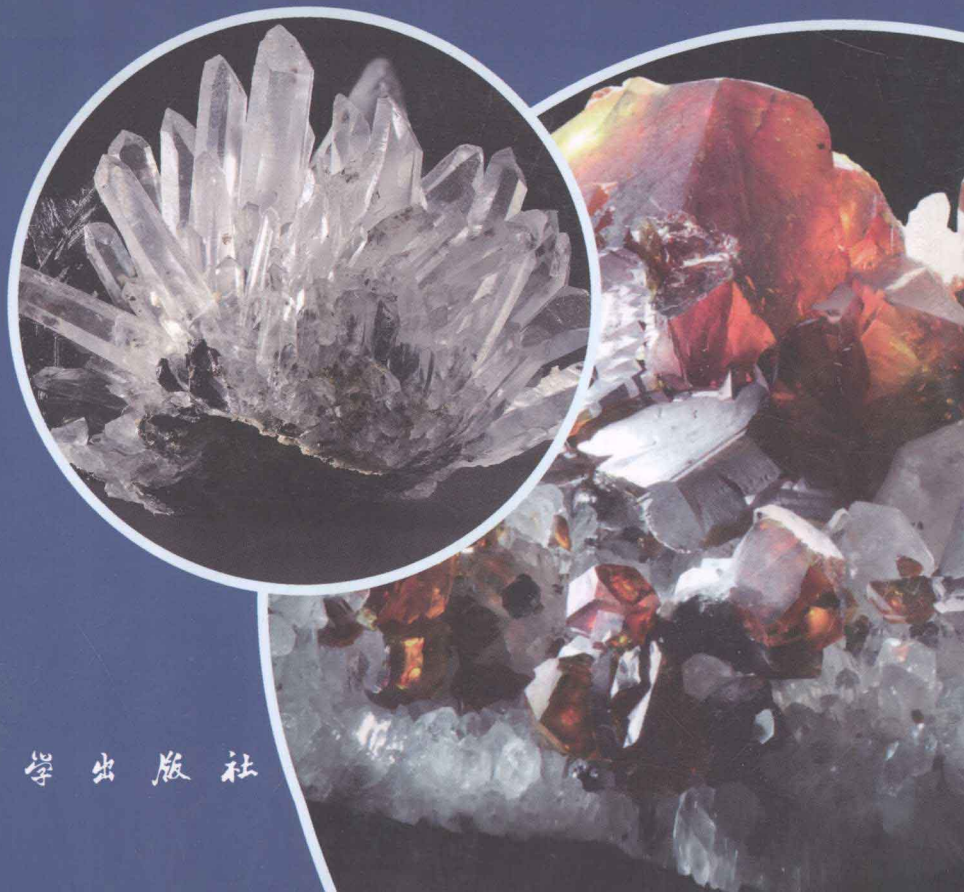


图形化半导体材料特性手册

季振国 编著



科学出版社

图形化半导体材料特性手册

季振国 编著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书收集了 27 种半导体材料的特性数据, 内容涉及半导体材料的基本参数, 如能带结构、载流子输运特性、热学性能、电学性能、光学性能、热电效应、磁场效应、压电效应等。

本书共有图表数据九百余幅, 其他独立数据数千个, 可供材料科学等相关领域的科研工作者和研究生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

图形化半导体材料特性手册/季振国编著. —北京: 科学出版社, 2013
ISBN 978-7-03-039010-3

I. ①图… II. ①季… III. ①半导体材料—特性—手册 IV. ①TN304-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 257070 号

责任编辑: 张海娜 姚庆爽 / 责任校对: 张怡君

责任印制: 张 倩 / 封面设计: 蓝正设计

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

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销



*

2013 年 11 月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2013 年 11 月第一次印刷 印张: 24 1/2

