

科学案例分析丛书

富于启迪 的技术发明

关士续 李奇 主编

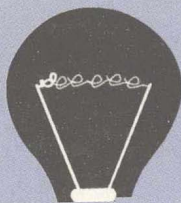
湖南科学技术出版社
HUNAN SCIENCE & TECHNOLOGY PRESS

科学案例分析丛书



富于启迪 的技术发明

关士续 李奇 主编



湖南科学技术出版社
HUNAN SCIENCE & TECHNOLOGY PRESS

图书在版编目 (CIP) 数据

10 个富于启迪的技术发明 / 关士续等主编. —长沙: 湖南科学技术出版社, 2008.4

(科学案例分析丛书)

ISBN 978-7-5357-5261-1

I. 1… II. 关… III. 科学技术—创造发明—世界—普及读物 IV. N19

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 039017 号

科学案例分析丛书

10 个富于启迪的技术发明

主 编: 关士续 李 奇

责任编辑: 程立伟

出版发行: 湖南科学技术出版社

社 址: 长沙市湘雅路 276 号

<http://www.hnstp.com>

印 刷: 长沙化勘印刷有限公司

(印装质量问题请直接与本厂联系)

厂 址: 长沙市青园路 4 号

邮 编: 410004

出版日期: 2008 年 4 月第 1 版第 1 次

开 本: 700mm×960mm 1/16

印 张: 10.75

字 数: 98000

书 号: ISBN 978-7-5357-5261-1

定 价: 22.00 元

(版权所有 · 翻印必究)

出版说明

现代科学技术的各个部门都在加速向前发展，随着每一个领域里的惊人进步，在人们面前展现出愈来愈广阔的未知世界。传统观念和理论受到有力的冲击和挑战，层出不穷的新课题激励着人们去探索；现代技术的突破性进展，使新技术革命的浪潮席卷全球，正在引起生产组织、产业结构和社会生活的重大变革，在这种形势下，积极推动科技创新理论的研究，特别是推动那些具有潜在科学价值和未来意义的开发性探索，更是具有特殊意义。

在 20 世纪 80 年代，由“中国潜科学研究会”与《潜科学》杂志社共同组织，并系统地编写了一套“潜科学丛书”。该丛书旨在通过对科学技术发展中大量个案的剖析，从不同的侧面和角度，揭示科学技术更替变革的历史足迹，概括出某些共同的带规律性的东西，以总结经验、吸取教训，为新思想、新观点、新假说、新理论的孕育和成长摇旗呐喊，鸣锣开道。

当前，正是大力倡导“科技创新、自主创新”之时，把“潜科学丛书”重编再版为“科学案例分析丛书”，其意义更为深远，新丛书包括

《10个发人深省的科学问题》、《10个震撼人心的科学发现》、《10个催人泪下的科学故事》、《10个富于启迪的技术发明》、《10个精彩纷呈的科学争论》等5个分册。我们希望从这套丛书中，能够找到更多的科学技术发展的潜在规律，以促进我国科学技术的更快发展，促进我国未来科技人才的更快成长。也希望这套丛书能够积极发掘富有开拓精神和创造才能的科技人才，热情扶持已经萌发的新思想、新学说的成长，帮助它们冲破种种障碍，为科学百花园不断增添新的奇葩，推动学术上的自由探讨和繁荣。

本书撰稿人为王海山、林永康、柯礼文、王续琨、刘永振、袁履冰、解怀宁、董驹翔、吴为平、赵粤生、陈念文、常虹、高达声、刘庆有、李祉川、陈歆文、杨继良、邝经邦、马智、佟福山、王哲人、李新生、杨建民、冷兴武、高齐云，由于时间仓促，部分撰稿者未能联系上，请见此说明后，尽快与本书责任编辑联系，联系电话：(0731) 4375824。

