

青年科学叢書

談談半導體

澎山 尙由著



中国青年出版社

談 談 半 导 体

彭山 尙由著

*

中 国 青 年 出 版 社 出 版

(北京东四12条老君堂11号)

北京市書刊出版業營業許可証出字第086号

中国青年出版社印刷厂印刷

新华書店总經售

*

787×1092 1/32 4 3/4 印張 79,000字

1957年7月北京第1版 1957年7月北京第1次印刷

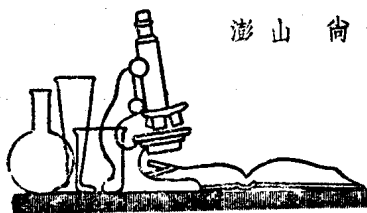
印数1—11,000 定价(7)0.42元



青年科学叢書

談談半導體

彭山 尚由 著



中国青年出版社

1957年·北京

內 容 提 要

半导体这种近代物理学的新成就,在今天已經引起了广泛的注意,不但科学技术界重視它,一般人也对它发生很大的兴趣。半导体究竟是什么呢?它有些什么特性呢?有些什么用处呢?特别是进一步追問:它为什么会有这些奇妙的特性呢?这些就是这本书所要回答的問題。这本书通俗地介紹半导体的基本性質,比較詳細地描述了各种半导体仪器——热敏电阻、温差发电机、致冷器、整流器、檢波器、放大器、光敏电阻、光电池等等——的制造方法和它們的有趣的应用,而且一开头还从固体的原子結構和能帶理論来揭露半导体的秘密,使讀者从根本上来認識半导体,不会觉得它是一种神秘莫测的东西。

写在前面

半导体的某些特性远在十九世紀下半期就已經发现了，但是对它認真而深刻的研究只不过是最近二十几年来的事情。

目前，关于半导体的很多研究工作都是紧密地跟工业技术相結合的。到今天，我們已經有了半导体的整流器、檢波器和放大器。无綫电装备里的真空管在一定程度上都可以用耗电极微、体积又小、造价又低廉的半导体仪器代替；而半导体仪器的工作稳定性和使用寿命比目前所有的真空管仪器更加优越。我們也有了自动控制和远程控制方面占重要地位的半导体热敏电阻、光敏电阻等。并且半导体还有把热能变成电能的特性，这就使得我們能够利用它来制造出半导体发电机。这种发电机可以不需要任何别的机器的帮助，能够直接地把热能变成电能。半导体也可以把光能变成电能，正因为它有这样-一个特性，人們幻想要太阳为我們发电的日子也不会遙远了！

半导体材料是很丰富的，它包括了导体和絕緣体之間的一切物質。就化学成分而論，虽然在門德列也夫周期表里只有几种元素是半导体，但是許多氧化物、硫化物、硒化物、碲化物以及許多金屬間化合物都是半导体。

在近代物理学里，半导体物理的研究已經占有非常重要

的地位。正如苏联科学院院長涅斯米揚諾夫所指出：原子核物理和半导体物理同是苏联目前物理学上兩個占优势的生長点，研究这种生長点便能使科学更进一步地向掌握自然力的下一阶段过渡。

苏联在这方面所做的研究工作是相当丰富的，特别是 A. Ф. 約飞院士的工作更具有重要的意义。此外还有蘭道、弗伦格尔、布洛欣采夫、彼卡尔、拉什卡列夫、达維多夫、茹捷、基柯英、康托罗娃等等，对于半导体的理論和性質都进行过很重要的研究。从研究当中看出，半导体的应用会引起无綫电工程、动力工程、自动控制以及測量技术的根本变革。

