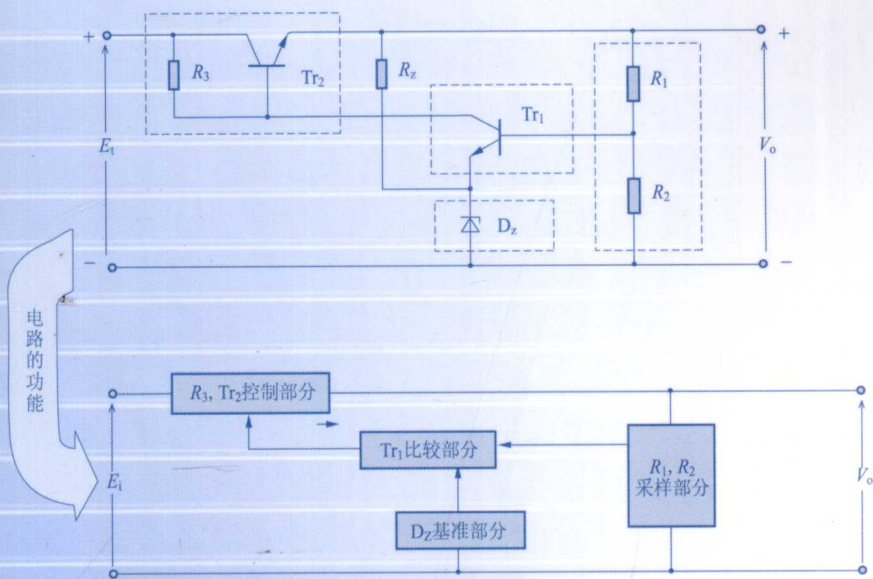


电工电子快易通

轻松学电子电路

● 秦 斌 编



电工电子快易通

轻松学电子电路

秦 斌 编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

市面上关于电子电路的书籍较多,但很多情况下,初学者学起来感到厌烦,不能坚持下来。作者根据自己在工科院校的教学实践,模拟师生的思维过程以及学习过程中可能遇到的各种疑难问题,采用师生对话的方式,编写了这本《轻松学电子电路》。

全书共8章,主要内容包括电子电路基础、各种电子电路、数字电路基础、数字集成电路、运算电路、脉冲电路、时序逻辑电路、计数器电路。

本书适合初学者自学,也可供工科院校电子技术、电子工程等相关专业师生选作教材。

图书在版编目(CIP)数据

轻松学电子电路/秦斌编. —北京:科学出版社,2009

(电工电子快易通)

ISBN 978-7-03-025752-9

I. 轻… II. 秦… III. 电子电路-基本知识 IV. TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 180751 号

责任编辑:喻永光 杨 凯/责任制作:董立颖 魏 谨

责任印制:赵德静/封面设计:李 力

北京东方科龙图文有限公司 制作

<http://www.okbook.com.cn>

科 学 出 版 社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京天时捷彩色印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009年11月第 一 版 开本:A5(890×1240)

2009年11月第一次印刷 印张:10 1/4

印数:1—5 000 字数:316 000

定 价:25.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

在当前全球“金融危机”的背景下,精通一门技术显得尤为重要。

电子产品是“中国制造”的重要组成部分。我们身边的家用电器、手机、MP3 播放器、各种电子玩具……制造和维修这些电子产品都离不开电子电路。

市面上关于电子电路的书籍较多,但很多情况下,初学者对有些内容难以理解,甚至在学习的过程中感到厌烦,不能坚持下来。作者根据自己在工科院校的教学实践,模拟师生的思维过程以及学习过程中可能遇到的各种疑难问题,采用师生对话的方式,编写了这本《轻松学电子电路》。

这是一种轻松的学习形式,就像在教室里和师生讨论、学习一样,初学者不会感到枯燥、无味。书中采用了大量富有想象力的插图,将那些难以理解的内容变得更加抽象、有趣,整个学习过程也将变得更加快乐。