目 录

晶体管的发明

- 理论与实验相结合的“骄子” 1

激光器的渊源

- 近代光学与电子学之子 21

近代机床的诞生

- 开创用机器生产机器的时代 39

贝尔与电话

- 声学与电磁学的结合 55

在不期而至的机遇面前

- 光化治癌的由来及进展 69

从巴贝奇计算机到 ENIAC

- 古典计算机的终结与现代计算机的开端 81

三角转子发动机的研制

- 东洋公司的成功范例 97

别了，“贫油国”的帽子

——大庆油田的发现..... 117

咬定青山不放松

——柞蚕空胴病研究始末..... 141

“飞龙”是怎样飞起来的

——中国高级石油钻头的诞生..... 155

晶体管的发明

——理论与实验相结合的『骄子』



晶体管发明的成功，雄辩地说明了在社会需要和科学技术发展的交叉点上，选择技术发明课题、确立技术发明目标，是可望取得最大收获的关键。

晶体管的发明，是一个划时代的伟大事件。

它的出现，带来了以电子计算机为代表的电子设备的革命性变化，从而为信息时代的到来注入了生机。

然而，与爱迪生时代的大多数发明不同，晶体管的发明史不只是一部精心设计实验的历史。构成这部历史的，也不是某个天才发明家仅靠灵感、顿悟所进行孤立的个人奋斗。

恰恰相反，它是由一个密切配合的科学家小组（有物理学家、物理化学家以及电子线路专家等）执行的一个颇为广泛的半导体研究计划中的一步。因而，从技术发明的逻辑或方法论方面来说，晶体管的问世，乃是深邃的理论探索与精心实验构思相结合的产物。

下面，我们就从发明目标的确立，实验和理论探索，以及实验设计构思三个方面，通过史实来讨论一下晶体管发明的思路和机制。

技术发明的起点
和前提是确立目标。

——编者心得

目 标

确立技术发明的目标，是技术发明的起点和前提。很难想象，会有没有明确目标的发明。

当然，确立目标的途径可能是多方面的：它可以由社会的需要来决定，也可以由技术自身发展的内在逻辑来指明，还可以根据科学理论和科学发现本身来确立。

然而，使美国贝尔实验室的科学家们确立晶体管这一技

需要，是发明之母。

——编者心得

术发明目标的，却是这三个方面的综合作用。

1945年，还在反法西斯战争胜利前夕，贝尔电话实验室的执行副所长、著名电子管专家凯利 (J. Kelly) 就注意到一个事实：真空电子管虽然为无线电通讯和微波雷达的发展做出过巨大的贡献，但它在体积、重量、功耗及预热启动条件等方面都存在明显的缺陷。

面对这些缺陷，凯利意识到电子管的发展似乎已达到了饱和状态，如果不能创造出一种具有更强功能的新型电子器件来取代它，电子技术的发展就会遇到严重障碍。

需要，乃是发明之母。正是这种客观的社会需要，成了确定技术发明目标最重要的先决条件。

凯利虽已认识到，用具有类似功能的电子器件来取代电子管是技术自身发展的逻辑，但他一开始并不清楚实现这种“取代”的出路何在。

当凯利把自己的想法和困难告诉固体物理学家肖克莱 (W. Shockley) 时，肖克莱凭借他在固体物理学方面的丰富知识和经验，竟毫不迟疑地给出了一个肯定的答案：“半导体应该是一个值得探索的方向！”

人们不禁要问：肖克莱的依据又何在呢？

为了回答这个问题，我们有必要追溯一下历史。

1833年，法拉第 (M. Faraday) 在实验中曾意外地发现，硫化银的电导率随着温度的上升增加，而不像金属电导率那样随温度上升而减小。

1839年老贝克勒耳 (E. A. Becquerel) 也发现, 作为电解电池中一个电极的半导体当受到光的照射时会产生电动势。

到 19 世纪末 20 世纪初, 人们又相继发现了硒和氧化亚铜的光电特性、整流特性和光生伏特效应。

半导体这些独特性能的发现, 吸引了无数物理学家来孜孜不倦地探索其导电机制的奥秘, 从而带来了半导体器件的诞生和广泛应用。

20 世纪 20 年代以后, 半导体的光生伏特效应和整流特性的应用已开始进入商业化发展时期。人们利用光敏电阻和光生伏特效应做成测量光强度的曝光计, 甚至试图用它来实现有线电传真和自动控制。

