

李晓华

译

# 有创造力的工程师—— 发明的艺术

中国发明创造者基金会 中国预测研究会



有创造力的工程师——发明的艺术 李晓华 译

4

中国发明创造者基金会 中国预测研究会

N 77  
4  
7

# 有 创 造 力 的 工 程 师

## ——发 明 的 艺 术

〔美〕 W·E·考克 著

李 晓 华 译

吴 明 泰 校

中国发明创造者基金会  
中 国 预 测 研 究 会

1985.8

## 译 者 的 话

本书按照美国普莱纳姆公司1978年出版的同名原著译出，著名W·E·考克为美国著名发明家。书中的经验与事例多为他亲身经历，因此翔实可靠，不但对于了解电子技术和激光技术的发展提供了第一手材料，而且对于问题的产生及其解决提供了真实的背景，因而是学习、研究科技史和发明创造方法的良好参考书。

本书所附照片与附录多为考克生平介绍和一些原文文件资料，与本书主要内容关涉不大，因予删节，而所有与本书的内容有关附图全部保留。

本书涉及的技术领域比较专深，尽管著者叙述得深入浅出、条理分明，有些细节仍然要细心揣摩才能掌握，必要时读者可参阅有关专业书刊。本书译文请电力部南京自动化研究所李俊历同志作了技术审阅，谨致谢忱。

1001/32/20-24

## 序 言

一个国家的经济增长和经济实力与其人民的发明创造能力和把这些发明转化为有用产品的能力紧密相关。美国从1909年到1949年人均产值增长的90%被认为是技术进步的结果。本书分析了一些重要新技术的发明方法和这些技术发明者的特点，并把这些创造发明方法推荐给年青的和年老的从事发明的人们，以便提高他们的创造能力。同时，本书还对他们可能获得的各种利益进行了讨论。

富于创造性是一个民族的宝贵财富，因此增长创造方法的知识极为珍贵。辛辛那提大学校长W·贝尼斯指出：“当我们离开孩提时代时，我们中的大部人好象失去了创造性——或者称之为衰退。”他继续指出：“要使之恢复，我们必须找出重新发掘我们探索意识的方法，找出提高甚至改变这种意识的方法。”这就是说，一个人越是能够早些努力增长自己的创造性，则获得成功的可能性就越大。因此在这些讨论中，我们强调父母鼓励他们的孩子勇于创造的重要性。这样，这些孩子的生活就会更充实，更幸福，收益更多。然而这绝非轻而易举之事，因为生气勃勃的当代青年需要亲眼看到他们父母所提的建议的例证方能信服。

我的一位老友，诺贝尔奖获得者L·埃瓦里兹最近对我说，大部分有关发明创造的书籍的作者，本人并没有显示出卓越的创造才能。由于这位老友与我相识多年，知道我有许多发明，因此，他敦促我把自己在发明创造领域的丰富经验详细地写出来，以飨读者。我应允了这个建议，写了此书。我相信，如果青年人看到创造发明带来利益的实例，说服他们的工作就容易多了。（第九章将介绍一些利益）。

家长们应当帮助自己的孩子了解富于创造性的益处。不但发明者本人受益，他们的国家和整个世界也受益。本书之所以选用这些技术发展的事例，部分原因是我直接参与了这些工作或我与这些工作有密切的关系，但更重要的是，从这些发明中，人们可以看到如何发掘人的潜在的创造性。选用这些发明例子，还因为它们涉及到具有跨学科知识和经验的工程师。预计到八十年代，社会将迫切需要那些把工程原理应用到医学科学、生物科学和其它科学的毕业生。

在费尔利迪金森大学，哈罗德·罗斯巴特教授设立了一门课程，他说这是一个“发明车间，要把所有的发明活动都与提高创造新产品的潜力这个目标结合起来”，他鼓励学生们在一个自由的天地里，开发奔放而有创造性的思想源泉。他继续讲到：“每个人都应分享发明的喜悦与激动。各学科间的综合活动是对其它创造活动的有效促进。”芝加哥大学恩里克·费米研究所最近的一篇报告强调了罗斯巴特所提的各学科间综合活动的价值。这个研究所的一个实验室，以在美国核计划初期的工作闻名。这个报告指出：“这个研究所的跨学科特点加强了这个大学内的各个传统部门之间的关系，这是由于它提供了智力咨询和自由交流思想这样一种共同基础的结果。通向新研究领域的新思想也从这个跨学科环境之外来到这里。”我在辛辛那提大学（它集中支持跨学科研究计划）的赫曼·斯尼克德尔实验室工作期间，亲眼看到这类两种以上学科知识的结合导致了許多建议的产生。这些建议提出了新奇而有趣的概念。即使一个人只掌握有限的几个学科的知识，他也常常能对这些学科做出重要的贡献。一个领域中的某种新发展，会使跨学科的头腦考虑它在其它领域中的应用，这往往会硕果累

