

# 目 录

前言 .....	陆学善 (ix)
第一章 晶体生长的热力学基础及成核理论 .....	唐棣生 (1)
1.1 引言 .....	1
1.2 热力学基础知识 .....	2
1.2.1 热力学第一定律 .....	2
1.2.2 热力学第二定律 .....	3
1.2.3 开放系的化学势 .....	4
1.2.4 焓、亥姆霍兹自由能、吉布斯自由能 .....	5
1.2.5 熵的统计力学解释 .....	7
1.2.6 热容 .....	11
1.2.7 热力学第三定律 .....	13
1.2.8 理想气体的化学势 .....	14
1.2.9 凝聚相的化学势 .....	15
1.3 相平衡及相变 .....	16
1.3.1 热平衡 .....	17
1.3.2 力学平衡 .....	18
1.3.3 传质平衡 .....	19
1.3.4 相律 .....	20
1.3.5 相变 .....	23
1.4 相图 .....	27
1.4.1 单元系相图 .....	27
1.4.2 二元系相图 .....	29
1.4.3 三元系相图 .....	42
1.5 晶体生长的成核过程 .....	51
1.5.1 相变驱动力 .....	52
1.5.2 均匀成核过程 .....	55
1.5.3 临界晶核及其形成能 .....	59
1.5.4 核化速率 .....	64

1.5.5 非均匀成核 .....	68
1.6 晶体的平衡形态 .....	72
参考文献 .....	76
<b>第二章 晶体生长动力学</b> .....	张克从 (77)
2.1 晶体生长形态 .....	77
2.1.1 晶体生长形态与生长速率间的联系 .....	78
2.1.2 晶体生长的平衡形态 .....	79
2.1.3 晶体形态与其内部结构间的联系 .....	81
2.1.4 生长环境相对晶体生长形态的影响 .....	85
2.2 输运效应 .....	89
2.2.1 热量输运 .....	90
2.2.2 扩散 .....	93
2.2.3 边界层理论 .....	98
2.2.4 溶质的分凝系数 .....	101
2.2.5 熔体稳定性的判据 .....	105
2.3 生长界面的稳定性 .....	108
2.3.1 研究界面稳定性所应遵循的几个条件 .....	108
2.3.2 生长界面稳定性的判据 .....	110
2.3.3 分格结构 .....	117
2.4 界面结构模型 .....	119
2.4.1 完整突变光滑面模型 .....	120
2.4.2 非完整突变光滑面模型 .....	123
2.4.3 界面的粗糙度 .....	124
2.4.4 粗糙突变界面模型 .....	125
2.4.5 扩散界面模型 .....	129
2.5 生长界面动力学 .....	137
2.5.1 完整突变光滑面的生长 .....	138
2.5.2 非完整突变光滑面的生长 .....	152
2.5.3 粗糙突变界面的生长 .....	156
2.5.4 扩散界面的生长 .....	158
参考文献 .....	161
<b>第三章 从溶液中生长晶体</b> .....	蒋民华 (163)

3.1	溶液和溶解度	164
3.1.1	溶液的概念	164
3.1.2	溶解度和溶解度曲线	166
3.1.3	饱和与过饱和	170
3.1.4	溶液饱和温度、溶解度和过饱和度的测定	174
3.1.5	溶剂的选择和水溶液的结构	179
3.1.6	溶液的物理性质	183
3.2	溶液生长中的平衡	187
3.2.1	平衡和结晶过程的驱动力	187
3.2.2	分配系数	190
3.2.3	相稳定区和亚稳相的生长	191
3.3	从溶液中生长晶体的方法	195
3.3.1	降温法	196
3.3.2	流动法(温差法)	200
3.3.3	蒸发法	202
3.3.4	凝胶法	204
3.3.5	电解溶剂法	207
3.4	水溶性单晶生长的完整性	213
3.4.1	籽晶	214
3.4.2	介质对晶体生长的影响	216
3.4.3	水溶性晶体的常见缺陷和单晶完整性的控制	223
	参考文献	228
<b>第四章</b>	<b>水热法晶体生长</b>	经和贞 (230)
4.1	水热结晶热力学	231
4.1.1	高温高压下水的热力学特性	231
4.1.2	A-H <sub>2</sub> O 及 A-B-H <sub>2</sub> O 相分析	234
4.1.3	水热溶解反应	239
4.2	水热结晶动力学	242
4.2.1	生长率各向异性	243
4.2.2	温差	245
4.2.3	晶体的生长速率与溶液过饱和度的关系	246
4.2.4	压力	248

