

电子学基础知识丛书

无线电电子学史话

赵保经 编著

科学出版社

1986

内 容 简 介

本书饶有兴趣地介绍了无线电电子学的历史；科学地分析和阐明了无线电电子学的主要发现和发明；清楚地指出了无线电电子学诞生的技术背景及其兴起的必然性；辩证地论述了无线电电子学各主要分支发展的相互影响和促进作用；形象地展示了电子器件的五代演变如何导致了电子学一次又一次的革命。

本书是《电子学基础知识丛书》之一，可供具有中等文化程度的广大读者阅读。

电子学基础知识丛书

无线电电子学史话

赵保经 编著

责任编辑 隋启水

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1986年6月第一版 开本：787×1092 1/32

1986年6月第一次印刷 印张：9 7/8

印数：0001—4,200 字数：190,000

统一书号：15031·722

本社书号：4712·15—7

定价：1.85 元

前 言

电子科学技术是一门发展迅速、应用广泛的近代科学技术。电子技术水准是现代化的重要标志。为了尽快地普及电子科学技术知识,中国电子学会和出版部门聘请有关专家、学者组成编委会,组织编写三套有不同特点的、较系统的电子学普及丛书。本丛书是《电子学基础知识丛书》,由科学出版社出版;其余两套是《无线电爱好者丛书》,由人民邮电出版社出版;《电子应用技术丛书》,由科学普及出版社出版。

《电子学基础知识丛书》侧重于系统地介绍电子学各专业学科的基础知识。以定性说透物理意义为主,少用数字推导。在文字上尽量做到严格准确、深入浅出。读者通过阅读本丛书,可以为更深入地学习、掌握和应用电子科学技术知识打下一定的基础。本丛书适于具有高中和大学低年级文化程度的广大读者阅读。

我们希望广大读者和电子科学技术工作者,对这套丛书的编辑出版提出宝贵意见,热情给以帮助,使之不断充实和完善。

中国电子学会科普编委会

序 言

经过将近一个世纪的史诗般的发展历程，无线电电子学现已渗透到各个应用领域。

当本人受命撰写本书时，内心不能不略感惶惑。要将内容如此丰富、应用如此广泛而各分支又交叉错综的无线电电子学的发展历史，在有限的篇幅中概括出来，是非常困难的。为此，在这本书中，我不得不努力去把握无线电电子学的发展主流。

本书不应以叙述无线电电子学的主要发展史实为满足，而应着重说明它为什么是这样一步步地发展过来的，以便从一个侧面反映出自然科学的发生和发展的客观过程。在记叙一些杰出人物的事迹时，我也力图说明他们为什么能萌发出这些发明思想，以及当时的主要历史背景。在科学技术发展史上，任何伟大人物不仅应受到后人的敬仰，而且，他们的精神和事迹，是可以被后人仿效和学习的。

本书共分三部分。第一部分(一~三章)记叙了无线电电子学从萌芽、兴起到巩固与成熟的历程；第二部分(四~九章)分章叙述了无线电电子学的主要分支(通信、广播、电视、雷达、电子计算机和射电天文学)的兴起、发展过程；第三部分(十~十二章)分章阐明一代又一代的电子器件(电子管、半

导体与晶体管，以及小、中、大规模集成电路与超大规模集成电路)的发展演进过程，以及它们对整个无线电电子学的发展所起的主宰作用。

由于本人站在十分有限的高度上，自己的视野不可能涉及无线电电子学的所有方面，所以，本书的缺点和疏漏在所难免，敬希广大读者和有关专家提出意见，以使本书再版时，能够得到进一步的充实和提高。