字数: 490 000

定价: 118.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

众所周知，手册的基本要求是数据的权威性和可靠性。但是，由于半导体材料的性能与制备工艺、杂质与缺陷的种类与密度密切相关，加上不同研究人员使用的测试方法或仪器的精度不同，因此数据的分散性相比其他材料而言要大得多。实际上，在撰写本书的过程中我们发现不同研究人员给出的性能参数很多数值相差很大，不同测试方法给出的数据也有很大的差别。因此，很难确定究竟该采用哪组数据。在很多情况下，我们必须把不同研究人员获得的数据同时列出。另外，本书的数据大部分是通过已经发表的文献中的图表扫描后再进行数字化获得。因此，书中数据的误差来源很多，如文献中原始图片的质量不高、扫描过程中图片的畸变、数字化过程中数据点选取不当等。最后，由于数据来源的时间跨度很大，不同文献提供的数据单位也可能完全不同，例如，压强的单位就有 GPa、 dyn/cm^2 、kbar、 kg/m^2 、 g/cm^2 等。为了避免单位转换时发生差错，本书没有对同一物理量的单位进行统一。

本书收集了 27 种半导体材料，共有数据图表九百余幅，其他独立数据数千个，内容涉及半导体材料的基本参数，如能带结构、载流子输运特性、热学性能、电学性能、光学性能、热电效应、磁场效应、压电效应等。书中给出了不少参数随温度或电场强度变化的曲线，非常适合科研工作者参考。本书绝大部分曲线已数字化，读者如需要某种特定材料的某些数据，可以通过电子邮件（jizg@hdu.edu.cn）向本书作者索要相关的数字文档。

席俊华、张峻、李红霞、孔哲、黄延伟、张尔攀、李阳阳等参与了部分章节的编写工作，在此表示感谢。

目 录

前言

图表目录

第 1 章	数据结构说明	1
第 2 章	金刚石 (C)	4
第 3 章	锗 (Ge)	16
第 4 章	硅 (Si)	35
第 5 章	锗硅合金 ($\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$)	54
第 6 章	碳化硅 (SiC)	65
第 7 章	灰锡 ($\alpha\text{-Sn}$)	85
第 8 章	硫化镉 (CdS)	95
第 9 章	碲化镉 (CdTe)	106
第 10 章	氧化锌 (ZnO)	115
第 11 章	硫化锌 (ZnS)	129
第 12 章	氮化镓 (GaN)	141
第 13 章	砷化镓 (GaAs)	155
第 14 章	铟化镓 (InSb)	173
第 15 章	氮化硼 (BN)	192
第 16 章	磷化硼 (BP)	205
第 17 章	铟化铝 (AlSb)	214
第 18 章	铟化镓 (GaSb)	226
第 19 章	磷化铟 (InP)	241
第 20 章	磷化镓 (GaP)	253
第 21 章	砷化铟 (InAs)	269
第 22 章	氮化铟 (InN)	284
第 23 章	砷化铝 (AlAs)	295
第 24 章	磷化铝 (AlP)	304
第 25 章	氮化铝 (AlN)	312
第 26 章	铝镓砷 ($\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$)	322
第 27 章	二氧化锡 (SnO_2)	334
第 28 章	二氧化钛 (TiO_2)	344
	参考文献	352

图表目录

图表 1	金刚石的晶格常数随温度的变化	4
图表 2	金刚石的 P - T 相图	5
图表 3	金刚石-石墨的 P - T 相图	5
图表 4	金刚石的定容比热容随温度的变化	5
图表 5	金刚石的定压比热容随温度的变化	6
图表 6	金刚石的热膨胀系数随温度的变化	6
图表 7	金刚石的热导率随温度的变化(Ib 型)	7
图表 8	金刚石的弹性常数	7
图表 9	金刚石的归一化弹性模量随温度的变化	7
图表 10	金刚石的杨氏模量	7
图表 11	金刚石体模量相关参数	8
图表 12	金刚石努氏硬度随温度的变化-I	8
图表 13	金刚石努氏硬度随温度的变化-II	8
图表 14	金刚石的声子色散关系	9
图表 15	金刚石晶体的振动模式	9
图表 16	金刚石的红外透射光谱	9
图表 17	金刚石的拉曼光谱	9
图表 18	金刚石的声速	10
图表 19	金刚石的能带图	10
图表 20	金刚石的状态密度	11
图表 21	金刚石的禁带宽度随温度的变化	11
图表 22	金刚石晶体中的电子有效质量	11
图表 23	金刚石晶体中的空穴有效质量-I	11
图表 24	金刚石晶体中的空穴有效质量-II	12
图表 25	金刚石的空穴有效质量随温度的变化	12
图表 26	金刚石的紫外光-可见光透射光谱	12
图表 27	金刚石红外波段的透过率(光学级)随波长的变化	13
图表 28	金刚石的反射光谱	13
图表 29	金刚石的折射率随波长的变化	13
图表 30	金刚石的电子迁移率随温度的变化	14
图表 31	金刚石的空穴迁移率随温度的变化	14
图表 32	金刚石的电光常数 P_{11} 随波长的变化	15

