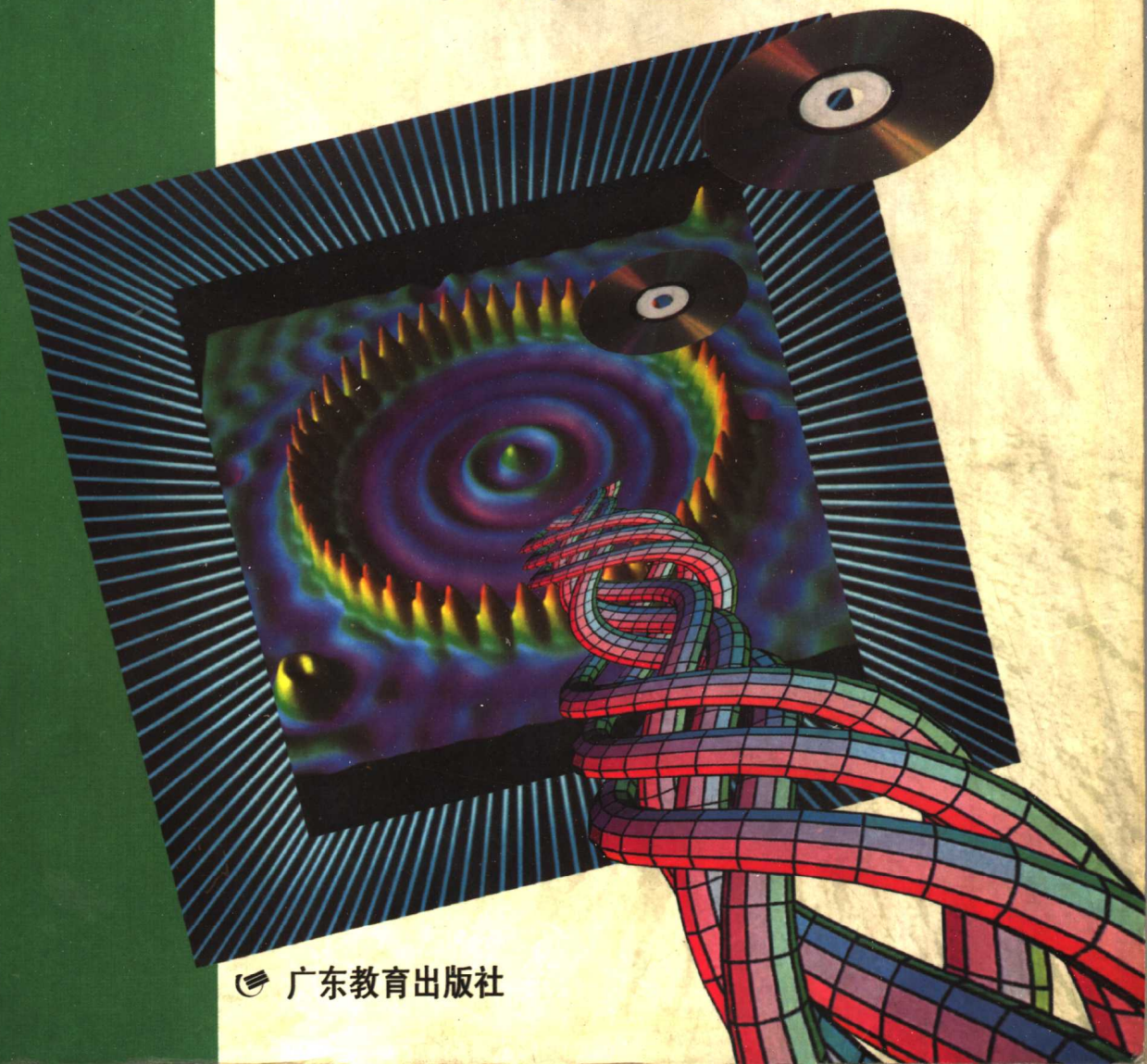


◎谢诒成/著

电子传奇

——微观粒子世界揭秘

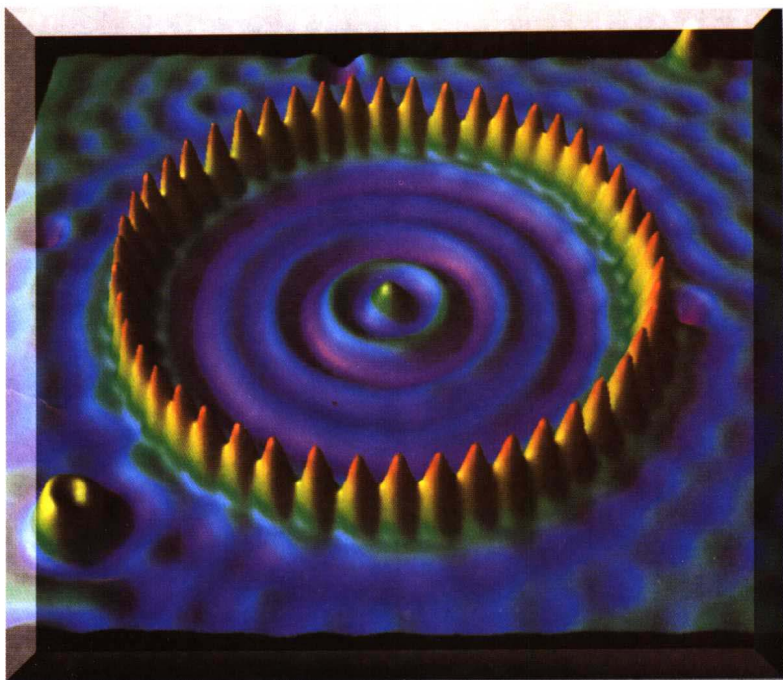
迈向21世纪科普丛书



广东教育出版社

迈向 21 世纪 科 普 丛 书

● 谢治成/著



电 子 传 奇

——微观粒子世界揭秘

广东教育出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

电子传奇：微观粒子世界揭秘

/谢诒成 著

—广州：广东教育出版社，1995·12

ISBN7—5406—3411—1

I. 电…

I. 谢…

Ⅲ. 微观粒子——科学普及读物

IV. N49

迈向 21 世纪科普丛书
电子传奇——微观粒子世界揭秘
