

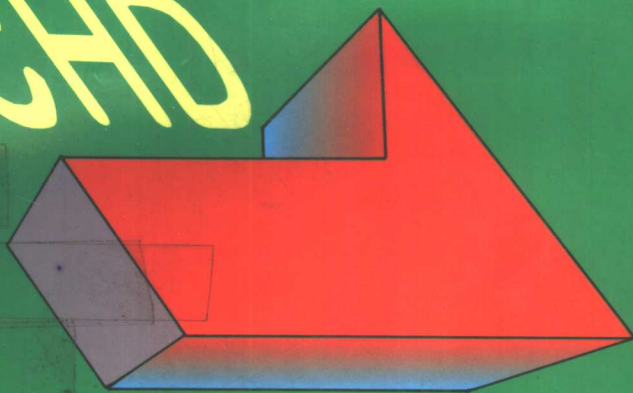
高等学校教材

材料化学导论

唐小真 主编

杨宏秀 编
丁马太

CHD



高等教育出版社

(京)112号

图书在版编目(CIP)数据

材料化学导论/唐小真主编;杨宏秀,丁马太编, —北京:高等教育出版社,1997

ISBN 7-04-005877-4

I. 材… II. ①唐… ②杨… ③丁… III. 工程材料-应用化学 IV. TB3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 12167 号

*

高等教育出版社出版

北京沙滩后街 55 号

邮政编码:100009 传真:64014048 电话:64054588

新华书店总店北京发行所发行

北京印刷二厂印装

*

开本 850×1168 1/32 印张 13.25 字数 340 000

1997 年 7 月第 1 版 1997 年 7 月第 1 次印刷

印数 0001—3 502

定价:12.80 元

凡购买高等教育出版社的图书,如遇缺页、倒页、

质量问题者,请与当地图书销售部门联系调

版权所有,不得翻印

TB3

0094

内 容 简 介

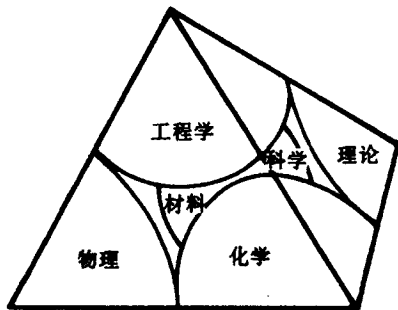
本书是材料化学课程的教材,以高等学校本科大学生为主要对象。

全书共分八章,较系统地介绍了材料化学这一新兴分支学科的理论基础、学科内容、材料的应用及其研究进展情况。内容包括:绪论、材料化学的理论基础、材料结构的表征、材料制备化学、材料的结构与物理性能、新型结构材料、新型功能材料、功能转换材料等。内容翔实,作者注意及时反映材料科学领域中的新成就、新进展,使读者能较系统地、全面地了解材料化学的全貌和发展方向。

本书可供应用化学、化学、材料科学、化工、冶金等专业本科生、研究生做教材,也可供其他有关专业教师、工程技术人员做参考书。

序 言

在科学技术发展的过程中,各门学科各有自己的研究对象(即物质世界的不同领域和不同层次),也各有自己的理论体系和研究方法。物理学任务是研究物质中原子及电子的运动、相互作用、以及物质结构与物性间的关系;提出能阐明物性的理论和模型。物理学强调物质运动的共同规律性;注重物性的连续变化;探索物性与结构之间的定量关系。化学则着重研究实在物质的制备、反应、以及结构和物性的关系。化学特别注重物性随组成变化而产生的特殊性;注意由于组成改变而导致物性的突变(不连续性);探索物性与组成和结构之间的定性关系。现代工程学以改造自然为目的,运用数学和自然科学方面的专业知识,以经济地、有效地利用自然资源、设计和实施生产过程,把资源转化为结构、机械或产品,以造福于人类。新兴的材料科学则是根据工程的需要,在物理学和化学这两门基础科学及其理论的基础上,形成的一种学科交叉的边缘学科。以上这几门学科的关系可以用一个正四面体图来表示:



物理学、化学及其理论处于四面体基面的三个顶角,工程学处于四面体的顶角,材料科学则位于四面体的中心。这个四面体图表明:材料科学是以物理、化学及相关理论为基础,根据工程对材料的需要,设计一定的工艺过程,把原料物质制备成可以实际应用的材料和元器件,使其具备规定的形态和形貌,如多晶、单晶、纤维、薄膜、陶瓷、玻璃、复合体、集成块等;同时具有指定的光、电、声、磁、热学、力学、化学等功能,甚至具备能感应外界条件变化并产生相应的反应和执行行为的机敏性和智能性。应该指出的是:材料和器件紧密关联,材料离开器件就会失去其意义,器件离开材料也不可能实现其功能。虽然工程学要求于材料或器件的是材料的一些宏观物性及其技术参数,但要使材料具备这些特定的物性,就必须深入研究和掌握物质的内在组成、结构与物性之间的定量的以及定性的关系。因此物理学和化学以及它们的实验和理论就构成了材料科学的基础。近年来又进一步地生长出材料物理和材料化学这两个新兴的边缘学科,使物理和化学这两门基础学科更直接地介入材料科学。

现代科学技术本身的发展,以及它所面临的要解决的课题和任务,需要各学科之间紧密的联合和相互理解。学科的生长和发展,就是在不断地改革、开放、互相交叉、渗透中进行的,材料化学的兴起就是一个很好的例证。化学参与材料科学是理所当然和责无旁贷的,因为化学家对于物质的结构和成键的复杂性有着深刻的理解,并掌握着精湛的化学反应实验技术,这些在探索和开发具有新组成、新结构和新功能的材料方面,在材料的复合、集成、加工等方面,可以大有作为。例如在新材料的研制中,可以进行分子设计和分子剪裁;可以设计新的反应步骤;可以在极端条件下进行反应,如在超高压、超高温、强辐射、冲击波、超高真空、无重力等环境中进行反应,合成在地面常规条件下无法合成的新化合物。这些极端条件下的反应我们称之为硬化学(hard chemistry)反应。也可以在温和条件下进行化学反应,以控制反应的过程、路径和机

制,一步步地设计中间产物和最终产物的组成和结构,剪裁其物理和化学性质,可以形成介稳态、非平衡态结构,形成低熵、低焓、低维、低对称性材料,可以复合不同类型、不同组成的材料(有机物-无机物、金属-陶瓷、无机物-生物体等),这种温和可控的化学反应,如溶液-溶胶-凝胶反应、插层反应、前身物法、水热合成反应、局部化学反应、离子交换反应、助熔剂反应等,我们可以称之为软化学(soft chemistry)方法。

近年来纳米科技的发展使我们知道:物质的性质并不是直接由构成物质的原子和分子决定的,在宏观物质和微观原子分子之间还存在着一个介观层次,即纳米相材料(nanophase materials),这种由有限分子组装起来的纳米相材料表现出异于宏观物质的物性。纳米科技把物质内部潜在的丰富结构和性能开发出来,就像30~40年代核科技把原子核内蕴藏的数百万倍能量开发出来那样。纳米相材料在信息科技的超微化、高密度、高灵敏度、高集成度和高速度的发展中,将发挥巨大的作用。材料化学可以多种巧妙的反应手段来制备得到这类纳米相材料。例如数十种具有光、电、磁等功能的单一或复合的3~10nm的纳米陶瓷材料,可以通过碱土金属氢氧化物溶液和相应的各种过渡金属氢氧化物凝胶之间的回流反应来制备;也可以在油包水的微乳液环境中,使相应金属醇盐或配合物进行反应来制得。这些方法和缓可控、简便易行。

面对世纪之交,国民经济高速发展,信息、生命、能源、交通、环境、高科技产业和国防建设对新型材料的需求比以往更为迫切,建立新的材料化学体系是一项重要的任务,学科的交叉、渗透,任务的综合性和相互协作也为材料化学的发展提供了新的机遇。希望有愈来愈多的化学家投身于材料化学的教学和科学研究工作。

苏勉曾

1996年2月于北京大学

前 言

材料是一切科学技术的物质基础,材料科学是当前科学研究的前沿。作为沟通化学与其他科学之间关系的应用化学,涉及材料及与材料有关的问题日益增多。这就要求应用化学专业的学员对材料科学有更好的了解,特别是材料科学中的化学问题。事实上,随着材料科学的发展,它与化学和化学工业的唇齿相依关系日益明显,并形成了一门分支学科——材料化学。这也成为应用化学专业必须包括的重要内容。

