



国家出版基金项目  
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

中外物理学精品书系

经典系列 · 10

# 固体物理学

重排本

黄昆 编著



北京大学出版社  
PEKING UNIVERSITY PRESS



国家出版基金项目  
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

中外物理学精品书系

经典系列 · 10

# 固体物理学

重排本

黄昆 编著



北京大学出版社  
PEKING UNIVERSITY PRESS

## 图书在版编目(CIP)数据

固体物理学:重排本/黄昆编著. —2版. —北京:北京大学出版社,2014.9  
(中外物理学精品书系)

ISBN 978-7-301-24664-1

I. ①固… II. ①黄… III. ①固体物理学 IV. ①O48

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 196814 号

**书 名:** 固体物理学(重排本)

著作责任者: 黄 昆 编著

责任编辑: 顾卫宇

标准书号: ISBN 978-7-301-24664-1/O · 0998

出版发行: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> 新浪官方微博: @北京大学出版社

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62752038

出版部 62754962

印 刷 者: 北京中科印刷有限公司

经 销 者: 新华书店

730 毫米×980 毫米 16 开本 18 印张 304 千字

2009 年 9 月第 1 版

2014 年 9 月第 2 版 2014 年 9 月第 1 次印刷

定 价: 50.00 元

---

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话:(010)62752024 电子信箱: [fd@pup.pku.edu.cn](mailto:fd@pup.pku.edu.cn)

# “中外物理学精品书系”

## 编委会

主任：王恩哥

副主任：夏建白

编委：（按姓氏笔画排序，标\*号者为执行编委）

王力军	王孝群	王牧	王鼎盛	石兢
田光善	冯世平	邢定钰	朱邦芬	朱星
向涛	刘川*	许宁生	许京军	张酣*
张富春	陈志坚*	林海青	欧阳钟灿	周月梅*
郑春开*	赵光达	聂玉昕	徐仁新*	郭卫*
资剑	龚旗煌	崔田	阎守胜	谢心澄
解士杰	解思深	潘建伟		

秘书：陈小红

## 序 言

物理学是研究物质、能量以及它们之间相互作用的科学。她不仅是化学、生命、材料、信息、能源和环境等相关学科的基础,同时还是许多新兴学科和交叉学科的前沿。在科技发展日新月异和国际竞争日趋激烈的今天,物理学不仅囿于基础科学和技术应用研究的范畴,而且在社会发展与人类进步的历史进程中发挥着越来越关键的作用。

我们欣喜地看到,改革开放三十多年来,随着中国政治、经济、教育、文化等领域各项事业的持续稳定发展,我国物理学取得了跨越式的进步,做出了很多为世界瞩目的研究成果。今日的中国物理正在经历一个历史上少有的黄金时代。

在我国物理学科快速发展的背景下,近年来物理学相关书籍也呈现百花齐放的良好态势,在知识传承、学术交流、人才培养等方面发挥着无可替代的作用。从另一方面看,尽管国内各出版社相继推出了一些质量很高的物理教材和图书,但系统总结物理学各门类知识和发展,深入浅出地介绍其与现代科学技术之间的渊源,并针对不同层次的读者提供有价值的教材和研究参考,仍是我国科学传播与出版界面临的一个极富挑战性的课题。

为有力推动我国物理学研究、加快相关学科的建设与发展,特别是展现近年来中国物理学家的研究水平和成果,北京大学出版社在国家出版基金的支持下推出了“中外物理学精品书系”,试图对以上难题进行大胆的尝试和探索。该书系编委会集结了数十位来自内地和香港顶尖高校及科研院所的知名专家学者。他们都是目前该领域十分活跃的专家,确保了整套丛书的权威性和前瞻性。

这套书系内容丰富,涵盖面广,可读性强,其中既有对我国传统物理学发展的梳理和总结,也有对正在蓬勃发展的物理学前沿的全面展示;既引进和介绍了世界物理学研究的发展动态,也面向国际主流领域传播中国物理的优秀专著。可以说,“中外物理学精品书系”力图完整呈现近现代世界和中国物理