新中国成立以前，反动派的罪惡統治以及帝国主义对我国的長期侵略严重地阻碍了我国生产力的发展，使得我国的科学事业长期以来处于极端落后的状况。但是，解放以后，情况便完全改变了，新中国的一切都得到了极其迅速的发展。现在，我們的祖国正在进行社会主义建設，几个五年計劃实现以后，无疑地工业会得到巨大的发展，科学也会得到高度的繁荣。在党和毛主席的领导下，我国的科学技术一定会在十二年内赶上世界的先进水平；而半导体的研究工作也要在祖国工业技术革新的事业中发挥它一定的作用。

这一年来，我国的报刊上发表了不少介紹半导体的文章，这些文章已經引起了許多人特别是广大青年的兴趣。他們从这些文章里知道了半导体的許多奇妙的特性和一些特别的用途，却产生了一种神秘的感觉，觉得这种东西有些象神話里的

法宝，竟有这么广大的神通。因此他们迫切希望进一步了解它究竟是什么样的东西，为什么会有这些特性，也就是进一步想知道有关半导体的一些理论。这种愿望是很自然的，也是完全正当的。

但是，他们这个愿望却没有很好地得到满足。虽然我国也出了一些有关半导体的理论的書，这些書大多是比较專門的，一般人不容易看懂。而通俗地、深入浅出地、比較全面地介绍半导体的書，却不容易找到。

正是这一种情况，引起了我們写这本书的动机。我們是兩個年青的科学技术工作者，剛离开学校的大門，学的正是半导体专业。虽然我們的学識不足，經驗不多，但我們既然觉得这样的一本書很需要，也收集了一些有关的資料，就凭年青人的一股热情，毅然地把写这本书的任务担当起来。

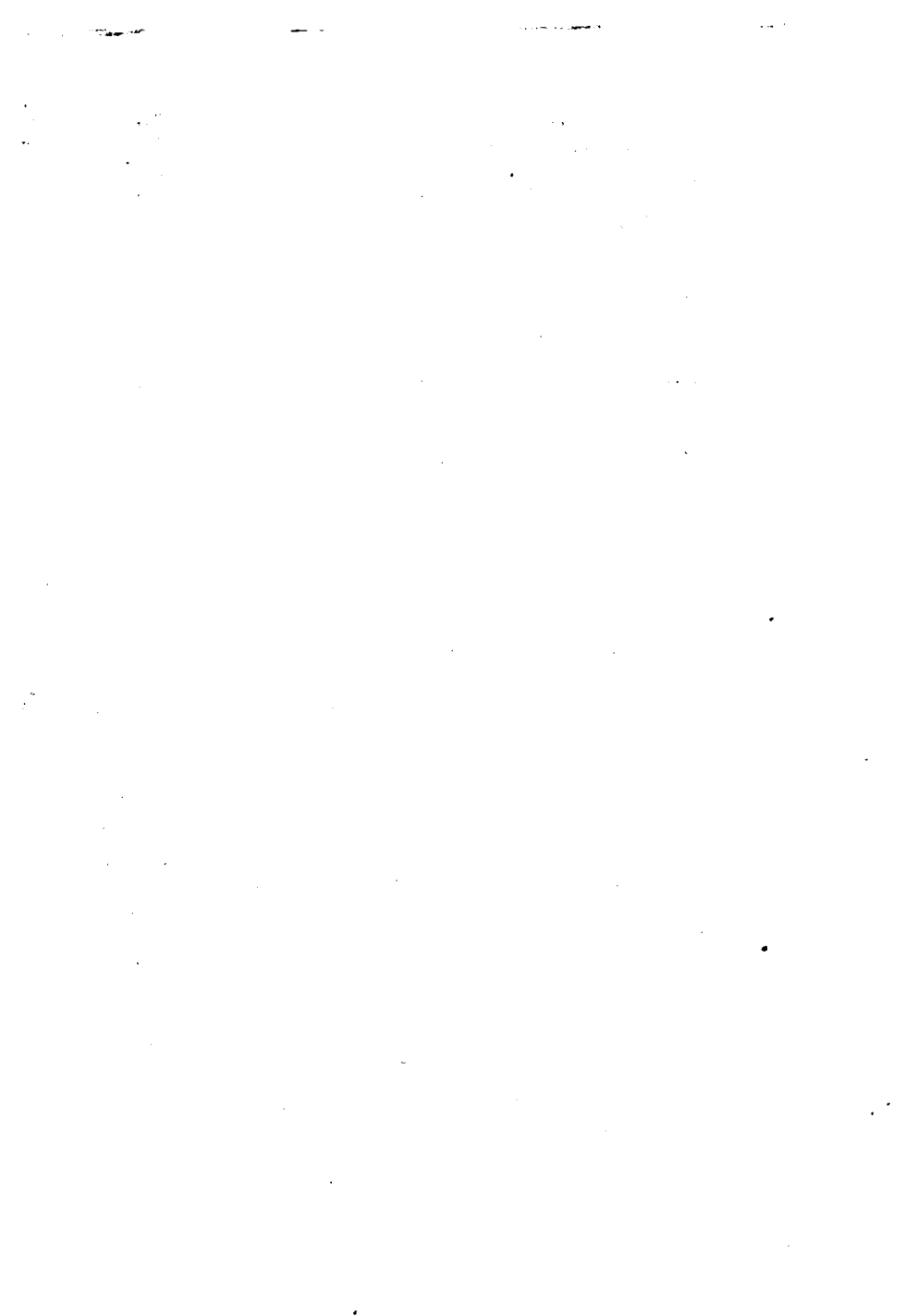
所以，我們这本书的写作目的是很明确的。这不是一本專門的著作，書里不用高深的数学，也不談高深的理論，但是也并不只是只講一些表面的現象，而是把理論和实际結合起来。当然这样的書是不容易写的，我們虽然尽了自己的力，但是內容可能还有不很妥当的地方，希望讀者和这方面的專家多多指正。

