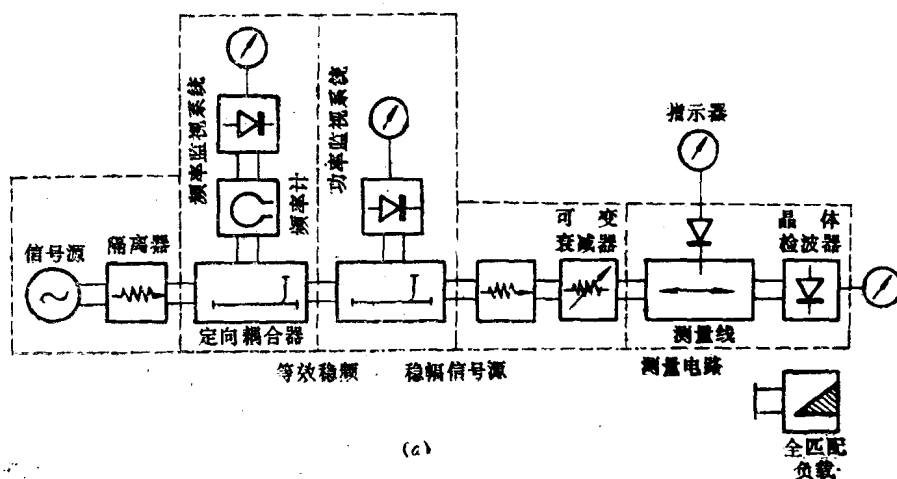


图 1-1-1 微波测试系统

信号源是微波测试系统的核心。测量技术要求具有足够功率电平和一定频率的微波信号，同时要求一定的功率和频率稳定度。功率和频率监视单元是由定向耦合器取出一小部分微波能量，经过检测指示来观察源的稳定情况，以便及时调整。为了减小负载对信号源的影响，电路中采用了隔离器。

(2) 测量装置部分 (即测量电路)

包括测量线、调配元件、待测元件、辅助器件 (如短路器、匹配负载等)，以及电磁能量检测器 (如晶体检波架、功率计探头等)。

(3) 指示器部分 (即测量接收器)

指示器是显示测量信号特性的仪表，如直流电流表、测量放大器、功率计、示波器、数字频率计等。

当对微波信号的功率和频率稳定度要求不太高时，测量系统可简化如图 1-1-1 (b) 所示，微波信号源直接与测量装置连接，其工作频率可由波长计测得。

2. 微波信号源

通常，微波信号源有电真空和固态的两种 (详见第二部分 I “微波信号源”)，本实验首先了解实验室常用的小功率微波振荡源——反射速调管信号源。

(1) 反射速调管工作原理

反射速调管是一种微波电子管，利用速度调制方法改变在交变电磁场中电子流的运动速度，从而将直流能量转换为微波能量。它的振荡频率能在一定的范围内改变，且容易调谐，并能作脉冲和频率调制。

反射速调管有内腔式和外腔式，内腔式反射速调管 (如 K-108、K-19 等) 的一种结构及供电电路参见图 1-1-2。

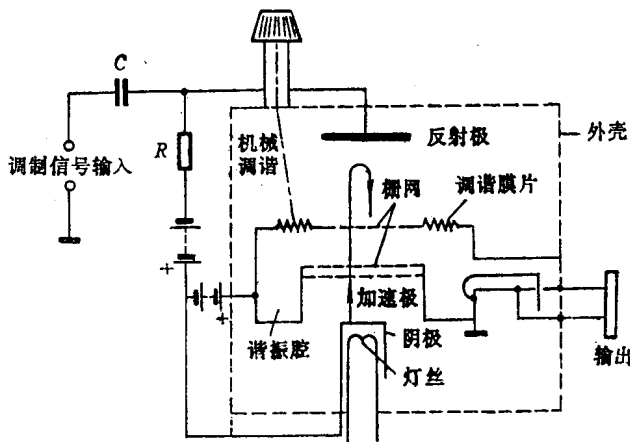


图 1-1-2 反射速调管结构示意图

阴极发射的电子经直流加速电压加速，以初速 v_0 通过谐振腔栅网间隙驰向反射极。因反射极对阴极为负电压，所以使电子减速，最后将发射电子折返穿过谐振腔栅网。

由于热扰动等原因，谐振腔栅网间存在一高频交变场，初速为 v_0 的电子穿过栅网时将因受高频电场作用而加速或减速，如图 1-1-3 所示。当高频电场为正时，穿过栅网的电子①受到加速；高频场为负时，穿过栅网的电子③受到减速，而高频场为零时，穿过栅网的电子②速度不变，这就是速度调制。经过速度调制的电子以不同速度离开栅网进入反射极空间，