繁。很明显，一个领域中的新发展，如果在其它领域应用成功，就会产生另一个新发展。

本书所讨论问题的深度适于大学二、三年级的学生。他们可以较早地在大学时代就考虑选修除专业以外的有关其它领域的课程。后边所举的例子是为了鼓励读者获得多学科知识的兴趣，使他们能为世界科学知识及其应用宝库增加财富。我也希望我的专利发明活动（我在贝尔电话实验室作为一名技术人员，14年工作中在美国和外国申请的专利，以及我在D·H·伯尔德温公司，本狄克斯公司和国家航天航空署工作时申请的其它专利共235项）能为读者沟通思想，帮助他们感受发明和创造带来的喜悦、激动。本书适做大学二、三年级学生的辅助读物。

我愿在此向为我提供数字和照片的D·H·伯尔德温公司、本狄克斯公司、密执安大学、国家航天航空署、通讯卫星公司、贝尔电话实验室和美国电报电话公司等表示谢意。

W·E· 考克

# 目 录

|                   |      |
|-------------------|------|
| 序言.....           | (V)  |
| 第一章 激发自己的创造性..... | (1)  |
| 第二章 晶体管.....      | (4)  |
| 早期的半导体研究.....     | (4)  |
| 贝尔实验室计划.....      | (4)  |
| 宣传晶体管的准备工作.....   | (5)  |
| 专利保护措施.....       | (5)  |
| 晶体管公布于众.....      | (6)  |
| 受益.....           | (6)  |
| 从表面态到实体态.....     | (7)  |
| 双陷晶体管.....        | (8)  |
| 晶体管的应用.....       | (8)  |
| 打破常规.....         | (9)  |
| 第三章 电子音乐.....     | (10) |
| 音色.....           | (10) |
| 谐波分析.....         | (11) |
| 第一个电子乐器.....      | (12) |
| 早期收音机.....        | (12) |
| 收音机和电子音乐.....     | (13) |
| 电子乐器的发展.....      | (14) |
| 音调稳定.....         | (14) |
| 博士研究.....         | (15) |
| 共振峰概念.....        | (16) |
| 看得见的讲话.....       | (16) |
| 共振峰和声音构成者.....    | (16) |
| 工程论文.....         | (17) |
| 伯尔得温电子琴.....      | (20) |
| 设想和发展过程.....      | (20) |
| 教堂风琴手的看法.....     | (21) |
| 共振峰和风琴混声.....     | (22) |
| 几种电音乐模拟装置.....    | (23) |
| 电子门铃.....         | (24) |
| 雷达和高频扬声器.....     | (25) |
| 现代电子音乐.....       | (27) |

|                      |      |
|----------------------|------|
| <b>第四章 激光器</b> ..... | (28) |
| 激光器.....             | (28) |
| 激光基本原理.....          | (28) |
| 亚稳态.....             | (29) |
| 二步法.....             | (29) |
| 气体激光器.....           | (30) |
| 半导体激光器.....          | (30) |
| 校准.....              | (31) |
| 距离和长度测量.....         | (31) |
| 激光器在机床中的应用.....      | (31) |
| 脚印的干涉检测.....         | (31) |
| 激光器在超级市场中的应用.....    | (32) |
| 激光在钻孔和焊接中的应用.....    | (32) |
| 辨认.....              | (32) |
| 切割纤维.....            | (32) |
| 医学应用.....            | (33) |
| 光通讯.....             | (34) |
| 录象圆盘.....            | (34) |
| 激光聚变.....            | (34) |
| 跨学科发明.....           | (35) |
| <b>第五章 特点</b> .....  | (36) |
| 帮助年轻人.....           | (36) |
| 表扬与鼓励的价值.....        | (36) |
| 创造性对孩子的价值.....       | (37) |
| 有创造性青年的其它特点.....     | (38) |
| 喜欢问题.....            | (39) |
| 棋艺特点.....            | (39) |
| 棋局问题的编排.....         | (41) |
| 计算机下棋.....           | (42) |
| 音乐.....              | (43) |
| 宗教.....              | (44) |
| 写著作.....             | (45) |
| 年龄.....              | (45) |
| 需要.....              | (45) |
| <b>第六章 波导管</b> ..... | (49) |
| 早期的无线电传输.....        | (49) |
| 微波波导管.....           | (49) |
| 波导管作传送工具.....        | (49) |
| 相速与群速.....           | (50) |