谢诒成 著

*

广东教育出版社出版发行
广东省新华书店经销
惠 阳 印 刷 厂 印 刷

787×1092 毫米 20 开本 6.125 印张 98000 字

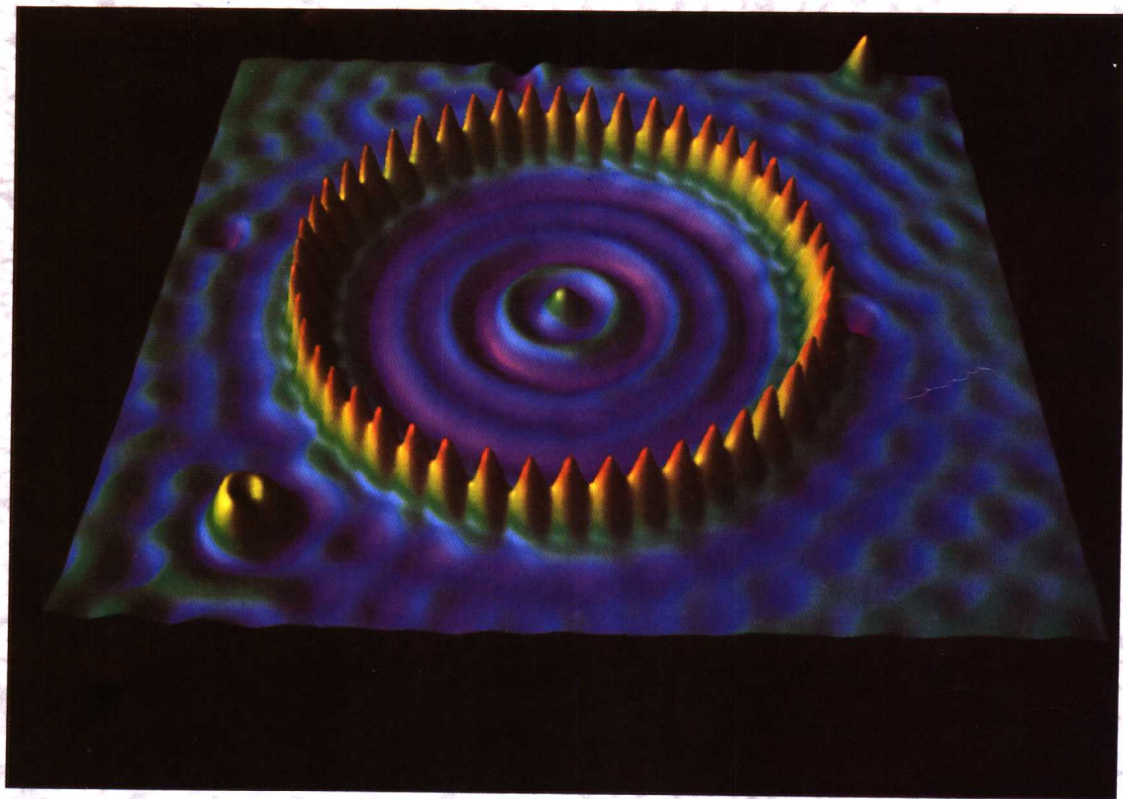
1995 年 12 月第 1 版 1995 年 12 月第 1 次印刷

印数 1—20000 册

ISBN 7—5406—3411—1

N·5 定价：11.60 元

如发现印装质量问题，影响阅读，请与本厂联系调换。



▲ 上图是在 4K 时，用扫描隧道显微镜得到的表面电子密度形成的波纹，它是由吸收在铜表面的 48 个铁原子“筑”起的“量子围栏”所围绕的。此波纹与理论预测的十分接近。(Michael Crommie, Christopher Lutz 和 Donald Eigler 提供)

