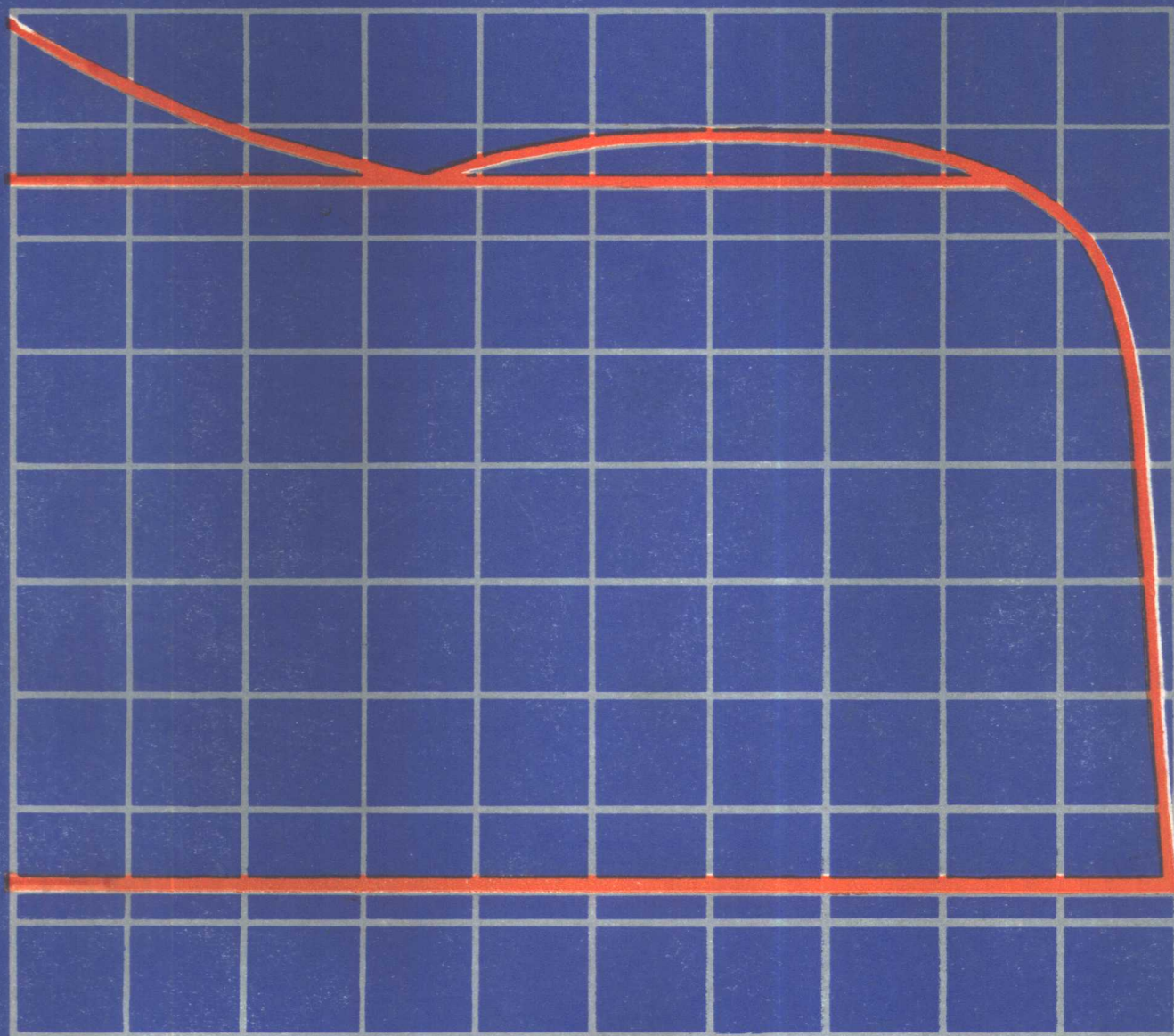


二元合金状态图集

虞觉奇 易文质 陈邦迪 陈宏鉴 编译



上海科学技术出版社

二元合金状态图集

虞觉奇 易文质 陈邦迪 陈宏鉴 编译

上海科学技术出版社

二元合金状态图集

虞觉奇 易文质 陈邦迪 陈宏鉴 编译

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路 450 号)