根据应用化学专业的特点,它涉及的领域非常广泛。因此,材料化学既是其重要内容,对它的了解又只能是基础性的和梗概性的,于是一本合适的教材就成为十分关键的问题。

综合考察一些邻近专业的教材,大致分为三类。第一类是材料科学和材料工程方面的,这类教材很多,其内容重点集中在金属材料方面,而对于非金属材料,或称之为化学材料,却显得很薄弱,其适用范围实际上是一些金属材料方面的专业。第二类教材是化学方面的,如固体化学等,这类教材以化学为主,具体涉及材料不多,特别是对于一些新材料和进展几无提及。第三类教材是单科性的,如高分子材料、陶瓷材料等,这些教材对于应用化学专业的要求而言,显然不够全面。因此,编写一本适用于应用化学专业的,既全面地又基础地介绍材料科学中的化学问题的教材,就显得迫切需要。这就是提议编写《材料化学导论》的缘故。

在高等学校理科化学教学指导委员会应用化学教材建设组和高等教育出版社的大力支持和指导下,由上海交通大学唐小真教授、天津大学杨宏秀教授、厦门大学丁马太教授等共同编写了本书。这对于培养应用化学专业的学生,是一件极有意义的工作。

我深信,读者从这里肯定可以全面扼要地了解材料科学中的化学问题,有助于从事材料的研究、开发和应用工作。

上海交通大学 徐祥铭

1996年3月15日

编者的话

本书涉及的内容十分丰富,它跨越了化学和材料两大学科,是根据高等学校理科本科应用化学专业教学基本要求而编写的,目的在于拓宽读者的知识面,启发读者的思路。部分学校的教学实践表明,书中有关内容受到读者的极大欢迎。本书的编写宗旨体现在所论述的主题是材料科学中的化学问题,沟通了化学和材料两大学科领域,在两大学科领域中起到桥梁作用。

材料科学在每次产业革命中无不起到举足轻重的先导作用。从历史上看,它可以引起一次产业革命,也可以在一次产业革命中起到关键的核心作用。在当前科学技术迅猛发展的形势下,材料科学的一个最大特点是与化学或化学工业建立了日益密切的不可分离的关系。如果说经典的材料科学注重于材料的应用性能和制造工艺的话,那么今天的材料科学则更注重于材料的性能与微观分子结构、宏观形态之间的关系,即宏观的材料性能与微观的化学结构之间的关系,甚至在某些材料领域中,与其说是材料科学,还不如说是化学更为恰当一些。综观目前国际上高科技领域的新材料,它们大多与化学和化工有着唇齿相依的关系,并已成为化学化工产业中的支柱。

在科技发展的今天,作为沟通化学与其他科学之间关系的专业——应用化学专业,将起到越来越重要的作用,而材料化学已成为应用化学的主要分支之一。在应用化学中,对材料的研究已深入到各个领域。如在无机材料中,经典的陶瓷材料要想获得其适应高科技应用的优良性能,不能不建筑在化学的分子设计和结构上。功能性陶瓷、聚合物陶瓷等材料都是化学领域的重要研究课题。至于有机聚合物材料,自始至终是化学领域中的重要研究方向,随着石油化学工业的飞跃发展,它们的应用范围已遍及所有的

产业部门,且在很大程度上替代了传统的金属材料,达到质轻价廉、性能优越的目的。材料化学在化学和材料科学中的重要性由此可见一斑。

鉴于材料化学在化学和材料科学中的重要作用,有关专业对于出版这本书显得尤为迫切,本书即是在这样的情况下编写的。编者将较全面地介绍有关材料化学的基本内容。主要内容包括材料结构的基本理论、材料的表征、材料的制备以及材料的结构与性能之间的关系。考虑到本书的有限篇幅以及某些内容在化学或材料科学著作中已有详尽、系统的介绍,因此,如金属材料、有机聚合物材料等,就不再重复,仅为了完整起见略微提及。

由于编者的水平有限,难免在书中有很多疏漏、不当和错误之处,恭请各位读者指正并原谅。

本书由上海交通大学徐祥铭教授提议编写,并始终在国家教育委员会高等学校理科化学教学指导委员会应用化学教材建设组和高等教育出版社的指导下,特别是在朱明华教授、冯仲嬖教授的悉心指导下进行编写的。书稿荣幸地由北京大学苏勉曾教授评审,得到了详细、关键和系统的指点,在本书出版之际,谨向他们和其他给予过帮助的各位专家表示由衷的谢意。