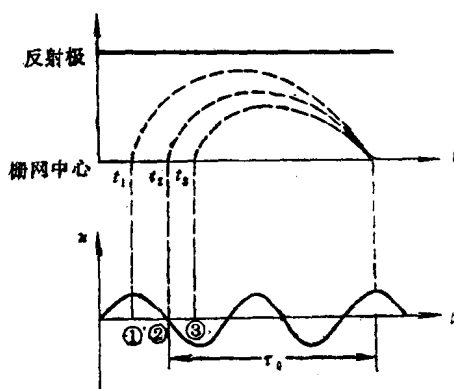


图 1-1-3 反射速调管电子群聚过程

加速的电子由于动能较大，运动距离较远，在反射极空间排斥场作用下，电子渡越较长时间，然后折返栅网；反之，减速的电子受排斥场作用后，运动较短距离即返回栅网空间。这样，较晚出发的慢速电子③与较早出发的快速电子①因运动距离不同，有可能同时回到同一栅网平面，形成电子群聚。 t_2 时刻（高频场为零时刻）离开栅网的电子②为群聚中心电子。

当电子群回到谐振腔栅网间隙时，遇上腔内减速高频场，就可把能量交给高频场，从而使速调管维持振荡。当群聚中心电子从穿出栅网到返回栅网的渡越时间满足式

$$\tau_0 = (n + \frac{3}{4})T^{\ominus} \quad (n = 0, 1, 2, 3, \dots)$$

时，发生最强的振荡，式中 T 为高频振荡周期， n 为振荡模式，受反射极电压大小控制。

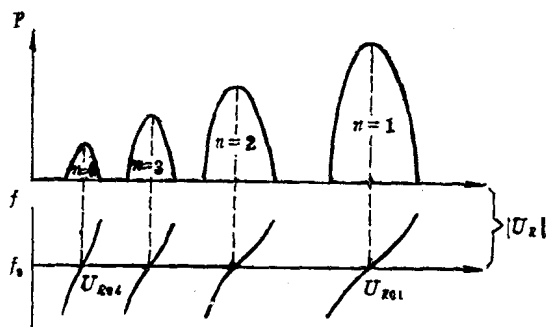


图 1-1-4 反射速调管振荡模区图

图 1-1-4 示出反射速调管谐振腔电压 U_0 不变时，输出功率 P 、振荡频率 f 与反射极电压 U_R 间的关系。由图可见，当 U_0 一定，改变反射极电压，可得到 n 个不同的振荡模区， U_R 越大， n 越小，不同模区的输出功率大小不同。当反射极电压调至振荡模区中心时（对应电压为 U_{R0} ），输出功率最大，且振荡频率为谐振腔的固有谐振频率 f_0 。

调整速调管振荡频率有两种方法，一是机械调谐法，即转动螺钉使调谐膜片弯曲，改变谐振腔体积，从而改变腔体固有谐振频率，这种方法调谐范围较大；二是电子调谐法，即改变反射极电压，在谐振腔固有谐振频率附近作频率微调，但它伴随着功率下降。

(2) 速调管的调制方法

小功率微波信号源除了连续波（等幅）工作状态外，还要求能在调制状态下工作，以提

⊖ 袁矩：《超高频电子管》第121~176页，人民教育出版社，1962年4月。

高测试灵敏度及测量精度。常见的有幅度调制和频率调制两种，前者用方波调制，后者用锯齿波调制。理想工作情况不希望同时出现两种调制，例如选择幅度调制时不希望伴有频率调制发生。

通常，速调管可以在反射极上加调制电压。测量中，检波输出功率一般用测量放大器或选频放大器指示，所以采用方波调制。方波前沿要求足够陡，以获得单纯的幅度调制（否则将伴随频率调制），并且恰当选择反射极直流电压及方波调制电压的幅度，使速调管只在方波的半周期内振荡，且输出功率达到最大。图 1-1-5 (a) 示出最佳调幅振荡，图 1-1-5 (b)