|                     |      |
|---------------------|------|
| 远距离传送.....          | (50) |
| 毫米波长.....           | (51) |
| 环形电模.....           | (51) |
| 近来的现场实验.....        | (51) |
| 波导管和同轴电缆.....       | (52) |
| 介质波导管.....          | (52) |
| 金属介质波导管.....        | (52) |
| 电子聚束.....           | (52) |
| 电子聚束器和收集器.....      | (53) |
| 理想的聚束.....          | (53) |
| 速调管.....            | (54) |
| 波速调制.....           | (54) |
| 雷达击穿问题.....         | (55) |
| 波编码.....            | (55) |
| 波纹状声波波导管.....       | (55) |
| 脉冲压缩试验.....         | (55) |
| 啁啾声.....            | (56) |
| 自然波导管.....          | (56) |
| 水下波导管.....          | (57) |
| 声发通道.....           | (57) |
| 声发测位.....           | (57) |
| 非爆炸声音的利用.....       | (58) |
| 声音大气波导管.....        | (58) |
| 波导管接头.....          | (58) |
| T形接头.....           | (59) |
| 混合接头.....           | (59) |
| 魔法波导管接头.....        | (60) |
| <b>第七章 透镜</b> ..... | (61) |
| 速度聚焦.....           | (61) |
| 恒等厚度透镜.....         | (62) |
| 阶梯式透镜.....          | (62) |
| 无线电中继系统.....        | (62) |
| 更宽的频带要求.....        | (63) |
| 玻恩的光波分析.....        | (63) |
| 第一个人工介质.....        | (64) |
| 球形与圆盘形介质.....       | (64) |
| 贝尔跨大陆线路.....        | (65) |
| 大折射能力透镜.....        | (65) |
| 路径长度透镜.....         | (66) |

|                        |             |
|------------------------|-------------|
| 用于扬声器的透镜.....          | (66)        |
| 用于声音的微波透镜.....         | (67)        |
| <b>第八章 通讯卫星.....</b>   | <b>(68)</b> |
| 最初的火箭.....             | (68)        |
| 洲际导弹.....              | (68)        |
| 重返大气层计划.....           | (69)        |
| 苏联人造地球卫星——史普尼克 I ..... | (69)        |
| 美国对史普尼克的最初反应.....      | (70)        |
| 探险者1号 .....            | (70)        |
| 阿波罗11号.....            | (71)        |
| 通讯.....                | (71)        |
| 通讯和空间计划.....           | (72)        |
| 轨道卫星.....              | (72)        |
| 同步卫星.....              | (73)        |
| 国内通讯卫星.....            | (74)        |
| 直播卫星.....              | (74)        |
| <b>第九章 为什么发明.....</b>  | <b>(76)</b> |
| 经济报酬.....              | (76)        |
| 名望.....                | (77)        |
| 有助他人.....              | (77)        |
| 名流.....                | (79)        |
| “干将”团体.....            | (79)        |
| <b>第十章 雷达.....</b>     | <b>(81)</b> |
| 早期历史.....              | (81)        |
| 英国的开端.....             | (81)        |
| 美国的开端.....             | (81)        |
| 雷达基本原理.....            | (83)        |
| 平面位置显示.....            | (83)        |
| A型显示器.....             | (84)        |
| 火力控制雷达.....            | (84)        |
| 其它军用雷达.....            | (85)        |
| 多普勒雷达.....             | (85)        |
| 汽车用雷达.....             | (85)        |
| 圆偏振.....               | (86)        |
| 空潜雷达.....              | (87)        |
| <b>第十一章 全息摄影.....</b>  | <b>(89)</b> |
| 伽伯的跨学科知识.....          | (89)        |
| 全息摄影原理.....            | (89)        |
| 拍摄全息图.....             | (90)        |