图表 33	金刚石的电光常数 P_{12} 随波长的变化	15
图表 34	锗的晶格常数随温度的变化	16
图表 35	锗的熔点随压力的变化	17
图表 36	锗的定容比热容随温度的变化	17
图表 37	锗的定压比热容随温度的变化	18
图表 38	锗的德拜温度随温度的变化	18
图表 39	锗的热膨胀系数随温度的变化	18
图表 40	锗的热导率随温度的变化	19
图表 41	锗晶体的弹性常数	19
图表 42	锗的弹性常数 C_{11} 随温度的变化	19
图表 43	锗的弹性常数 C_{12} 随温度的变化	19
图表 44	锗的弹性常数 C_{44} 随温度的变化	20
图表 45	锗的施主浓度对弹性常数 C_{44} 的影响	20
图表 46	锗晶体的杨氏模量	20
图表 47	锗的杨氏模量 $E_{[111]}$ 随温度的变化	20
图表 48	锗的杨氏模量 $E_{[110]}$ 随温度的变化	21
图表 49	锗的杨氏模量 $E_{[100]}$ 随温度的变化	21
图表 50	锗的杨氏模量 $G_{[100]}$ 随温度的变化	21
图表 51	锗的努氏硬度随温度的变化	22
图表 52	锗的声子色散关系	22
图表 53	锗的声子态密度	23
图表 54	锗晶体的振动模式	23
图表 55	锗的声子频率	23
图表 56	锗在室温下的红外吸收光谱	23
图表 57	锗的透射光谱	24
图表 58	锗的拉曼光谱	24
图表 59	锗的拉曼位移随温度的变化	24
图表 60	锗晶体的声速	24
图表 61	锗的 Grüneisen 参数随温度的变化	25
图表 62	锗的能带图	25
图表 63	锗的状态密度	26
图表 64	锗的间接带隙随温度的变化	26
图表 65	锗的最小直接带隙随温度的变化	26
图表 66	锗中浅施主杂质的电离能	26
图表 67	锗中浅受主杂质的电离能	27

图表 68	锗的电子有效质量	27
图表 69	锗的空穴有效质量-I	27
图表 70	锗的空穴有效质量-II	27
图表 71	锗的介电常数随光子能量的变化	27
图表 72	锗的禁带宽度附近的吸收系数随光子能量的变化	28
图表 73	锗较大能量范围内的吸收系数随光子能量的变化	28
图表 74	锗的反射率随光子能量的变化	28
图表 75	锗的折射率随光子能量的变化	29
图表 76	锗的消光系数随光子能量的变化	29
图表 77	锗在红外波段的折射率随光子能量的变化	29
图表 78	锗的电子迁移率随温度的变化	30
图表 79	锗的电子迁移率随施主浓度的变化	30
图表 80	锗的电子漂移速率随温度的变化	30
图表 81	锗的电子漂移速率随电场强度的变化	31
图表 82	锗的空穴迁移率随温度的变化	31
图表 83	锗的空穴迁移率随受主浓度的变化	31
图表 84	锗的空穴漂移速率随电场强度的变化	32
图表 85	锗的本征载流子浓度随温度的变化	32
图表 86	锗的本征电导率随温度的变化	32
图表 87	锗的压阻特性	33
图表 88	锗的霍尔系数随温度的变化	33
图表 89	锗的磁感应系数随温度的变化	33
图表 90	锗的塞贝克系数随温度的变化	34
图表 91	硅的晶格常数随压强的变化	35
图表 92	硅的晶格常数随温度的变化	35
图表 93	硅的 P - T 相图	36
图表 94	硅的熔点随压强的变化	36
图表 95	硅的定容比热容随温度的变化	37
图表 96	硅的定压比热容随温度的变化	37
图表 97	硅的热膨胀系数随温度的变化	38
图表 98	硅的饱和蒸汽压随温度的变化	38
图表 99	硅晶体的弹性常数	38
图表 100	硅的弹性常数 C_{11} 随温度的变化	38
图表 101	硅的弹性常数 $(C_{11}-C_{12})/2$ 随温度的变化	39
图表 102	硅的弹性常数 C_{44} 随温度的变化	39