作者

1984年

目 录

第一章 无线电电子学的萌芽.....	1
1.1 电和磁关系的探索.....	1
1.2 两位巨人历史性的会见.....	5
1.3 麦克斯韦预言电磁波的存在.....	8
1.4 静默与怀疑时期.....	12
1.5 赫兹对电磁波的实验验证.....	13
第二章 无线电电子学的兴起.....	17
2.1 一个争论的问题: 电磁波能否用于通信.....	17
2.2 粉末检波器的出现.....	19
2.3 无线电的发明.....	21
2.4 进行新尝试的时期.....	25
2.5 电磁波飞越大西洋.....	27
2.6 无线电发明权属于谁?	29
第三章 无线电电子学的巩固与成熟时期.....	34
3.1 无线电通信的推广应用.....	34
3.2 电子的发现.....	37
3.3 电子管的发明.....	40
3.4 无线电话的问世.....	45
3.5 电子工业的建立.....	48
3.6 业余无线电爱好者大军的形成.....	49

第四章 无线电广播——无形的空中帝国的出现	54
4.1 人类历史上第一次无线电广播	54
4.2 电子管收音机的出现	55
4.3 无线电广播的普及推广	58
4.4 短波无线电广播的兴起	64
4.5 调频无线电广播的发展	66
4.6 立体声广播的兴起	69
4.7 无线电广播面对电视广播的挑战	70
第五章 无线电通信	74
5.1 有线通信独霸通信舞台	74
5.2 无线电通信的崛起	76
5.3 重大的突破——超外差接收方法的发明	82
5.4 对无线电波传输特性的探索研究。短波、超短波与 微波通信的兴起	86
5.5 通信理论的发展和数字通信的兴起	103
5.6 卫星通信时代的到来	107
5.7 光通信的今昔	116
第六章 电视	124
6.1 早期的电视	124
6.2 从机械电视到电子电视	126
6.3 电视广播的兴起	130
6.4 彩色电视的出现	133
6.5 电视广播的日益普及	136
6.6 全球电视广播系统的建立	143
6.7 电视革命的继续	146
第七章 雷达	151
7.1 先驱者的贡献	151
7.2 雷达的发明	154

7.3	雷达在第二次世界大战中的发展	157
7.4	雷达应用领域的开拓	167
7.5	雷达技术的进一步发展	173
第八章	电子计算机	177
8.1	早期的计算技术发展历史	177
8.2	第一代电子计算机(电子管计算机)的诞生和发展 (1946~1958年)	183
8.3	第二代电子计算机(晶体管电子计算机, 1958~ 1964年)	190
8.4	电子计算机开始集成化(第三代电子计算机 1964~ 1971年)	194
8.5	第四代电子计算机的出现	198
8.6	巨型机的出现和计算机应用领域的开拓	201
第九章	射电天文学	206
9.1	来自银河的无线电波	206
9.2	射电天文学的逐步成熟	209
9.3	射电望远镜的改进	211
9.4	射电天文学的发展	219
第十章	电子管的发明与发展	224
10.1	爱迪生错过了发明电子管的机会	224
10.2	弗莱铭创制真空二极管	226
10.3	德福雷斯特成为真空三极管的发明者	228
10.4	三极管的推广应用与性能的改进	232
10.5	以电子管生产为中心的电子工业体系开始形成	236
10.6	电子管的小型化过程	238
10.7	微波电子管的出现与发展	241
10.8	驯服电子、控制电子时代的开始	247
第十一章	半导体、晶体管的兴起与发展	250

11.1	半导体兴起的技术背景	251
11.2	晶体管的发明	253
11.3	晶体管进入实用阶段——从点接触型晶体管到面结型晶体管	258
11.4	向电子管挑战	262
11.5	晶体管的微型化——平面工艺的兴起和平 面晶体管的出现	266
11.6	场效应晶体管问世	269
11.7	半导体成为无线电电子技术的宠儿	272
第十二章 电子学的新革命——集成电路的发明和发展 过程		278
12.1	晶体管面临来自应用方面的挑战	278
12.2	从微型化发展到集成化	279
12.3	数字集成电路的兴起	283
12.4	TTL 和 ECL 电路的竞争	286
12.5	CMOS 电路的崛起	288
12.6	模拟集成电路的兴起和发展	289
12.7	微处理器和微型机(微处理机)的出现	293
12.8	电子学的新纪元——大规模和超大规模集成技术时代 的到来	297
后记		304