彭 山 尚 由 1953年9月

目 次

一	从原子谈到半导体.....	9
	障大的探索(9) 原子中电子的能级(10) 结晶体(17) 半导体的理论基础——能带(20) 导体、半导体和绝缘体(25)	
二	半导体的基本特征.....	34
	半导体的类型(34) 霍尔效应(42) 半导体的电导率和温度的关系(48) 热敏电阻(52) 准确的温度计(53) 延时电容器(55) 分路电阻(57)	
三	半导体的热电现象和它的应用.....	59
	半导体的温差电现象(59) 温差发电机(63) 珀耳帖现象(65) 半导体致冷器(66)	
四	半导体的整流和检波.....	68
	整流的需要(68) 半导体整流器(69) 氧化亚铜整流器(71) 硒整流器(74) 硫化铜整流器(77) 秘密在哪里?(78) 整流的理论解释(81) 一种新型的整流器——锗整流器(83) 半导体整流器的应用(86) 半导体检波器(90)	
五	半导体的放大特性.....	94
	三极真空管和半导体放大器(94) 半导体放大器的构造和工作原理(97) 放大器的制造(102) 好处在哪里?(103) 半导体放大器的应用(109) 近年来的发展情况(111)	
六	半导体的光电导现象.....	113
	光电导是什么?(113) 关于光的一些知识(115) 从能带来看光电导的秘密(118) 半导体的光电导灵敏度、光谱分布和特性时间(123) 半	

导体光电导现象的应用(126)	最称职的計数員(130)	銀幕在說話(132)	看不見的防綫(134)	半导体光敏电阻在国防上的应用(135)	
七	半导体的光生伏打效应		138		
	什么是光生伏打效应?	(138)	碲和氧化亞銅光電池(139)	硫化鋅和硫化銀光電池(142)	要太阳为我們发电(145)
	原子電池(148)				
結語		150			