本书最大的特点是理论与实践巧妙结合。对于重点知识的介绍,一般都安排了有针对性的习题,方便边学边练;此外,相关章节后还安排了各种各样的实验。实验是检验真理的唯一标准。因此,不要怕麻烦,亲自动手会收获更多。

那么,从现在开始,和你的同班同学小明、小丽一起快乐地学习吧。

目 录



第1章 电子电路基础

1.1	半导体的性质	3
1.2	PN 结和二极管	8
1.3	晶体管的工作原理	13
1.4	晶体管的放大作用	19
1.5	放大电路的基本原理	24
1.6	偏 置	29
1.7	增益与交流负载线	34
1.8	小信号放大电路	40
1.9	负反馈放大电路	45
1.10	功率放大电路	51
1.11	高效功率放大电路	56
1.12	FET 放大电路	62



第2章 各种电子电路

2.1	电源电路	69
2.2	稳压电路	75
2.3	振荡电路	79
2.4	晶 振	85
2.5	晶闸管	90



第3章 数字电路基础

3.1	数字信号与模拟信号	99
3.2	二进制数	104
3.3	基本门电路(1)	110
3.4	基本门电路(2)	116
3.5	逻辑函数表达式	121
3.6	文氏(Venn)图	127
3.7	卡诺图	133
3.8	逻辑电路的设计	140
3.9	实 践	146