第一章 无线电电子学的萌芽

上世纪末,在报刊上出现了一个时髦的新名词——“无线电”。什么是“无线电”?在当时,无线电是指不用金属导线而借助电磁波来传输信息(莫尔斯电码)的通信技术和通信装置。

现在我们时时刻刻都置身在电磁波的海洋中。这是一个无限广阔、无限丰富和生气勃勃的科学技术的海洋。

电磁波地发现揭开了无线电电子学的序幕,而十九世纪上半期人们对电和磁之间关系的新认识成为发现电磁波的先导。

1.1 电和磁关系的探索

二千五百多年前,古希腊的学者泰勒斯观察到两个相似的现象:经摩擦后带电的琥珀吸引麦杆的碎渣;磁石吸引铁屑。由此,他错误地把电和磁说成是一回事。

泰勒斯这一错误见解长期以来被科学界奉为金科玉律。时间过去了二千二百多年,到了1600年,英国有一位名叫吉伯的著名医生,写了一本《论磁石》的书。吉伯在书中大胆地指

出电和磁是截然不同的，从而纠正了泰勒斯的错误。但他却又断言电与磁两者是互不关联的。

1785年，法国科学家库伦用实验测定了静电荷之间的相互作用力以及磁极之间的相互作用力，并分别列出了电力和磁力计算公式(称为库伦定律)。这两个公式在形式上极为相似。遗憾的是，库伦未能从这两个相似的公式中觉察出电与磁的内在联系。相反，库伦重复了吉伯的见解，认为电与磁两者之间不可能有任何联系。

1802年，在电学发展史上曾作出卓越贡献的法国数学家安培起而支持库伦的上述把电和磁完全分开的观点。安培表示，他愿去证明“电和磁是互相独立的两种不同流体”。

当历史刚把人们带进十九世纪二十年代时，发生了一件震惊世界科学界的大事件。事实迫使人们抛弃传统的见解。

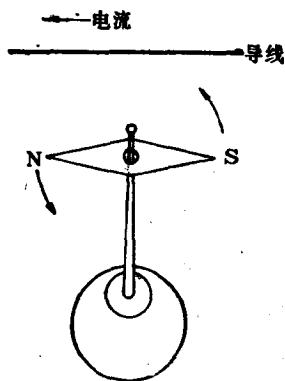


图 1-1

1820年4月，丹麦哥本哈根大学物理学教授奥斯特在实验中发现：把磁针放在一根通电流导线(金属丝)附近，磁针会出现偏转现象(图1-1)。一旦切断电流，磁针立刻恢复到原先的静止位置。

上述现象清楚表明：在通电流的导线周围产生了有磁力作用的磁场，因为只有在磁场中磁针才有可能发生偏转。这

一现象后来被称为“电流的磁效应”。

1820年7月21日,奥斯特公布了他的上述实验结果。这篇仅有四页纸的报告,轰动了当时的欧洲科学界。于是,根深蒂固的电与磁绝对不相关的旧概念开始在人们脑海中松动了。奥斯特的实验不是清楚地表明电流能够产生磁场吗?电流磁效应的发现向千年尘封的荒芜的电、磁学领域射进了一道强光。

奥斯特的发现使安培猛醒。安培抛弃了自己坚持的电与磁互不相关的见解,亲自进行实验。1820年9月,安培进一步发现:不仅电流能够产生磁场,而且反过来磁场对通电流的导线会产生一种作用力,正如磁场对磁性物体呈现作用力一样。在图1-2中,当通电流导线 AB 置于图中所示方向的磁场中时,导线 AB 就受到向下的作用力(如实线箭头所示),而且导线 AB 所受的力与通电电流的方向有关。当通以与图