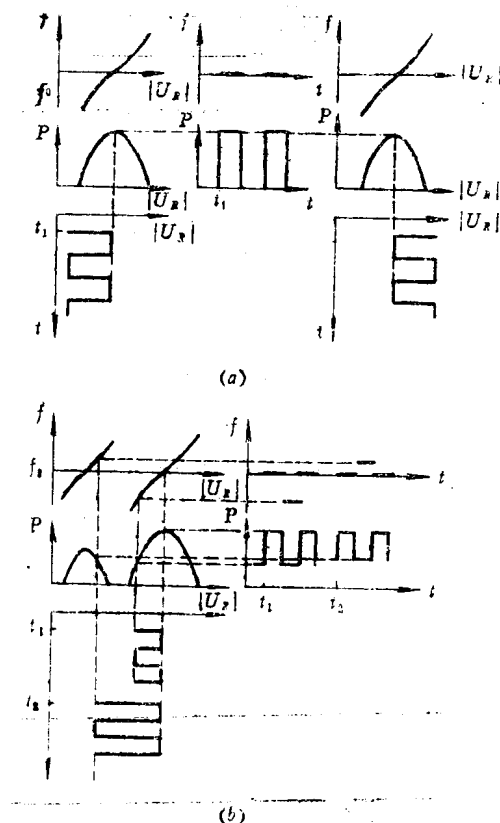


图 1-1-5

- (a) 反射速调管最佳方波调幅振荡;
 (b) 调制电压不当对输出信号的影响

示出反射极直流电压不恰当及方波调制电压幅度过大或过小时对输出功率和频率的影响。

为要直接观测速调管振荡模区，可在反射极上加一锯齿波调制电压。当锯齿波电压幅度足够大，能扫过几个振荡模区时，即能在示波器屏幕上同时显示出不同模区的功率输出情况，参见图 1-1-6。

(3) 通用速调管电源

由上述讨论可知，提供速调管反射极、加速极的直流电压源必须具有高稳定性，尤其对反射极电压 U_R 要求更高，不然就会出现寄生调幅和调频现象，因此，速调管电源往往是专用的。

WS-1 型通用速调管电源可为 K-108 反射速调管提供加速极电压、反射极电压，以及方

波和锯齿波调制电压（详见第二部分 I (1) K-108 型反射速调管及 WS-1 型通用速调管电源）。

3. 测量指示器

常用指示器有指示等幅波的直流微安表、光点检流计、微瓦功率计，有指示调制波的测量放大器、选频放大器。此外，还可利用示波器、数字电压表等作指示器。

实验室常用测量放大器和选频放大器作指示器，因为这类仪器灵敏度高，能对微弱信号进行宽带或选频放大，接在测量线、晶体检波器、热敏电阻架及其它测试设备的输出端可进行各类测量。

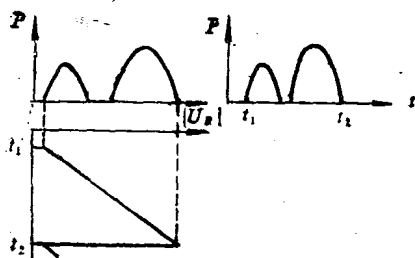


图 1-1-6 反射速调管锯齿波调制振荡

三、实验仪器及装置图

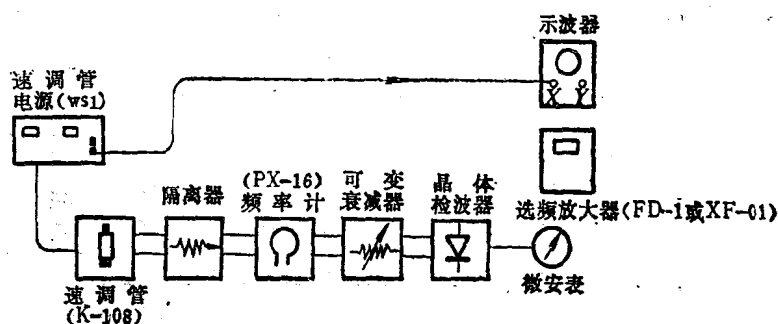


图 1-1-7 测试速调管特性系统装置图

四、实验内容及步骤

1. 了解微波测试系统

1.1 观看按图 1-1-1 (a) 装置的微波测试系统。

1.2 观看常用微波元件的形状、结构，并了解其作用、主要性能及使用方法。常用元件如：铁氧体隔离器、衰减器、直读式频率计（以后简称频率计或波长计）、定向耦合器、晶体检波架、全匹配负载、波导一同轴转换器等。

