



全国高等职业教育规划教材

光电技术及应用

谭巧 何志敏 编著

- 紧密结合时代发展，反映当前光电技术应用的高职高专光电专业类教材
- 轻理论重实践，“检测+实验+电路分析”层层递进，注重培养动手实践能力
- 理论结合实际应用，由简单到复杂，逐步领你走进神奇的光电世界



电子课件下载网址 www.cmpedu.com



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

全国高等职业教育规划教材

光电技术及应用

谭巧 何志敏 编著
林火养 主审

常州大学图书馆
藏书章



机械工业出版社

本书共分8章,主要包括绪论、光电技术的理论基础、光电发射器、光电导检测器、光生伏特检测器、热辐射探测器、光电成像器件及光电技术的典型应用等内容。针对高职高专教育的特点,本书在内容的组织安排上,遵循“理论知识够用为度的原则”,配以丰富的实训内容,以“理实一体”的方式进行展开,通过“学中做,做中学”的方式充分调动学生积极性,使学生在实践中掌握应有的知识和技能。

本书大部分章节都以一个实训项目将相关的知识点、技能点有机结合起来,用实际的设计、装调和检测任务来检验学生的学习效果,更突出了对学生实践能力的培养。在实训之后配有丰富的习题,以进一步巩固和延伸本章知识。

本书可作为高等职业院校光电类专业的教材,也可作为职业技术教育、技术培训和从事光电技术开发、设计和生产等岗位工作的工程技术人员的学习参考资料。

本书配套授课电子课件,需要的教师可登录 www.cmpedu.com 免费注册、审核通过后下载,或联系编辑索取(QQ: 1239258369, 电话: 010 - 88379739)。

图书在版编目(CIP)数据

光电技术及应用/谭巧,何志敏编著. —北京:机械工业出版社, 2014. 12

全国高等职业教育规划教材

ISBN 978 - 7 - 111 - 48353 - 3

I. ①光… II. ①谭… ②何… III. ①光电技术—高等职业教育—教材 IV. ①TN2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 246258 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:王颖 版式设计:赵颖喆

责任校对:陈延翔 责任印制:李洋

三河市国英印务有限公司印刷

2014 年 12 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 13.5 印张 · 318 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978 - 7 - 111 - 48353 - 3

定价:29.90 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:(010) 88379833

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:(010) 88379649

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

金书网:www.golden-book.com

全国高等职业教育规划教材 电子类专业编委会成员名单

主 任 曹建林

副 主 任 张中洲 张福强 董维佳 俞 宁 杨元挺 任德齐
华永平 吴元凯 蒋蒙安 祖 炬 梁永生

委 员 (按姓氏笔画排序)

于宝明	尹立贤	王用伦	王树忠	王新新	任艳君
刘 松	刘 勇	华天京	吉雪峰	孙学耕	孙津平
孙 萍	朱咏梅	朱晓红	齐 虹	张静之	李菊芳
杨打生	杨国华	汪赵强	陈子聪	陈必群	陈晓文
季顺宁	罗厚军	胡克满	姚建永	钮文良	聂开俊
夏西泉	袁启昌	郭 勇	郭 兵	郭雄艺	高 健
曹 毅	章大钧	黄永定	曾晓宏	谭克清	戴红霞

秘 书 长 胡毓坚

副秘书长 蔡建军

出版说明

《国务院关于加快发展现代职业教育的决定》指出：到 2020 年，形成适应发展需求、产教深度融合、中职高职衔接、职业教育与普通教育相互沟通，体现终身教育理念，具有中国特色、世界水平的现代职业教育体系，推进人才培养模式创新，坚持校企合作、工学结合，强化教学、学习、实训相融合的教育教学活动，推行项目教学、案例教学、工作过程导向教学等教学模式，引导社会力量参与教学过程，共同开发课程和教材等教育资源。机械工业出版社组织全国 60 余所职业院校（其中大部分是示范性院校和骨干院校）的骨干教师共同策划、编写并出版的“全国高等职业教育规划教材”系列丛书，已历经十余年的积淀和发展，今后将更加结合国家职业教育文件精神，致力于建设符合现代职业教育教学需求的教材体系，打造充分适应现代职业教育教学模式的、体现工学结合特点的新型精品化教材。

“全国高等职业教育规划教材”涵盖计算机、电子和机电三个专业，目前在销教材 300 余种，其中“十五”“十一五”“十二五”累计获奖教材 60 余种，更有 4 种获得国家级精品教材。该系列教材依托于高职高专计算机、电子、机电三个专业编委会，充分体现职业院校教学改革和课程改革的需要，其内容和质量颇受授课教师的认可。

