



物理学史中的十一月

1947年11月17日~12月23日: 第一个晶体管的发明

(译自 *APS News*, 2000年11月)

萧如珀 杨信男 译

第一个研发晶体管的过程, 远比贝尔实验室的科学家在20世纪30年代开始致力于此装置的开发要早很多。这都是19世纪的科学家, 包括 Maxwell, Hertz 和 Faraday 等人在科学上所做的惊人发现, 以致电可以为人们所用, 而发明家也应用这些科学知识来研发收音机等有用的电器。

无线通信开始于1895年, 当时马可尼 (Marconi) 成功地将无线讯息传送至超过1英里外的地方。但若要让此技术可以完全实用, 还需研发出更好的侦测器以侦测携带讯息的无线电讯号。最后是将整流的晶体管侦测器置入无线电波的接收器内, 可以将无线电波和带有讯息的讯号分开。

然而, 晶体组只能在强电磁波中使用, 距离拉远或地面物体的阻碍均会让电磁波减弱, 因此需要增加讯号的强度。英国物理学家 John Ambrose Fleming 发明整流的真空管——在收音机的接收系统中附加两个电极的灯管, 跨出解决此问题的第一步。美国的发明家 Lee DeForest 再进一步创意加上第三个电极, 称之为栅极, 由围绕阴极的细电线组所组成, 带负电压, 可以控制电子从阴极流向阳极, 以加强电流。

有放大功能的真空管不仅在收音机的研发中是必要的装备, 在早期的电话装置、电视机和计算机中更是不可或缺的。但真空管的技术不够完美, 它耗



图片来源: <http://www.research.att.com/history/47trans.html>

太多电, 散出太多热量, 占用太大空间, 生产成本太高, 最后还会烧掉, 需要重新更换。美国宾夕法尼亚大学的 ENIAC^{*} 计算机装有好几千只真空管, 占用好几个大房间, 所需的电力足以供10个家庭用于照明。真空管的缺点让贝尔实验室一名工程师 J. R. Pierce 宣称: “大自然憎恨真空管。”

20世纪30年代, 贝尔实验室的科学家试着使用超高频电波做为电话通讯用, 这要比真空管更可靠的侦测器, 因为真空管无法接收快速的振荡。他们于是回到以前使用晶体为基础的侦测器, 结果很有效, 促使他们更进一步研发最可靠的半导体物质“硅”的特性。在此过程中, 他们

发现硅元素是由两个不同的部分所组成, 一部分有利于正电流通过 (“P”), 另一部分则有利于负电流通过 (“N”)。这个 “P-N 结” 的发现, 加上可以控制它的特性, 奠定了晶体管的基础。

John Bardeen, Walter Brattain 和 William Shockley 在贝尔实验室带头开发增加强度的新方法, 他们认为若在半导体侦测器中加上第三个电极, 就可以控制通过硅的电流。此装置在理论上和真空管的强化效果一样好, 但省电许多, 所占空间也小。

此研发的努力于所谓的 “神奇之月” —— 1947年11月17日至12月23日达到高峰。Brattain 建造了一个奇妙的硅装置来研究半导体表面的电子行为, 希望能发现电子阻碍强化的原因, 可是却发现硅

她用物理的情趣,引我们科苑揽胜; 她用知识的力量,助我们奋起攀登!

欢迎投稿, 欢迎订阅

《现代物理知识》杂志隶属于中国物理学会, 由中国科学院高能物理研究所主办, 是我国物理学领域的中、高级科普性期刊。其前身是创刊于 1976 年的《高能物理》杂志。该刊以生动活泼的语言介绍现代物理知识、传递科技前沿动态, 以深入浅出的形式做到科学性和趣味性并重。适合广大的科学工作者、教育工作者、科学管理干部、大学生、中学生以及其他物理学爱好者阅读。

为进一步提高《现代物理知识》刊物的学术水平, 欢迎物理学界的各位专家、学者、教授以及研究生为本刊撰写更多优秀的科普文章。投稿时请将稿件的 Word 文档发送至本刊电子信箱 mp@mail. ihep. ac. cn。

