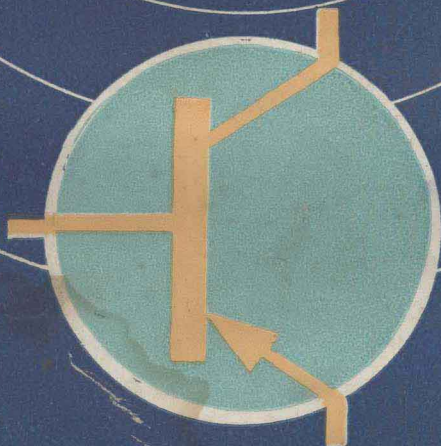


西南师范大学出版社

电子学与无线电技术



(俄) М·Н·里亚什柯 Б·С·萨甫丘克 Е·Н·雅库特奈克 著
吴兴源 鲁瑞华 译

电子学与无线电技术

〔俄〕М·Н·里亚什柯

Б·С·萨甫丘克

Е·Н·雅库特奈克 著

吴兴原 曹瑞华 译

西南师范大学出版社

藏书章

图书馆

(川) 新登019号

电子学与无线电技术

吴兴源 鲁瑞华 译

西南师范大学出版社出版发行

(重庆 北碚)

新华书店重庆发行所经销

西南师范大学印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/32 印张: 9.875 字数: 214千

1993年5月第一版

1993年5月第1次印刷

印数: 1—2,100

ISBN 7-5621-0714-9/O·38

定价: 4.60元

译 者 的 话

本书系中等专业学校电子类专业用书，取材新颖，内容丰富，结构严谨，论述简明。读者既可按顺序系统学习作为入门的向导，又可按需选读其中章节作为实用的参考。

本书共十一章，分别讨论电真空和半导体器件、线性网络和传输线、各类放大器和振荡器、各种调制器和解调器、电声技术和天线馈线设备，以及无线电波的接收和发射设备等内容的基本理论和分析方法。书中注重物理概念的阐述，有简明的数学表达式并绘有较多的表格、图谱。每章均附有适量的复习思考题，全书共安排五次实验课供理论联系实际之用。

本书译者分工如下：吴兴源译第一、二、三、四、五、八章；鲁瑞华译第六、七、九、十、十一章。译者在翻译过程中尽可能忠实于原文，只对书中公式和电路图的某些符号标记按中国习惯用法加以改动。

译者学识有限，译文中失误之处在所难免，敬希读者批评指正。

译者谨识

1992年2月

（译者单位：西南师范大学物理系）

引 言

无线电技术是以研究利用电磁波发射和接收信息的问题为基本内容的一门科学技术。

无线电技术与电子学密切相关。电子学用以研究控制真空、稀薄气体或固体带电质点器件的理论和技術问题。基于电子学发展而出现的电子管、气体放电（离子）管、电子射线管、半导体二极管、晶体管、集成电路等等在无线电技术设备中已获得广泛应用。

无线电技术和电子学发展简史

俄国学者对于发展以无线电通信手段传输信息的技术作出了重大的贡献。无线电的发明者是亚历山大·斯捷潘诺维奇·波波夫（1859—1906）。1895年5月7日他公开表演了他所发明的雷电指示器从而实现了世界上第一次距离为250米的无线电通信。通过进一步的研究，学者及其亲密助手И·Н·雷勃金在距离为130公里的船只之间安装了无线电通信设备。这时，亚·斯·波波夫发现船舰能反射无线电波。这个现象后来成为无线电定位探测目标的基础。

