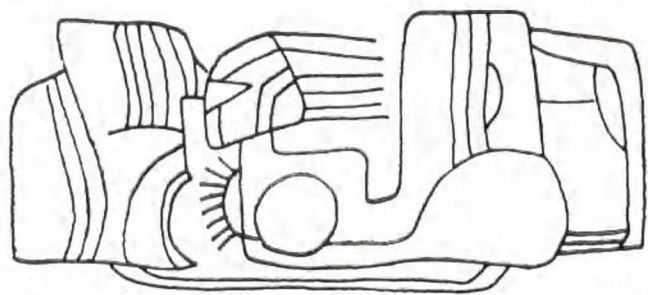
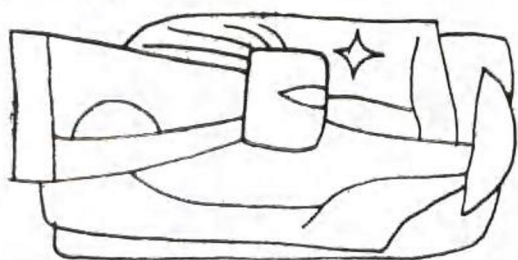


潜科学丛书



技术发明个例分析<sub>1</sub>  
析分例个明发术技<sub>1</sub>



关士续主编

潜科学丛书

---

# 技术发明个例分析(1)

---

关士续主编

湖南科学技术出版社



潜科学丛书

## 技术发明个例分析 1

关士续 主编

责任编辑：曾平安

\*

湖南科学技术出版社出版发行

(长沙市展览馆路8号)

湖南省新华书店经销 湖南省新华印刷二厂印刷

\*

1986年2月第1版 1988年5月第2次印刷

开本：850×1168毫米 1/32 印张：7.5 插页：4 字数：189,000

印数：2,301—5,100

ISBN 7—5357—0344—5

N·8 定价：2.80元

湘目 87—47

## 《潜科学丛书》编辑委员会

总 编 委：申先甲  
编 委：朱新民 柳树滋 赵红州  
关士续 解恩泽 洪定国

本书主编：关士续

本书撰稿人：（以文章编排为序）

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

责任编辑：曾平安

# 总 序

---

1979年11月，在中国大地上诞生了“潜科学”这一新概念。作为一门学科，“潜科学”学一方面要研究创新性的科学技术思想胚胎从潜到显的内部孕育过程的基本规律，以寻求最大限度地发挥人们科学创造潜力的途径；另一方面要研究新观点、新学说，从提出、传播、鉴别和检验到进入科学殿堂的外部成长过程的基本规律，以确定使新理论顺利成长的适宜条件。作为一项事业，“潜科学”将利用刊物、年鉴、学术讨论和科学基金等多种手段，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。

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，积极推动潜科学理论的研究和潜科学事业的发展，特别是推动那些具有潜科学价值和未来意义的开发性探索，更是具有特殊意义。

为了促进这一新兴学科的成长，推动这一新生事业的发展，由“中国潜科学研究会”与《潜科学》杂志社共同组织，并系统地编写了这套“潜科学丛书”。旨在通过对科学技术发展中大量个例的剖析，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。

“潜科学丛书”是一套带有学术性、探索性、哲理性和趣味性的文集。我们要求每篇文章史料要翔实，科学内容要准确，观点要鲜明，力求作到文献性、科学性和思想性的统一，为进一步的深入研究提供启示。

这套丛书的编写，是一个有益的尝试。我们希望吸引、动员更多具有创新精神和见解的潜科学事业支持者投入这套丛书的编写工作，不断扩大范围，丰富内容和提高质量，在推进科学技术事业的发展中，起到它的一点作用。

**《潜科学丛书》编辑委员会**

1984年11月于北京

## 序

---

人类在自然界面前之所以能够成为巨人，是由于他认识必然而取得了自由。人类从必然王国向自由王国的跃升，是攀援了科学技术的阶梯实现的。科学技术，从来就是人类在自然界中争取自由的一种工具。

科学技术，又是人类劳动和智慧的结晶，是人类自己所创造的。但是，人在科学技术领域中的创造活动并不能随心所欲，同样也有一个从必然走向自由的过程。

人要在自然界中争取更多的自由，必得首先扩大自己在科学技术活动中的自由。人要更多地认识自然界中的必然，必得首先认识自己科学技术活动的必然。为此，我们就不仅需要掌握和发展以自然界为对象的科学和技术，而且必须把科学技术本身作为研究的对象，即把科学和技术也如实地当作一种活生生的逐步发展着的东西去研究——不仅研究其显露成熟的形态，而且研究其潜在的胚胎发育历史——以追索科学技术思想从萌发到形成的过程和路线，揭示科学技术成果孕育、生长的规律与机制。这便是“潜科学”的任务。

“潜科学”，是一个广义的概念。正如在“科学”中包括“自然科学”，也包括“社会科学”；在“自然科学”中既包括“基础科学”又包括“技术科学”和“应用科学”一样。在“潜科学”中当然也应包括相应的技术方面的内容。