4.2.5	挡板 .....	249
4.2.6	溶剂(矿化剂溶液)的化学成分及其浓度 .....	249
4.2.7	培养体和生长面积 .....	251
4.3	水热法晶体生长技术 .....	251
4.3.1	高压釜 .....	251
4.3.2	高压釜的加热系统与温度控制 .....	259
4.4	几种典型晶体的水热合成 .....	259
4.4.1	人造水晶的水热合成 .....	259
4.4.2	碱性角闪石石棉的水热合成 .....	272
4.4.3	红宝石的水热合成 .....	276
4.4.4	其他晶体的水热合成 .....	281
	参考文献 .....	283
<b>第五章</b>	<b>助熔剂法生长单晶</b> .....	<b>贾惟义 (285)</b>
5.1	助熔剂的物理化学性质 .....	287
5.1.1	助熔剂的类型 .....	287
5.1.2	助熔剂的选择 .....	288
5.1.3	熔点 .....	289
5.1.4	挥发性 .....	290
5.1.5	粘滞度 .....	292
5.1.6	溶解度 .....	294
5.2	助熔剂熔液中的相关关系 .....	297
5.3	助熔剂晶体生长动力学 .....	302
5.3.1	三维成核 .....	302
5.3.2	稳态生长 .....	303
5.3.3	稳态生长条件 .....	307
5.4	助熔剂晶体生长——自发成核法 .....	309
5.4.1	缓冷法 .....	310
5.4.2	缓冷法的改进 .....	311
5.4.3	蒸发法 .....	315
5.4.4	助熔剂反应法 .....	316
5.5	助熔剂晶体生长——籽晶法 .....	318
5.5.1	助熔剂提拉法 .....	318

5.5.2	移动溶剂熔区法 .....	323
5.5.3	坩埚倾斜法和倒转法 .....	326
5.6	晶体缺陷及完整性的控制 .....	326
5.6.1	包裹体 .....	326
5.6.2	生长条纹 .....	327
5.6.3	位错 .....	329
5.6.4	替代式杂质及成分不均匀性 .....	330
5.7	助熔剂液相外延 .....	332
5.7.1	实验技术 .....	333
5.7.2	磁性石榴石薄膜生长 .....	336
5.7.3	液相外延动力学模型 .....	339
	参考文献 .....	350
<b>第六章</b>	<b>从熔体中生长晶体</b> .....	姜彦岛 (354)
6.1	熔体生长过程的特点 .....	355
6.2	熔体生长的方法 .....	357
6.2.1	正常凝固法 .....	358
6.2.2	逐区熔化法 .....	362
6.3	熔体生长的一般原理 .....	364
6.3.1	结晶过程的驱动力 .....	364
6.3.2	溶质分凝以及晶体和熔体中的溶质分布 .....	367
6.3.3	热传输、温度分布和对流 .....	379
6.3.4	界面稳定性、组分过冷和分格结构 .....	393
6.4	提拉法的工艺问题和晶体完整性的控制 .....	400
6.4.1	提拉法的工艺问题 .....	400
6.4.2	缺陷的形成和晶体完整性的控制 .....	413
	参考文献 .....	429
<b>第七章</b>	<b>坩埚下降法</b> .....	孙建仁 (432)
7.1	温度梯度的影响 .....	432
7.2	固-液界面的形状和位置 .....	434
7.2.1	固-液界面的形状和位置的影响 .....	434
7.2.2	“无限长”坩埚固-液界面位置和形状 .....	436
7.2.3	有限长坩埚中的固-液界面移动速度 .....	442

7.3	晶体中杂质的分布 .....	444
7.4	晶种的培育和坩埚的选择 .....	447
7.4.1	晶种的培育和坩埚形状 .....	447
7.4.2	坩埚材料 .....	449
7.5	结晶炉 .....	450
7.5.1	采用悬挂坩埚的结晶炉 .....	450
7.5.2	采用冷却棒的结晶炉 .....	452
7.5.3	真空电阻炉 .....	453
7.6	结晶工艺过程 .....	454
7.7	其它类型的坩埚生长法 .....	457
7.7.1	用液封垂直梯度凝固技术生长 GaP 单晶 .....	457
7.7.2	热交换法 .....	459
7.7.3	合成溶质扩散法生长 $\text{GaAs}_{(1-x)}\text{P}_x$ .....	459
	参考文献 .....	460
<b>第八章</b>	<b>焰熔法生长宝石等晶体</b> .....张乐濂、吴 星 (461)	
8.1	焰熔法概述 .....	461
8.2	宝石的成分、性能、晶体形态和结构 .....	463
8.2.1	宝石的成分、性能和用途 .....	463
8.2.2	宝石的形态和结构 .....	464
8.3	焰熔法生长宝石原料的制备 .....	468
8.3.1	原料的合成 .....	468
8.3.2	铝铵矾的提纯 .....	468
8.3.3	铝铵矾的热解过程及人造宝石粉料的要求 .....	468
8.4	焰熔生长炉 .....	470
8.4.1	火焰的燃烧和燃烧装置 .....	470
8.4.2	供气系统和气压稳定装置 .....	473
8.4.3	结晶炉体结构 .....	474
8.4.4	下料系统及下降机械 .....	475
8.4.5	焰熔生长炉的自动控制 .....	476
8.4.6	盘状宝石与盘状宝石炉 .....	477
8.5	宝石的定向生长 .....	478
8.5.1	宝石的各向异性 .....	478