科学发展的全貌,是一部目前国内为数不多的兼具学术价值和阅读乐趣的经典物理丛书。

“中外物理学精品书系”另一个突出特点是,在把西方物理的精华要义“请进来”的同时,也将我国近现代物理的优秀成果“送出去”。物理学科在世界范围内的重要性不言而喻,引进和翻译世界物理的经典著作和前沿动态,可以满足当前国内物理教学和科研工作的迫切需求。另一方面,改革开放几十年来,我国的物理学研究取得了长足发展,一大批具有较高学术价值的著作相继问世。这套丛书首次将一些中国物理学者的优秀论著以英文版的形式直接推向国际相关研究的主流领域,使世界对中国物理学的过去和现状有更多的深入了解,不仅充分展示出中国物理学研究和积累的“硬实力”,也向世界主动传播我国科技文化领域不断创新的“软实力”,对全面提升中国科学、教育和文化领域的国际形象起到重要的促进作用。

值得一提的是,“中外物理学精品书系”还对中国近现代物理学科的经典著作进行了全面收录。20世纪以来,中国物理界诞生了很多经典作品,但当时大都分散出版,如今很多代表性的作品已经淹没在浩瀚的图书海洋中,读者们对这些论著也都是“只闻其声,未见其真”。该书系的编者们在这方面下了很大工夫,对中国物理学科不同时期、不同分支的经典著作进行了系统的整理和收录。这项工作具有非常重要的学术意义和社会价值,不仅可以很好地保护和传承我国物理学的经典文献,充分发挥其应有的传世育人的作用,更能使广大物理学人和青年学子亲身体会我国物理学研究的发展脉络和优良传统,真正领悟到老一辈科学家严谨求实、追求卓越、博大精深的治学之美。

温家宝总理在2006年中国科学技术大会上指出,“加强基础研究是提升国家创新能力、积累智力资本的重要途径,是我国跻身世界科技强国的必要条件”。中国的发展在于创新,而基础研究正是一切创新的根本和源泉。我相信,这套“中外物理学精品书系”的出版,不仅可以使所有热爱和研究物理学的人们从中获取思维的启迪、智力的挑战和阅读的乐趣,也将进一步推动其他相关基础科学更好更快地发展,为我国今后的科技创新和社会进步做出应有的贡献。

“中外物理学精品书系”编委会 主任  
中国科学院院士,北京大学教授

王恩哥

2010年5月于燕园

## 内 容 简 介

本书由作者根据他 1964 年以前在北京大学讲授固体物理学时的讲义手稿修改而成。曾由高等教育出版社 1966 年排版、人民教育出版社 1979 年付印,侧重于基础性和普遍意义较大的内容。这一次重新出版,另由夏建白院士对照其保留的当年的听黄昆先生讲课的笔记,特增加了书上没有列入而课上讲到过的部分内容,更能再现黄昆先生讲课的精湛、透彻和深刻,以满足广大年青学者的需要。

## 前 言

北京大学出版社的“中外物理学精品书系”要将黄昆先生在上世纪五十年代为教学准备的《固体物理学》列入其中的经典系列,这是一件很有意义的事情。这本书的经历还是很复杂的,正如北京大学出版社2009年再版前言中所说的:“黄昆先生的‘固体物理’讲课手稿,在‘文化大革命’以前1966年就整理好了,准备由人民教育出版社排版出版,但由于‘文化大革命’开始而未付印。‘文化大革命’以后,1979年为了适应读者需要,按原版印刷了85 000册<sup>①</sup>,受到广大读者的欢迎,很快就销售一空,后来也没有再印。这次为了纪念黄昆先生的九十寿辰,我们决定重版此书,除了纪念意义以外,更是为了满足广大年青学者的需要。这本书虽然写于50年前,但固体物理的一些基本概念还没有变,还是黄昆先生讲得最透彻、最深刻。所以它的出版是有现实意义的。”