百年巨变

不管奇迹属于何人,我们都已
接受了同样一份馈赠。

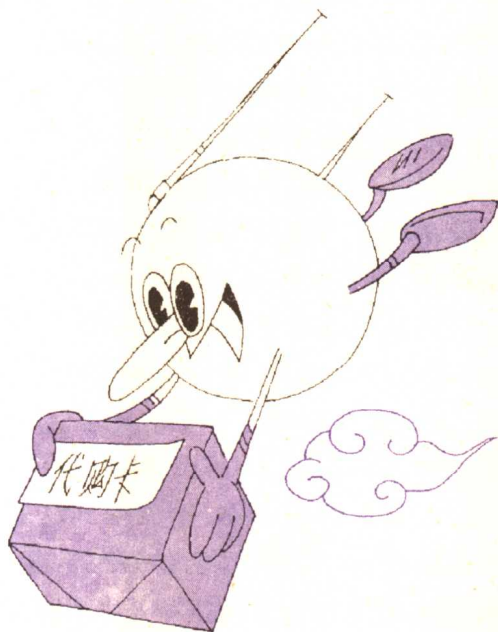
——无名氏

电子丰富了人们的生活

电子,是人们极其熟悉的一个名称。现代社会中,人们每天要接触到的电子产品真是太多太多了。

随便走进一个家庭,你定能发现准确报时的电子钟表,每日必开的电视机,小朋友喜欢的游戏机。不少人家还装了自动调温的空调机,厨房里用上了干净方便的电磁炉、微波炉。即便是家用电脑、声控免提电话或一些医疗仪器,现在也不鲜见。

你想从某公司购物,可利用电



传机向公司咨询,他们把报价传回给你。付款不必像六七十年代那样到邮局或银行填写单子,对方也不必由邮递员送钱上门或亲自到当地银行去提取。现在,利用卫星通讯网,已实现了用工作站异地资金实时汇兑,快捷、简便又万无一失。