2. 反射速调管振荡器的正确使用方法

2.1 按图 1-1-7 检查本实验仪器及装置。

2.2 将微波衰减器置于衰减量较大的位置（约 20 至 30 dB），指示器灵敏度置于较低位置，以防止指示电表偶然过载而损坏。

2.3 速调管谐振腔电压选择开关置于断位置，接通电源，此时即有速调管灯丝电压为 6.3V。调节反射极电压旋钮，使速调管反射极电压为某值（约 200V）。

2.4 预热3至5分钟，谐振腔电压选择开关置于300~400V档，调节谐振腔电压旋钮，使速调管谐振腔获得一所需的电压（通常约取300V），此时mA表上示出谐振腔电流。

A. 等幅振荡

2.5 速调管电源的工作选择开关置于等幅位置。调节反射极电压旋钮，使速调管反射极的直流电压约在-100~-400V范围内变化，同时注意观察谐振腔电流变化情况。当直流反射极电压调至某些值时，腔电流有突变（即电流指针抖动），就表示速调管已在某一模区起振，选择一个输出功率较大的模区为工作模区。

2.6 晶体检波架输出端接至相应的指示器（直流微安表或光点检流计），调整其匹配装置，使电表指示达到最大。

2.7 仔细调节直流反射极电压，使电表指示达最大值，此时速调管输出功率最大，即工作在最佳状态。

B. 方波调制

2.8 速调管电源工作选择开关置于方波位置，此时速调管反射极上加一直流电压，同时叠加一频率为1kHz、峰~峰幅度为0~75V可调的方波电压。

2.9 为使速调管工作在如图1-1-5(a)所示的最佳振荡状态，方波的基准电平应调节在某一振荡模区起振点前附近，且幅度适当。具体方法如下：

第一种方法：首先使速调管工作在等幅振荡状态，缓慢调节反射极电压旋钮，使输出功率逐渐下降，直至微安表（或光点检流计）指示值刚为零时，再使速调管工作在方波调制状态；缓慢调节调制幅度旋钮，使方波电压幅度由零逐渐增加，此时速调管输出功率跟着由零逐渐上升，直至测量放大器（或选频放大器）指示值最大，即为速调管方波调制最佳振荡。

第二种方法：速调管工作在方波调制状态，调制幅度旋钮置于约1/3处，再调节反射极电压旋钮，选择功率输出较大的模区，然后改变微波衰减器衰减量，使输出指示值为80格左右（满表度为100格）。接着减小方波电压幅度，指示器偏转由80格下降至20格左右，再次减小（或增大）反射极电压，使指示器偏转由20格下降至约5格左右。最后增大方波电压幅度，使指示达最大值，即为速调管方波调制最佳振荡。

2.10 缓慢调谐直读式频率计，仔细观察指示器的变化，当指针出现一突降，频率计在指针最小偏转时的读数即为速调管振荡源（或其它类型微波信号源）的工作频率，记录频率计读数。随即使频率计失谐。

3. 用示波器观测反射速调管的振荡模区波形图及频率特性

A. 振荡模区波形图

3.1 图1-1-7晶体检波架输出端接至示波器Y单元输入端。速调管电源外监视接至示波器X单元输入端，示波器X单元选择开关置外扫描。

3.2 速调管电源工作选择开关置于锯齿位置，此时速调管处于锯齿波调制状态，反射极上加有一直流电压，同时叠加一个频率为300Hz、峰~峰幅度为0~75V可调的锯齿波电压。

3.3 锯齿波电压幅度调至最大，逐步增大直流反射极电压，使在示波器荧光屏上出现类如图1-1-4所示的反射速调管振荡模区波形图，同时约能观察1至2个模区，继续增大

直流反射极电压，能逐步连续观察到后面几个振荡模区。荧光屏水平轴为“反射极电压轴”，垂直轴为“输出功率轴”。

3.4 调整直流反射极电压及锯齿波电压幅度，并调整微波衰减器衰减量或示波器垂直灵敏度，以及晶体检波架短路活塞，使在屏幕上显示与图 1-1-8 (a) 相似的适当工作模区波形图。观察并记录直流反射极电压 U_{R_0} 及模区波形图幅值 A_0 。