编 者

1996年3月5日

责任编辑 王蕙桦
封面设计 刘晓翔转周小萍
责任绘图 社外,社内彭红
版式设计 杨凤玲
责任校对 姜国平
责任印制 孔 源

目 录

序言	(1)
前言	(1)
编者的话	(1)
第一章 绪论	(1)
1.1 材料的发展过程	(1)
1.2 材料的分类	(7)
1.3 材料科学和材料化学	(12)
1.3.1 材料研究中的化学问题	(12)
1.3.2 从原料到材料——化学过程和材料过程	(15)
第二章 材料化学的理论基础	(18)
2.1 固体——晶体和非晶体	(18)
2.1.1 固体性和流动性	(18)
2.1.2 晶体的宏观特征	(21)
2.1.3 非晶态与晶态间的转化	(23)
2.2 晶体材料的微观结构	(24)
2.2.1 空间点阵	(24)
2.2.2 晶向、晶面和它们的标志	(26)
2.2.3 点群和空间群	(29)
2.3 晶体的能带理论	(38)
2.3.1 共有化电子	(38)
2.3.2 能带理论	(40)
2.3.3 能带理论的应用	(44)
2.4 缺陷和非整比化合物	(50)
2.4.1 晶体点阵缺陷的分类	(51)
2.4.2 点缺陷	(52)
2.4.3 点缺陷的统计理论	(54)
2.4.4 缺陷化学基础	(57)

2.4.5	材料缺陷的化学处理方法	(61)
2.4.6	非整比化合物晶体	(64)
2.4.7	位错及其对固体物性的影响	(66)
2.4.8	晶界及其化学	(72)
2.5	非晶态结构的几何特征	(74)
2.5.1	非晶态材料	(75)
2.5.2	径向分布函数(RDF)	(77)
2.5.3	无规密堆积和无规密堆硬球模型	(80)
2.5.4	非晶态材料的稳定性	(83)
2.6	相图和相图化学	(86)
2.6.1	相律	(86)
2.6.2	固溶体	(88)
2.6.3	中间相	(92)
2.6.4	二元系相图总论	(95)
2.6.5	三元系相图总论	(99)
2.6.6	相图与新材料	(102)
2.7	固态相变	(104)
2.7.1	相变的类型	(105)
2.7.2	重建型相变	(106)
2.7.3	连续相变	(107)
2.7.4	固体中的扩散	(108)
2.7.5	相变动力学	(111)
2.7.6	相变增韧	(116)
2.8	聚合物的结构特征	(119)
2.8.1	聚合物的微观结构	(119)
2.8.2	聚合物材料的聚集状态	(122)
2.8.3	聚合物中的分子运动	(124)
2.8.4	聚合物的织态结构	(126)
2.8.5	聚合物的老化与稳定	(128)
第三章	材料结构的表征	(132)
3.1	材料结构的表征	(132)
3.2	热分析技术	(132)

3.2.1	热重分析	(133)
3.2.2	差热分析和差示扫描量热分析	(134)
3.2.3	热分析技术的应用	(135)
3.3	显微技术	(137)
3.3.1	透射电子显微镜	(138)
3.3.2	扫描电子显微镜	(138)
3.4	X射线衍射技术	(139)
3.4.1	X射线的产生及X射线的衍射和散射	(139)
3.4.2	粉末法X射线衍射分析	(143)
3.4.3	单晶法X射线衍射分析	(146)
3.5	波谱技术	(148)
3.5.1	波谱技术的原理	(148)
3.5.2	紫外、可见分光光谱	(150)
3.5.3	分子振动波谱	(153)
3.5.4	核磁共振谱和电子自旋共振谱	(157)
3.5.5	原子吸收光谱	(160)
3.5.6	发射光谱	(161)
3.5.7	火焰原子发射法	(162)
3.5.8	荧光分析和X射线荧光分析	(162)
3.5.9	材料的表面分析技术	(164)
第四章	材料制备化学	(169)
4.1	化学合成与材料制备	(169)
4.2	晶体材料的制备	(170)
4.2.1	陶瓷法	(170)
4.2.2	化学法	(173)
4.2.3	化学气相沉积法	(177)
4.2.4	其他方法	(178)
4.3	微晶颗粒和团簇的制备	(182)
4.4	无定形材料的制备	(182)
4.5	晶体生长	(184)
4.6	聚合物材料的制备	(187)
第五章	材料的结构与物理性能	(189)