图表 103	硅晶体的杨氏模量	39
图表 104	硅的杨氏模量随温度的变化	39
图表 105	硅的体模量随温度的变化	40
图表 106	硅的声子色散关系	40
图表 107	硅的单声子密度	41
图表 108	硅的振动模式	41
图表 109	硅的声子振动频率	41
图表 110	硅的红外吸收光谱	41
图表 111	硅的拉曼光谱	42
图表 112	硅晶体的声速	42
图表 113	硅中声学波的速度	42
图表 114	硅的 Grüneisen 参数随温度的变化	42
图表 115	硅的能带图	43
图表 116	硅的状态密度	43
图表 117	硅的禁带宽度随温度的变化	44
图表 118	硅的禁带宽度随受主浓度的变化	44
图表 119	硅的禁带宽度随施主浓度的变化	44
图表 120	硅的禁带宽度随施主浓度和受主浓度的变化	45
图表 121	硅中浅施主的电离能	45
图表 122	硅中浅受主的电离能	45
图表 123	硅中其他重要杂质	45
图表 124	硅的电子有效质量	45
图表 125	硅的空穴有效质量	46
图表 126	硅的介电常数随光子能量的变化	46
图表 127	硅的吸收系数随光子能量的变化- I	46
图表 128	硅的吸收系数随光子能量的变化- II	47
图表 129	硅的透射光谱	47
图表 130	硅的反射率随光子能量的变化	47
图表 131	硅的折射率随光子能量的变化	48
图表 132	硅红外波段的折射率随波长的变化	48
图表 133	硅的消光系数随光子能量的变化	48
图表 134	硅的电子迁移率随施主浓度的变化	49
图表 135	硅的电子迁移率随施主浓度的变化	49
图表 136	硅的迁移率随温度的变化	49
图表 137	硅的电子漂移速率随电场强度的变化	50

图表 138	硅的空穴迁移率随施主浓度的变化	50
图表 139	硅的空穴迁移率随受主浓度的变化	50
图表 140	硅的电阻率随掺杂浓度的变化	51
图表 141	硅的压阻特性	51
图表 142	硅的电子扩散系数随电场强度的变化	51
图表 143	硅的霍尔系数随温度的变化	52
图表 144	硅的磁阻系数随磁场强度的变化	52
图表 145	硅的塞贝克系数随温度的变化	52
图表 146	硅的热电系数随温度的变化	53
图表 147	硅的能斯特系数随温度的变化-I	53
图表 148	硅的能斯特系数随温度的变化-II	53
图表 149	$\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x}$ 的晶格常数随组分 x 的变化	54
图表 150	$\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 的组分-温度相图	55
图表 151	$\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 的熔点随组分 x 的变化	55
图表 152	$\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 的线性热膨胀系数随组分 x 的变化	55
图表 153	$\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 的热膨胀系数随组分 x 的变化	55
图表 154	$\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 的热膨胀系数随组分 x 和温度 T 的变化	56
图表 155	$\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 的热导率随组分 x 的变化	56
图表 156	$\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 的弹性常数	56
图表 157	$\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 的声子能量	57
图表 158	$\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 的拉曼光谱	57
图表 159	$\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 中的 Ge-Ge 位移随组分 x 的变化	57
图表 160	$\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 中的 Si-Ge 位移随组分 x 的变化	58
图表 161	$\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 中的 Si-Si 位移随组分 x 的变化	58
图表 162	$\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 中的拉曼位移随组分 x 的变化	58
图表 163	$\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 的导带有效状态密度	59
图表 164	$\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 的禁带宽度随组分 x 的变化	59
图表 165	$\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 禁带宽度随组分 x 的变化	59
图表 166	$\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 禁带宽度随组分 x 的变化	59
图表 167	$\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x}$ 电子亲和势随组分 x 的变化	60
图表 168	$\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 的电子有效质量	60
图表 169	$\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 的介电常数随组分 x 的变化	60
图表 170	$\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 的折射率随组分 x 和光子能量的变化	61
图表 171	$\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 的电子霍尔迁移率随组分 x 的变化	61
图表 172	$\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 的空穴迁移率随组分 x 的变化-I	62