上世纪50年代,新中国刚成立,紧接着抗美援朝,与美国等西方国家的关系恶化,西方国家对我国采取了封锁政策,我国则采取了向苏联一边倒的政策。在大学里以前好的、但出自西方国家的教材一概不用,而一律采用当时苏联的教材。如:斯米尔诺夫的高等数学、福里斯的普通物理、布洛欣采夫的量子力学、塔姆的电学等。可惜的是苏联没有固体物理教材和半导体物理教材。当时黄昆先生和谢希德先生不甘落后,学习了俄语,并参考当时苏联约飞学派的书籍和文章,编写了《半导体物理学》。当时好像也没有苏联的固体物理教材,黄昆在英国学的和研究的就就是固体物理,所以他很快地就开出了“固体物理”课。这门课在物理系是大课,在一教或二教的大教室上课,听课的不仅有本系的学生,而且还有许多外校的学生。

下面介绍一下当年上“固体物理”的盛况。厦门大学陈金富教授在《名师风范》一书中提到的,黄昆教授在教学上体现了下列独特风格:(1)严谨、清晰地阐述物理概念和物理模型。(2)教学过程中,培养学生提炼科学模型的思维能力。(3)臻于至善的教学效果。他说道:“当年听黄昆教授讲授‘半导体物理’和‘固体物理’在全国是首次,听课的师生中除‘五校联合半导体专门化’的师生外,还有清华大学进修生,更有乘早班火车从天津赶往北大听课的南开大学部

---

<sup>①</sup> 黄昆编著,《固体物理学》,人民教育出版社,1979年。



分师生,可谓盛况空前,无与伦比。”“听课师生课堂上基本理解,记住教学内容,是黄昆教授教学效果的另一例证。当时在没有任何现成教材可供预习、参考的‘空白’背景下,仅依靠听课和笔记就能记住、理解授课内容,特别是领悟其教学风格,足以显示黄昆教授卓越的教学效果。”<sup>①</sup>

我本人对黄昆先生的“固体物理”课也记忆犹新。我在《自主创新之路》一书中回忆道:1959年科研“大跃进”,每天晚上开夜车。“就在这种情况下,下午安排了‘固体物理’课。吃完午饭走进教室,大家都昏昏欲睡。”“即使在当时那种头脑发昏的情况下,黄昆先生的课还是深深地吸引了我。我变得特别有精神,专心听课,认真作笔记,给我留下了深刻的,也是一辈子的印象。”“1962年我大学毕业后,正好遇上可以考研究生的机会,我就想考黄昆先生的研究生。我记得就考一门‘固体物理’。‘固体物理’是在1959年学的,已经过了3年。我赶紧把以前的讲义和笔记找出来,复习了一星期,结果考得还挺好,据说得了100分。黄昆先生到最近还记得这件事。”<sup>②</sup>可以为我作证的是我当年听“固体物理”作的笔记本。中间经过了“文化大革命”,下鲤鱼洲,调到四川乐山585所,又回到北京中科院半导体所,搬了十次以上的家,其它东西有的都丢了,惟独这本笔记本和北大其他教授讲课的笔记本还保存完好。我当时几乎每一句话、每一个公式和每一张图都老老实实在地记下来。看到这些词句,就好像昨天黄昆先生还在和我们上课一样,感到分外亲切。