如果说，在每一项科学发现之前，都有一股科学思想的“潜流”在人们的脑海里忽隐忽现、翻腾激荡的话，那么，在每一项

技术发明之前，也就都有一段技术思想的试探和求索，以及技术成果的萌发和孕育过程。

关于“技术”，至今还没有一个已被公认的定义。不过，在最为广泛的意义上，我们可以把它理解为人类用以保证自己的活动符合客观规律，从而达到某种预期目的的手段。马克思曾经指出：“蜘蛛的操作，和织工的操作类似；在蜂房的建筑上，蜜蜂的本事还使许多以建筑师为业的人惭愧。但是，使最拙劣的建筑师和最巧妙的蜜蜂相比显得优越的，自始就是这个事实：建筑师在以蜂蜡构成蜂房以前，已经在他的头脑中把它构成”了（《资本论》第一卷，人民出版社，1975年版，第172页）。在这里，使人类活动从根本上超越于动物本能的东西，就是技术。正是技术，使建筑师在实际建造他的建筑物之前，就已形成了关于这座建筑物的观念；正是技术，使他“知道他的目的，把它当作规律来规定他的行动的式样和方法”（引自《资本论》，同前从略），从而保证了这一目的的实现。

历史上最初出现的技术，即技能和技巧，直接来源于人们在长期实践中积累起来的经验。到近代，技术已从这种经验的直接结晶，发展为科学的自觉运用。这是技术史上一次重大的质的飞跃。由于科学代替经验成了技术发明的主要源泉，使技术可以在更大的深度和广度上，更加自觉地利用科学已经揭示的自然规律，近代和现代技术才得到了前所未有的迅猛发展。

但是，科学在技术中的应用，并不是轻而易举的，更不是一蹴而就的。技术与科学的区别，在于它必须引入人为的条件，必须建造人工的系统，必须建立起自然界本来没有的某种人工联系。因而，技术作为科学的应用，它本身也是一个复杂的创造过程。科学，只能为技术提供基本原理。要依据这些原理去构筑技术的设想和方案，要把这些设想和方案物化为技术成果和技术实践，要使这些技术成果具有最佳的结构和功能，使这些技术实践发挥最佳的效用，都需要继续发挥人的能动性和创造性。

然而，迄今为止，尽管我们已经有了门类繁多的技术科学和



应用科学，可是，它们也只能给我们提供关于已有的各种技术系统的一般规律、及其结构和功能的知识，只能向我们指出建造这些技术系统已经规范化了的途径。至于要孕育新的技术思想，要开辟新的技术领域，要发明新的技术手段，人们仍然不得不在很大程度上依赖于经验、机遇、直觉和灵感。所以，技术的更大跃升，在于使技术的开拓和创造活动本身更加科学化，这不是一般“科学”的研究任务，而是“潜科学”的研究任务了。这种研究，就是“潜技术”研究，即关于技术潜在发展过程的研究，它应是“潜科学”研究的一个重要组成部分。

“潜技术”研究，具有十分丰富的内容。假如我们回顾一下技术发展的历史，纵览一下技术发展的现状，并且作些认真的思考，那就不难发现，有关技术的发展，还存在一系列问题需要我们去寻求答案。

例如，为什么某项技术，恰恰在某个时候，被某位发明家所发明？为什么这些发明家能够恰好找到完成这些发明的成功之路？为什么有许多技术发明是由许多不同的发明家，在不同的国度里和不同的背景下，彼此独立，但却大致是同时完成的？为什么在一个国家里最先完成的科学发现，却在另一个国家里最早就变成了技术上的应用？为什么一项巧妙的技术设想有时竟会被搁置、遗忘，而要等待很久；到了一定的时候才能重新被提出，并取得迅速的进展？为什么某些按照预定目标所作的研究迟迟难以推进；而某些看起来似乎并不具有那么明确目的的探索，却导致了社会急需的发明？为什么一个时代的技术发明，常常相辅相成，恰好构成一个完整的技术体系？为什么一些训练有素的技术家未能在他们所熟悉的领域完成重要的突破，而一些陌生人却能在某块被荒芜了的土地上获得丰硕成果？为什么一些严密的计划常常为某种意想不到的困难所阻；而某些似乎并非有意采取的步骤却恰好连成了一条合乎逻辑的锁链？为什么从同一点出发的探索，有的达到了目的而有的却失去了目标，可能遭致截然不同的命运？等等。

象这样一些问题，都涉及到技术在萌发、孕育和潜在发展过

程中所遵循的规律。我们要对这类问题作出科学的回答，使我们的技术创造活动在更深的程度上认识其必然，在更大的程度上取得自由，就必须研究、揭示和阐明这些客观规律。

关于技术发展规律的研究，也必须在一个极为广阔的领域里进行。这是因为，技术是一种复杂的事物，它本身就具有多重属性。技术既是一种人类自觉的创造，是人类按照一定的认识，采用一定的方法而创造出来的达到一定目的的手段；技术又是一种相对独立的建制，它在任何一个时代都构成一个有机联系的整体，而技术体系的演变也有其固有的逻辑；技术还是一种社会历史现象，它是在人类社会中发生和发展的，因而不可避免要受制于其他社会因素的影响。所以，我们研究技术的潜在发展规律，既要研究技术创造过程的认识论和方法论，又要研究技术自身发展演变的内在逻辑，还要研究技术在社会中发展的一般规律性问题。并且，技术的发展，既包括一项技术成果的发明，又包括一个技术领域的开拓，还包括一个技术体系的革命；既包括技术思想的萌发和形成，又包括这一思想的实现或物化，还包括已经物化了的技术继续完善和改进。在所有这些方面，都应是有客观规律可循的。