在系列教材策划和编写的过程中，主编院校通过编委会平台充分调研相关院校的专业课程体系，认真讨论课程教学大纲，积极听取相关专家意见，并融合教学中的实践经验，吸收职业教育改革成果，寻求企业合作，针对不同的课程性质采取差异化的编写策略。其中，核心基础课程的教材在保持扎实的理论基础的同时，增加实训和习题以及相关的多媒体配套资源；实践性较强的课程则强调理论与实训紧密结合，采用理实一体的编写模式；涉及实用技术的课程则在教材中引入了最新的知识、技术、工艺和方法，同时重视企业参与，吸纳来自企业的真实案例。此外，根据实际教学的需要对部分课程进行了整合和优化。

归纳起来，本系列教材具有以下特点：

- 1) 围绕培养学生的职业技能这条主线来设计教材的结构、内容和形式。
- 2) 合理安排基础知识和实践知识的比例。基础知识以“必需、够用”为度，强调专业技术应用能力的训练，适当增加实训环节。
- 3) 符合高职学生的学习特点和认知规律。对基本理论和方法的论述容易理解、清晰简洁，多用图表来表达信息；增加相关技术在生产中的应用实例，引导学生主动学习。
- 4) 教材内容紧随技术和经济的发展而更新，及时将新知识、新技术、新工艺和新案例等引入教材。同时注重吸收最新的教学理念，并积极支持新专业的教材建设。
- 5) 注重立体化教材建设。通过主教材、电子教案、配套素材光盘、实训指导和习题及解答等教学资源的有机结合，提高教学服务水平，为高素质技能型人才的培养创造良好的条件。

由于我国高等职业教育改革和发展的速度很快，加之我们的水平和经验有限，因此在教材的编写和出版过程中难免出现问题和疏漏。我们恳请使用这套教材的师生及时向我们反馈质量信息，以利于我们今后不断提高教材的出版质量，为广大师生提供更多、更适用的教材。

机械工业出版社

前 言

在信息化的今天,光电子与微电子组成信息技术的两大支柱,21 世纪可以称为光电技术的世纪,因而培养和造就一大批掌握光电技术基础知识、基本理论和基本技能,了解光电技术最新发展动态的高级专业技能型人才成为当今社会的迫切需要。近年来,开设光电专业的高职高专院校越来越多,但是由于起步晚,在课程的开发和教材的开发方面远远落后于专业发展的需要,面临着教材短缺的局面。

“光电技术及应用”是光电技术类专业的主干专业课程之一,是一门实践性较强的课程。其主要目的是使学生对当今的光电技术产业的发展有较为深入的了解,能够熟练掌握光电技术的基本知识,能正确分析简单的光电电路和光电系统,能熟练应用常见的光电器件。

考虑到高职高专教育的特点,重点突出课程的实践性,在内容的组织安排上遵循理论知识够用为度的原则,配以丰富的实训内容,以“理实一体”的方式进行展开,主要以光电技术的应用从易到难进行编排,包括光源、光发射器件、光电导器件、光生伏特器件、热辐射器件、其他光电探测器件和光电技术的综合应用 7 个方面安排教学内容。通过“学中做,做中学”的方式充分调动学生的积极性,使学生在实践中掌握应有的知识和技能。

本书由福建信息职业技术学院谭巧、何志敏编著。其中谭巧编写了第 0 章、第 1 章、第 2 章、第 3 章、第 4 章的 4.1~4.6 节、第 5 章和第 7 章,何志敏编写了第 4 章的 4.7~4.8 节和第 6 章。本书由林火养主审。

在本书的编写过程中,得到了福州时创电子科技有限公司、福州三创电子有限公司等多家企业的大力支持,福建信息职业技术学院电子工程系陈世伟、廖金贤、吴邦辉等提出了许多宝贵意见,在此一并表示感谢。

本书纳入“福建省高等职业教育教材建设计划”,在编写过程中得到了福建省教育厅的大力支持,在此表示衷心感谢。

由于编著者的水平和实践经验有限,书中难免有不当甚至错误之处,恳请读者批评指正。

编著者

目 录

出版说明

前言

绪论	1
0.1 光电技术的认识	1
0.1.1 什么是光	1
0.1.2 什么是电	4
0.1.3 光与电的结合——光电技术	5
0.2 光电技术的发展历史	12
0.3 光电技术的应用	14
第1章 光电技术的理论基础	16
1.1 辐射度学与光度学的基础知识	16
1.1.1 辐射度学	16
1.1.2 光度学	17
1.2 光电技术中的光电效应	20
1.2.1 光子效应	20
1.2.2 光热效应	22
1.2.3 光电效应及其光电器件	24
1.3 光源	25
1.3.1 光源的基本特性参数	25
1.3.2 热辐射光源	27
1.3.3 气体放电光源	30
1.3.4 光致发光型光源	32
1.3.5 激光器	33
1.3.6 LED	37
本章习题	39
第2章 光电发射器	40
2.1 光电管	40
2.1.1 光电管的认识	40
2.1.2 光电管的特性	41
2.2 光电倍增管	42
2.2.1 光电倍增管的认识	42
2.2.2 光电倍增管的特性参数	45
2.3 光电倍增管实训项目	47
2.3.1 实训1 光电倍增管的特性测试	47
2.3.2 实训2 光电倍增管电路分析——高速生产线测控仪	50
本章习题	53