|                       |              |
|-----------------------|--------------|
| 完整的全息图过程.....         | (92)         |
| 场景全息摄影.....           | (93)         |
| 全息图中的视差.....          | (94)         |
| 全息图的单波长特性.....        | (94)         |
| 非光学全息图.....           | (94)         |
| 微波全息图.....            | (94)         |
| 微波全息图和液晶.....         | (95)         |
| 超声波全息图.....           | (95)         |
| 水下观察.....             | (96)         |
| 地球勘探.....             | (96)         |
| 转象相差.....             | (97)         |
| 激光全息摄影.....           | (97)         |
| 三维全息摄影.....           | (98)         |
| 信息容量.....             | (98)         |
| 全息摄影中相位的概念.....       | (99)         |
| 合成孔雷达.....            | (99)         |
| 近来的两项全息摄影发展.....      | (100)        |
| 伽伯的洞察力.....           | (100)        |
| <b>第十二章 电视讲话.....</b> | <b>(102)</b> |
| 可见讲话.....             | (102)        |
| 真实时间声音分析.....         | (103)        |
| 真实时间分析仪.....          | (103)        |
| 从分析仪到电视电话.....        | (104)        |
| 传输成本.....             | (104)        |
| 实验电影.....             | (105)        |
| 第一部电视电话.....          | (105)        |
| 永久记录.....             | (106)        |
| 向新闻界公布.....           | (106)        |
| 其它背景信息.....           | (107)        |
| 新闻界反应.....            | (107)        |
| 向着高质量图象前进.....        | (109)        |
| 第一个商业性服务.....         | (109)        |
| 前途.....               | (110)        |
| <b>结束语.....</b>       | <b>(111)</b> |

## 第一章 激发自己的创造性

创造的动力，简单地说是看到自己的思想变成了有价值的东西而产生的喜悦。我们可以很容易地想象到、L·达芬奇、伽利略、赫兹所享受的这种喜悦；我们同样可以想象到美妙的半导体理论给巴丁和肖特基带来的喜悦；也可以想象到二点接触式晶体管这种出色想法给布拉敦带来的喜悦；还可以想象到用记录全息干涉图代替照像光图这种简单想法给伽伯带来的喜悦。这些发明者中，没有一人关心他的想法会对世界有何影响，他们仅仅提出想法，即使他们想法的结果只是成功的实验，他们仍然会感到非常高兴。

想法，甚至联想（把某一领域的新概念运用到另一个领域的联想）也会给世界带来新的技术。M·沃尔夫描述了麻省理工学院的学生A·斯本瑟夏天在缅因州上夜班——照看一个锯木厂的加热炉时，如何发明了快速咬合盘。斯本瑟看到，当火焰变小时，金属片做的门“咬住了”，他对此产生了兴趣，便探讨其中的原因。不久，他用锤子敲出了一个双金属盒子，这个盒子的两种金属之间“咬合”很紧，可以吊起一个桌子。到本世纪四十年代，在“斯本瑟盘”的基础上发展起几百万美元的工业。

那么，如何提高我们自己的思维能力和创造力？如何掌握发明方法，使我们每个人都具有象孩子那样的创造才能呢？让我们看看W·贝尼斯的报导：“一个为贫民区孩子工作的艺术家让孩子们画画，他告诉孩子们想画什么就画什么。结果每个十岁以下孩子创作的东西都具有鲜明而独特的风格。”他指出：“这是因为，对每一个孩子说来，他周围的世界完全都是新的：绿油油的草地、含羞低垂的小树、温和可爱的小动物、饱含诗意的轻风、沉静的白雪，还有那朝升暮落周而复始的太阳。孩子带着好奇的心理天天看到这个奇迹，而这正是他的长辈们习以为常，视为无聊的事物。因此这样的长辈与许多事物隔绝。换言之，创造性是我们每个人都有的东西，只是有的人要把它丢掉罢了”。

如何恢复我们的好奇心——那种探索为什么的心理，使我们中更多的人分享发明创造的喜悦与激动呢？只有一种办法，那就是H·罗斯巴特建议的：“鼓励自由而有创造性地表达思想。”另一方面，贝尼斯注意到，当我们离开孩提时代后，“我们不能看到我们周围的真正世界，我们只看到陈旧的光滑表面。我们可以看到树叶，但却看不到其神秘的美与和谐，看不到错综复杂的叶脉那令人难以置信的排列次序。”他提到一个雅基印地安男巫教给一个来访者如何发现一个“隔绝的现实”，这种现实和我们传统的现实截然不同。其秘诀就是学着“剖析世界”——穿透表面去看我们不曾想到的东西。他继续指出，东方的神秘家们说明人在沉思冥想时可以增强他的意识，因此我们大家都可以从这种“冥想的私人殿堂”里得到益处。

因此，贝尼斯推荐说，想恢复创造性的人必须首先打破旧框框。例如寻找新的兴趣，重新开发衰退的才能，振奋以往的热情等。他指出：“我们的工作越使我们变成‘专家’我们越要努力成为‘通才’。”