电子学起源于第一批无线电通信工具出现的时候。1904年，英国学者弗莱明发明了世界上第一只电子真空二极管。1906年用以放大和产生电振荡的第一只三极管问世。

在俄国，B·И·科瓦连柯于1912年研制出了发射管。俄国专家H·П·帕帕列克西和M·A·邦奇—勃鲁耶维奇在1914—1915年间制成了一系列新颖独特的电子管。

沙皇政府不重视发展新的通信方法和通信工具。它不支持A·C·波波夫的创举，不为发展电子真空工业创造必要的条件。

伟大的十月社会主义革命把俄国人民从沙皇专制制度下解放出来，为俄苏无线电通信和无线电广播的蓬勃发展、为建立生产无线电设备的强大工业奠定了基础。

在苏维埃政权十分艰难的1918年，弗拉基米尔·伊里奇·列宁签署了《关于集中管理无线电技术的法令》。同年，根据弗·伊·列宁签署的特别法令，在下新城（现在的高尔基市）建立了无线电实验室，许多无线电技术界卓越的学者，如M·A·邦奇—勃鲁耶维奇、П·A·罗让斯基、B·П·沃洛格金、B·K·列别金斯基、B·B·塔塔林诺夫、A·Ф·肖林等等，都纷纷到这个实验室工作。该实验室在制造大功率电子管、在设计无线电发射机和电子管接收机以及在实现无线电广播方面都进行了大量的工作。1919年在这里开始进行世界上首次试验性的无线电广播发射。1922年在莫斯科建成了当时世界上功率最强的通话半径大的无线电话站，接着一系列大功率的无线电广播站相继投入使用。

苏联头几个五年计划期间，出现了大量生产通信工具的企业，实质上已建立起了独立的无线电工业。成立了若干从事电子学和无线电技术基础和实用问题研究的研究所和实验室。高等学校和中等技术学校培养出许多无线电专门人才。苏联无线电方面的大学者M·B·舒列依金、B·A·魏坚斯基、

A.И.别鲁格、A.A.明茨、B.A.科捷列尼科夫、A.A.皮斯托利科尔斯、B.И.西福罗夫等的著作，得到全世界的公认。

卫国战争年代，苏联的无线电工业保证了苏联武装力量所必需的通信工具。

战后，无线电电子学得到了蓬勃的发展。无线电电子学是一门从事电振荡理论和应用研究以解决与无线信息传输无关的大范围科研和实践课题的科学技术。无线电电子学之所以能取得成就，是因为研究了半导体材料的性质、制造了各式各样应用广泛的半导体仪器、运用了厘米波段、毫米波段和亚毫米波段的结果。

目前，以无线电电子学成就为基础的技术手段在国民经济各部门，在科学和日常生活中已得到应用，它们的发展和应用在相当大的程度上决定着一国技术进步的水平。

无线电技术和电子学的应用

无线电通信 借助无线电传递电报和数字信息、传真电报和文件、电话等等，以保持本国与世界各国城市之间、与舰船、飞机、人造地球卫星和宇宙飞船间的联系。

无线电广播 苏联无线电广播电台网可以把信息传输到本国任何地方。城内、区内以及城市之间的广播可以用电线和电缆来进行。

电视 苏联传输电视网共有 370 多个大功率的电视发射机和 1700 多个功率达 1 千瓦的电视发射机。已建造无线电视中继线路和通信电缆线路网，把中央电视节目传送到国家各个电视中心。从 1967 年起，通过通讯卫星能够把中央电视节目

目传送到遥远电视中心去的“轨道”系统开始运转。已研制出彩色电视系统并且已顺利启用。电视作为监察、控制和管理手段在国民经济各个部门运用得愈来愈广泛。

无线电定位 利用无线电定位，利用可以确定方向、高度和其他动态参数的无线电技术设备，在能见度低的情况下给船舰和飞机导航，引导飞机着陆。

无线电遥测 用无线电测量数据和传送测量结果，能使观测员对远距离目标所发生的过程进行监督，遥测的方法在借助火箭、人造地球卫星和宇宙飞船进行研究时尤为适用。

无线电天文学 无论天体的可见辐射，还是天体在较长的波段内的辐射，都可以提供天体成分、天体表面和内部结构特性的信息。对行星、恒星和其他天体进行观察，不但可以用一般的望远镜，还可以借助于能接收这些天体发出的无线电波的电子望远镜。

辐射波谱学 物质的原子、分子结构是根据它们发出的波长大于光辐射波的电磁波来确定的。

无线电技术原理和方法、电子学的成就也可以应用于其作用与电磁波辐射无关的自动装置、计算技术设备、粒子加速器、工艺设备等等。

电子计算机 能进行每秒数百万次的数字运算，巨型机已达每秒十几亿次。

医学电子学 现在已创造出不仅能诊病，而且也能对人的整个身体状况进行快速分析的设备，医学电子设备与计算机相配合能使医生增大治病的本领。

粒子加速器和原子核过程的控制 粒子的加速，人工和自激式核反应的实现，早已经变成了可能的事情，这是由于

利用了无线电电子学的结果。无线电电子学有助于对粒子加速和核反应过程的进行及控制实现监督。

电子自动装置 许多生产过程要求维持给定的状态。人往往不可能直接监督生产过程的进行，而要求助于自动装置。诸如加热一定形状的材料，对它们进行热处理等过程都要求使用高频电流，而高频电流只有用无线电技术的方法才能获得。