第3章 光电导检测器	54
3.1 光敏电阻	54
3.1.1 光敏电阻的认识	54
3.1.2 光敏电阻的特性参数	56
3.2 光敏电阻的实训项目	57
3.2.1 实训1 光敏电阻的检测	57
3.2.2 实训2 光敏电阻的特性测试	58
3.2.3 实训3 光敏电阻电路分析——声光控节电开关	60
本章习题	62
第4章 光生伏特检测器	63
4.1 光敏二极管	64
4.1.1 光敏二极管的认识	64
4.1.2 光敏二极管的特性参数	67
4.2 光敏二极管的实训项目	68
4.2.1 实训1 光敏二极管的检测	68
4.2.2 实训2 光敏二极管的特性测试	69
4.2.3 实训3 光敏二极管电路分析——光控节能路灯	73
4.3 光电池	74
4.3.1 光电池的认识	75
4.3.2 硅光电池的基本特性	78
4.4 硅光电池的实训项目	80
4.4.1 实训1 硅光电池的检测	80
4.4.2 实训2 硅光电池的特性测试	81
4.4.3 实训3 硅光电池电路分析——太阳能手机充电器	84
4.5 光敏晶体管	86
4.5.1 光敏晶体管的认识	86
4.5.2 光敏晶体管的特性参数	87
4.6 光敏晶体管的实训项目	88
4.6.1 实训1 光敏晶体管的检测	88
4.6.2 实训2 光敏晶体管的特性测试	89
4.6.3 实训3 光敏晶体管电路分析——防盗报警“犬”	91
4.7 光伏探测器组合器件	93
4.7.1 半导体色敏传感器	93
4.7.2 光电位置探测器	96
4.7.3 光耦合器	100
4.8 光伏探测器组合器件的实训项目	105
4.8.1 实训1 PSD 光电位置传感器的位移测量	105
4.8.2 实训2 光耦合开关的检测	107
4.8.3 实训3 光耦应用电路分析——音频电路中的隔离放大	108
本章习题	109

第5章 热辐射探测器	111
5.1 热敏电阻	111
5.1.1 热敏电阻的认识	111
5.1.2 热敏电阻的特性参数	114
5.2 热敏电阻的实训项目	115
5.2.1 实训1 热敏电阻的检测	115
5.2.2 实训2 热敏电阻的特性测试	116
5.2.3 实训3 热敏电阻电路分析——开水壶自动报警电路	118
5.3 热电偶	120
5.3.1 热电偶的工作原理	120
5.3.2 热电偶的特性	121
5.3.3 热电堆	121
5.4 热电偶的实训项目	122
5.4.1 实训1 热电偶的温度特性实验	122
5.4.2 实训2 热电偶的电路分析——热电偶温度计	125
5.5 热释电探测器	126
5.5.1 热释电探测器的认识	127
5.5.2 热释电探测器的特性参数	129
5.6 热释电探测器的实训项目	130
5.6.1 实训1 热释电探测器的原理测试	130
5.6.2 实训2 热释电探测器电路——热释电人体感应开关	132
本章习题	133
第6章 光电成像器件	135
6.1 像管	135
6.1.1 像管的认识	135
6.1.2 像管的主要特性参数	136
6.2 像管的实训项目	139
6.2.1 实训1 主动红外夜视仪	140
6.2.2 实训2 微光成像系统	141
6.3 电荷耦合器件 CCD	142
6.3.1 电荷耦合器件的认识	142
6.3.2 电荷耦合器件的特性参数	146
6.4 电荷耦合器件的实训项目	147
6.5 CMOS 图像传感器	150
6.5.1 CMOS 图像传感器的认识	150
6.5.2 CMOS 图像传感器的性能参数	151
6.5.3 CCD 和 CMOS 传感器的比较	151
6.6 其他摄像器件	152
6.6.1 电真空摄像管	152
6.6.2 红外焦平面阵列器件	154
6.7 其他摄像器件的实训项目	156

本章习题	158
第7章 光电技术的典型应用	159
7.1 光存储	159
7.1.1 光盘存储	159
7.1.2 光盘驱动器	161
7.1.3 蓝光刻录	162
7.2 光读写	164
7.2.1 数码相机	164
7.2.2 扫描仪	167
7.2.3 复印机	171
7.3 光电显示技术	176
7.3.1 液晶显示器	177
7.3.2 有机发光显示器	179
7.4 光加工	180
7.4.1 激光加工	180
7.4.2 近视眼手术	184
7.5 综合实训	187
7.5.1 实训1 光电鼠标的拆装	187
7.5.2 实训2 光纤端面处理耦合及熔接	193
7.5.3 实训3 太阳能光伏电站的认识	197
本章习题	202
参考文献	204