以下章节中介绍的多数发明是非专家们设想或创造出来的。这些人知识面很广，除了发

明创造所需要的特殊科学领域的知识外，他们还有其它领域的知识，虽然有些知识的水平是有限的。我们所以在序言中强调多学科知识的价值，正是由于这种非专家特性。但是，也许更重要的是发明者们充满了始终如一的好奇心和不满足于已有的答案，不断探索新的可能性的精神。有这样一个例子：一个年青小伙子经常不断地提问题，他的邻居们不耐烦了，他们开玩笑地称他“为什么先生”，大家都这样嘲笑他。但是，当他突然开始做出一些不寻常的发明时，这些人就马上闭上了他们的嘴巴。“为什么先生”始终如一的好奇心是每个发明者都具有的特点。他们从来不因别人的冷嘲热讽而停步不前。C·F·克德林为了挫挫这些嘲弄人的锐气，争辩说：“人们认为发明者是怪僻人，但是没有一个人问问发明者是怎样评价别人的。”

关于研究工作，著名的麻省理工学院研究工程师H·S·杜雷波（以他的名字命名了麻省理工学院杜雷波实验室）也有许多名言。他说过：“研究是一场赌博，不能按效率工程的计划去指导它，最好的劝告是：不要轻易停下来，不要轻信别人的评价，要有独立见解。决定一项研究工作是否做，最合适的人是想从事这项研究的人。”

杜雷波关于不要轻易中止研究工作的告诫使我们联想起W·罗杰兹的名言：“即使你的方向正确，倘若你坐在那里不动，也会被人超过。”杜雷波关于效率工程的论点，最近得到了E·B·彼得斯的支持。他指出，有创造性的人不一定要去适应那些团体活动的共同模式，应该给他们比其它雇员更多的自主权、更大的独立性。因为有创造性的人的动力是他们的工作，而不是来自老板的指令。彼得斯争辩说，不要强迫有创造性的人带着框框出主意想办法。

下边我们转入关于哪些人可以从他们的孩提时代获得或重新得到较高的创造才能的讨论。

第一，是否富有创造性的人一定是那些在学校里成绩优异者？R·S·伊灵沃斯编辑了一个“在校失败者录”，其中包括曾是：“班级劣等生”的T·A·爱迪生，“数学不及格”的B·富兰克林，“被学校开除”的W·伦琴，“反应迟钝”的A·爱因斯坦。

第二，是否只有年轻人才能寻求改善创造能力；显然不是的。L·F·贾维克曾经说明，人们普遍相信智力功能的顶峰是17岁，而后就慢慢衰退，这是没有根据的。他们的研究表明，一般说来，人在六、七十岁时知识或推理能力仍不减退。

第三，是否对创造性做过严格的科学分析？这里有一个来自科学新闻杂志的答案。这是C·马丁德利的试验结果报告。他详细研究了高、中、低不同创造能力的人的脑电图，发现了有关他们大脑皮层反应的有趣事实：

“当输入信息还在进入大脑的途中，脑皮层就兴奋起来，睡眠期间由于信息很少输入，脑皮层反应处在最低水平。当人从睡眠向梦幻状态过渡时，他的反应提高、集中，最后变得激动和恐慌。通过脑电图可以测得人的大脑皮层的反应等级。例如，人在完全放松和沉思时，可以测得很慢的 $\alpha$ 波，当反应提高时， $\alpha$ 波减少。当人受到刺激时， $\alpha$ 波断开，被更快的波形替代。

马丁德利对具有高、中、低不同创造能力的人的脑电图的研究说明，人的创造性与大脑皮层的反应直接相关。这些脑电波是在大脑休息状态时测得的。他发现高创造性的人只有37%的时间产生 $\alpha$ 波，（也就是说63%的时间产生快波）。而中、低创造性的人50%的时间产生 $\alpha$ 波。换言之，在大脑休息状态测试时，有创造性的人的大脑波活动要比一般人快。另外

一个反应测量结果是：高创造性的人皮肤传导性能好。

马丁德利的发现说明，有创造性的人可能对外来的刺激更敏感。人对各种刺激灵敏度的试验表明，有创造性的人力图扩展其听觉、视觉，扩大其知识结构。因为他们过于敏感，似乎有创造性的人阻止了大量的  $\alpha$  活动。”

至少有许多迹象表明，成年人可以重新获得孩提时代的创造性。扩大我们的兴趣，提高我们对外来刺激的灵敏度，敞开探索追求的思想大门，就可以使我们的头脑对新思想、新发明更加敏感。