第4章 数字集成电路

4.1	TTL 与 CMOS	155
4.2	使用集成电路的注意事项(1)	161
4.3	使用集成电路的注意事项(2)	166
4.4	接口功能	172
4.5	规格表的使用	178
4.6	实 践	183



第5章 运算电路

5.1	加法电路	193
5.2	减法电路	198
5.3	乘法和除法电路	204

5.4	编码器与译码器	210
5.5	多路复用器和反多路复用器	217
5.6	实 践	223



第6章 脉冲电路

6.1	多谐振荡器(1)	231
6.2	多谐振荡器(2)	236
6.3	施密特触发器	242
6.4	实 践	248



第7章 时序逻辑电路

7.1	触发器	257
7.2	各种类型的触发器	263
7.3	移位寄存器	269
7.4	实 践	276



第8章 计数器电路

8.1	计数器概述	285
8.2	异步 n 进制计数器	292
8.3	同步 n 进制计数器	299
8.4	各种计数器	305
8.5	实 践	312

第 1 章

电子电路基础

在本章里，我们采用老师与小明和小丽对话的方式，结合学习电子电路时可能遇到的问题，用生动活泼的形式介绍以下内容。

(1) 电子是什么？它有什么功能？

(2) 在半导体中，传输电荷的载流子是电子和空穴。

(3) 采用P型和N型半导体结合的方法可以制作二极管。那么怎样才能使二极管工作呢？

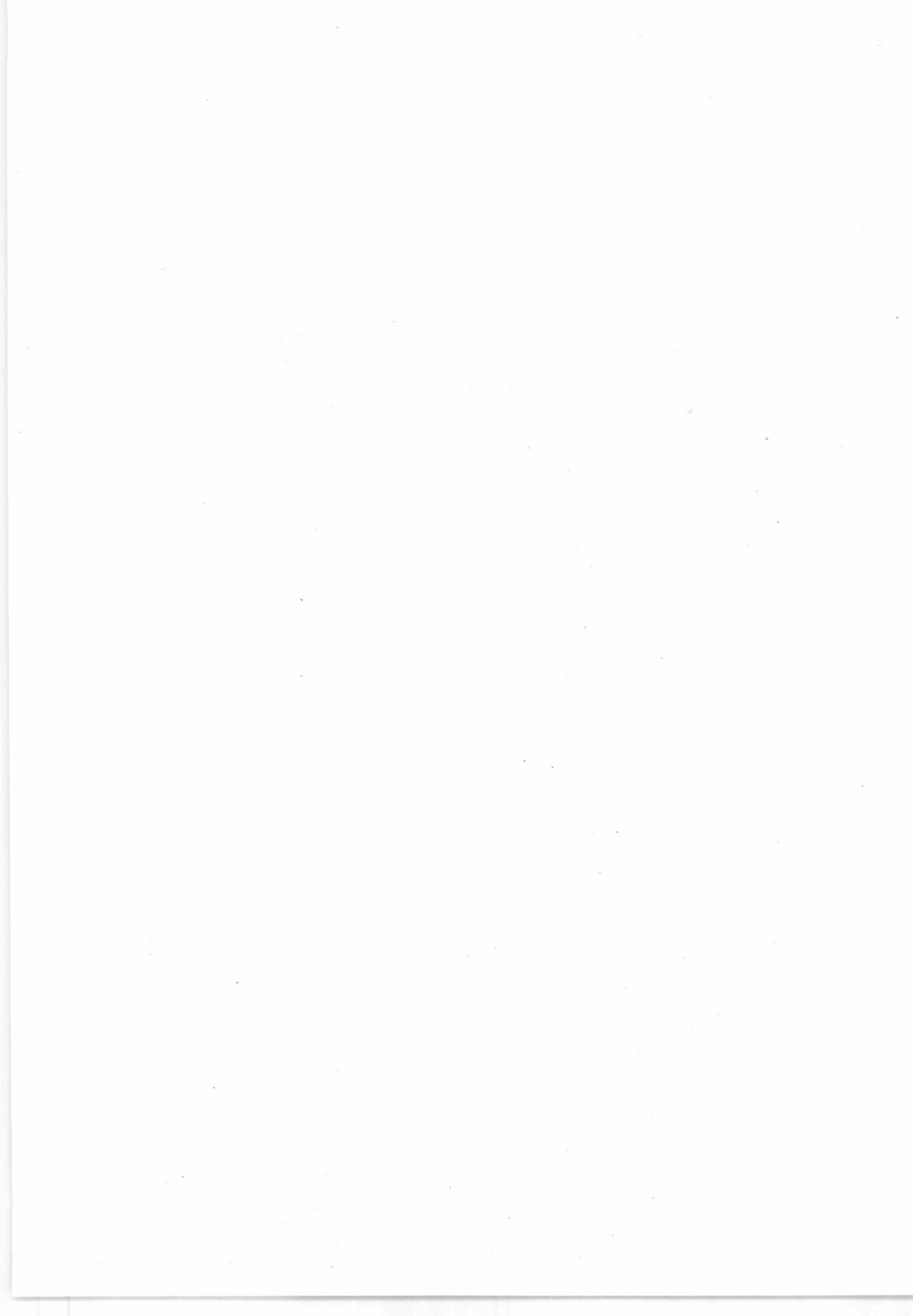
(4) 晶体管的结构及其工作原理，为理解电子电路中的最基本单元——放大电路打下基础。

(5) 根据要放大信号的大小，放大电路可分为小信号放大电路和大信号（电力信号）放大电路。

(6) 为改善放大电路的性能，可采用负反馈电路。

(7) 按场效应原理工作的FET是一种怎样的器件？试述其工作原理。





1.1 半导体的性质

我们日常生活中使用着大量的家用电器,如彩电、冰箱、洗衣机等,这些家用电器都离不开电子电路,电子电路在家用电器中发挥着人脑一样的功能。在电气产品中嵌入控制用计算机,就可以自动完成原来要由人完成的判断和调节等工作。

在本书中,我们将和老师、小明小丽一起来轻松地学习有关电子与半导体的性质、半导体器件的电特性、各种放大电路以及振荡电路等基础知识。



老师



小明



小丽



电子是带负电的粒子

小明 在学校里听说过,电流就是电子的移动。电子带有负电,它从电源的负极向正极移动,总是与电流的方向相反,这究竟是怎么回事啊?

再说,电流方向与电子移动方向相反,这不是很麻烦吗,为什么它们不是相同的方向呢?