绪 论

0.1 光电技术的认识

21 世纪是一个高度信息化的社会，随着社会物质文明和精神文明的高度发展，信息已经不仅仅是社会中人们通信联系的纽带，更将成为创造社会财富、丰富文明生活和提高社会素质的源泉和通道。社会对信息量的要求将以“太比特/秒 ($1\text{Tbit/s} \equiv 10^{12}\text{bit/s}$)”为起点呈现超越摩尔定律的爆炸性增长，而这一切与光电技术的发展是密不可分的。

光电技术究竟研究什么？它又是如何诞生的呢？光和电是如何结合的？本章将进行简单介绍。

0.1.1 什么是光

1. 光的认识

光是自然界中最常见的现象之一，人们的周围是一个充满光的世界，没有光人类就没法正常生活。

绿色植物能正常生长、开花和结实，是依赖光的照射进行了光合作用。白天亮晚上暗的日夜循环，夏天热冬天寒的四季变化，都是因为太阳光照射到地球上的日射量变化所造成。现在的石油与天然气是借由太古时代太阳光所孕育的海中微生物等的堆积，将此微生物转变而成的产物。地球上的所有生物，都是靠太阳光供应其生长的能量。

让人心驰神往的北极圈与南极圈的夜景极光（如图 0-1 所示）是太阳在喷出太阳风中带电的粒子与氧或氮的大气分子撞击而产生的光的祭奠。晴天的夜空，满天繁星闪烁，人们都知道那是一颗颗恒星。但人们看到的这些星光，竟还是在地球恐龙时代时相隔地球为数亿光年的另一星球送出的光，至目前才到达地球。因为在真空中传送的光是直线前进，其速度为 300000km/s ，而距地球最近的恒星都离地球 40×10^{15} 千米（除太阳之外），所以星光是从非常远的宇宙传送而来的。



图 0-1 极光

可以说，光是地球生命的来源之一；光是人类生活的依据，光是人类认识外部世界的工具，光是信息的理想载体或传播媒质。然而，上文中讲到的光都只是自然光，即指自然界存在的可见光，如阳光、火光、雷电的闪光，通常由高温产生，光谱范围广。

人类的发明创造带来了另一种光——人造光，是指由人工设计制造的仪器、设备产生的光，如：日光灯的光、激光等。爱迪生发明的白炽灯可谓是人类历史上一个重要的里程碑，它的出现，意味着人类又有了一轮太阳，人们的活动不再受到黑夜的制约。因此，1879年10月21日，被人们定为电灯发明日。到了20世纪，激光出现了，它是继原子能、计算机和半导体之后人类的又一重大发明，被称为“最快的刀”“最准的尺”“最亮的光”和“奇异的激光”，它的亮度约为太阳光的100亿倍。激光可使人们有效地利用前所未有的先进方法和手段，去获得空前的效益和成果，从而促进了生产力的发展。

可以说，光造福了地球人类，但人类又发明创造了新的光。

2. 光的本质

古希腊哲学家们认为光是高速运动的粒子流。凡是发光的物体，例如太阳，都能发出这样的粒子流。当这些微小的粒子流接触到眼睛上时，就引起了人们对光的感受。

对于光的研究在以后很长的年代里没有进展，直到伟大的科学家牛顿，才开创了一个光学研究的新世纪。牛顿在他的工作室里，用三棱镜把白光分解为从红到紫的7种色光，光的色散如图0-2所示。这是人类第一次看到光的奥妙——白光并不是单一的，而是几种不同色光的复合。进一步的研究使牛顿提出著名的光微粒说：光是由极小的高速运动微粒组成的；不同色光有不同的微粒，其中紫光微粒的质量最大，红光微粒的质量最小。利用这种学说牛顿解释了光的折射、反射和上面描述的色散现象。

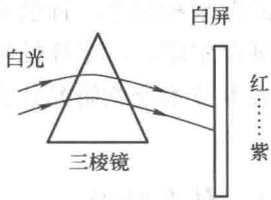


图0-2 光的色散

微粒说合乎人们的日常直观心理要求。由于光是直线行进的，人们很容易相信光是粒子流。而且由于牛顿的巨大声望，微粒说一时独领风骚。但在牛顿的同时代人中也有人大力批驳微粒说，荷兰人惠更斯于1678年提出波动理论来解释光的本性。他认为光的微粒理论无法解释光线可以相互交叉通过而互不影响，但这却是波的基本性质。利用光的波动理论也很容易解释光的反射与折射现象。