你在公司供职,需要与说不同语种的客户洽谈,你身边会有一部电脑翻译器,七八国不同文字的常用语汇,只须按动几个键便能查找到,而翻译器的大小还比不上一本小书。对于你不熟悉发音的语言,翻译器还能代你读出声音来。

你是一位建筑师,你用电脑来实现自己的构思。屏幕上显示出设计的未来建筑物的模拟效果,你如同身临其境,由电脑带着从外到里,一个房间一个房间地看过去,关门、开窗、上楼、下楼,边看边修改,全部历经一遍之后,设计方案也就拍定。不需要制图桌,不需要一条线一条线地描,专用软件系统代你把施工用的设计图全部准确无误地制作好。

你是教师或研究人员,计算机国际联网的高速通讯线路,使你与世界各地的同行随时共享信息资源。在任何时间,只要拨通一个电话号码,你的最新研究成果报告就输入到了美国、西欧、日本或任何一地的同行的计算机内,对方也经常向你传来自己获得的新数据及科技资料。

你是一个学生,许多课程都有辅助教学的软件。电脑成为你另一位老师,通过与它的交谈,你对课堂上直接传授的知识有了更直观具体的认识,理解得更深刻了一点。电脑也帮你判断作业做得是否正确,遇到难题实在想不出法子,还可以请求它给些提示。

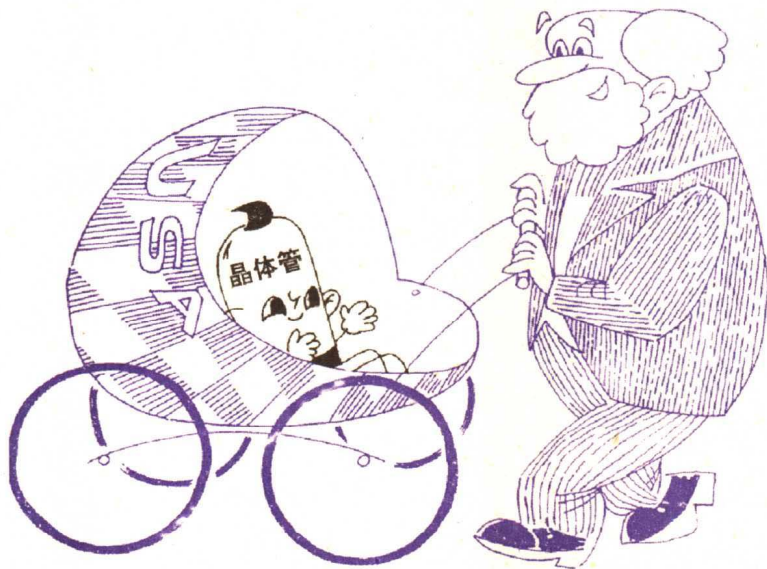
你喜欢读报看书,不少报刊已采用电子出版系统,用它制版的出版物字体清晰,轮廓鲜明,色彩层次丰富。或许你本人还是一位作家,你那龙飞凤舞的笔体过去常使排字工人困惑,如今,直接识别原稿来制版的系统已

经问世,这种系统对潦草字体的判断正确率,不亚于一个有经验的印刷工人。

眼前这精彩纷呈的电子世界,即使用整整一本书来描绘,只怕也难尽其万一,让我们姑且到此打住,开场白就算告一段落,下面言归正传,该是正戏出台了。

晶体管中电子怎样工作

每一件电子产品,都必定用到晶体管和集成电路。各种功能的晶体管和集成电路就是电子大显身手的舞台。



世界上第一只晶体管于 1947 年诞生在美国贝尔研究所。制作晶体管的材料是半导体。

通常导体是指有很好导电性能的物体,像银、铜等,因为这些物体内有大量能够自由移动的电子,在外界有电场时,自由电子一致地朝正电压方向移动,形成电流。与导体相反,塑料、木头等物体内没有自由电子,电子几乎都被束缚在原子或分子范围里,不能随意移动,所以不导电。这些物体是绝缘体。被称作半导体的物质有硅、锗等。半导体中也存在自由电