新华书店上海发行所发行

江苏深水印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 46 字数 1,088,000

1987年10月第1版 1987年10月第1次印刷

印数 1—2,300

统一书号: 15119·2524 定价: 10.35 元

内 容 提 要

《二元合金状态图集》是一本以图的形式示出了各种二元系合金的成分、温度与组织之间的关系的工具书。书中共发表了 1095 个二元合金系的 1134 幅二元合金状态图。为了便于广大读者掌握状态图的使用要点,书中还介绍了阅图时必须掌握的基础知识;状态图概念;基本类型;相组成物;相结构;状态图分析规律及其应用等内容。

状态图的研究与材料科学和材料技术工作的发展关系十分密切,是一项很重要的基础性工作。

本书可供材料工作者、冶金工作者以及各种热加工工作者阅读。

序 言

相图研究与材料科学和材料技术工作的发展关系十分密切, 是一项很重要的基础性工作, 一向受到科学工作者的重视。

自第一本合金状态图经典著作 M. Hansen 著德文版《二元合金状态图》(1933 年) 问世后, 不断出版新的合金状态图专著, 其重要者有: M. Hansen 和 K. Anderko 的英文版《二元合金状态图》(1958 年), 对原书做了大量补充; 嗣后 R. P. Elliott 和 F. A. Shunk 又分别对上书做了第一次(1965 年)和第二次(1969 年)补充。A. E. Bon 编出了《二元合金系状态图及其性质》, 共四卷(1962 至 1979 年)。И. B. Агеев 主编了《三元合金状态图 1910~1969 年》(1972 年), 并自 1959 年起主编《金属系状态图》, 每年一册, 已出版二十余册。美国金属学会于 1973 年出版了《金属手册》第八卷《金相学、结构和相图》(第八版)。W. G. Moffatt 编有《二元相图手册》, 共二卷(1976 年)。

此外, 尚出版有众多的各类合金的状态图集, 每年在各国期刊上发表的有关状态图的论文在三百篇以上, 而且逐年增加。

近几年来, 相图研究工作在我国有了较快的进展, 但尚未见有合金状态图方面的专著。本书比较完整地编辑了已发表的二元合金状态图, 并对二元合金状态图的构成、相结构及晶体结构做了解说。本书的出版不仅对材料工作者有重要的参考价值, 对许多领域的科学工作者亦有所裨益, 并将有助于我国相图研究工作的进一步开展。

崔 崑

1983 年于华中工学院

前 言

随着社会生产的发展,人类对金属材料的品种、要求日趋增多。对金属材料的研究工作要求愈来愈高,愈来愈严谨。因此,各种新金属材料的研究、冶炼及使用,都要求科技工作者必须掌握组成合金的组元间相互作用及其相变规律。而二元合金状态图正是简明地以图形表示了各种二元系合金的成分、温度与组织之间的关系。因此,二元合金状态图就成了材料工作者、冶金工作者以及各种热加工工作者十分重要的基础知识和必不可少的工具。

在国外,对于二元合金状态图的研究、收集和出版工作较为重视,如美国金属学会编写的《Metals Handbook》1973年第八版中收集了434个二元合金系共475幅相图。C. J. Smithells主编的《Metals Reference Book》在1976年的第五版中收集了888幅二元合金状态图。还有M. Hansen的《Constitution of Binary Alloys》专著,以及R. P. Elliott和F. A. Shunk对《Constitution of Binary Alloys》分别作了第一次和第二次补充。这都表明欧美对二元合金系进行了深入的研究和广泛的收集工作。苏联在这方面工作也十分重视,除及时翻译世界各国有关文献外,有A. E. Вол的《Строение и свойства двойных металлических систем》和A. I. Агеев的《Диаграммы состояния тройных металлических систем》等专著。日本金属学会编写的《金属テ“一タフ”ック》1974年版本中收集了二元合金状态图559幅。日本还出版了《图解 合金状态图読本》和《实用合金状态图説》等专著。