一切规律性的东西，都存在于历史和过程之中。历史和过程又总是表现为一连串相继展开事件的序列。因而，要寻找一般规律，最好从个例入手。只有从个例的剖析入手，才能使我们的研究建立在牢固的事实基础之上，才能保证我们所要寻找的规律是切实地从技术本身的历史发展中抽引、概括出来的，而不是以任何先入为主的方式思辨地外加给它的。而且，个例研究的成效，以其生动、具体的形式，也可以使人感到自然和亲切，易于被人们理解和接受。

正是出于这一考虑，我们编辑了这套《技术发明个例分析》文集。

本文集的编辑原则是：选择近现代技术史上中外技术发明与技术革新的典型事例，分析技术思想的萌发与形成，技术方案的产生与实现，技术成果的完善与革新以及新技术领域的建立与开

拓等技术潜在发展过程，揭示与阐明技术的孕育、创造机制。要求稿件以翔实的资料为依据，以深入的研究为基础，对于体现在发明个例中的带有规律性的东西作出入情入理的阐述，力求给读者以某些启迪。选题以具有代表性的单项技术发明个例为主，同时也兼顾各种不同的技术发展类型。例如：技术发展史上具有划时代意义的重大技术成就；随着技术的社会化，由一个技术研究共同体完成的“大技术”项目；一项开拓性成果或一个技术群经过许多人的相继努力，从萌发到实现逐渐由“潜”而“显”的发展过程；某些发达国家有特色的技术革新或技术发展形式；对当代有时代特点的技术孕育过程或技术创造方法的探索；对历史上有影响的技术研究项目曲折发展过程的经验和教训的剖析，等等。其中，特别注意编辑分析我国近年来重大技术发明获奖项目孕育、发展过程的文章。

承许多同志的热情支持，我们这个集子终于和大家见面了。收入本集的共有二十三篇文章：其中十三篇所分析的是世界技术发展史上的典型事例；另外十篇所分析的则是我国技术发明或技术革新的重大成果。尽管这二十三篇文章的作者在研究和写作中都作出了巨大的努力，但是由于这件工作本身的难度，这本集子的出版，恐怕还只能看作是一种有益的尝试。至于它究竟能在多大程度上体现上述编辑设想，只有请尊敬的读者予以评定了。

关士续

1984年11月1日于哈尔滨工业大学

# 目 录

---

- 1 晶体管的发明——理论与实践相结合的“骄子”
- 14 激光器的渊源
- 25 苯胺染料的发明及其工业化生产
- 32 近代机床的诞生
- 41 贝尔与电话
- 49 人类怎样发明了“观测宇宙的眼睛”
- 59 光化治癌的由来及发展
- 65 原子时代是怎样来临的
- 79 从巴贝奇计算机到ENIAC
- 89 从约瑟夫森效应到超导计算机
- 96 维纳是怎样创立控制论的
- 106 内燃机的发展及其启示
- 121 东洋公司与三角转子发动机的研制
- 133 “侯氏碱法”的发明
- 143 大庆油田的发现
- 159 铁丰18号大豆品种培育纪实
- 166 柞蚕空胴病研究始末
- 174 结构强度稳定综合理论的由来
- 185 路面结构半刚性原则的建立
- 193 水声测点系统的研制
- 201 “飞龙”是怎样飞起来的
- 206 差异论与玻璃钢制品的研制
- 220 技术发明与来自日常生活中的启示

# 晶体管的发明

## ——理论与实验相结合的“骄子”

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。

### 目 标

确立技术发明目标，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，而不象金属电导率那样随温度上升减小。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。到十九世纪末二十世纪初，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理的奥秘，从而带来了半导体器件的诞生和广泛应用。本世纪二十年代以后，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做二极管，即放大器件。”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“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份偏爱，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：三十年代前后，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。根据“能带论”，在外电场作用下，半导体导电是靠满带中的“空穴”和导带中的电子这两种载流子进行的。“空穴”参与的导电过程称为P型导电，而电子参与的导电过程称为n型导电。半导体的许多奇异特性正是由“空穴”和电子所共同决定的。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”，即由于半导体中的杂质电离能远较禁带宽度为小，所以在较低温度下就可以把电子从施主能级上激发到导带，或把满带上的电子激发到受主能级上，从而电导率升高；另一种是“本征导电”，即把满带中的电子直接激发到导带上，而使电导率升高。显然，按照这两种导电机理，半导体所有变化多端的性能和广泛的应用价值，都是由杂质导电机理决定的。因为，杂质导电随样品而异，而本征导电则是固定不变的。

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作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