到19世纪初期，发现了光的干涉、衍射和偏振现象，这些现象只适合于光的波动理论解释。同时，若根据微粒理论，光在水中的传播速度要大于光在空气中的传播速度，而根据波动理论计算的结果则正好相反。在牛顿和惠更斯时期，人们还无法精确测量光速，因此无法用实验判定两理论的正误。但到了19世纪，科技水平和实验技巧都大大发展，1862年，福科测得了光在水中的传播速度，证实了其小于光在空气中的传播速度，这时光的微粒说基本上是彻底被放弃了。

1864年，麦克斯韦建立了普遍电磁波方程，并通过方程式证明了横向电磁波的存在，还推导出了光波在真空中的传播速度为

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} \approx 2.998 \times 10^8 \text{ m/s} \tag{0-1}$$

式中， μ_0 为真空中的磁导率， ϵ_0 为真空中的介电常量。这一学说给出了在极宽频率范围内产生电磁波的前景。表0-1给出了电磁波谱及其主要产生方式。

表 0-1 电磁波谱及其主要产生方式

电磁波谱		真空中的波长	频率/Hz	主要产生方式	本质
无线电波	长波	3 ~ 30km	$10^4 \sim 10^5$	由振荡电路所产生的电磁辐射	
	中波	200m ~ 3km	$10^5 \sim 1.5\text{M}$		
	短波	10 ~ 200m	$1.5\text{M} \sim 30\text{M}$		
	超短波	1 ~ 10m	$30\text{M} \sim 300\text{M}$		
	微波	1mm ~ 3m	$100\text{M} \sim 300\text{G}$		
	亚毫米波	0.1 ~ 1mm	$300\text{M} \sim 3\text{T}$		
红外线		$0.78\mu\text{m} \sim 0.1\text{mm}$	$500\text{G} \sim 400\text{T}$	由炽热物体、气体放电或其他光源激发分子或原子等微观客体所产生的电磁辐射	外层电子跃迁
可见光		$0.38\mu\text{m} \sim 0.78\text{m}$	$400\text{T} \sim 750\text{T}$		
紫外线		$0.03 \sim 0.38\mu\text{m}$	$750\text{T} \sim 104\text{T}$		
X 射线		$0.1\text{nm} \sim 0.03\mu\text{m}$	$10^4\text{T} \sim 3 \times 10^6\text{T}$	用高速电子流轰击原子中的内层电子而产生的电磁辐射	内层电子跃迁
γ 射线		$1.0\text{pm} \sim 0.1\text{nm}$	$3 \times 10^6\text{T} \sim 3 \times 10^8\text{T}$	放射性原子变或用高能粒子与原子核碰撞时所发出的电磁辐射	原子核衰变或裂变

可见，光波与电波虽然同是电磁波，但其产生的本质原因不同，因而波长（频率）相差很大，且频率越高，粒子性与波动性相比越加明显；另外，电波的波导由金属导体构成，而光波的波导是由电介质构成的。

麦克斯韦理论完美地解释了当时已知的所有光学现象。但从 19 世纪末起，却发现了一系列令人困惑的新的实验结果。这些结果共同的特点是，他们无法用麦克斯韦理论来解释，其中最典型的是光电效应实验。

光电效应是由赫兹在 1887 年发现的。研究光电效应的原理如图 0-3 所示，在一个抽成高真空的玻璃小球内，内表面上涂有感光层（阴极 K），阳极 A 可做成直线状或圆环形。当单色光通过石英窗口照射到阴极 K 上时，有电子从阴极逸出，这种电子叫做光电子。如果在 A、K 两端加上电压 U ，则光电子在加速电场的作用下飞向阳极，形成回路中的光电流。光电流的强弱由电流计读出。像这种金属受到光的照射而放出电子的现象就称为光电效应。

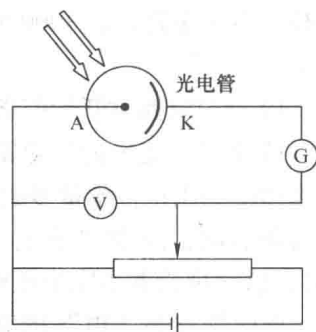


图 0-3 光电效应的原理图

光电效应实验使传统的光学理论受到严峻考验。伟大的爱因斯坦于 1905 年提出光量子说来解释该实验，即认为光是一束束以光速运动的粒子流，每一个光粒子都携带着一份能量。光量子说受到普朗克量子说的很大影响。普朗克在解释黑体辐射问题时认为光在发射和吸收过程中具有粒子性。爱因斯坦则进一步认为光在传播过程中也具有粒子性。