其实当时西方国家是有好的固体物理教材的,其中最著名的是 Kittel 的《固体物理学》,比较详细地介绍了当时国际固体物理研究的最新成果。它前后一共出版了近10版,由于固体物理研究发展很快,所以内容不断充实,篇幅越来越大。黄昆先生的《固体物理学》有他自己的特点,就是把固体物理的一些最基本原理分析透彻,为学生将来从事固体物理研究打下一个坚实的基础,而不追求很多的研究结果。从上世纪50年代开始,固体物理的书出了许多,大部分都是追求内容全面系统,结果部头越来越大,学生不知从何学起。如果按照这种思路写固体物理,那现在要包括进去的内容有:高温超导、半导体超晶格、量子线、量子点、纳米材料、有机材料、自旋电子学、碳纳米管、石墨烯、拓扑绝缘体等,足够写成一本百科全书。

2009年再版《固体物理学》时,因为黄昆先生已经不在,我根据我的笔记做了一些补充。因为在讲课时,黄昆先生和广大学生面对面,有一个互动过程。

<sup>①</sup> 陈辰嘉、虞丽生主编,《名师风范》,北京大学出版社,2008年,第40页。

<sup>②</sup> 夏建白、陈辰嘉、何春藩主编,《自主创新之路》,科学出版社,2006年,第280页。

他要想把课讲得生动、吸引人,听众当堂就能理解,因此有些问题讲得深入一些,有的就省略了。此次再版,我把上课讲的比较重要的东西,而书中又没有的补充了进去,希望大家在看这本书的时候,就像听他本人讲课一样,学到更多的东西。为了不至于与原来书的内容混淆,新添加的内容用仿宋体字印刷,公式用(Q1)、(Q2)等表示,图用图 F1、图 F2 等表示,以示区别。

添加的内容主要分三类:

### 1. 介绍性的。

如这本书没有引言,一上来就开门见山第一章。而黄昆先生在讲第一堂课时,讲了一段固体物理发展概况,我把它作为本书引言加了进去。这段话不长,只有 276 个字,但是简单扼要地说明了上两个世纪固体物理的发展概况。

### 2. 加深概念理解的。

在讲第五章“晶格振动和晶体热学性质”时,为了加深对“格波”概念的理解,在讲完一维晶格振动、三维晶格振动和非线性振动后,又反过来,专门补充讲了“格波”(我笔记上记的是“补充材料”),深入介绍了格波描述和位移描述的关系。

第七章“金属电子论”,在 7-3 节讲“分布函数和玻尔兹曼方程”以后,又以几个实例:电流的磁效应(霍尔效应)、温差电效应、电子热传导效应等说明玻尔兹曼方程的实际应用。

在讲第八章“半导体电子论”时,先介绍了如何由吸收光谱了解半导体的能带结构,引入直接带隙和间接带隙半导体的概念,接着介绍了“空穴”概念是如何得到的,以及各向异性有效质量、态密度等。

### 3. 和实验、应用的结合。

第一章“晶体的几何”,在介绍了原胞、原胞基矢、倒格矢等概念以后,讲了 X 射线衍射法、劳厄法、如何利用倒格矢求衍射方向等,使学生既加深了对基矢、倒格矢的理解,又学到了用 X 射线衍射方法测量晶体结构。

在讲第八章“半导体电子论”时,最后还讲到了半导体的应用。虽然已经过了 50 年,但这些应用在当前能源危机下又都成了热门,如光伏、温差电、探测器等,其基本原理是不变的。而黄昆先生却用很简短的语言、形象的图以及基本的公式讲解得非常清楚。

原书中有些表述和现在的书有些差别,需要指出以引起读者注意。书中普朗克常数有时用的是  $h$ ,而不是现在通用的  $\hbar$ ,两者相差  $2\pi$ ,因此书中的波矢  $k$ 也和现在的波矢相差  $2\pi$ 。“满带”就是“价带”,“光敏电阻”就是“探测器”。有些实验事实已经过时,但决不影响阅读本书。书中有三章是原来课上没有讲的,