子,但数量比导体中的少得多,因而半导体性能介于导体和绝缘体之间。

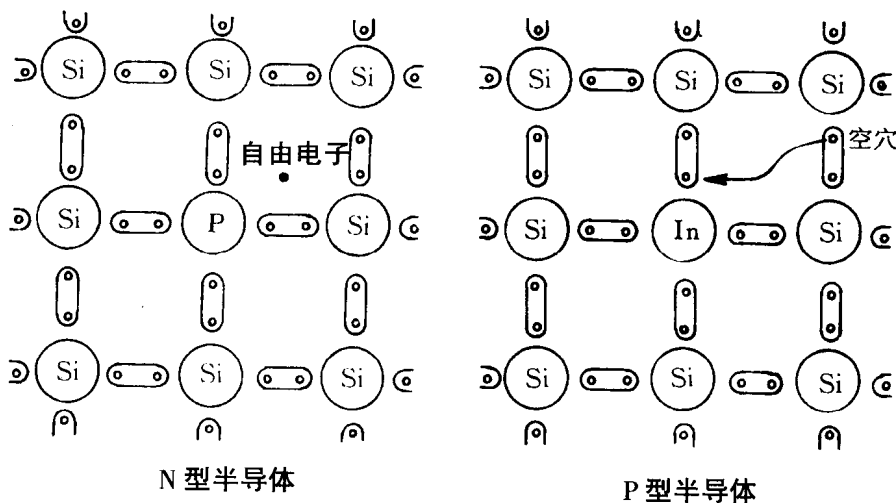
半导体对于光和热的反应特别灵敏,受光照射或增加温度时,半导体中会产生较多的自由电子,从而增强导电性,这称为半导体的光敏特性和热敏特性。利用这种特性制成的半导体元件是测量温度和自动控制的能手。

天然的半导体都不是很纯的,有杂质存在时半导体的性质有很大的变化,某些杂质原子能使其导电性能陡然增大,这一特点恰好是人



们希望的。但是天然半导体中杂质成分复杂,又无法挑选,所以要先将其全部去除,制成纯净的半导体材料,再按要求人为地掺进去一定量有用的杂质。

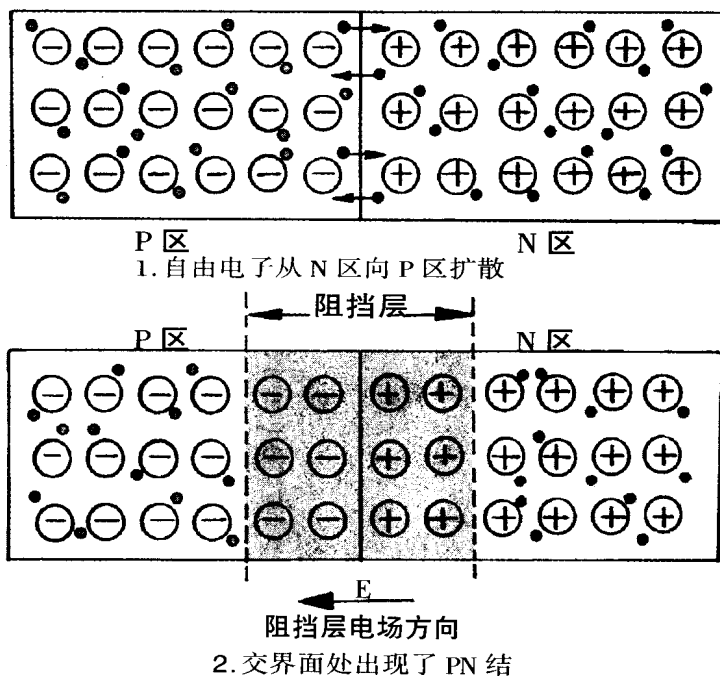
可用来掺杂的元素种类很多,总的分为两大类:掺入磷、铝、镓等的半导体叫N型半导体;掺入硼、砷、锑等半导体叫P型半导体。N型半导体中自由电子比P型半导体中的多得多。N型半导体主要靠自由电子来导电。P型半导体导电性也是增强的,不过导电方式与N型有所不同。因为硼、砷、锑等元素的原子取代了硅原子,而这些元素只有三个价电子,比硅少一个,因此当它们与周围的4个硅原子形成共价键时,往往从邻近的共价键中夺来一个电子,被夺走电子的共价键出现了一个空位(叫空穴),当又有附近的束缚电子来补这个空位后,那里又出现新的空位。这样,电子依次挪动,相当于空穴朝反方向移动。P型半导体中空穴数目很多,导电