老师 在使用具体的电子电路之前,还确实有必要先了解一下电子的本质。为此,我们只要借助在真空玻璃管内插入荧光板构成的克鲁克斯(Crookes)管做一下试验就会理解这个问题了。在中学或职高的理工科实验室中都会有克鲁克斯管,希望大家去试一下。

如图 1.1 所示,利用大家熟知的感应线圈,从置有叶轮的克鲁克斯管的两端加上直流高压。克鲁克斯管内的叶轮上涂有荧光物质,叶轮能边左右旋转边移动。

如图 1.2 所示,如果将克鲁克斯管的 a 端接上电源的正极(+),b 端

接上电源的负极(一),那么,叶轮就会从负极向正极移动。想想看,这意味着什么呢?这是因为从连接负极 b 端的电极中喷射出某种东西,将叶轮推向 a 端的缘故。

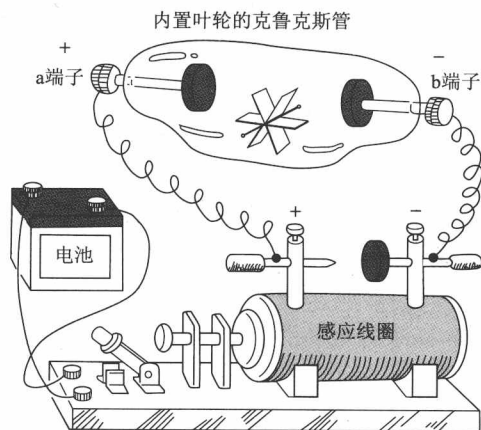


图 1.1

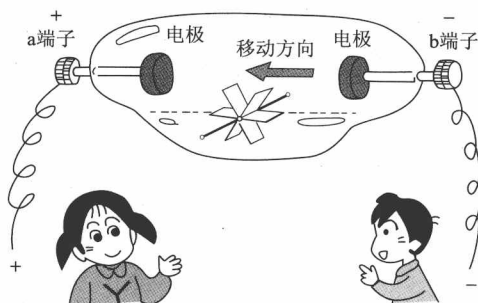


图 1.2

小明 可以认为从 b 端向 a 端喷射出的东西就是电子吗?

老师 与其说是电子,不如说成是电子束更恰当些。由它们形成的电子流,也被称为阴极射线。

小明 这么说,如果将正负电极反向连接的话,叶轮就会向相反的方向移动喽!

老师 是的,肯定是从接负极的一端喷射出电子流,将叶轮推向正极方向。

小明 噢!请您稍等一下!不错,我现在明白了从连接电源负极的克鲁克斯管的一端会发射出阴极射线,但这毕竟还不能说明

它就是电子啊!

老师 的确,要想说明阴极射线就是电子流,还必须再做些实验才行。请看图 1.3。

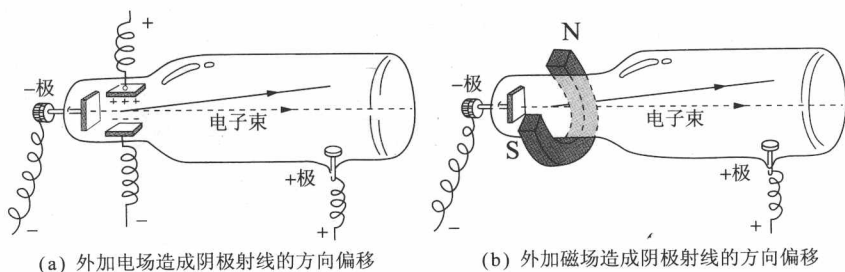


图 1.3

正如图 1.3 中所示,若在阴极射线行进的路线上加上电场或磁场,阴极射线的行进方向就会发生偏转。

上述现象说明,阴极射线是一种带负电的微小粒子流。而且,根据射线行进方向的偏移程度,我们还可以测量出粒子所带的电量 e 与粒子质量 m 之比。

不管如何更换管中的气体以及制作电极的材料,测量的结果都是相同的,这说明阴极射线是由同一种带电粒子构成的,这就是人们通常所说的电子。

然而,在了解上述事实之前,已经规定了电流的方向是从电源的正极流向负极的,因此造成了电流方向与电子移动方向相反的结果。

要观察电子的本质,克鲁克斯管是一种很简便的工具。事实上,电视机与示波器显像管(布劳恩管)内的电子流、导线中移动的电子以及散布在二极管和晶体管内部的电子,本质上都是同样的东西。