本杰明·富兰克林说过：“使用的钥匙总是亮的。”要保持你的研究才能永放光芒，也需要使用它，要保证使用你的才能，就需要有竞争的战场。二次世界大战的迫切需要，刺激了生产力的飞跃发展，从雷达到喷气飞机，从核技术到火箭，都是如此。今天的大部分研究纲领可以提供一个人向上的环境。这个环境应保证，过去光辉灿烂的研究意识火花，将象本杰明·富兰克林所说的钥匙那样，继续保持其耀眼之光彩。

总之，扩大自己的创造方法，发展自己创造思想的道路有以下几条：增加自己对新领域的兴趣；培养自己对一些过去不以为然的学科和概念的好奇心与探索情趣；用更多的时间考虑评价自己的新思想和外界的新发明、新理论。以上所述以及其它的头脑训练会提高我们大脑皮层的反应能力，使之更接近于那些富于发明创造特性者的思维习惯。

关于发明者的特性，本书后面有一章对比做进一步研究，还有一章将讨论他们的发明动机和原因。但是，首先让我们看看一项最重要的发明——晶体管的一些情况。然后再看看其它新技术领域是怎样发展起来的。

## 第二章 晶 体 管

### 早期的半导体研究

二次世界大战初期，一项重要的电子技术发展正处于初始阶段。全世界的科学家们开始越来越多地了解物质的内部情况，象电子、质子以及如何控制它们在各种物质中的运动等等。珀杜大学的K·拉克赫洛维兹教授对这项新电子技术发展的一个分支做出了巨大的贡献。

大家知道，电流可以在导体（如铜金属）中流动，而不能在绝缘体即非导体（如空气）中流动。于是，拉克赫洛维兹教授和他的同事们从理论上和实验中分析另一种不同的物质，这种物质既不是良导体，也不是良绝缘体，所以称之为“半导体”。他们发现，这种物质是做整流器的极好材料。整流器是一种“两电极”的装置，它可以用来把交流电（如110V的民用电）转变成直流电（如汽车中用的电池电）。当时他们找到了一种很有希望的半导体材料——锗。

战后不久的1946年，权威的国际无线电和电子学团体——国际无线电科学协会大会在巴黎举行。提交大会的90篇论文中，大多数是关于无线电领域的发展。论文的作者中包括：英国科学家E·V·阿波敦男爵、E·C·S·麦戈、H·G·布克、F·埃得考克，法国科学家Y·罗卡得，澳大利亚科学家E·C·鲍恩以及美国科学家H·莱肯、N·史密斯、R·M·发务和W·G·吐勒。贝尔实验室提交大会的有关微波测量的论文是C·C·卡特勒、A·P·金和我准备的。

拉克赫洛维兹提交大会的论文题目是“电子半导体及其应用”，他介绍了自己的开拓性工作，向全世界宣布了这些重要发展。

### 贝尔实验室计划

战后在世界各地科学实验室里，有关半导体领域的研究发展极为迅速。在这个有生气的活动中，最最重要的（根据后来的结果）是美国科学家M·J·凯利（以后为贝尔电话实验室执行副主席）创立的研究计划。这项计划包括集中一大批理论科学家和实验科学家进行半导体（如锗）的研究工作。当这项计划公布于世时，许多人对贝尔电话实验室仅仅以有希望得出实用结果为由就着手这个大型技术项目而大为吃惊。这个研究小组设在崭新的默里山贝尔实验室中，它的科学家和工程师们普遍被认为是“象牙塔”中的成员，实验室中的其他人也是这样看待他们的。人们的普遍疑问是：“这样的研究小组能为贝尔电话系统的通讯问题提供什么帮助呢？”

这个象牙塔小组并不理会这些人的态度，立即着手大量重要的工作。不久，他们对半导体特性的理论研究得出了重要结果，他们称之为“表面态”。根据这一理论，象牙塔成员J

·巴丁、W·肖特基和W·布拉敦完成了一项震惊世界的实验。实验所用的装置是布拉敦做成的。它的两个尖尖的金属丝向下压在一锗片上，锗片底侧有一接触点。正象L·德福来斯特博士的第一个无线电三极管装置创造了历史一样，这个三极半导体装置也注定要创造历史，因为它能象无线电电子管那样做以前二极半导体管装置（整流器）所不能做的工作——放大电子信号。世界上第一个晶体管诞生了！凯利博士的象牙塔小组给电子世界带来了一场革命！