图表 173	$\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 的空穴迁移率随组分 x 的变化-II	62
图表 174	$\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 的空穴霍尔迁移率随组分 x 的变化	62
图表 175	$\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 的本征载流子浓度随组分 x 的变化	63
图表 176	$\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 的本征电导率随组分 x 的变化	63
图表 177	$\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 的击穿场强随组分 x 的变化	63
图表 178	$\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 的塞贝克系数随载流子浓度的变化	64
图表 179	3C-SiC 的晶格常数随温度的变化	65
图表 180	6H-SiC 的晶格常数 a 随温度的变化	65
图表 181	6H-SiC 的晶格常数 c 随温度的变化	66
图表 182	SiC 的密度随温度的变化	66
图表 183	3C-SiC 的定压比热容随温度的变化	67
图表 184	3C-SiC 的热膨胀系数随温度的变化	67
图表 185	SiC 的热导率随温度的变化	68
图表 186	SiC 的弹性模量	68
图表 187	3C-SiC 的弹性模量	68
图表 188	3C-SiC 的杨氏模量	68
图表 189	3C-SiC 的声子色散关系	69
图表 190	SiC 不同振动模式的频率	69
图表 191	3C-SiC 不同振动模式的波数	69
图表 192	4H-SiC 的振动能量	69
图表 193	6H-SiC 的振动能量	69
图表 194	3C-SiC 晶体的振动模式	69
图表 195	SiC 薄膜的 FTIR 谱	70
图表 196	20nm 厚 SiC 薄膜的 FTIR 谱	70
图表 197	6H-SiC 的拉曼光谱- I	70
图表 198	6H-SiC 的拉曼光谱- II	71
图表 199	SiC 的 TO 振动拉曼位移随温度的变化	71
图表 200	SiC 的 LO 振动拉曼位移随温度的变化	71
图表 201	6H-SiC 拉曼位移与掺杂元素的关系	71
图表 202	3C-SiC 的声速	72
图表 203	3C-SiC 的能带图	72
图表 204	不同类型 SiC 的吸收光谱	73
图表 205	不同类型 SiC 的禁带宽度随温度的变化	73
图表 206	n 型 3C-SiC 的禁带宽度随掺杂浓度的变化	73
图表 207	p 型 3C-SiC 的禁带宽度随掺杂浓度的变化	74

图表 208	n 型 4H-SiC 的禁带宽度随掺杂浓度的变化	74
图表 209	n 型 6H-SiC 的禁带宽度随掺杂浓度的变化	74
图表 210	p 型 4H-SiC 的禁带宽度随掺杂浓度的变化	75
图表 211	p 型 6H-SiC 的禁带宽度随掺杂浓度的变化	75
图表 212	SiC 中几种常见杂质的固溶度	75
图表 213	SiC 中几种常见施主杂质的电离能	75
图表 214	SiC 中几种常见受主杂质的电离能	76
图表 215	SiC 中的施主电离能	76
图表 216	SiC 中的受主电离能	77
图表 217	不同类型 SiC 的吸收光谱	78
图表 218	6H-SiC 的透射光谱	78
图表 219	3C-SiC 的吸收系数随光子能量的变化	78
图表 220	6H-SiC 的吸收系数随能量的变化	79
图表 221	6H-SiC 的吸收系数随波长的变化	79
图表 222	6H-SiC 的吸收系数随掺杂浓度的变化	79
图表 223	4C-SiC 的吸收系数随光子能量的变化	80
图表 224	SiC 的反射光谱	80
图表 225	6H-SiC 的反射光谱-I	80
图表 226	6H-SiC 的反射光谱-II	81
图表 227	6H-SiC 红外波段的反射光谱	81
图表 228	SiC 的折射率 n 随波长的变化	81
图表 229	SiC 的折射率 n_c 随波长的变化	82
图表 230	SiC 的电子迁移率随温度的变化-I	82
图表 231	SiC 的电子迁移率随温度的变化-II	82
图表 232	SiC 的电子迁移率随载流子浓度的变化	83
图表 233	SiC 的电子漂移速率随电场强度的变化	83
图表 234	6H-SiC 的电子漂移速率随电场强度和温度的变化	83
图表 235	SiC 的本征载流子浓度随温度的变化	84
图表 236	SiC 的击穿场强随掺杂浓度的变化	84
图表 237	α -Sn 的 α - β 转变温度随 Ge 含量的变化	85
图表 238	α -Sn 的德拜温度随温度的变化	86
图表 239	α -Sn 的热膨胀系数随温度的变化	86
图表 240	α -Sn 的声子色散关系	87
图表 241	α -Sn 的声子频率	88
图表 242	α -Sn 的拉曼光谱	88