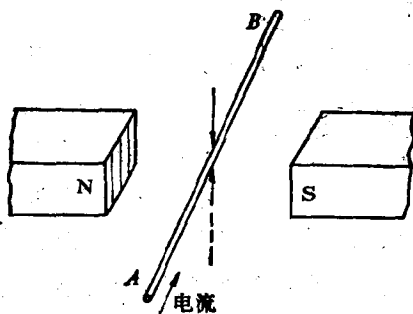


图 1-2

1-2 示出方向相反的电流时, AB 将受到向上的作用力(如虚线箭头所示)。

1821年，著名英国化学家戴维(法拉第的老师)制成了人造磁石——电磁铁。戴维将金属导线绕在铁棒上，当导线通以电流时，这根铁棒就变成了具有很强磁性的磁铁。

时间又过去了十多年。1831年10月，电学巨匠、英国实验物理学家法拉第经过多年的试验，终于发现了电磁感应现象。这个现象告诉人们：当导线在磁场中运动时，或者当将一根磁铁插入到由导线绕成的线圈中时，导线或线圈中就有电流产生(图1-3)。如果说，奥斯特的电流磁效应实验证明电能够产生磁的话，那么现在法拉第发现的电磁感应现象说明磁能够产生电。

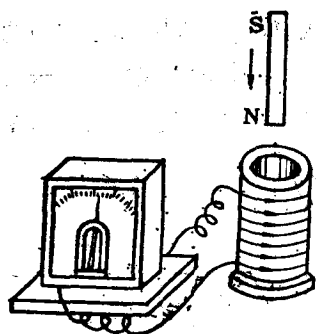


图 1-3

在回顾电磁感应现象这一划时代的发现时，另一位科学家的名字也是不应被遗忘的，那就是美国的约瑟夫·亨利。实际上亨利比法拉第早一年(1830年)发现了电磁感应现象，但他没有公布这一成果。亨利得知法拉第的新发现，是在法拉第的著作发表三个月以后。亨利阅读法拉第的研究实验报告时，内心很懊悔没有及时公布自己的实验发现。不过亨利在电磁学其他方面还有许多建树和贡献，这使他成为美国颇负盛名的电学专家。

有关电磁现象的一系列新发现使人们恍然大悟：原来电和磁之间存在着密切的联系，并且两者能相互转化。

二千多年前，泰勒斯把电和磁看作是一码事。三百多年前，吉伯纠正了泰勒斯的错误，但却将电和磁两者截然分割开来，认为它们彼此毫无关联。十九世纪上半期通过奥斯特、安培和法拉第等人的实验，人们才开始认识到电和磁两者既有区别，又有内在本质的联系。正如本世纪英国著名动物病理学家贝弗里奇所说：认识一件新事物的真实意义往往是多么困难呵！

十九世纪二十年代以前，人们都是孤立地研究和观察电现象或磁现象的，这是电学和磁学长期进展缓慢、未能取得根本性突破的重要原因。奥斯特等人的新发现，为人们指出了正确的研究道路。一个新的科学时期即将开始。范围宽广的自由研究和细致入微的理论探索替代了对经典学说的崇奉，结果出现了一门新兴学科——电磁学，并埋下了无线电电子学的种子。

1.2 两位巨人历史性的会见

在发现电磁感应现象和创立了电磁感应定律以后，法拉第仔细地研究了电磁之间的作用力，并于1838年发表了名著《电的实验研究》一书。在该书中，法拉第冲破了经典力学中超距作用的框框，大胆地提出了一种新见解，认为电荷与电荷之间、磁极与磁极之间、通电导线之间、以及通电导线与磁场之间都是通过电场和磁场的力线——电力线和磁力线产生相互作用的。他还指出：电、磁作用与周围的媒质有关，并不是

超距、超时的(当时绝大多数科学家认为,电磁作用力的传递既不需要任何媒质,也不需要传递时间,而是象万有引力那样,是超距、超时作用力)。

这是一种崭新的电、磁场概念。这种新见解在法拉第之前只有一个人提到过,那就是英国著名物理学家和化学家卡文迪许(1731~1810年)。可惜卡文迪许并没有公开发表他的这种新颖见解。只是在卡文迪许死去半个多世纪以后,当人们整理他遗留的手稿时,才发现了有关这种电磁场概念的论述。