## 宣布晶体管的准备工作

1947年12月下旬成功地完成了第一批实验。12月23日下午，这种两点接触式装置的放大能力得到了正式证明。贝尔实验室的科学家和管理人员们立即意识到这是一项极为重大的发明。他们立刻制定了一项计划，既能向公众提供这一发明的充分资料，又能保证贝尔系统的顾客未来将得到最大的益处。这些安排包括：推迟向外界公布这一发明，召集贝尔实验室各学科的几十名专家开会。这些专家都是为贝尔系统申请过专利和卓有创造才能的人。会上，向这个小组（称为表面态小组）介绍了12月份实验的情况，敦促这些人士去考虑如何把这个放大器应用于各个领域的路子。还要求他们做实验证实他们的应用原理，并把这些原理、概念登记造册。这样，这些专利申请就可以包括更重要的范围，避免以后非贝尔公司获得这些专利权的可能性，否则，贝尔系统就得为这些专利付专利费。

我自认为很荣幸被选为表面态小组的一员。我所以被选入这个小组，可能主要是出于我以往的专利发明记录。这些记录包括我加入贝布实验室（1942年夏季）以前的29项在美国和其它国家申请的专利，以及我加入贝布系统实验室后在1942年至1948年之间的一百多项贝尔专利申请（美国和其它国家）。入选这个小组后，我所在的声学研究部和组内其他人一样，立即着手理论概念上的探索和实验测试证明。其中许多结果在充分鉴定验证后做为申请专利的候选项目。当时这些工作的期限只有6个月，时间相当紧张。因为已经选定6月30日由贝尔实验室的副主任R·邦正式向公众公布这一发明。

## 专利保护措施

申请专利的准备工作需要很多时间，甚至就在晶体管设计以前，R·邦博士给每个研究部的成员都发了信，敦促他们制定一定的程序，加速专利申请的进行，因为该实验室的专利部积压了大量战时的发明，新的专利申请要拖延很长时间。考虑到表面态小组的许多发明将向新闻发布会展示令人吃惊的细节，我在写给邦博士的一个备忘录中就保护措施部分写到：

“这个装置上用了一个没有隐蔽措施的阴极输出器，因此其电路细部不应让外人看。”“音频振荡器电路可能有可以申请专利的技术，只有晶体管可允许外人看。”

专利部也认识到了这个问题，所以也交给邦博士一份备忘录。备忘录的开头是这样写的：“这是从专利角度考虑对1948年6月8日W·E·考克先生给R·邦先生备忘录的意见。考克先生的备忘录是关于1948年6月30日向新闻界展示一些表面态设备的问题。”专利部的备忘录继续写到：“考虑到西方电气公司（贝尔系统的制造部）希望一些发明能在外国获得专利，为了履行我们对该公司的承诺，需要认真限定1948年6月30日公布于众的设备范

围。”这个备忘录继续写到：“下边这些特殊意见，是对考克先生备忘录的补充。”这个备忘录着重指出：6月30日以前把其它细节公布于众可能对整个专利保护有害。

## 晶体管公布于众

经过有关工程师，科学家和专利部共同周密的安排和巨大努力，新闻发布会上公布的细节既全面说明了这项发明，又保护了贝尔系统及其顾客们的利益。正如1951年成为贝尔实验室主任的M·J·凯利在1955年的一篇题为“晶体管的第一个五年”文章中所指出的：“回忆实验室副主任R·邦介绍本发明时所讲的话是很有趣味的。他曾这样讲：我们今天展现在你们面前的是一个独特的不朽贡献的范例。它是从一个工业研究组织的基础研究成果发展而来的……。许许多多的人一直辛辛苦苦地为这种物质的研究工作着，使它成为今天我们所看到的成果。物理学家、化学家、冶金学家、工程师、实验室和车间技术员、办公室工作人员和其它辅助人员——是的，甚至董事们——都为此做出了贡献。

我们不难想象出这些人关于邦博士对他们工作的当众赞誉是多么高兴，对那充分的信任是何等自豪，邦博士的这些话对其他人也是一个极大的激励。这些成果的取得的确是强化个人和集体创造灵魂的光辉典范。

遗憾的是，正如凯利博士指出的那样：“这次公布没有引起公众的注意。按“幸运”杂志的话说——这是近来记忆中最拘谨的一次话别会。”“纽约时报”只在无线电节目栏的最后一页用了五、六行字做了报导。为了让这个有历史意义的实验室的其他人充分了解情况，为了增进他们和这个发明家小组之间的同事友情，出版发行部在默里山会堂做出了几次安排，专门为他们重复了为纽约新闻界所做的示范。

我曾多次被要求代替邦付主任出席这种场合，我在笔记中写到：“这是一个很难代替的工作。为了在谈话中不漏掉什么，我将借用邦博士的原始记录”，然而我还是加了这样的结束语，“有诸君的帮助，方有这个示范会。”