它们是：第三章“相图”、第十章“固体的介电性”和第十一章“超导电的基本现象和基本规律”，大概是由于时间关系来不及讲了。

关于听课笔记，现在看 50 年前记的笔记，我都奇怪，怎么字体这么端正，图这么标准，数学公式这么精确。想起当年黄昆先生以及他们那一代教授讲课的情形，讲课的一个主要方式是板书。老师非常认真地板书，写完这一黑板，推上去，再接着写另一块黑板，边写边讲。学生们则边听边记边想。这样一堂课下来，真正做到了像陈金富教授所说的那样：“听课师生课堂上基本理解，记住教学内容。”板书占掉了上课的一些时间，但是值得的，收到了很好的效果。正因为如此，老师在课堂上不能什么都讲，只能挑最本质、最精髓的讲，这正是黄昆先生这本《固体物理学》的特点。尽管 50 年来固体物理学有了飞速的发展，新的分支学科层出不穷，但固体物理学的基础是基本不变的，都包含在这本书中。

杨振宁先生在接受《知识通讯评论》采访时说：“如果我们谈到物理学家的风格，可以把当时最要做数学的，最不要做数学的，和后来的规范场论，说成三个方向，一个在右，一个在左，一个在中间。我一直认为在中间的较容易成功。”<sup>①</sup>黄昆先生和杨振宁先生是属于同一种风格的，他们既有很深的物理基础，又有十分高超的数学技巧，所以他们是成功的。学习这本《固体物理学》可以加深我们的物理基础；还要学习的是黄昆先生的学术论文——《黄昆文集》<sup>②</sup>，以提高我们用数学解决物理问题的能力。让我们永远学习黄昆先生，继承他的优秀传统，为发展我国的科学事业做出更大的贡献。

夏建白

2014 年 8 月

<sup>①</sup> 科学新闻，2009 年第 10 期，第 56 页。

<sup>②</sup> 秦国刚、甘子钊、夏建白、朱邦芬、李树深编，《黄昆文集》，北京大学出版社，2004 年。

# 目 录

引言 固体物理学发展概况 .....	(1)
<b>第一章 晶体的几何</b> .....	(2)
1-1 晶格及其周期性 .....	(2)
1-2 晶向、晶面和它们的标志 .....	(10)
1-3 晶体的宏观对称和点群 .....	(13)
1-4 晶格的对称性 .....	(20)
1-5 X射线衍射方法 .....	(24)
1-6 中子衍射和电子衍射 .....	(27)
<b>第二章 晶体的结合</b> .....	(28)
2-1 晶体的基本结合形式 .....	(28)
2-2 原子的负电性 .....	(33)
2-3 元素和化合物晶体结合的规律性 .....	(34)
2-4 结合能 .....	(37)
<b>第三章 相图</b> .....	(42)
3-1 固体相 .....	(43)
3-2 两相平衡并存的准静态相变 .....	(47)
3-3 三相平衡共存与共晶和包晶转变 .....	(50)
3-4 相转变过程的实例 .....	(52)
3-5 固溶体的混合熵和自由能 .....	(53)
3-6 有限和连续固溶体 .....	(56)
3-7 高温熔化和共晶相图 .....	(58)
<b>第四章 晶体中的缺陷和扩散</b> .....	(60)
4-1 多晶体和晶粒间界 .....	(60)
4-2 位错 .....	(61)
4-3 空位、间隙原子的运动和统计平衡 .....	(69)
4-4 扩散和原子布朗运动 .....	(73)