电子传奇

主要靠空穴移动。

把一块半导体制成一半是N型,另一半是P型的,在其交界面处会发生什么事呢?由于N区中自由电子浓度大于P区,自由电子就从N区向P区扩散。扩散前两边的半导体都是电中性的,扩散后,N区一边跑掉了自由电子,留下不能移动的带正电离子;P区跑来了自由电子填补了一些空穴,使空穴减少,同时原子成为带负电离子。这两种离子由于不能移动,在交界面附近就形成了一个电场,其方向正好阻挡自由电子继续由N区跑向P区,最终使扩散运动停止下来,而同时交界面处出现了有一定厚度的



屏障,叫做 PN 结。

当外加一个电场在 PN 结两端时,屏障的厚度会改变。如果 P 区接正极, N 区接负极,屏障将变薄;如果反过来接,屏障就加厚。也就是说,



PN 结只允许单方向的电流通过。晶体管就是利用这一性质制造出来的。

在 PN 结的两边 P 区和 N 区,各接一根导线作为电极,便做成一只简单的晶体管,叫二极管,在电子产品附带的线路图中,二极管用一个黑色三角形和一竖这样的记号来代表。有三个电极和两个 PN 结的晶体管叫三极管。晶体管还有其它一些品种,多数有 PN 结。

把一套电路中所有晶体管和其它电子元件集中做在一小片硅上,叫集成电路。一般晶体管只有一粒黄豆那么大,一块集成电路中包含了成百成千,甚至多达成万、成百万个晶体管,但它的尺寸也不过几平方厘米或更小。

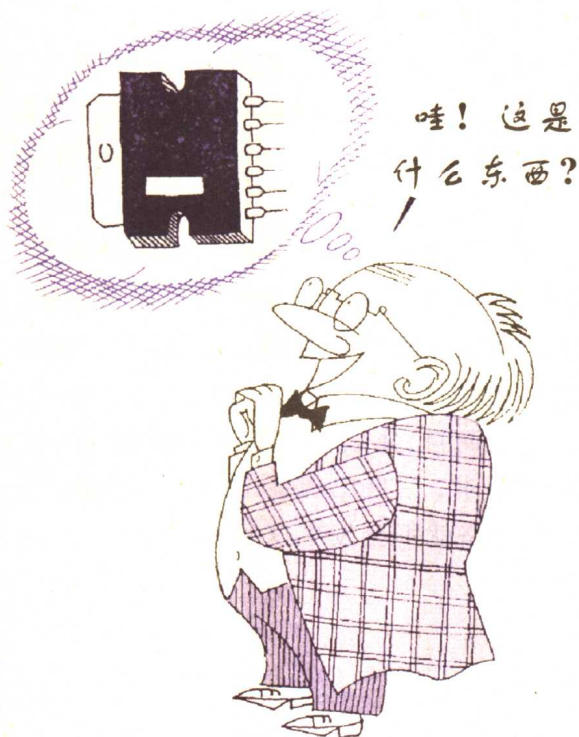
原来单独的晶体管都有一些管脚,用焊接技术把导线与管脚及电阻、电容等元件连接,来组成电路。但做在集成电路中的晶体管不需要管脚,管子与管子,管子与元件之间靠内部安排好的线路连通,无须焊接。这就像把独立分散的小店铺统统搬进了一幢综合商业大厦,省去了大量的空间。集成电路小而全的奥妙就在于此。而且,集成电路的可靠性高于人工连接的线路,因为焊接有一定的技术要求,一旦出现某个焊点不合格,便影响到整个线路工作不正常,而集成电路就不会发生这种情况。