一 从原子談到半导体

偉大的探索

自有人类以来，便有人在探索着一个最根本的問題，那就是形形色色的世界到底是由什么东西組成的。

远在兩千四百多年以前，希腊哲学家德謨頡利图曾經作了一个天才的猜想，这种猜想基本上回答了這個問題。

德謨頡利图認為，我們周圍的世界是由許許多多微小的粒子組成的。这些粒子在他看来是不可分割的，因此便叫它“原子”。在希腊語里，这个名詞是“不可再分”的意思。

按照德謨頡利图的意見，原子是永恆不变的。形形色色的世界不过是由各种各样运动着的原子結合而成的。

德謨頡利图的这个学說，按其本質講来是唯物主义的，在今天看来它仍然正确。但是他的关于“原子不可再分割”的假設已經不再是正确的。近代科学証明了，原子是一种具有复杂結構的微粒，它可以再分成更小的粒子。

俄罗斯偉大的自然科学家、唯物主义者和詩人罗蒙諾索夫完滿地闡述和发展了这种学說，并且应用它来解釋了許多自然現象。

既然物質是由許多微小的粒子組成的，那么不同的物質放在一起，各个物質的粒子應該会互相滲透吧？事实是不是

这样呢？确实是这样的！例如糖和水一起放在玻璃杯里，不一会儿，糖就溶解变成了甜的糖水。这个现象每个人都很熟悉，然而这是什么原因呢？这是糖的粒子扩散到水的粒子里去了。同样的道理，把两种不同的金属紧紧地贴在一起，它们也会互相渗透，不过需要的时间长一些罢了。例如用一块金紧紧地贴在一块铅上，经过很长的时间以后，在铅里会发现金，在金里也会发现铅。这是因为金的原子跑到铅里去了，铅的原子跑到金里来了。

此外，还可以举出很多类似的例子来，所有的例子都能清楚地说明：物质是由许许多多微小粒子组成的。

原子是非常小的，就是用最好的显微镜也无法看见。正因为如此，一直到二十世纪，还有一些唯心论的科学家不承认原子是真实存在的，他们认为原子只不过是人们头脑里想象出来的东西，并不是什么客观存在的实物，是为了描述或讨论才被引用的。但是原子的存在是客观的事实，并不因为唯心论的先生们说它不存在，它就真的不存在了！近代物理学不仅证明了原子是存在的，而且对它还有了更深的理解！

原子里电子的能级

物质是由许许多多原子组成的，原子又是什么呢？我们还没有回答这个问题。在叙述的过程当中，也只是把它想象成一种非常小的东西罢了。现在就来专门谈谈这个小东西，它究竟有多小，又有什么样的一个构造。

原子是由一个原子核和许多电子组成的。原子核是带正

电的，它在原子的中心；而电子是帶有一个單位負电^①的微小粒子，这許多电子便圍繞着核不停地运动。在原子中，原子核所帶的电量在数值上恰好等于繞它运动的电子总共所帶的电量；但是在帶电的性質上它們是相反的。所以對於整个原子說来，便是一个不帶电的中性粒子。这也說明了为什么我們平常所碰到的物体都是一些不帶电的中性体。

原子是一个很小的粒子，它的半徑大約只有 $\frac{1}{10^8}$ 厘米。这个数目究竟有多大呢？我們可以用一个比喻来帮助想象。譬如有这样的一个放大鏡，它能够把雞蛋大的石头放大到地球那样大，那里面的原子在放大鏡下也不比一个网球大。可見原子是多么小啊！