第二次世界大战期间, 德国致力于硫属半导体红外探测器在军事方面应用的研究, 而美国则把研究的重点放到了硅和锗上。正是用这两种材料做成的整流二极管, 在微波雷达发展中起了重大的作用。

这样, 半导体由于其独特性能已崭露锋芒, 半导体的成功应用又唤起人们一种渴望, 希望它能成为新型的电子器件。

正如晶体管发明者之一的巴丁 (J. Bardeen) 后来谈起这段往事时所说的: “我们所以选择半导体作为大有希望的研究领域, 除了纯科学的兴趣之外, 一个重要的理由是半导体在电子器件中有许多应用, 而且这种应用日益增多。在 1945 年, 这种应用就有二极管、变阻器和热敏电阻。很久以来, 人们就希望用半导体制作二极管, 即放大器件。”

没有显露或还不具备技术可行性的课题，是很难取得成果的。

——编者心得

肖克莱之所以能提出上述“建议”，就在于他的深刻洞察力，他已经看到了用半导体来创造新型电子器件在技术上的可行性。

整个技术史表明，没有显露或还不具备技术可行性的技术发明课题，在相当一个时期内是很难取得成果的。

事实上，早在1928年就曾有人提议用半导体材料制作具有类似电子管功能的晶体管，而当时这种发明构思并没有能实施和物化。

究其原因，一方面是由于当时电子管正处于虽方兴未艾、技术发展呈“S”型曲线的上升阶段，因此还没有构成它的迫切需要；另一方面则是由于当时还缺少研究半导体电子特性的固体物理学知识，而仅用温度、压力、化学组成等宏观概念，是难以从半导体微观结构上的混乱性和电子性能的不确定性中，看清它所隐含的可加以利用的规律性的。

今天我们知道，电子器件的发展经历了半导体（矿石检波器）——电子管——半导体（晶体管、集成电路）这样一个否定之否定的螺旋式上升过程。

作为著名电子管专家的凯利，对电子管曾取代半导体矿石检波器的史实，以及半导体器件日益广泛应用的现实，是不会没有了解的。那么，他为什么没有像肖克莱那样敏感地抓住半导体这个方向呢？其原因可能是多方面的。

我们可以这样猜测凯利当时的心境：虽然由于电子管的缺陷，他并不对自己曾倾注心血的这种传统器件过分偏爱，

但正是电子管取代了半导体检波器这个历史事实，却使他难以把目光重新投向半导体。况且，在此之前，半导体研究也没有在他身上打下很深的理论烙印，因而要求他从理论上的高度重新评价半导体应用的可能性也是困难的。

而肖克莱则不同，他没有这种历史的陈见，而且还是当时活跃在固体物理学前沿进行探索为数不多的佼佼者之一。他熟知在半导体研究方面前人已经奠定的基础，而且自己在这方面又有很深的造诣。

这样，大脑机体中富有活力的“理论细胞”，才激发他不断去探索半导体内部的奥秘，也时刻支配着他敏感的神经。事实上他一直在接触半导体在电子器件中重新崛起的“脉搏”。所以，当凯利一提到发展新型电子器件的目标时，他的建议便脱口而出了。

肖克莱“建议”的理论背景是：20世纪30年代前后，将量子力学成果移植于固体物理学而发展起来的“能带论”，已经逐步成为理解包括半导体在内的固体性质的重要理论基础。

1931年，在“能带论”的基础上，威尔逊 (A. H. Wilson) 建立了一个把半导体许多性质彼此关联起来的模型。他认为，由于半导体自身存在的晶体缺陷和杂质原子，使得半导体具有两种导电类型：一种是“杂质导电”；另一种是“本征导电”。按照这两种导电机制，半导体所有变化多端的性能和广泛的应用价值，都是由杂质导电机制决定的。因为，杂质导电随样品而异，而本征导电则是固定不变的。