1854年,23岁的麦克斯韦刚从剑桥大学毕业,他对法拉第的《电的实验研究》一书产生了浓烈的兴趣。麦克斯韦准备利用数学语言,精确地、严格地描述法拉第的电场和磁场的力线概念。

1855年,麦克斯韦发表名为《论法拉第力线》的论文,首次对电磁场进行定量描述和分析。文中他创立了六个数学方程式,用来阐明电磁现象。法拉第的形象而又粗糙的力线观念和电磁场见解,被麦克斯韦用严谨的数学公式表述了出来。在物理学领域,这是丰富的形象思维和抽象的数学语言相结合的成功范例,也是实践和理论相结合的典范。然而这种结合并不是体现在一个人身上。当时麦克斯韦和法拉第彼此还未曾见过面。

1860年秋季的一天,已改任伦敦皇家学院物理学和天文学教授的麦克斯韦,登门拜谒了年近古稀的法拉第,那是电磁学领域两位巨人的第一次会见。这次会见使麦克斯韦信心倍

增，他决定在电磁理论领域努力开拓。他们之间意味深长的对话令人难忘：

“先生对我的这篇文章（指《论法拉第力线》一文）有何见教？”麦克斯韦急切地向法拉第求教。“我并不认为自己的学说一定是真理，但你是真正理解它的人。”老人谦逊地回答。

“先生能向我指出文章的缺点吗？”青年恳切地说。“这是一篇出色的文章……但你不应该局限于借用数学来解释我的见解，而应该突破我的观点。”法拉第语重心长地启发 29 岁的麦克斯韦。

……

法拉第慧眼独具，看出了这位苏格兰理论物理学家内蕴的惊人才华，但也觉察出这位年青人拘泥于老一辈学者业已取得的成就，缺少大胆突破的勇气。用麦克斯韦自己的话就是：“我的目的只是想指明，用什么方法或直接应用法拉第的观念和方法，可以更好地解释他所发现的各种不同现象之间的相互关系……”这清楚地表明当时麦克斯韦仅仅是想借用数学工具来解释法拉第的电磁场观点。

法拉第的提示使麦克斯韦翻然领悟：“对！我不应停留在对前辈所创立理论的解释上面，而应该大胆地突破和超越前辈的成就，去开创电磁学的新理论”。

在电子学和物理学的发展史上，这是一次具有历史意义的会见。麦克斯韦扬起的新理论的风帆，迎来了电磁波的伟大发现。

1.3 麦克斯韦预言电磁波的存在

应该指出,在麦克斯韦之前,已有一些学者无意地发现或指出过电磁波传播的现象,尽管当时他们不曾提出过“电磁波”这个术语。

1832年(电磁感应现象发现后一年),法拉第曾大胆地提出:“电力和磁力是以振动方式传播”,并且认为这种振动是以有限速度传播的。法拉第似乎已隐隐约约地觉察到电磁波的存在,因为电磁波本身就是电、磁场的交替振动而形成的波动。可惜的是法拉第这一极为珍贵的见解当时并没有公诸于世。直到法拉第死后63年(1930年),人们在英国皇家学会的档案堆中发现的法拉第在1832年写的一份手稿中,才看到他提出的电磁场以振动方式传播的见解。

1842年,美国的亨利(即本章1.1节中提到的约瑟夫·亨利)在进行电学实验时,发现二层楼上产生的电火花竟能使放置在一层楼的指针磁化。亨利把这一电的作用与光的传播进行了比较。实际上亨利已发现电磁波的传播现象(由电火花激起的电磁场从二层楼传播到了一层楼)。可惜亨利没有深入研究下去,错过了发现电磁波的机会。

1853年,英国当时最负盛名的物理学家之一——威廉·汤姆逊(即开耳芬勋爵)发表了一篇题为《瞬变电流》的论文。他指出:当莱顿蓄电池通过一个串有线圈的回路放电时,放电电流呈现振荡现象,即电流的大小和方向作周期性的变化。遗