半导体既是不良导体,也是不良绝缘体

小丽 金属之类的导体,因含有大量可以自由移动的电子,作导体使用很方便;而橡胶和云母之类的绝缘体,因其电子几乎不能移动,是极佳的绝缘材料。相比之下,半导体虽模棱两可,在电子电路中却偏偏极为重要,这是为什么呢(参见图 1.4)?

老师 导体和绝缘体的状态都是稳定的,要么电流可以很顺畅地

通过,要么电流几乎完全不能通过,是“泾渭分明”的。然而,半导体的电阻率会随外界条件的变化而改变,是不稳定的。从电特性的角度来看,能够人为地产生这种不稳定是非常有用的。

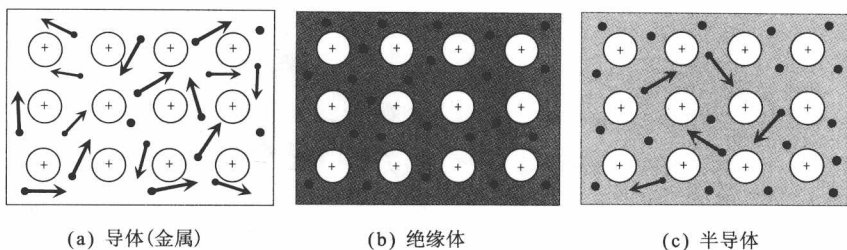


图 1.4

小丽 哦! 这是什么意思啊?

老师 我们可以打个比方来说明这些问题。有一条道路,在道路上设置有一些木桩,道路上的行人可以比作电子。如果木桩的位置都固定,那么,人们不用费事就可以很容易地通过。这就相当于导体。可是,如果道路上设有大量的木桩,且摆放得杂乱无章,要想通过就要大费周折。这就相当于绝缘体。

至于半导体,就有点像根据我们意愿设置木桩位置的道路。因此,如果过量增加木桩,道路将难以通过,而减少木桩数量就可以使通行变得容易。木桩数量及摆放位置与导体和绝缘体是不同的,虽然它处于不稳定状态,但只要按人们的意图配置木桩,就可以对通行的难易程度加以控制。

对于导体和绝缘体来说,其物理特性决定了它们不可能实现这种控制。然而,对于制造二极管和晶体管的元素锗(Ge)和硅(Si)来说,却可以按照我们的意愿进行精细加工。这正是半导体大放异彩的原因。

小明 那么,具体地说,怎样才能制作二极管和晶体管呢?

老师 好,现在就将制作二极管和晶体管等器件的思路通过简单流程图的形式介绍一下(参见图 1.5)。

在制作二极管和晶体管等半导体器件时,首先要制作称为 P 型半导体和 N 型半导体的半导体材料。半导体是一种掺入少量杂质后就会明显改变电特性的敏感材料。因此,当需要从外部有意地掺入杂质制成 N 型或 P 型半导体时,事先必须制作出纯度极高的半导体晶体。这种纯度