在原子中，由于电子的重量比起原子核的重量来要小得很多，所以原子的重量都集中在它的核上。如果我們簡簡單單地把原子核的重量当做是原子的重量，也不会引起很大的錯誤。

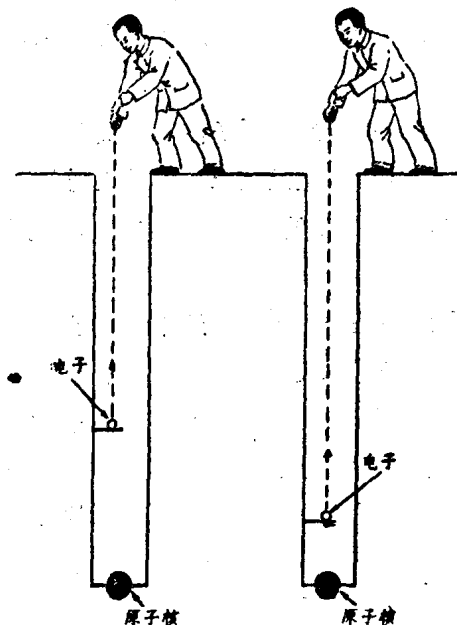
在平常的情况下，原子是一个不帶电的中性粒子。但是，在某一种情况下，有些原子可以失掉一个或者几个电子；也有些原子可以从别的原子身上夺来一个或者几个电子。如果一个原子失掉了电子，那么对整个原子說来，在电的性質上不再是中性的，而是帶正电的。这样一个失掉了电子的原子叫做正离子。相反，如果一个原子从别的原子身上夺来了电子，那么对整个原子說来，在电的性質上也不再是中性的，而是帶負

① 一个單位的电荷，通常就用 e 来表示，它等于 $1.6 \times \frac{1}{10^{19}}$ 庫倫的电量。

电的。这样一个获得了电子的原子叫做負离子。

其实,上面所談的原子模型是非常粗糙的,因为电子在原子里的行为远比剛才所說的要复杂得多。由于我們以后会要用到有关原子里电子的一些詳細知識,所以我們不得不繼續对它們作更細致的描述。

在原子里的电子,平常是无法摆脱原子核的束縛而跳到外面来的;这是因为原子核有一个紧紧拉住它的力,不讓它跳走。如果它要想从原子里跳出来,只有依靠外面的帮助,这种帮助就是外面加給它一定的能量,使它具有足够的能量来克



这个电子的能量
要高一些

这个电子的能量
要低一些

图1. 原子里电子能态示意图

服原子核对它的拉力。要加給它多少能量才可以使它跳出来呢? 这要看具体的情况。倘若电子离原子核很近, 原子核紧紧地拉住它不讓它跳走, 这时候, 需要外面加給它比較大的能量, 它才可以克服原子核的拉力跳出来, 在这种情况下, 我們說它原有的能量比較低。相反,

电子离原子核很远,原子核拉住它的力便很弱,这时候,外面给它少許的能量,它就会跳出来了,在这种情况下,我們說它原有的能量要高一些(參看图 1)。

但是,原子中电子的能量不能是任意的,它只能具有某些能量,有一些能量却是不能具

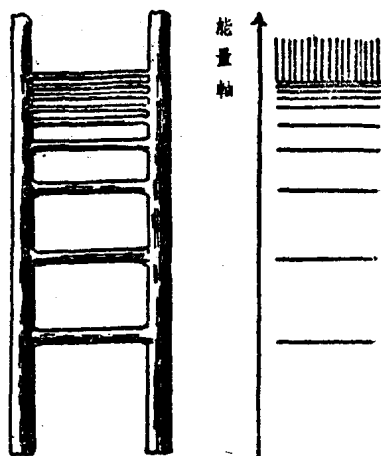


图 2. 能级示意图

有的。若是具体地用图来表示的话,我們可以把图 1 想象成一架梯子的样子(图 2 左),梯子上的不同的高度表示原子中电子的不同能量,在梯子脚下的能量最低,越向上爬能量越高。原子中的电子就好象只能登在梯子的各个级上,没有一个电子可以占据级跟级之间的地方,正象我們不可能登在梯子的两级之间一样。

在平常的梯子里,一级级的距离都是相等的。在这架梯子里,一级级的距离却是不相等的,在梯子的下部,各级之间的距离要大一些;越往上面就越小。这些距离的变化是有一定的规则的,本来可以用一个简单的数学式子表示出来,可是这种数学式子的推演和证明是比较复杂的,因为本书要一贯避免比较复杂的数学,所以我們就不去管这个数学式子了。