光一方面具有波动的性质，如干涉、偏振等；另一方面又具有粒子的性质，如光电效应等。这两方面的综合说明光不是单纯的波，也不是单纯的粒子，而是具有波粒二象性的物

质，这是认识上的不断加深而得到的结论。

总结历史，光的本性学说的发展归纳起来就是以下 5 个说法。

① 牛顿的微粒说：认为光是高速粒子流，它能解释光的直射现象和光的反射现象。

② 惠更斯的波动说：认为光是某种振动，以波的形式向周围传播，它能解释光的干涉和衍射现象。

③ 麦克斯韦的电磁说：认为光是电磁波，依据的实验是赫兹实验，它证明了光与电磁波在真空中传播速度相等且均为横波。

④ 爱因斯坦的光子说：认为光的传播是一份一份的，每一份叫一个光子，其能量与它的频率成正比，即 $E = h\nu$ ，光子说能成功地解释光电效应现象。

⑤ 光的波粒二象性学说：因为粒子性与波动性各有其存在合理性，因而通常称光具有波粒二象性，即认为光既有粒子性，又有波动性；少量光子易表现为粒子性，大量光子的行为表现为波动性；频率大的光子粒子性明显，而频率小的光子波动性明显。

0.1.2 什么是电

在对电的具体认知很多年前，人们就已经知道发电鱼会发出电击。根据公元前 2750 年撰写的古埃及书籍，这些鱼被称为“尼罗河的雷使者”，是所有其他鱼的保护者。大约两千五百年之后，希腊人、罗马人、阿拉伯自然学者和阿拉伯医学者，才又出现关于发电鱼的记载。15 世纪以前，阿拉伯人创建了“闪电”的阿拉伯字“raad”，并将这字用来称呼电鳐。

在地中海区域的古老文化里，很早就有文字记载，将琥珀棒与猫毛摩擦后，会吸引羽毛一类的物质。公元前 600 年左右，古希腊的哲学家泰勒斯做了一系列关于静电的观察。从这些观察中，他认为摩擦使琥珀变得磁性化。这与矿石像磁铁矿的性质迥然不同；磁铁矿天然地具有磁性。当然，泰勒斯的见解并不正确。后来，科学证实了磁与电之间的密切关系。在东方，中国人民早在公元前 2500 年前后就已经具有天然的磁石知识。据《吕氏春秋》一书记载，中国在公元前 1000 年前后就已经有的指南针，他们在古代就已经用磁针来辨别方向了。

18 世纪时西方开始探索电的种种现象。

1732 年，美国的科学家富兰克林认为电是一种没有重量的流体，存在于所有物体中。当物体得到比正常份量多的电就称为带正电；若少于正常份量，就被称为带负电，所谓“放电”就是正电流向负电的过程（人为规定的），这个理论并不完全正确，但是正电、负电两种名称则被保留下来。此时期有关“电”的观念是物质上的主张。富兰克林做了多次实验，并首次提出了电流的概念。富兰克林的这一说法，在当时确实能够比较圆满地解释一些电的现象，但对于电的本质的认识与人们的“两个物体互相摩擦时，容易移动的恰恰是带负电的电子”的看法却是相反。1752 年，他在一个风筝实验中，将系上钥匙的风筝用金属线放到云层中，被雨淋湿的金属线将空中的闪电引到手指与钥匙之间，证明了空中的闪电与地面上的电是同一回事。后来他根据这个原理，发明了避雷针。现在，常用的避雷针如图 0-4 所示。

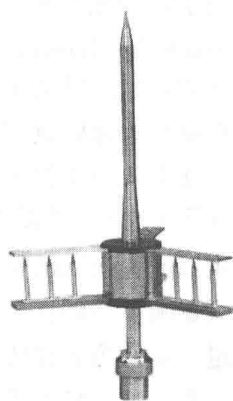


图 0-4 常用的避雷针

1799 年,通过用各种金属进行实验,意大利帕维亚大学教授伏特证明了锌、铅、锡、铁、铜、银、金和石墨是个金属电压系列,当这个系列中的两种金属相互接触时,系列中排在前面的金属带正电,排在后面的金属带负电。他以含食盐水的湿抹布,夹在银和锌的圆形板中间,堆积成圆柱状,制造出世界上最早的电池——伏特电池。电压的单位“伏特”就是以他的名字命名的。

伏特电池发明之后,各国利用这种电池进行了各种各样的实验和研究。德国进行了电解水的研究,英国化学家戴维把 2000 个伏特电池连在一起,进行了电弧放电实验。戴维的实验是在正负电极上安装木炭,通过调整电极间距离使之产生放电而发出强光,这就是电用于照明的开始。

1820 年,丹麦哥本哈根大学教授奥斯特在一篇论文中公布了他的一个发现:在与伏特电池连接了的导线旁边放一个磁针,磁针马上就发生偏转。俄罗斯的西林格读了这篇论文,他把线圈和磁针组合在一起,发明了电报机(1831 年),这可说是电报的开始。其后,也在 1820 年,法国的安培发现了关于电流周围产生的磁场方向问题的安培定律。