极高的半导体称为**本征半导体**。

硅本征半导体的单晶结构如图 1.5 所示。观察其中各原子的结构时,就会发现最外层轨道上的电子(称为价电子)因与其他原子共价结合而十分稳定。

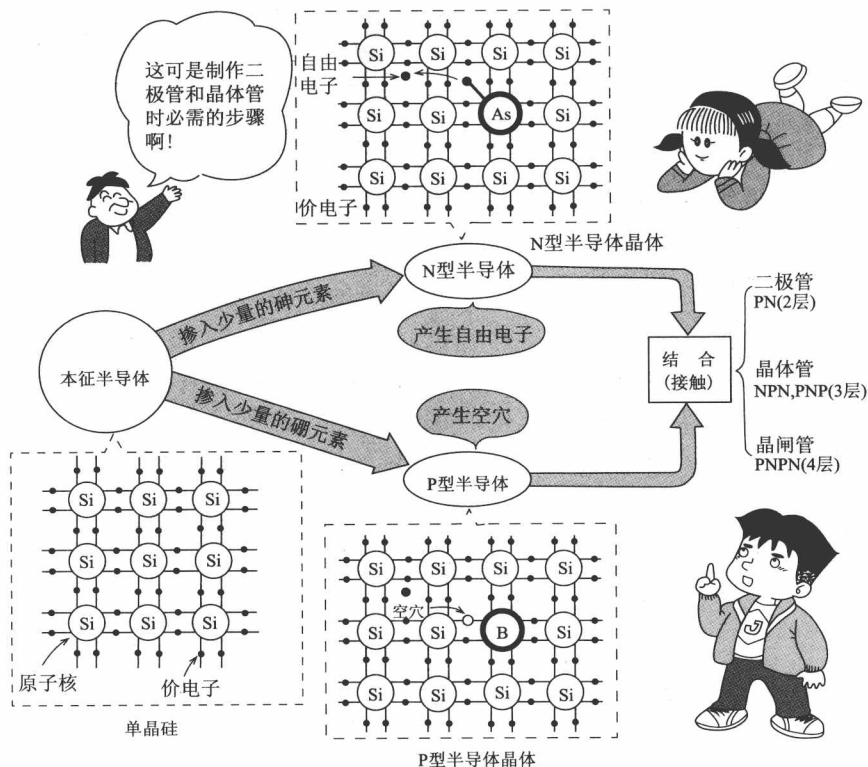


图 1.5

如果向这种本征半导体中加入少量的砷(As)或硼(B)元素,前者就会制成**N型半导体**,后者则会制成**P型半导体**。掺入这些“杂质”后,硅原子的共价结合将被打乱,即在N型半导体中产生多余的**自由电子**,P型半导体中因缺少自由电子而产生多余的**空穴**。

像这样有意地在本征半导体内掺入杂质制作出N型半导体和P型半导体,再将N型半导体和P型半导体进行结合,就可以制作出二极管和晶体管等电子元器件。

1.2 PN 结和二极管



老师

今天我们来学习构成半导体器件最基本单元的PN结及二极管的相关知识。



小明

很难吧!

没问题!



小丽



二极管、晶体管以及 IC 中都采用 PN 结

小明 我们知道,二极管和晶体管等与电阻、线圈以及电容等不同,具有整流和放大作用。这些半导体器件的结构中都采用了 PN 结,为什么需要 PN 结呢?

老师 PN 结就是在制作硅晶体时,掺入了 3 价原子(如硼)或 5 价原子(如磷),从而形成如图 1.6 所示的结构。其中,一部分形成 P 型半导体区域,而其余部分则形成 N 型半导体区域。这种 P 型区域和 N 型区域黏结在一起的状态就称为 PN 结。

至于为什么需要采用 PN 结,让我们顺着下面的思路来考虑吧!

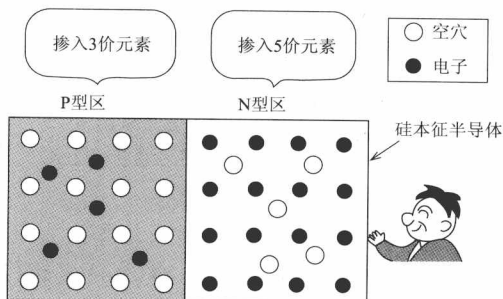


图 1.6

小丽 看了图 1.6 中的 PN 结,有个问题我想确认一下。是不是可以说,在掺入了 5 价原子的 N 型半导体中,带有负电荷的自由电子数量应该比带有正电荷的空穴数量多;同样,在 P 型半导体中,空穴的数量应该比自由电子数量多。如此一来,就使得 N 型区域整体上带负电,而 P 型区域整体上则带有正电呢?