我国对二元合金状态图的研究和收集工作起步较晚,但近几年来发展很快,并取得了不少成就,除高等院校教本及有关专业书籍、手册中收集一定数量的二元合金状态图外,最近出版了《贵金属合金相图》,收集了贵金属二元合金状态图370幅。联邦德国材料科学代表团G. Peteon教授认为,该书“对于贵金属合金相图的收集工作是一项重大成果,必将获得国际公认”。还出版了《钛的二元合金系相图》,收集了钛的二元系相图49幅;《稀土》中收集了34个稀土二元合金状态图121幅。

总之,国外对二元合金状态图的研究与收集的出版工作,均是陆陆续续问世的,我国亦尚未见有较完整的二元合金状态图专著。

我们花了十年时间,整理了国内外有关二元合金状态图资料,并经过遴选,在本书中收集了1059个二元合金系共1134幅二元合金状态图。

在本书的整理过程中,经常发现不同研究者对同一合金系的二元合金状态图有不同的描述,我们则选录近期的研究成果。有时文献的发表期限相近,我们认为都有参考价值者,就同时选录,以飨读者。有些近期研究成果对过去某一合金系作了局部补充,我们加进这些补充图幅使之进一步完善。对于不同研究者的二元合金状态图中个别点、线的差异或错误,我们通过查阅近期资料,追索原始文献加以比较,尽可能使之正确无误,或用注释予以说明。

为了便于更广泛的读者掌握二元合金状态图的使用要点,我们在本书中介绍了读图时必须掌握的基础知识:状态图的概念;二元合金状态图的基本类型;相组成物;相结构;状态图分析规律及其应用等内容。

本图集内容绝大部分选自国外文献,是一部编译著作。由虞觉奇任主编译,易文质、陈邦迪、陈宏鉴参加了编译工作。在编写过程中得到了崔崑教授的指导、审定和作序。还得到了王笑天教授、谢彦玮副教授的指导和帮助,海外虞觉非姐姐的帮助。并得到汤寿祺同志、李西田同志的支持。金相图片由熊哨海、李学谦两同志协助摄制。此外,还得到了李见同志、秦文秀同志的支持,特此表示衷心的感谢。

本书内容的理论性和实践性都较强,以编者极为有限的水平,欲使编写无误无错,显然是困难的,因此,书中存在的缺点和错误,恳请广大读者指正。

湖南大学 虞觉奇 易文质
陈邦迪 陈宏鉴
1984年

目 录

一、合金状态图的概念	1
(一)合金状态图的涵义	1
(二)状态图的意义及几个名词的涵义	1
(三)合金状态图种类	2
1. 一元(纯金属)状态图	2
2. 二元合金状态图	2
3. 三元合金状态图	3
(四)合金状态图的建立方法	3
二、二元合金状态图的建立	5
(一)热分析法建立二元合金状态图	5
(二)相律	6
(三)杠杆定律	8
1. 两平衡相浓度的确定	8
2. 两平衡相相对重量的确定	8
三、合金中的相组成物	10
(一)固溶体	10
1. 固溶体的分类	10
2. 固溶体的结构	17
3. 固溶体在性能方面的特点	19
(二)中间相	19
1. 正常价化合物	19
2. 电子化合物	19
3. 砷化镍结构的合金相	22
4. 间隙相和间隙化合物	22
5. 拓扑密堆结构相	24
四、二元合金状态图的类型	29
(一)二组元形成无限固溶体的状态图	29
1. 状态图的分析	29
2. 固溶体的平衡结晶过程及其组织	29
(二)二元合金共晶型状态图	30
1. 二组元在液体状态时可无限溶解,而在固态时彼此不溶解,也不形成化合物	30
2. 二组元液态时无限溶解,固态时有限溶解,但不形成化合物	31
3. 初晶和共晶的组织形态	34
4. 离异共晶	36