实现无线电通信的原理

无线电通信是借助电磁波传递信息。

电磁波是互耦的电场和磁场的交变场。这种场在空间以未速度传播。在真空中未速度等于 2.99786×10^8 米/秒（近似为 300000 千米/秒）。电磁波在空气中的传播速度差不多也是这个数值。

电磁场用电场强度 E 和磁感应强度 B 来表征。

当高频交流通过专用设备即所谓天线时，空间要产生电磁波激励。在交流电流一个周期 T 内，电磁波传播距离等于它的一个波长。波长 λ 与电磁波传播速度 C 、周期 T 或者振动频率 f 具有如下的关系式

$$\lambda = CT = \frac{C}{f}$$

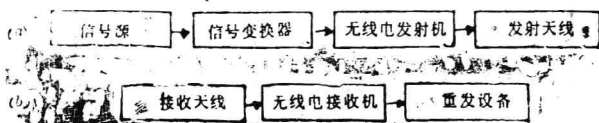


图 1 单向无线电通信设备结构简图

(a) 发射

(b) 接收

表 1 无线电波段

波	振荡频率	波 长	应 用 范 围
万米波 (超长波)	3~30千赫	100~10千米	无线电导航、暴风雨预告
千米波 (长波)	30~300千赫	10~1千米	无线电通信、无线电导航
百米波 (中波)	0.3~3兆赫	1千米~100米	无线电通信、无线电广播、无线电导航
十米波 (短波)	3~30兆赫	100~10米	无线电通信、无线电广播、电视、 无线电定位、无线电中继通信、无线电导航等
米波	30~300兆赫	10~1米	
分米波	0.3~3千兆赫	1米~10厘米	
厘米波	3~30千兆赫	10~1厘米	
毫米波	30~300千兆赫	1厘米~1毫米	这些波段通常用在宇宙通信、无线电通信和其它目的
分毫米波	300~3000千兆赫	1毫米~0.1毫米	

根据电磁波波长或相应地根据天线的电流频率，电磁波可以分成一定的波段（表1）。

用电磁波实现发射和接收信息是项困难的技术任务。为了解决这项任务必须要有一些复杂的、往往十分笨重的包含许多部件的设备（图1）。

传输的信息可以是语言、音乐、物体图象（它的外形和位置，各个部分的亮度和颜色）、各种文本。这些都是靠专用设备（送话器、发射管、转换装置等）转变成振幅不大的电信号（电压或电流），然后将信号放大，用它去控制高频振荡。

高频振荡的激励、高频振荡的控制和放大均在发射机中进行。与发射设备的输出部件相连接的是天线，在天线周围产生电磁波激励，这些电磁波作用于接收设备的天线而激励起交变电动势。感应电动势的频率等于发射机天线电流频率，感应电动势的振幅取决于发射机的功率、发射机和接收机之间的距离、无线电波的传输条件和其他因素。

在接收设备的天线中，同时感应产生各种不同频率的电动势。接收机将多个无线电台中的一个的信号分出并加以转换。结果便形成与所发射的信息相应的信号。放大后，该信号用以启动变换器将电信号变为信息。这样的变换器有电话耳机、扬声器、电视机接收管、打字机和其他设备。

目 录

引 言

第一章 电真空器件和离子器件

1.1	电子学的物理学原理	(1)
1.2	电子管的构造	(6)
1.3	二极电子管(二极管)	(8)
1.4	三极电子管(三极管)	(12)
1.5	四极电子管(四极管)	(17)
1.6	五极管	(20)
1.7	多栅极电子管和复合电子管 电光调谐指示器	(22)
1.8	电子管图例制	(25)
1.9	电子射线管	(26)
1.10	离子电真空(气体放电)器件	(31)
1.11	非放电的电真空器件	(38)
	实 验 课	(39)
	思 考 题	(41)

第二章 半导体器件

2.1	半导体的物理特性	(42)
2.2	电子—空穴结	(45)
2.3	半导体二极管	(48)

2.4	晶体管	(51)
2.5	晶体管的特性曲线和参量	(56)
2.6	晶体管的基本类型及其应用	(62)
2.7	集成微电路	(64)
实 验 课 一		(68)
实 验 课 二		(69)
思 考 题		(71)

第三章 整流器

3.1	基本的整流电路	(73)
3.2	平滑滤波器	(77)
3.3	完全和非完全倍压整流电路	(81)
3.4	最简单的直流电压稳定器	(83)
3.5	交流电压稳定器 稳流器	(86)
思 考 题		(89)