回顾百年前

集成电路技术发明于 1959 年,这件事情非同小可。设想假如今天没有集成电路,制造一台计算机要占据几个大屋子,谁还敢拿这么个大家伙来玩电子游戏呢?也不可能有携带方便的翻译器,银行、邮局计算机联网、

卫星通讯等等更是天方夜谭了。电子王国能够有目前的规模,大概连晶体管的发明人布拉顿、巴丁和肖克利等也未曾料想到,至于那位发现电子的汤姆生教授呢,一定是做梦也没做过啦。而即使从那时算起,迄今才不过将近 100 年!

一个世纪以前,如果有人要出国旅行,只能坐轮船,因为那时还没有飞机。在工业比较发达的国家中,城市街道还用汽灯作路灯呢!电很少,也没有电话。1897 年在伦敦的水晶宫展览会上,汽车作为新发明吸引了众多参观者,但那种车



时速才每小时 20 千米,开动时格格作响,令人生畏。当时的人们决计想象不出他们身后的世界会改变到怎样的程度,他们从未听说过“电子”,也不会知道那东西给自己的后代带来了多么美妙的物质享受。

然而,与此同时,就在英国剑桥大学的卡文迪什实验室内,一齣波澜壮阔的历史长剧就要揭开序幕,导演是作为卡文迪什教授在那里工作的 J·J·汤姆生,尽管主角尚未登台,幕后的准备工作却已就绪。

电 子 出 场

19 世纪初,电学家们发现在充有稀薄气体的玻璃管两端加上高电压后,玻璃管发生放电现象。如果管内真空度高,就在阳极方面的玻璃上看到荧光,由此推测,荧光是从阴极发出的某种射线打在管壁上所致,这种射线被命名为阴极射线。

如果把一块磁铁放在玻璃管旁,阴极射线在磁场作用下不再沿直线前进,而是发生了弯曲,由弯曲方向判断,阴极射线是带有负电的粒子。当时,人们对于电现象的认识还不深,比较先进的只是法拉第电解理论。这个理论认为各种物质分子都由原子组成,原子之间的化学结合力来自电子,电解质分子在稀薄溶液中会被分离成带正、负电荷的离子。

这些结论固然都是正确的,可是有人以此类推,认为气体分子在阴极上得到电荷而成为离子,由于阴极的电斥力而飞向阳极。把阴极射线当作带负电荷的离子,这就大错特错了。因为经实验研究,阴极射线能够穿过金属薄膜,而离子绝不可能。另外,阴极射线在磁场中的弯曲状况,与管中充何种气体没有关系。而离子的质量是与形成离子的原子质量有关的,不

同气体产生的离子有不同的质量,在磁场下偏离程度也会不同。事实说明阴极射线不是负离子,那么这是什么粒子呢?

1897年,汤姆生用一个与众不同的实验方法测量得到了阴极射线粒子的速度以及该粒子电荷量与质量的比值。这个比值不仅与粒子的速度无关,也与管中气体种类和阴极材料无关。汤姆生还近似地测定了阴极射线粒子的电荷及氢离子的电荷,证明两者大小相等,符号相反。

这样,就完全弄清了阴极射线粒子的存在和性质,汤姆生称这种粒子为“微粒”,把它所带电荷称为“电子”,因为这个电荷代表了电量的一个最小份额。后来,人们就把阴极射线粒子本身称为电子。