10个富于启迪的技术发明

威尔逊模型相当完好地说明了与体内性质有关的半导体的行为特征，但对金属半导体接触的整流特性这种表面现象，却基本上没有提供什么知识。

1939年德国的肖特基 (W. Schottky)、英国的莫特 (F. Mott) 和苏联的达维多夫 (Б. И. ДаВИДОВ)，在弗兰克尔 (J. Frenkel) 金属-半导体接触的表面理论基础上，应用金属与半导体接触的“势垒”概念，建立了解释金属-半导体接触整流作用的“扩散理论”。

这样，“能带论”、威尔逊导电机理模型以及“扩散理论”这三个相互关联逐步发展起来的半导体理论模型，便大体上构成了确立晶体管这一技术发明目标的近乎完备的理论背景。

事实上，后来肖克莱小组探索新型半导体器件的研究，正是以肖特基等人提出的“扩散理论”为出发点的。

从这里我们看到，是由于社会需要、技术应用上的可行性以及半导体研究的理论成果这三个方面的内容规定了确立晶体管这一发明目标的基本动因，从而在社会需要和科学技术发展的交叉点上，一个明确的技术发明目标就确立起来了：发现控制半导体中电子流动的方法，以创造一种既能取代电子管功能又可以克服它的缺点的新型电子器件。

后来晶体管发明的成功，雄辩地说明了在社会需要和科学技术发展的交叉点上，选择技术发明课题、确立技术发明目标，是可望取得最大收获的关键。

探 索

用半导体创造新型电子器件，对人们有着巨大的吸引力，以致凯利在听了肖克莱的“建议”之后，很快就做了加强半导体研究的决定。

不久，即于 1946 年又建立了以肖克莱、巴丁、布拉坦 (W. Brattain) 为核心的固体物理小组。

探索目标是明确的，小组成员也是精悍的。但工作从何入手呢？

肖克莱小组这些从事理论探索的发明家们，摆脱了世俗旧习，给这一诱人目标注入了新时代的发明精神。这就是：他们把既定的技术发明目标仅仅看做是半导体研究的相当广泛的进程中的重要一步。

正如巴丁所说：“这个进程的总目标，不在于得到一些经验关系，而在于根据原子理论，对半导体现象给出尽可能完备的说明。”

让发明建立在牢固的科学基础之上，从科学原理和科学发现中推演或提炼技术原理，使发明成为科学成果的物化，这就是技术发明的创造性技巧，也是现代技术发现的重要途径，它体现了现代技术发明的精髓和特点。

就这样，按照这种思路和方法，肖克莱小组很快就确定以锗和硅半导体材料作为他们的研究对象。他们选择锗和硅

从科学原理中提炼技术原理，是现代技术发明的精髓。

——编者心得

的部分原因是元素半导体比化合物半导体要简单得多。但更重要的原因是，锗和硅表面层及其体内性质的影响是当时颇受欢迎的研究课题，而它们在材料工艺方面也已获得了长足的进展。

肖克莱作为一个理论物理学家，有着丰富的物理思想。在物理学小组成立之前，就曾从理论上预言：不与半导体实际接触而通过施加外部电场，能够改变空间的电荷层；如果半导体薄膜的厚度与表面空间电荷层厚度差不多，那么平行于表面流动的电流也会随之改变，从而产生光放大。

肖克莱的这个“场效应”的预言，是在理论上提出的第一个固体放大器件的构思方案。它自然首当其冲，成了肖克莱小组进行理论探索和实验研究的突破口。

1948年，肖克莱和物理学家皮尔逊 (G. L. Pearson) 用一个简单的实验成功地证实了“场效应”现象的存在。

但奇怪的是这种效应比预期的要小得多，因而按照肖克莱的设想来设计放大器并不具备所预期的功能。这使人困惑不解。

大约也是在这一时期，肖克莱和巴丁也注意到，已有的表面理论同实验事实之间存在一系列矛盾。

例如，已有的表面理论认为，半导体-金属接触的整流作用与金属的功函数存在依赖关系，但在实验中却并没有发现这种依赖；已有的表面理论预言，n型硅与p型硅之间存在着接触电势差，而实验也无此种发现；已有的表面理论还预言