图表 243	α -Sn 的能带图	88
图表 244	由 n_i - T 确定的 α -Sn 的禁带宽度	89
图表 245	由吸收光谱确定的 α -Sn 的禁带宽度	89
图表 246	α -Sn 的介电常数随光子能量的变化	90
图表 247	α -Sn 的吸收系数随光子能量的变化- I	90
图表 248	α -Sn 的吸收系数随光子能量的变化- II	90
图表 249	α -Sn 的折射率和消光系数随光子能量的变化	91
图表 250	α -Sn 的电子迁移率随温度的变化	91
图表 251	纯 α -Sn 的霍尔迁移率随温度的变化	91
图表 252	α -Sn 的空穴迁移率随温度的变化	92
图表 253	纯 α -Sn 的霍尔迁移率随温度的变化	92
图表 254	α -Sn 的本征载流子浓度随温度的变化	92
图表 255	纯 α -Sn 的霍尔系数随温度的变化- I	93
图表 256	纯 α -Sn 的霍尔系数随温度的变化- II	93
图表 257	纯 α -Sn 的磁阻系数随温度的变化	93
图表 258	三个 α -Sn 样品的热电系数随温度的变化	94
图表 259	闪锌矿结构 CdS 的弹性常数	96
图表 260	纤锌矿结构 CdS 的弹性常数	96
图表 261	CdS 的弹性常数 $C_{33}^{\text{纤}}$ 随温度的变化	96
图表 262	CdS 的弹性常数 $C_{55}^{\text{纤}}$ 随温度的变化	97
图表 263	闪锌矿结构 CdS 的杨氏模量	97
图表 264	纤锌矿结构 CdS 的杨氏模量	97
图表 265	纤锌矿 CdS 的声子色散关系- I	97
图表 266	纤锌矿 CdS 的声子色散关系- II	98
图表 267	纤锌矿 CdS 的声子色散关系- III	98
图表 268	纤锌矿 CdS 的声子态密度- I	98
图表 269	纤锌矿 CdS 的声子态密度- II	99
图表 270	闪锌矿 CdS 的振动模式	99
图表 271	纤锌矿 CdS 的声子频率	99
图表 272	沉积在 Ge 衬底上 CdS 薄膜的红外光谱	99
图表 273	PLD 沉积 CdS 薄膜的共振拉曼光谱	99
图表 274	闪锌矿 CdS 的声速	100
图表 275	纤锌矿 CdS 的声速	100
图表 276	闪锌矿结构 CdS 的能带图	100
图表 277	纤锌矿结构 CdS 的能带图	101