4-5	离子晶体中的点缺陷和离子性导电 .....	(78)
<b>第五章</b>	<b>晶格振动和晶体热学性质 .....</b>	<b>(81)</b>
5-1	简正振动和量子热容量理论 .....	(81)
5-2	爱因斯坦和德拜理论 .....	(83)
5-3	双原子链的振动 .....	(90)
5-4	三维晶格的振动 .....	(97)
5-5	晶格的状态方程和热膨胀 .....	(101)
5-6	晶格的热传导 .....	(105)
<b>第六章</b>	<b>能带论 .....</b>	<b>(110)</b>
6-1	一维周期场中电子运动的近似分析 .....	(111)
6-2	三维周期场中的电子运动 .....	(120)
6-3	布洛赫函数和简约波矢 .....	(125)
6-4	能态密度和 X 射线谱 .....	(129)
6-5	原子能级和能带间的联系——紧束缚近似 .....	(134)
6-6	准经典运动 .....	(139)
6-7	导体、绝缘体和半导体的能带论 .....	(144)
<b>第七章</b>	<b>金属电子论 .....</b>	<b>(149)</b>
7-1	费米统计和电子热容量 .....	(149)
7-2	功函数和接触电势 .....	(159)
7-3	分布函数和玻尔兹曼方程 .....	(162)
7-4	弛豫时间近似和电导率的公式 .....	(166)
7-5	各向同性弹性散射和弛豫时间 .....	(170)
7-6	晶格散射和电导 .....	(173)
7-7	金属的输运性质 .....	(178)
<b>第八章</b>	<b>半导体电子论 .....</b>	<b>(184)</b>
8-1	概述 .....	(184)
8-2	半导体能谱和载流子 .....	(190)
8-3	半导体电子的费米统计分布 .....	(193)
8-4	电导和霍尔效应 .....	(198)
8-5	p-n 结 .....	(200)
8-6	半导体的应用 .....	(204)
<b>第九章</b>	<b>固体的磁性 .....</b>	<b>(209)</b>
9-1	原子磁性 .....	(209)
9-2	一般固体磁性概述 .....	(216)

---

9-3 顺磁性的统计理论和顺磁性盐 .....	(220)
9-4 铁磁性 .....	(225)
9-5 反铁磁性和亚铁磁性 .....	(237)
<b>第十章 固体的介电性 .....</b>	<b>(241)</b>
10-1 弹性偶极子的强迫振动 .....	(241)
10-2 电子极化 .....	(243)
10-3 离子极化 .....	(247)
10-4 介电弛豫 .....	(250)
<b>第十一章 超导电的基本现象和基本规律 .....</b>	<b>(254)</b>
11-1 超导体的基本电磁学性质 .....	(254)
11-2 伦敦的电磁学方程 .....	(257)
11-3 超导转变和热力学 .....	(261)
<b>索引 .....</b>	<b>(266)</b>
<b>重排后记 .....</b>	<b>(271)</b>

## 引言 固体物理学发展概况

最早发展的是矿石学,为了鉴别矿石,产生了晶体学,在19世纪发展到相当完善的地步.此外,由于冶金的发展,产生了金属学,对固体的电学、磁学、光学的性质也进行了细致的研究.不仅如此,对晶体的微观结构也有研究,如将晶体外形的规则性与内部原子的规则排列联系起来.

20世纪开始,电子论有很大的发展,对固体的电学、磁性、光学性质发展了理论,然而较简单的.由于X射线的发现,对原子结构有了很好的了解,并且用X射线研究了原子排列,使得对原子如何结合成为晶体的认识大大地深入一步.量子力学提高了经典的电子论,使得能更深刻地理解固体的电学、磁学、光学性质.此外,技术的发展大大利用了固体的性质.

# 第一章 晶体的几何

固体有晶体、非晶体,本课主要讨论晶体,非晶体不是不重要,而是太复杂。晶体分为单晶体、多晶体。

多晶体是由很多晶粒组成的,表面看来是无规则的。多晶体的形成是由于同时由许多晶核开始生长起来,例如金属。所以多晶体的特点是由生长条件——冷却条件、杂质、获得方式、加工处理等所决定。