老师 噢,请稍停一下! 不能根据自由电子和空穴的相对多少来

决定其带电状态。事实上,从电荷角度来说,P型区域和N型区域都是中性的。

在本征半导体中掺入5价或3价元素时,确实会发生自由电子和空穴的多少问题(也因此制成了P型和N型半导体)。不过,如果因为在中性的硅晶体中掺入了也是中性的5价或3价元素就说掺杂后的晶体带正、负电就完全错了。

进一步讲,在P型区域和N型区域的结合面上,会产生自由电子和空穴的移动,从而在接触面的两端聚集起正、负电荷(产生电场),这一点是应该引起注意的。

小丽 为什么呢?

老师 因为从传输电荷的角度讲,自由电子和空穴都携带电荷,因此它们都被称为**载流子(carrier)**。半导体中电流的流动就是由于载流子移动引起的。

想想看,要使载流子移动应该怎么办呢?

小明 既然半导体中的自由电子和空穴携带电荷,那么,只要加上电场就可以吧……

老师 对了,如果加上电场,在电场的作用下,空穴或自由电子就会沿电场方向或者相反方向移动了。

这种现象称为**漂移**,所形成的电流也就称为**漂移电流**(参见图1.7)。

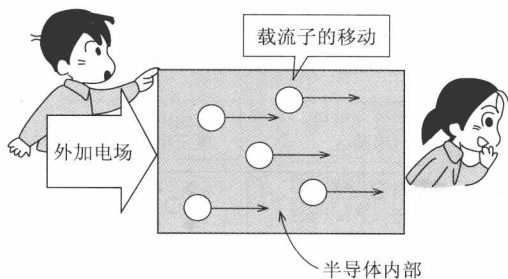


图 1.7

想想看,除此之外,还有什么方法能使载流子移动呢?

小明 哦,还有吗?

老师 是的,还有一种现象称为**扩散现象**,它正是在PN结的结合面上发生的现象。在半导体中,当存在载流子的浓度差时,会发生载流子从浓度高的地方向浓度低的地方移动的现象(参见图1.8)。

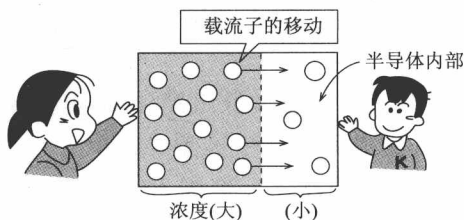


图 1.8

想象一下,在水中滴入墨水时,墨水范围由小变大扩展开的情形。

如图 1.9 所示,在 PN 结的结合面上,自由电子和空穴的浓度肯定有差别。因此,在结合面附近的自由电子和空穴就会因扩散现象而进入到对方的区域。

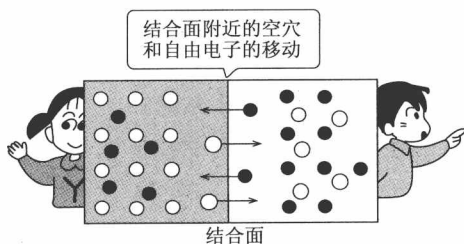


图 1.9

这种扩散的结果,如图 1.10 所示,在结合面的 P 型区域一侧,因空穴都向 N 型区域移动而形成了负电荷区;在结合面的 N 型区域一侧,因自由电子都向 P 型区域移动而形成了正电荷区。

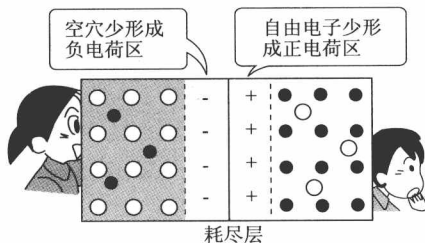


图 1.10

小明 如果载流子在结合面上总是这样移动不止的话,P 型区域和 N 型区域不就完全颠倒过来了吗?

老师 这倒不用担心。因为在结合面上形成的正、负电荷会导致电场的产生,而这个电场又会阻碍电子和空穴的移动,最终保持平衡。产