5. 伪共晶.....	37
(三)二元合金包晶型状态图	38
1. 状态图的分析.....	33
2. 典型合金的平衡结晶及其组织.....	38
(四)形成化合物的二元合金状态图	40
1. 二组元形成稳定化合物的合金状态图.....	40
2. 二组元形成不稳定化合物的合金状态图.....	41
(五)具有同素异构转变的二元合金状态图	41
1. 固溶体合金的同素异构转变状态图.....	41
2. 共晶型二元合金同素异构转变状态图.....	43
3. 具有多次同素异构转变的二元合金状态图.....	43
(六)具有有序化转变的二元合金状态图	44
(七)液态时具有有限溶解度的二元合金状态图	45
1. 液态时具有有限溶解度的相图图形.....	45
2. 液态时互不溶解的状态图.....	45
3. 具有偏晶反应的二元合金状态图.....	46
(八)具有熔晶转变的二元合金状态图	48
(九)具有合晶转变的二元合金状态图	48
五、二元合金状态图的分析和应用.....	49
(一)二元合金状态图的分析规律	49
(二)根据合金状态图判断合金的性能	51
1. 由均匀固溶体组成的合金.....	52
2. 形成两种晶体混合物的合金.....	53
3. 含有化合物的合金.....	54
(三)合金状态图在热处理方面的应用	55
1. 根据合金状态图分析合金热处理的可能性.....	55
2. 合金状态图与热处理规范参数的关系.....	56
(四)状态图在铸造生产中的应用	56
(五)利用合金状态图选择变质剂	57
(六)合金的焊接性与状态图的关系	58
(七)合金状态图与焊接热裂纹的关系	58
(八)状态图在金属压力加工中的应用	59
(九)状态图在研制新型金属材料中的作用	60
六、晶体结构.....	62
(一)金属的晶体结构	62
1. 结晶学的术语和概念.....	62
2. 金相学中的重要晶体类型.....	67
(二)元素的晶体结构	78
(三)二元合金系中相的结构	82
七、二元合金状态图	106
(一)引言.....	106

(二)二元合金状态图.....	106		
Ag-Al	107	Ag-Zn	128
Ag-As ^[37]	107	Ag-Zr	129
Ag-Au	108	Al-As ^[37]	129
Ag-Ba ^[2]	108	Al-Au	129
Ag-Be	109	Al-B	130
Ag-Bi	109	Al-Ba ^[33]	130
Ag-Ca ^[37]	110	Al-Be	131
Ag-Cd	110	Al-Bi	131
Ag-Ce ^[7]	111	Al-Ca	132
Ag-Cr	111	Al-Cb	132
Ag-Cu	112	Al-Cd	133
Ag-Ga	112	Al-Ce ^[32]	133
Ag-Gd ^[37]	113	Al-Co	134
Ag-Ge	113	Al-Cr	135
Ag-Hg	114	Al-Cu	137
Ag-In	114	Al-Dy ^[57]	139
Ag-La ^[2]	115	Al-Er ^[37]	139
Ag-Li	115	Al-Fe	140
Ag-Mg	115	Al-Ga	141
Ag-Mn	116	Al-Gd ^[57]	142
Ag-Na	116	Al-Ge	142
Ag-Ni	117	Al-Hf(<i>a</i>) ^[12]	143
Ag-O	117	Al-Hf(<i>b</i>)	143
Ag-P	118	Al-Ig	144
Ag-Pb	119	Al-In	144
Ag-Pd	119	Al-K ^[7]	145
Ag-Pr ^[7]	120	Al-La ^[37]	145
Ag-Pt	120	Al-Li	146
Ag-Rh	121	Al-Mg	146
Ag-Ru ^[37]	121	Al-Mn	147
Ag-S ^[2]	121	Al-Mo(<i>a</i>) ^[12]	148
Ag-Sb	122	Al-Mo(<i>b</i>) ^[2]	148
Ag-Se ^[2]	122	Al-Na	149
Ag-Si	123	Al-Nd ^[37]	149
Ag-Sm ^[12]	123	Al-Ni	150
Ag-Sn	124	Al-Pb	151
Ag-Sr ^[37]	124	Al-Pd ^[12]	151
Ag-Te ^[37]	125	Al-Pr ^[37]	152
Ag-Th ^[7]	125	Al-Pt ^[12]	152
Ag-Ti	126	Al-Pu	153
Ag-Tl ^[7]	126	Al-R ^[12]	153
Ag-U ^[7]	127	Al-Ru ^[12]	154
Ag-Y ^[12]	127	Al-S ^[2]	154
Ag-Yb ^[37]	128	Al-Sb	155