1821 年英国人法拉第从丹麦奥斯的发现中得到启发,认为假如磁铁固定,线圈就可能运动。根据这种设想,他成功地发明了一种简单的装置。在装置内,只要有电流通过电路,电路就会绕着一块磁铁不停地转动。事实上法拉第是完成了一项重大的电发明——即世界上的第一台电动机,是第一台使用电流将物体运动的装置。虽然装置简陋,但它却是今天世界上使用的所有电动机的祖先。1831 年,法拉第制出了世界上最早的第一台发电机。他发现第一块磁铁穿过一个闭合线路时,线路内就会有电流产生,这个效应称为电磁感应。从此,电磁学得到了飞速发展。

另一方面,关于电路的研究也在发展。1826 年,欧姆发现了关于电阻的欧姆定律;1849 年,基尔霍夫发现了关于电路网络的定律,从而确立了电工学。

在电磁学和电工学的研究基础上,逐步诞生了电子学。

电的发现和应用极大地节省了人类的体力劳动和脑力劳动,使人类的力量长上了翅膀,使人类的信息触角不断延伸。电对人类生活的影响有两方面:能量的获取转化和传输,电子技术的基础。电的发现可以说是人类历史的革命,由它产生的动能每天都在源源不断地释放,人对电的需求夸张地说其作用不亚于人类世界的氧气,如果没有电,人类的文明还会在黑暗中探索。

0.1.3 光与电的结合——光电技术

1. 光子学的诞生

光子学作为学术词汇,早在 40 多年前就曾出现在学术刊物上,但最早赋之以科学定义规范的是在 1970 年的第九届国际高速摄影会议上,荷兰科学家 Poldervart 首次提出关于光子学的定义规范。他认为,光子学是“研究以光子为信息载体的科学”。过了几年,他又作了补充,认为“以光子作为能量载体的”也应属光子学的研究内容。其后,相继出现不少类似的定义。例如,贝尔实验室著名的 Ross 教授为光子学作了一个颇为广义的定义,他认为,可与电子学类比,“电子学是关于电子的科学”,光子学则应是“关于光子的科学”。

在我国,老一辈科学家龚祖同、钱学森等早在 20 世纪 70 年代末就频频发出呼吁,希望大家积极开展光子学的学科建设。钱学森教授提出,“光子学是与电子学平行的科学”,它

主要“研究光子的产生、运动和转化”，他还首次提出了“光子学→光子技术→光子工业”的关于光子学的发展模式。

关于光子学定义、内涵及研究范围，较为一致的见解是：光子学是研究作为信息和能量载体的光子行为及其应用的科学。或者广义地讲，光子学是关于光子及其应用的科学。在理论上，它主要研究光子的量子特性及其在与物质（包括与分子、原子、电子以及与光子自身）的相互作用中出现的各类效应及其规律；在应用方面，它的研究内容主要包括光子的产生、传输、控制以及探测规律等。实际上，光子学是一个具有极强应用背景的学科，并由此而形成了一系列的光子技术，如光子发生技术（激光技术）、光子传输技术、光子调制与开关技术、光子存储技术、光子探测技术和光子显示技术等。

光子技术的基础是光子学。因此在这个意义上讲，光子学是一门更具技术科学性质的学科。

2. 电子学的发展

电子学诞生迄今只有 100 年左右的历史，它是在早期的电磁学和电工学的基础上发展起来的。

在电子学诞生之前，人类对于电磁现象的研究已相当深入。一系列物理定律已经确立，如库仑定律、安培定律、欧姆定律、楞次定律和法拉第电磁感应定律等。英国麦克斯韦集以往电磁学研究之大成，建立了电磁学的完整理论——麦克斯韦方程，并从理论上预言了电磁波的存在。与此同时，人们对电磁学的利用也达到了一定的水平，有线电报和有线电话已相继发明，并且有了横贯美洲大陆的电报、电话线路和横跨大西洋的海底电缆，美国 T. A. 爱迪生发明了白炽灯。所有这些，都为电子学的诞生准备了充足的条件。

标志着电子学诞生的两个重大的历史事件，是爱迪生效应的发现和关于电磁波存在的验证实验。1883年，爱迪生在致力于延长碳丝白炽灯的寿命时，意外地发现了在灯丝与加有正电压的电极间有电流流过，电极为负时则无电流，这就是爱迪生效应，如图0-5所示。这一发现导致了后来电子管的发明。

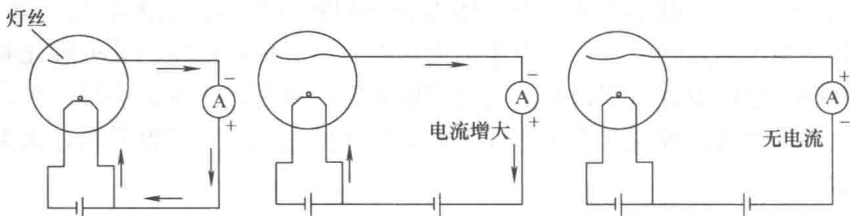


图 0-5 爱迪生效应

1887 年，德国赫兹进行了一项实验，他用火花隙激励一个环状天线，用另一个带缝隙的环状天线接收，证实了麦克斯韦关于电磁波存在的预言，赫兹证明电磁波存在的实验装置如图 0-6 所示，这一重要的实验导致了后来无线电报的发明。无线电报的发明，是人类利用电磁波的第一个巨大成就，电子学从此开始了一个研究和利用电磁波的极其兴旺的时期。下面介绍