第四章 电声和录音设备

4.1	基本概念	(90)
4.2	送话器	(91)
4.3	扬声器的音头和受话器	(96)
4.4	机械录音和放音	(100)
4.5	磁性录音和放音	(103)
思 考 题		(107)

第五章 振荡电路

5.1	振荡电路 振荡电路内的 自由振荡	(108)
5.2	串联振荡电路中的强迫振荡 电压谐振	(112)

5.3	并联谐振电路 电流谐振	(117)
-----	-------------	-------

5.4	耦合振荡电路	(122)
-----	--------	-------

	思考题	(129)
--	-----	-------

第六章 电子放大器

6.1	电子放大器的工作原理和状态	(131)
-----	---------------	-------

6.2	放大器的分类和工作指标	
	放大器的线路图	(136)

6.3	放大器电子管和晶体管馈电电路	(140)
-----	----------------	-------

6.4	阻容耦合放大器	(145)
-----	---------	-------

6.5	变压器耦合放大器	(153)
-----	----------	-------

6.6	谐振放大器和频带放大器	(156)
-----	-------------	-------

6.7	单管功率放大器	(158)
-----	---------	-------

6.8	推挽功率放大器	(161)
-----	---------	-------

6.9	倒相器	(166)
-----	-----	-------

6.10	放大器中的反馈	(167)
------	---------	-------

6.11	增益调整和音质控制	(173)
------	-----------	-------

6.12	直流放大器	(176)
------	-------	-------

6.13	放大器寄生反馈	(180)
------	---------	-------

	思考题	(182)
--	-----	-------

第七章 线路中的波

7.1	双线线路 线路中的行波	(184)
-----	-------------	-------

7.2	线路中的驻波	(188)
-----	--------	-------

7.3	线路的某些性质和参数	(193)
-----	------------	-------

	思考题	(200)
--	-----	-------

第八章 天线—馈线设备

8.1	开口振荡电路 电磁波的发射和接收	(201)
-----	------------------	-------

8.2	天线的基本参数	(207)
8.3	天线的基本类型	(211)
8.4	馈线设备	(218)
	思 考 题	(222)
第九章 无线电波的传播		
9.1	无线电波在大气层中传播的特点	(223)
9.2	各种频段无线电波的传播	(227)
	思 考 题	(231)
第十章 无线电发射设备		
10.1	无线电发射设备概述	(232)
10.2	自激振荡器	(233)
10.3	发射机高频放大器	(242)
10.4	高频振荡控制	(244)
10.5	调制设备	(250)
	实 验 课 一	(257)
	实 验 课 二	(258)
	思 考 题	(260)
第十一章 无线电接收设备		
11.1	无线电接收设备及其质量指标	(261)
11.2	直接放大式接收机	(263)
11.3	超外差式接收机	(264)
11.4	接收机的输入电路	(266)
11.5	高频放大器	(270)
11.6	变频器	(272)
11.7	中频放大器	(279)
11.8	已调幅信号的检波	(281)

11.9	调频信号的接收.....	(284)
11.10	接收机中的控制.....	(291)
11.11	无线电接收干扰.....	(294)
思 考 题		(298)

第一章 电真空器件和离子器件

1.1 电子学的物理学原理

概述 电真空管和气体放电管利用的是电子运动和离子移动。

电子是具有电荷 e 、质量为 m_e 的带负电的粒子，电荷 e 大小等于 1.602×10^{-19} 库伦，在一般速度时质量 m_e 等于 9.107×10^{-31} 千克。电子的重要特性是它的电荷 e 对质量 m_e 的关系式：

$$e/m_e = \frac{1.602 \times 10^{-19}}{9.107 \times 10^{-31}} = 1.759 \times 10^{11} \text{ 库伦/千克}$$

电子包含在原子内，沿着一定的轨道围绕带正电荷的原子核运动。一般分为束缚电子、半自由电子和自由电子。

束缚电子处在原子核强电场作用的区域，强电场将电子与具体的原子或原子系统联系在一起。

自由电子不受原子或原子系统约束，在某一区域内可以自由运动，有可能在外力作用下脱离原子转入自由状态。在这种状态中，电子可能处于真空或者十分稀薄的气体中，在这种气体中物质原子彼此相距较远，因而电子击中核子力场的可能性不大。

半自由电子是脱离了原子的电子，这些电子在物质内部自由运动，但不能超出物体的表面，否则就会破坏原子的电