Al-Sc ^[37]	155	Au-Be ^[7]	177
Al-Se ^[7]	156	Au-Bi	177
Al-Si	156	Au-Ca ^[7]	177
Al-Sm ^[37]	157	Au-Cb ^[37]	178
Al-Sn	157	Au-Cd	178
Al-Ta	158	Au-Ce ^[7]	179
Al-Te ^[7]	158	Au-Co	179
Al-Th ^[33]	158	Au-Cr	179
Al-Ti	159	Au-Cs ^[37]	179
Al-Tl ^[7]	160	Au-Cu	180
Al-U	160	Au-Dy ^[37]	180
Al-V	161	Au-Er ^[37]	181
Al-W	161	Au-Fe	181
Al-Y ^[37]	162	Au-Ga ^[37]	182
Al-Yb ^[37]	162	Au-Gd ^[37]	182
Al-Zn(a) ^[37]	163	Au-Ge	183
Al-Zn(b)	163	Au-Hg ^[7]	183
Al-Zr	164	Au-In	184
Am-Pu ^[37]	165	Au-K ^[37]	184
As-Au ^[7]	165	Au-La ^[7]	184
As-Bi ^[2]	166	Au-Li ^[37]	185
As-Cd ^[6]	166	Au-Lu ^[37]	185
As-Co ^[7]	167	Au-Mg ^[7]	185
As-Cu	167	Au-Mn(a) ^[7]	186
As-Eu ^[37]	168	Au-Mn(b) ^[12]	186
As-Fe	168	Au-Na ^[37]	187
As-Ga ^[7]	169	Au-Ni	187
As-Ge(a) ^[2]	169	Au-Pb	187
As-Ge(b) ^[12]	169	Au-Pd	188
As-In	169	Au-Pr ^[7]	188
As-K ^[37]	170	Au-Pt	189
As-Mn ^[33]	170	Au-Rb ^[37]	189
As-Ni ^[12]	171	Au-Rh	190
As-P ^[2]	172	Au-S ^[37]	190
As-Pb	172	Au-Sb	190
As-Pd ^[12]	172	Au-Se ^[37]	191
As-Pt ^[2]	173	Au-Se(a) ^[37]	191
As-S ^[7]	173	Au-Se(b) ^[37]	191
As-Sl ^[33]	174	Au-Si	192
As-Sc ^[12]	174	Au-Sm ^[37]	192
As-Sj ^[2]	175	Au-Sn	193
As-Sn ^[7]	175	Au-Sr ^[37]	193
As-Te ^[37]	175	Au-Tb ^[37]	194
As-Tl ^[7]	176	Au-Te ^[7]	194
As-Zn ^[7]	176	Au-Th ^[2]	194