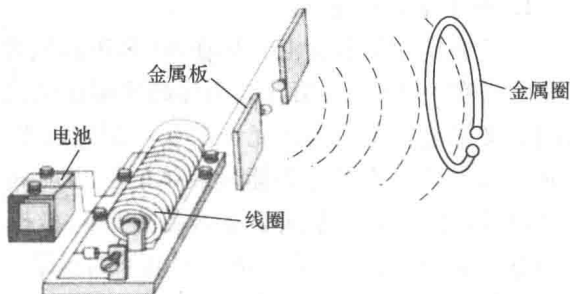


图 0-6 赫兹证明电磁波存在的实验装置

电子学的发展历程。

(1) 电子管

爱迪生虽然发现了热电子发射效应（即爱迪生效应），但他并未意识到这一效应的意义，而且对它的机理也不清楚。1897 年，英国汤姆逊揭示出形成爱迪生效应的荷电粒子是电子，爱迪生效应乃是一种热电子发射现象。1904 年，英国弗莱明第一个把爱迪生效应付诸实用，发明了二极电子管。二极电子管的发明为无线电报接收提供了一种灵敏可靠的检波器。1906 年，美国德福雷斯特发明具有放大能力的三极电子管，为当时蓬勃发展的无线电报通信事业提供了一种极其有用的器件。三极电子管以后，又出现了四极管、五极管、更多极的电子管和复合管，形成了包括收音管、发射管、低频管、高频管、微波电子学管和超小型管等系列。

电子管是电子器件的第一代，电子管的外形如图 0-7 所示，在晶体管发明以前的近半个世纪里，电子管几乎是各种电子设备中唯一可用的电子器件。电子学随后取得的许多成就，如电视、雷达和计算机的发明，都是和电子管分不开的。即使在固体电子学十分兴旺的现代，以大功率电子管（特别是微波功率电子管）和电子束管为代表的真空电子学也仍然是一个活跃的领域。

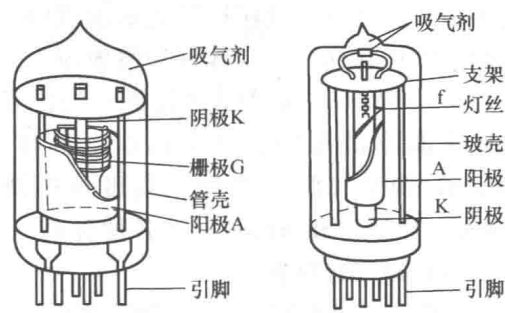


图 0-7 电子管的外形

(2) 广播与电视

1876 年，美国贝尔在美国建国 100 周年博览会上展示了他所发明的有线电话。此后，有线电话便迅速普及开来。马可尼发明无线电报，促成了无线电话和无线电广播的出现。1906 年，美国费森登进行了一项很有意义的实验，他用 50kHz 频率发电机作发射机，用麦克风直接串入天线实现调制，首次使大西洋航船上的报务员听到了他从波士顿播出的音乐，这是无线电广播发明的先声。1916 年，美国萨诺夫最先提出向公众进行无线电广播的设想，但因第一次世界大战爆发而未能实现。1919 年，第一个定时播发语言和音乐的无线电广播电台在英国建成。次年，在美国的匹兹堡城又建成一座无线电广播电台。此后，无线电广播事业即在世界范围内得到普及，从中波扩展到短波、超短波，从调幅扩展到调频、脉冲调制等，卫星直播也已实现。

电视的发明可追溯到 1884 年德国尼普科夫关于机械扫描电视的设想。把尼普科夫设想付诸实现的是英国贝尔德。1927 年，他成功地用电话线路把图像从伦敦传至大西洋中的船上。不过这还不是现代类型的全电子电视，第一个对全电子电视作出实际贡献的是兹沃雷金。他在 1923 年和 1924 年相继发明了摄像管和显像管。1931 年，他组装成世界上第一个全电子电视系统。此后几年，几经改进，约在 20 世纪 30 年代末，英美先后开始了试验性的电视广播。第二次世界大战后，电视广播便在各 国逐渐普及。

广播和电视的发明，不仅使人类的文化生活更加丰富多彩，而且为人类提供了一种公共的信息媒介。

(3) 雷达

物体，特别是金属物体（如舰船），具有反射电磁波的能力，在赫兹、马可尼和波波夫时代早已为人所知。