《现代物理知识》设有物理知识、物理前沿、科技经纬、教学参考、中学园地、科学源流、科学随笔和科

苑快讯等栏目。2008 年《现代物理知识》, 每期定价 8 元, 全年 6 期 48 元, 欢迎新老读者订阅。

邮局订阅 邮发代号: 2- 824。

汇款到编辑部 地址: 北京 918 信箱《现代物理知识》编辑部; 邮编: 100049。

需要过去杂志的读者, 请按下列价格汇款到编辑部。1992 年合订本, 18 元; 1993 年合订本, 18 元; 1994 年合订本, 22 元; 1994 年增刊, 8 元; 1994 年附加增刊合订本, 36 元; 1995 年合订本, 22 元; 1996 年合订本, 26 元; 1996 年增刊, 15 元; 1997 年合订本, 30 元; 2000 年附加增刊合订本, 38 元; 2000 年增刊, 10 元; 2001 年合订本, 48 元; 2002 年合订本, 48 元; 2003 年合订本, 48 元; 2004 年合订本, 48 元; 2005 年合订本, 50 元; 2006 年仅剩 4、5、6 期, 每期 7 元; 2007 年每期 8 元。以上所列, 均含邮资或免邮资。

表面一直产生凝结物。为了处理此问题, Brattain 就将整个实验装置放进水中, 没想到却制造出前所未有的最大强化效果。Bardeen 知道这个结果后就建议做一个加强器, 将里面金属的一端插入硅中, 再放入蒸馏水中。这个装置可行, 但是强化效果并不明显。

可是 Bardeen 和 Brattain 却士气大振, 努力不懈地试用不同的材料与装备, 最后决定以“锗”取代“硅”, 结果得到的强化效果是之前的 330 倍。但很不幸地, 它只在很低频的电流中有效, 而像电话线等则是需要处理通话者声音的所有复杂频率。

他们决定以一层氧化锗来取代液体。在实验的过程中, Brattain 发现他会不经意地洗掉氧化层, 但电压还是会有一些强化效果, 而且在所有的频率中都能达成, 这令他很诧异。另外, 金的接点将锗刺出小洞, 可以将表面电子的干扰因素去除掉。

因此, 制造强化器的要件是一个厚的锗片和两个相距几毫米的金接点。谨记此原则, Brattain 在一个塑料做的三角形周围围上一条金箔片, 再在三角形的一个顶点以刀片将金箔切开, 得到相隔只有

一根毛发宽的两个金接点。当将此顶点放到锗上时, 讯号会通过一个金接点, 当它冲至另一个金接点时, 讯号就会加强, 这就是第一个“点接触”晶体管。

第一个晶体管约有 0.5 英寸高, 以今日一个硅芯片可以容纳 700 万个晶体管的标准来说是很大, 但它确实是第一个可以执行真空管强化功能的固体装置, 所以让 Bardeen、Brattain 和 Shockley 在 1956 年赢得了诺贝尔物理学奖。更重要的是, 它孕育了一个产业, 开启了信息时代, 在全球掀起了大革命。

(本文转载自 2007 年 12 月《物理双月刊》, 网址: <http://psroc.phys.ntu.edu.tw/bimonth/index.php>; 萧如珀, 自由业; 杨信男, 台湾大学物理系, E-mail: snyang@phys.ntu.edu.tw)

进一步阅读资料: Michael Riordan and Lillian Hoddeson (W. W. Norton and Co, 1997), “Crystal Fire”。

进一步网上阅读: <http://www.pbs.org/transistor/> 和 <http://www.lucent.com/minds/transistor>。

* ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Calculator) 是全球第一部可变程序的电子计算机, 1946 年美国宾西法尼亚大学的 John Mauchly 和 Presper Eckert 所制造, 长 50 英尺、宽 30 英尺、重 30 吨。