8.5.2	宝石的定向生长与成品率 .....	479
8.5.3	定向生长与晶体完整性等 .....	481
8.5.4	定向生长方法 .....	481
8.5.5	焰熔法生长宝石中出现的一些问题 .....	484
8.5.6	影响晶体质量的一些关键因素 .....	487
8.6	宝石晶体的退火处理 .....	487
8.7	焰熔法生长红宝石的完整性问题 .....	490
8.7.1	焰熔宝石的高位错密度 .....	491
8.7.2	红宝石的嵌镶结构及晶轴扭曲 .....	491
8.7.3	红宝石铬离子浓度分布及折射率的不均匀性 .....	493
8.7.4	其他 .....	493
8.8	焰熔法生长的现状和改进 .....	494
	参考文献 .....	498
<b>第九章</b>	<b>合成云母</b> .....	王国方、韩芑楝 (500)
9.1	概况 .....	500
9.2	无坩埚内热法 .....	502
9.2.1	原理和工艺流程 .....	502
9.2.2	晶块内云母晶体的生长情况 .....	504
9.2.3	配料组成对晶体生长的影响 .....	512
9.2.4	工艺条件对晶体生长的影响 .....	514
9.2.5	内热法的特点及其改进 .....	516
9.3	坩埚下降晶种法 .....	518
9.3.1	生长工艺 .....	519
9.3.2	坩埚下降晶种法氟金云母的生长机理 .....	523
9.3.3	晶体宏观缺陷的成因 .....	530
9.3.4	坩埚下降晶种法的热工条件 .....	536
9.3.5	温度场的稳定性及其对生长的影响 .....	537
9.4	合成云母的结构、性能和特殊应用 .....	541
9.4.1	云母结构 .....	541
9.4.2	主要性能 .....	548
9.4.3	特殊应用 .....	554
	参考文献 .....	560
<b>第十章</b>	<b>人造金刚石</b> .....	沈主同 (562)

10.1	碳的同素异形(构)体和多晶现象 .....	565
10.1.1	金刚石的结构特征 .....	566
10.1.2	石墨的结构特征 .....	571
10.1.3	白碳的结构特征 .....	572
10.2	人造金刚石的基本原理与形成机制的探讨 .....	574
10.2.1	直接法人造金刚石的形成机制 .....	576
10.2.2	熔(溶)媒法人造金刚石的形成机制 .....	584
10.2.3	外延法人造金刚石的形成机制 .....	605
10.3	人造金刚石的若干技术与工艺 .....	606
10.3.1	静压法人造金刚石 .....	606
10.3.2	动压法人造金刚石 .....	618
10.3.3	低压法人造金刚石 .....	621
10.4	金刚石晶体的形态和缺陷 .....	622
10.4.1	金刚石晶体的形态 .....	622
10.4.2	金刚石晶体中的缺陷 .....	628
10.5	超高压合成其它新材料 .....	632
	参考文献 .....	635
<b>第十一章 晶体的不完整性及其观测技术 .....</b>		
	..... 蒋培植、刘琳、车广灿、常英传、古元新、范海福 (639)	
11.1	晶体的不完整性 .....	639
11.1.1	晶体中的点缺陷 .....	640
11.1.2	线缺陷 .....	644
11.1.3	面缺陷 .....	654
11.1.4	体缺陷 .....	664
11.2	晶体不完整性的观测技术 .....	670
11.2.1	位错的光学观察 .....	670
11.2.2	激光光谱分析 .....	675
11.2.3	电子探针 .....	678
11.2.4	离子探针 .....	682
11.2.5	观察晶体缺陷的X射线形貌术 .....	692
11.2.6	电子显微分析技术 .....	703
	参考文献 .....	721
	<b>索引 .....</b>	<b>727</b>