5.1	晶体材料的结构与物理性能	(189)
5.2	非晶体材料的结构与物理性能	(191)
5.3	液晶材料的结构与物理性能	(193)
第六章	新型结构材料	(197)
6.1	高温结构材料	(197)
6.1.1	超耐热合金	(197)
6.1.2	高温结构陶瓷	(199)
6.2	轻型结构材料	(203)
6.2.1	铝锂合金	(203)
6.2.2	纤维材料	(205)
6.3	超低温材料	(213)
6.3.1	超低温对于材料的特殊要求	(213)
6.3.2	超低温材料的研究	(214)
6.4	超硬材料	(216)
6.4.1	硬质合金	(216)
6.4.2	超硬陶瓷	(218)
6.5	超塑性合金	(221)
6.5.1	超塑性现象	(221)
6.5.2	超塑性显微变形机理	(225)
6.5.3	微细晶粒超塑性合金的特征	(227)
6.5.4	超塑性合金的应用	(228)
6.6	非晶态金属材料	(229)
6.6.1	非晶态金属材料的基本特性	(229)
6.6.2	非晶态合金的应用	(232)
6.7	新制备方法开发的新材料	(236)
6.7.1	纳米材料	(236)
6.7.2	快速凝固材料	(239)
6.7.3	单晶合金	(243)
6.7.4	高强耐热低合金	(245)
6.7.5	离子注入法制备新材料	(247)
6.7.6	在太空中制备材料	(250)
6.8	工程塑料	(251)

6.8.1	ABS 塑料	(251)
6.8.2	聚酰胺	(252)
6.8.3	聚碳酸酯	(252)
6.8.4	聚甲醛	(253)
6.8.5	聚砜	(254)
6.8.6	聚酯	(256)
6.8.7	含氟塑料	(257)
6.9	复合材料	(259)
6.9.1	树脂基复合材料	(260)
6.9.2	金属基复合材料	(261)
6.9.3	陶瓷基复合材料	(262)
6.9.4	功能复合材料	(264)
第七章	新型功能材料	(266)
7.1	形状记忆合金	(266)
7.1.1	热弹性马氏体相变机理	(267)
7.1.2	应力诱导马氏体相变机理	(270)
7.1.3	形状记忆合金的应用	(272)
7.1.4	形状记忆树脂	(275)
7.2	减振材料	(279)
7.3	贮氢材料	(281)
7.3.1	贮氢原理	(281)
7.3.2	贮氢合金的开发	(282)
7.3.3	热泵	(283)
7.3.4	贮氢合金的其他应用	(285)
7.4	液晶材料	(286)
7.4.1	液晶的分子结构	(287)
7.4.2	影响液晶特性的结构因素	(293)
7.4.3	液晶的性质与应用	(295)
7.5	超导材料	(300)
7.5.1	高临界温度的氧化物超导体	(302)
7.5.2	M_xC_{60} 超导体	(305)
7.5.3	超导材料的应用前景	(308)

7.6	光导纤维	(310)
7.6.1	光导原理	(310)
7.6.2	石英光纤	(311)
7.6.3	非氧化物光纤	(314)
7.6.4	聚合物光纤	(315)
7.7	分离膜	(316)
7.7.1	致密膜	(317)
7.7.2	多孔膜	(318)
7.7.3	聚合物膜的传质机理及应用	(320)
7.8	医用聚合物材料	(331)
7.8.1	聚合物生物材料	(331)
7.8.2	聚合物药物	(336)
7.9	其他现代功能材料	(338)
7.9.1	磁功能材料	(338)
7.9.2	声功能材料	(342)
7.9.3	光功能材料	(345)
7.10	准晶体	(357)
第八章	功能转换材料	(359)
8.1	热电材料	(359)
8.1.1	热电效应	(359)
8.1.2	热电材料及其应用	(360)
8.2	压电材料	(361)
8.2.1	压电效应与逆压电效应	(361)
8.2.2	压电材料及其应用	(361)
8.3	光电材料	(363)
8.3.1	光电效应	(363)
8.3.2	光电池材料	(365)
8.4	热释电材料	(366)
8.4.1	热释电效应	(366)
8.4.2	热释电材料及其应用	(367)
8.5	磁光材料	(367)
8.5.1	磁光效应	(367)