图表 278	纤锌矿 CdS 的禁带宽度随温度的变化	101
图表 279	CdS 的禁带宽度随压强的变化	101
图表 280	闪锌矿 CdS 晶体的空穴有效质量	102
图表 281	CdS 的介电常数 ϵ_{11}^x 随温度的变化	102
图表 282	CdS 的介电常数 ϵ_{33}^x 随温度的变化	103
图表 283	两种晶体结构 CdS 的吸收系数随光子能量的变化	103
图表 284	CdS 薄膜的透射光谱	103
图表 285	CdS 的折射率随光子能量的变化	104
图表 286	六方 CdS 的电子迁移率随温度的变化	104
图表 287	CdS 的压阻特性	105
图表 288	纤锌矿 CdS 的压电常数	105
图表 289	CdTe 的定压比热容随温度的变化	107
图表 290	CdTe 的德拜温度随温度的变化	107
图表 291	CdTe 的弹性常数	107
图表 292	CdTe 的杨氏模量	108
图表 293	理论计算的 CdTe 的声子色散关系	108
图表 294	理论计算的 CdTe 的声子态密度	109
图表 295	CdTe 晶体中的声子频率	109
图表 296	纳米 CdTe 的红外透射光谱	109
图表 297	CdTe 的拉曼光谱	109
图表 298	CdTe 晶体中不同晶向的声速	110
图表 299	CdTe 晶体的能带图	110
图表 300	CdTe 晶体的状态密度	110
图表 301	CdTe 晶体中不同晶向的有效质量	111
图表 302	CdTe 晶体中空穴的状态密度有效质量	111
图表 303	CdTe 的介电常数随光子能量的变化	111
图表 304	CdTe 的透射光谱	112
图表 305	CdTe 的反射光谱	112
图表 306	CdTe 的电子霍尔迁移率随温度的变化-I	113
图表 307	CdTe 的电子霍尔迁移率随温度的变化-II	113
图表 308	不同电阻率的三个 CdTe 样品的霍尔系数随温度的变化	114
图表 309	ZnO 的晶面间距随压强的变化	115
图表 310	ZnO 的晶格常数随温度的变化	115
图表 311	ZnO 的定容比热容随温度的变化	116
图表 312	ZnO 的热膨胀系数随温度的变化	117

图表 313	ZnO 的热导率随温度的变化	117
图表 314	ZnO 的弹性常数	117
图表 315	ZnO 的弹性常数 S_{11}^E 随温度的变化	118
图表 316	ZnO 的弹性常数 S_{12}^E 随温度的变化	118
图表 317	ZnO 的弹性常数 S_{55}^E 随温度的变化	118
图表 318	ZnO 的弹性常数 C_{33}^D 随温度的变化	119
图表 319	ZnO 的弹性常数 C_{55}^D 随温度的变化	119
图表 320	ZnO 的弹性常数随压强的变化	119
图表 321	ZnO 的声子波数	120
图表 322	ZnO 的拉曼光谱	120
图表 323	ZnO 的共振拉曼光谱	120
图表 324	ZnO 的声子频率随压强的变化	121
图表 325	ZnO 的能带图	121
图表 326	ZnO 的状态密度随电场强度的变化	122
图表 327	ZnO 中的杂质	122
图表 328	ZnO 的介电常数	122
图表 329	ZnO 的静态介电常数 ϵ_{11} 随温度的变化	123
图表 330	ZnO 的静态介电常数 ϵ_{33} 随温度的变化	123
图表 331	ZnO 薄膜的吸收光谱	123
图表 332	ZnO 的折射率随光子能量的变化	124
图表 333	ZnO 的折射率随波长的变化-I	124
图表 334	ZnO 的折射率随波长的变化-II	124
图表 335	ZnO 的折射率随温度的变化	125
图表 336	ZnO 的电子迁移率随温度的变化-I	125
图表 337	ZnO 的电子迁移率随温度的变化-II	125
图表 338	ZnO 的电子迁移率随载流子浓度的变化	126
图表 339	ZnO 的电子漂移速率随电场强度的变化	126
图表 340	ZnO 的载流子浓度随温度的变化	126
图表 341	纤锌矿 ZnO 的压电常数	127
图表 342	ZnO 的压电常数 ϵ_{33} 随温度的变化	127
图表 343	ZnO 的压电常数 ϵ_{13} 随温度的变化	127
图表 344	ZnO 的压电常数 ϵ_{33} 随压强的变化	128
图表 345	ZnO 的压电常数 ϵ_{13} 随压强的变化	128
图表 346	非故意掺杂 ZnO 样品的霍尔系数随温度的变化	128
图表 347	ZnS 的晶格常数 a 随温度的变化	129