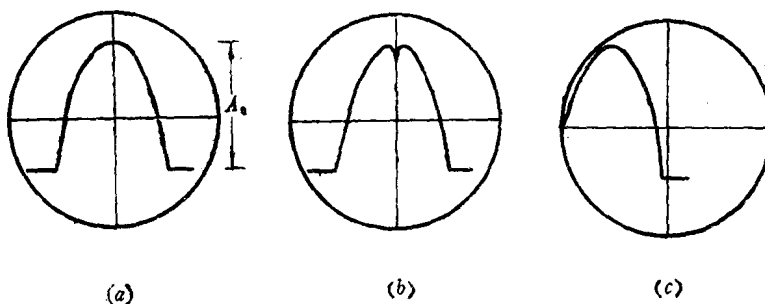


图 1-1-8 被测振荡模区特性

3.5 调谐频率计，直至工作模区波形图顶部出现一下降，如图 1-1-8 (b) 所示。此频率计读数即为模区波形中心频率 f_0 ，观察并记录 f_0 。

3.6 仅改变直流反射极电压，使波形图移位至图 1-1-8 (c) 所示。记录反射极电压 U_{R_1} (高端“振荡开始”电压)。重复改变直流反射极电压，以求得低端“振荡开始”电压 U_{R_2} ，观察并记录 U_{R_2} 。

3.7 仅降低直流反射极电压，并调整晶体检波架匹配装置，以获得与上述所观测的相邻振荡模区波形，记录 U_{R_0} 、 A_0 。重复步骤 3.5~3.6，观测二个以上的振荡模区。

3.8 将步骤 3.4~3.7 中的数据列成相应的表格，并将获得的结果绘制成与图 1-1-4 上半部类似的振荡模区波形图。

B. 电子调谐特性

3.9 调整反射极电压，使在示波器上显示最佳模区。

3.10 决定模区半功率点：调整直流反射极电压及频率计，以获得如图 1-1-9 (a)~(c) 所示的图形，观察并记录各反射极电压 U_{R_0} 、 U_{R_1} 、 U_{R_2} 及相应的频率 f_0 、 f_1 、 f_2 ，列出相应的表格。

3.11 计算反射速调管电子调谐宽度

$$\Delta f = f' - f''$$

及电子调谐灵敏度

$$\frac{\Delta f}{\Delta U_R} = \frac{f' - f''}{U_{R_1} - U_{R_2}}$$

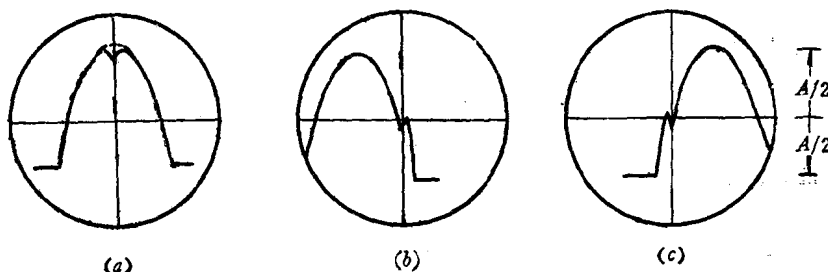


图 1-1-9 被测振荡模区电子调谐特性

五、思考题

1. 反射速调管有哪几种工作方式？应分别选用什么仪表作指示器？
2. 采用方波调制时，对调制信号的上升时间、幅度有什么要求？为什么？
3. 什么是反射速调管的工作模区图？观测振荡模区图时，为什么需用锯齿波电压调制？对锯齿波电压幅度有什么要求？这时速调管输出的是调频还是调幅波？为什么？
4. 欲调整反射速调管振荡器的振荡频率，有哪几种方法？
5. 在开启微波振荡源前，微波衰减器衰减量值及指示器灵敏度应置于什么位置？为什么？
6. 阅读本书第二部分 I (I)、(I)。
7. 一个典型的微波测试系统包括哪几部分？试叙述各部分的主要元件、仪器设备，及其用途和使用方法。
8. 为什么反射速调管只能在反射极电压的某几个间断区域内发生振荡？
9. 正弦波电压能作为反射速调管单一的幅度调制电压吗？试用作图方法予以解释。
10. 叙述使反射速调管有最佳方波调制输出功率的方法。
11. 设某微波测试系统，当速调管信号源接通电源后，仍无信号输出，试分析各种可能的原因。

六、注意事项

1. 测试过程中，若指示器电表偏转超过满刻度或无指示，可调整微波衰减器衰减量或指示器灵敏度。
2. 反射速调管工作在等幅振荡时，应避免反射极电压为零值，以延长管子的使用寿命。
3. 实验完毕，应首先切断反射速调管谐振腔电压，即速调管电源谐振腔电压选择开关置于断，然后断开电源电压。

实验二 测量线调整与晶体检波器校准

一、实验目的

1. 熟悉测量线的使用方法。
2. 掌握校准晶体检波器特性的方法。

二、实验原理

1. 测量系统的连接与调整

进行微波测量，首先必须正确连接与调整微波测试系统。图1-2-1示出实验室常用的微