## 受 益

为了总结我们关于第一个晶体管（点触式）的讨论，我想引用我在默里山会堂里对新泽西新闻协会讲话中的内容，帮助强调这个发明是怎样促进了世界其它领域里的技术发展。虽然我们今天对这些发展不以为然，但是当初它们带来了大量新兴工业，并且不断提高了人们的生活水平。我们这样讲道：

“在向你们介绍晶体管的时候，我要阐明的最重要的问题是，它是一个电子放大器，是放大、增强电子信号的工具。它之所以重要，是因为自从本世纪初期规模宏大的电子工业兴起以来，我们只有另外一种重要的电子放大器，那就是你们家中收音机中都有的、我们在这里看到的普通无线电真空管。正是真空管的放大性能，才使我们有了今天的电子产品。没有放大器，我们就没有长途电话、没有无线电，没有雷达、没有电视，也就没有我们今天视为平常的电子技术的发展。事实上，正是由于贝尔系统的早期努力才提供了长途电话。这种电话导致了贝尔的研究者们进一步完善了L·德福来斯特发明的真空电子管。

晶体管的发现，是对真空管——所有电子设备的心脏的第一次挑战。因为晶体管制造简

便，它没有需要加热或可能烧坏的灯丝，它也不需要玻璃泡来保持真空。

这个象热水瓶似的大家伙，实际上是一个晶体管的模型，只是它的体积比实际的晶体管大许许多多倍。为了看清其简单的构造，我们把这边切去，这里只有两条细金属丝压在一个小半导体片上，这个半导体片是金属锗。使用适当的电池，从这端输入的电信号从那端输出后被放大了一百倍。

当你打长途电话时，你的声音就是一种信号。由于电话线太长，如果不用这样的放大器，你的声音信号传到对方时就很微弱。正象我们头顶上的飞机驶远时，其轰鸣声变得越来越小一样，你的声音沿着电话线缆跨山跃水后就变得微弱了。现在沿线分别用了许多真空管把你的声音信号增大到原来水平。你们看到的这个小小晶体管可以把信号放大一百倍，如果把三个这样的晶体管串联起来，就可以放大一百万倍。所以它在电话中极为重要。

为了证明晶体管的放大性能，我们带来一个晶体管振荡器和一个晶体管放大器。振荡器在电话系统中应用很广泛——传输信号或其它用途。你在这里可以听到一个晶体管振荡器产生的声音，接入第二个晶体管，连接成一个放大器，这时你可以听到声音变大了。正象这个声音变大一样，在使用晶体管的电话线路中，讲话声音变大了。

晶体管的这种放大性能不仅适用于音频信号。你平时听到的声音约为1000周/秒，电话里的声音为3000周/秒，而电视图象信号高达几十亿周/秒。（贝尔系统被要求把电视图象播给全国的电视网）。我们现在可以看到，晶体管把这些频带问题都圆满解决了。

但是，在电视频带问题上，晶体管的使用受到了限制，因为它的频率范围有限。另一问题是，由于晶体管体积小，现在还不能用于大功率。纵然有这两点限制，晶体管仍可以胜任真空管能做的一切工作。因此，在今天的许多电子装置中，可以用更为简单的晶体管代替真空管。我们已经让你们看了晶体管在电话系统中的应用，但是也许你们最熟悉使用晶体管的电子装置要算家用收音机了。

每个今天制造的家用电收音机至少要有三、四个无线电真空管，大些的收音机有十多个。在晶体管发明前，没有这种真空管就无法制造收音机，这是因为没有其它放大器可供选用。然而今天，我们这里有一个没有用一个真空管的收音机，它所有的信号放大都用晶体管完成。

是的，正象这个没有真空管的收音机会令你吃惊一样，一直使用着几百万只真空管的贝尔系统改用晶体管也可能使电话工程师们惊叹不已。但是对我们贝尔实验室来说，这仅仅是在向低价优质电话服务的既定目标前进道路上的另一个里程碑。”

把小晶体管与真空管对比，就可看出体积小是它的一个最重要的优点。1956年巴丁、肖特基和布拉敦因为发明晶体管获得了诺贝尔物理学奖。

## 从表面态到实体态

下面我们从半导体这个创造力的例子引伸谈谈。“表面态”学说假定：锗表面发生的电子现象，使它具有我们上面看到的特性（这种特性确实很有价值）。正是这种学说导致W·布拉敦成功地制造出第一个晶体管。在第一个晶体管中，当两个接触点（称为集电极和发射极）之间的距离非常非常近时，它才有放大作用，这充分证明晶体管的效能是表面现象所致。