图表 348	ZnS 的晶格常数 c 随温度的变化	130
图表 349	ZnS 的体积随压强的变化	130
图表 350	立方硫化锌的德拜温度随温度的变化	131
图表 351	立方硫化锌的热膨胀系数随温度的变化	131
图表 352	ZnS 晶体的弹性常数	131
图表 353	闪锌矿 ZnS 晶体的弹性常数	132
图表 354	ZnS 的声子色散关系	132
图表 355	ZnS 的声子态密度	133
图表 356	闪锌矿结构 ZnS 的振动模式	133
图表 357	纤锌矿结构 ZnS 的声子频率	133
图表 358	立方 ZnS 的红外透射光谱	133
图表 359	立方 ZnS 在 $Z(YY)X$ 方向的直角拉曼光谱	134
图表 360	β -ZnS 晶体中的声速	134
图表 361	ZnS 的 Grüneisen 参数随温度的变化	134
图表 362	闪锌矿 ZnS 的能带图	135
图表 363	纤锌矿 ZnS 的能带图	135
图表 364	闪锌矿 ZnS 的状态密度	135
图表 365	闪锌矿 ZnS 的禁带宽度随温度的变化	136
图表 366	闪锌矿 ZnS 的介电常数 ϵ_1 随光子能量的变化	137
图表 367	闪锌矿 ZnS 的介电常数 ϵ_2 随光子能量的变化	137
图表 368	纤锌矿 ZnS 的吸收光谱	137
图表 369	ZnS 的吸收系数随光子能量的变化	138
图表 370	ZnS 的透过率和反射率随波长的变化	138
图表 371	ZnS 的折射率随波长的变化	138
图表 372	闪锌矿 ZnS 的电子霍尔迁移率随温度的变化	139
图表 373	闪锌矿 ZnS 的空穴迁移率随温度的变化	139
图表 374	纤锌矿 ZnS 的本征电导率随温度的变化	140
图表 375	ZnS 的压阻特性	140
图表 376	纤锌矿 ZnS 的压电常数	140
图表 377	GaN 的晶格常数 a 随温度的变化	141
图表 378	GaN 的晶格常数 c 随温度的变化	141
图表 379	GaN 的 P - T 相图	142
图表 380	GaN 的定容比热容随温度的变化	142
图表 381	纤锌矿 GaN 的热膨胀系数随温度的变化	143
图表 382	纤锌矿 GaN 的热导率随温度的变化	143

图表 383	GaN 的弹性常数	144
图表 384	纤锌矿 GaN 的声子色散关系	144
图表 385	闪锌矿 GaN 的声子色散关系	145
图表 386	理论计算的 GaN 的声子色散关系和声子态密度	145
图表 387	纤锌矿 GaN 的声子波数- I	145
图表 388	纤锌矿 GaN 的声子波数- II	145
图表 389	闪锌矿 GaN 的声子波数	146
图表 390	GaN 的红外吸收光谱	146
图表 391	GaN 的拉曼光谱	146
图表 392	闪锌矿 GaN 的声速	147
图表 393	纤锌矿 GaN 的声速	147
图表 394	闪锌矿 GaN 的能带图	147
图表 395	纤锌矿 GaN 的能带图	147
图表 396	GaN 的状态密度	148
图表 397	GaN 的禁带宽度	148
图表 398	纤锌矿 GaN 的禁带宽度随温度的变化	148
图表 399	闪锌矿 GaN 的禁带宽度随温度的变化	148
图表 400	纤锌矿 GaN 的禁带宽度随压强的变化	149
图表 401	GaN 中常见的浅施主和浅受主	149
图表 402	GaN 的电子有效质量	149
图表 403	GaN 的电子有效质量随载流子浓度的变化	149
图表 404	GaN 的价带状态密度有效质量	150
图表 405	GaN 的介电常数	150
图表 406	纤锌矿 GaN 的吸收光谱	150
图表 407	纤锌矿 GaN 的反射率随光子能量的变化	151
图表 408	纤锌矿 GaN 的折射率随光子能量的变化	151
图表 409	纤锌矿 GaN 的电子迁移率随温度的变化	151
图表 410	理论计算的纤锌矿 GaN 的电子迁移率随载流子浓度的变化	152
图表 411	GaN 的电子漂移速率随电场强度的变化	152
图表 412	纤锌矿 GaN 的空穴迁移率随温度的变化- I	152
图表 413	纤锌矿 GaN 的空穴迁移率随温度的变化- II	153
图表 414	纤锌矿 GaN 的空穴迁移率随空穴浓度的变化	153
图表 415	GaN 的本征载流子浓度随温度的变化	153
图表 416	GaN 的压电常数	154
图表 417	GaN 的塞贝克系数随载流子浓度的变化	154