现在,我們还可以把这架梯子画成一个更简单的形式,如

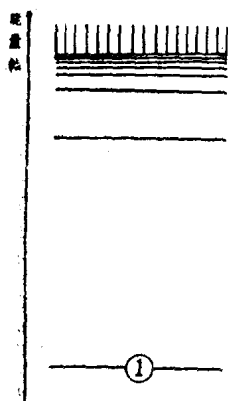


图3. 氢原子的电子能级 (图上的①表示这个能级有1个电子)

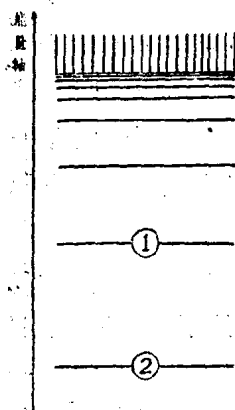


图4. 锂原子的电子能级 (图上的②表示这个能级有2个电子, ①表示有1个电子)

图2的右边那样。在这个形式里, 縱軸表示原子裡电子的能量, 越往上, 电子的能量越大。图上一条一条的横綫就表示原子裡的电子所能具有的能量, 相当于梯子的級。一級一級的能量科学上就叫能級。

原子裡的电子有一个古怪的脾气, 它好像水往低处流一样, 总想要呆在能量最低的那一个能級上。可是每一个能級偏偏又不能呆很多的电子, 最多只能容纳2个电子。一个原子只有1个 (例如氢原子, 参看图3) 或2个 (例如氦原子) 电子的话, 这倒好办, 它們都可以呆在能量最低的能級上。倘使一个原子有更多的电子, 譬如說3个吧 (例如锂原子, 参看图4), 又怎么办呢? 这时候就必须有一个电子住在第二个能級上。第二个能級也不能容纳很多电子, 它最多只能容纳8个电子。(我們說第二个能級能容纳8个电子, 讀者也許会奇怪: 前面不是说过每一个能級最多只能容纳2个电子嗎? 怎么現在又可以容纳8个了呢? 其实, 这是我們粗心大意来看第二个能級的緣故。只要仔細看看, 原来第二

一个能级实际上是一组能级,里面还包含4个非常非常挨近的能级,所以每一个能级仍然只能容纳2个电子。但是由于这4个能级非常挨近,我们就不去分它,笼统地说它们都是第二个能级。)如果一个原子有十多个电子,就说11个吧(例如钠原子,参看图5),这时候怎么办呢?是不是会僵持不下呢?不!它们会很好地安排自己:2个住在第一个能级上;8个住在第二个能级上;另外1个就住在第三个能级上……

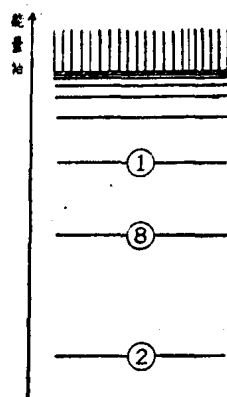


图5. 钠原子的电子能级(图上的②表示这个能级有2个电子,⑧表示有8个电子,①表示有1个电子)

原子中的电子一般就是按照上面所说的情况,从能量最低的能级住起,低的一个能级住满了,再住比较高的一个能级,这样一级一级住上去。电子若这样按部就班地依正常规则分布,我们说它是处在正常状态。

在正常状态下,原子中处在最高一个能级上(这里所谓一个能级指挨得非常近的一组能级)的那些电子叫做价电子。例如,锂原子中第二个能级上的一个电子和钠原子中第三个能级上的一个电子都是价电子。价电子和原子中别的电子比较起来是处在比较高的能级上,因此,比较容易从原子中跳出去。价电子对于固体的许多性质是很重要的,我们得特别注意它。

除了价电子以外,其他比较低的能级上的电子统称内电