单晶体是整个的一块晶体,例如天然矿石。单晶体在技术上的应用越来越广泛,如:半导体、铁氧体等。

一些天然矿物晶体,如岩盐、石英等,具有规则的几何外形,这是一般熟知的。利用这个特点来鉴别矿物资源,已发展成为重要的方法。正是由于这个缘故,在 18、19 世纪之中,晶体的几何规则性的研究有很大的发展。当时,已经从理论上推断,晶体的这种宏观的规则性,是晶体中原子、分子规则排列的结果。在 20 世纪,X 射线衍射方法的发展,直接验证了这一结论。通过几十年的工作,已经测定了大量晶体原子排列的具体形式。

原子的规则排列以及由此产生的几何规则性,是晶体物质共同的也是最基本的特点,是研究晶体的宏观性质和各种微观过程的重要基础。本章将简要地阐明晶体中原子规则排列的一些基本规律和基本概念。

## 1-1 晶格及其周期性

### (1) 一些晶格的实例

晶体中原子的规则排列一般称为晶体格子,或简称为晶格。这一节先介绍几个最常遇到和比较基本的实例。

把晶格设想成为原子球的规则堆积,有助于我们比较直观地理解晶格的组成。

图 1-1(a)表示,在一个平面内,规则排列原子球的一个最简单的形式。如果把这样的原子层叠起来,各层的球完全对应,就形成所谓简单立方晶格。没有实际的晶体采取简单立方晶格,但是一些更复杂的晶格可以在简单立方晶格基础



上加以分析. 简单立方晶格的原子球心显然形成一个三维的立方格子的结构, 往往用图 1-1(b) 的形式表示这种晶格结构, 它表示出这个格子的一个典型单元, 整个格子可以看做这样一个单元沿着三个方向的重复排列. 按照同样的理解, 图 1-1(c) 表示所谓体心立方晶格, 有相当多的金属, 如 Li, Na, K, Rb, Cs, Fe 等元素, 具有体心立方晶格.

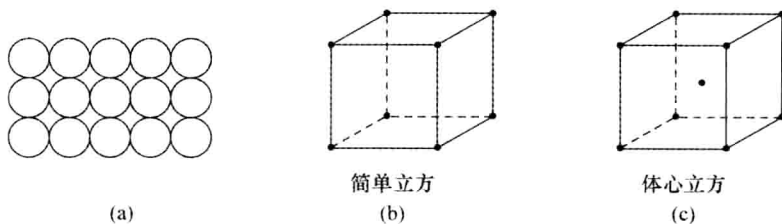


图 1-1

图 1-2 表示原子球在一个平面内最紧密排列的方式, 常称为密排面. 把密排面叠起来可以形成原子球最紧密堆积的晶格. 为了堆积最紧密, 在堆积时应当把一层的球心对准另一层的球隙. 仔细分析就会发现, 这样实际上可以形成两种不同的最紧密的晶格排列. 首先我们注意到, 密排原子层的间隙可以分成两套, 图 1-2 把它们分别涂黑和留为空白. 如称原来的密排层为 A, 另一密排层可以对准其中任一套间隙, 我们分别称为 B 和 C. 两种密排的晶格可以表示为

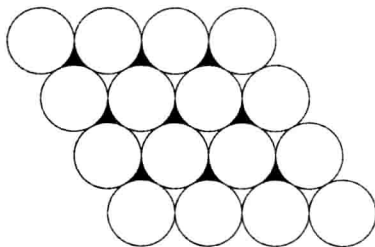


图 1-2

$ABABAB\cdots$  (六角密排),

$ABCABCABC\cdots$  (立方密排, 或面心立方).

前一种晶格称为六角密排晶格, 常常用图 1-3 的六角单元表示这种结构; 后一种称为立方密排, 或面心立方晶格. 图 1-4(a) 表示这种晶格的典型单元, 它和简单立方相似, 但在每个立方体中心有一个原子, 图 1-4(b) 表示面心立方晶格的原子密排面. 很多金属元素具有两种密排结构之一, 例如 Cu, Ag, Au, Al 具有面心立方结构, Be, Mg, Zn, Cd 则具有六角密排的结构.