电子的发现不仅带来了产业上的巨大变革,造就了今天的电子科技时代。而且,它还打破了统治人们思想多年的“原子是物质不可再分的最小单元”的陈旧观念,从此,一个从未被了解的微观世界的大门启开了。在这世界里,有趣的新鲜事层出不穷,至今还有不少尚未解开的谜团。下面,就让电子带我们去走一遭吧。

第一个粒子公民

任何人都能在商店里看时装，
在博物馆里看历史。但是具有创造性
的开拓者在五金店里看历史，在
飞机场上看时装。

——罗伯特·怀尔特

汤姆生技高一筹

电子首次被人们发现是在 1897 年，但这种粒子并非从那时起才开始有，而是从来就存在的。它的体积极其之小，小到无法测量。目前人们用最精密的方法已经能够做到把两个相距 10^{-18} 米以上的目标分开，但是，即使达到这个精度，还不足以看出电子的大小。假想把 1 亿亿个电子一个挨一个地排成一条长蛇阵，这条阵线最长超不过 1 厘米。电子小到如此之程度，只能把它当作没有大小的几何点，肉眼根本观察不到，这或许是在科技不够发达的过去它不为人知的一个原因吧。

当然，实际上电子是不可能紧靠在一起排队的，因为每个电子都带有完全相等的负电荷，它们彼此靠近时将互相排斥。不过，正是由于电子的这一属性，使汤姆生设计出巧妙的实验，利用带电粒子在电场和磁场中的运动规律来测量其荷质比。

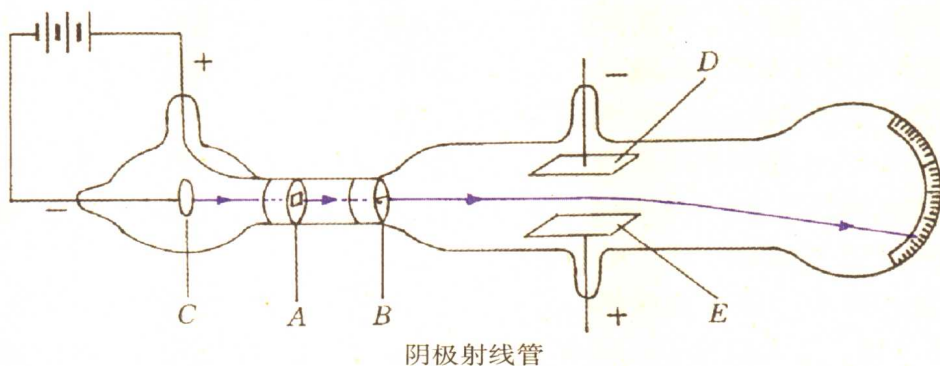


现在来看看这个实验使用仪器的简图：从阴极 C 发出的射线，穿过狭缝 A、B 后变成很细的一束。当射线穿过 D 和 E 之间时，若将 D 和 E 分别充以负电和正电，细束就会朝正极板方向偏转，说明阴极射线是带负电的。

然后，撤掉 D、E 之间的电场，再在这个区域里加一个方向和书面垂直朝上的磁场。在磁场作用下，细束的运动路线从原来的直线改变成圆弧线，这圆弧线弯曲的方向与前面电场作用下的偏转正好相反，从磁学定律知道，这也证明了阴极射线带负电。

最后，把 D、E 之间的电场再加上，使电场对射线的作用力和磁场对其作用力同时存在，并且方向相反。适当调节磁场强度，使两力大小相等，因此互相抵消，合力为零，阴极射线就又像没有受到任何力一样笔直前进，打到正对阴极的管壁中央。此时，运用电磁学的公式可计算出射线的速度，再从电场或磁场单独作用时阴极射线束发生的偏转程度，便算出射线粒子的电荷与质量的比值（简称荷质比）。

细心的读者可能会发出疑问，既然用肉眼观察不到电子，又怎么能知



道阴极射线发生了偏转呢?确实,图中画出阴极射线的发射路线不是眼睛看出来的,而是由射线到达管壁的位置,根据物理定律推算出来的。你一