Au-Ti ^[12]	195	Ba-Pd ^[37]	213
Au-Tl ^[7]	195	Ba-Pt ^[37]	213
Au-Tm ^[37]	195	Ba-S ^[2]	213
Au-U	196	Ba-Si ^[12]	214
Au-V	196	Ba-Sn ^[7]	214
Au-Yb(a) ^[37]	196	Ba-Sr ^[2]	214
Au-Yb(b) ^[37]	197	Ba-Zn ^[2]	214
Au-Zn	197	Be-Bi ^[37]	215
Au-Zr ^[12]	198	Be-Cb ^[12]	215
B-C ^[37]	198	Be-Co ^[37]	215
B-Cb ^[33]	199	Be-Cr ^[7]	216
B-Co ^[37]	199	Be-Cu	216
B-Cr	200	Be-Fe	217
B-Cu	200	Be-Ga ^[10]	217
B-Eu ^[37]	200	Be-H ^[37]	218
B-Fe	200	Be-In ^[10]	218
B-Ge ^[37]	201	Be-Mo ^[10]	219
B-Hf	201	Be-Ni	219
B-La ^[37]	202	Be-Pd ^[2]	219
B-Mo ^[37]	202	Be-Pt	220
B-Ni ^[37]	203	Be-Ru ^[12]	220
B-Pd	203	Be-Si ^[7]	221
B-Pt ^[37]	204	Be-Sn ^[11]	221
B-Re ^[37]	204	Be-Th(a) ^[33]	221
B-Si ^[37]	205	Be-Th(b) ^[10]	222
B-Sm ^[37]	205	Be-Ti	222
B-Ta ^[37]	206	Be-U	222
B-Ti(a)	206	Be-W ^[12]	223
B-Ti(b) ^[7]	207	Be-Y ^[37]	223
B-U ^[37]	207	Be-Zr ^[35]	224
B-V ^[37]	208	Bi-Ca ^[12]	224
B-W ^[37]	208	Bi-Cd	225
B-Y ^[37]	209	Bi-Ce	225
B-Zr	209	Bi-Co ^[7]	225
Ba-Ca ^[2]	210	Bi-Cr ^[7]	226
Ba-Cu ^[37]	210	Bi-Cs ^[37]	226
Ba-Ge ^[37]	210	Bi-Cu	226
Ba-H ^[37]	210	Bi-Fe ^[7]	227
Ba-Hg ^[7]	211	Bi-Ga ^[33]	227
Ba-In ^[37]	211	Bi-Ge ^[2]	228
Ba-Li ^[37]	211	Bi-Hg ^[7]	228
Ba-Mg ^[2]	212	Bi-In	228
Ba-Mn ^[12]	212	Bi-Ir ^[2]	229
Ba-Na ^[12]	212	Bi-K ^[37]	229
Ba-Pb	213	Bi-Li ^[7]	230

Bi-Mg(a)	230	C-V	253
Bi-Mg(b) ^[7]	231	C-W	254
Bi-Mn ^[33]	231	C-Y ^[39]	254
Bi-Na ^[7]	232	C-Zr	255
Bi-Nd ^[37]	232	Ca-Cd ^[7]	255
Bi-Ni ^[7]	232	Ca-Ce ^[39]	255
Bi-Pb	233	Ca-Cu(a)	256
Bi-Pd ^[37]	233	Ca-Cu(b) ^[37]	256
Bi-Pt ^[12]	234	Ca-Eu ^[37]	257
Bi-Pu ^[37]	234	Ca-Hg ^[7]	257
Bi-Rb ^[37]	234	Ca-In ^[12]	258
Bi-Rh ^[12]	235	Ca-La ^[37]	258
Bi-S ^[12]	235	Ca-Li ^[9]	259
Bi-Sb	235	Ca-Mg	259
Bi-Se ^[33]	236	Ca-Mn ^[12]	259
Bi-Sn	236	Ca-N ^[7]	260
Bi-Sr ^[37]	237	Ca-Na ^[7]	260
Bi-Te	237	Ca-Nd ^[39]	261
Bi-Th ^[37]	238	Ca-Pb	262
Bi-Tl ^[33]	238	Ca-Sb ^[7]	262
Bi-U	239	Ca-Si ^[7]	262
Bi-Y ^[37]	239	Ca-Sn	263
Bi-Zn	240	Ca-Sr	263
Bi-Zr	240	Ca-Tl ^[7]	263
C-Cb	241	Ca-Y ^[39]	264
C-Co	241	Ca-Yb ^[37]	264
C-Cr	242	Ca-Zn	264
C-Cu	242	Cb-Co	265
C-Fe	243	Cb-Cr	265
C-Ge ^[37]	247	Cb-Cu	265
C-Hf ^[12]	247	Cb-Fe	266
C-La(a)	247	Cb-Ga ^[12]	267
C-La(b) ^[37]	248	Cb-H ^[12]	267
C-Mn	248	Cb-Hf	267
C-Mo	248	Cb-Ir	268
C-Ni	249	Cb-Mo	268
C-Pu ^[37]	249	Cb-Ni	268
C-Re ^[37]	250	Cb-O ^[12]	269
C-Si ^[37]	250	Cb-Pd	269
C-Ta	250	Cb-Pt	269
C-Th(a) ^[12]	251	Cb-Re	270
C-Th(b) ^[37]	251	Cb-Rh	270
C-Ti(a)	252	Cb-Ru	271
C-Ti(b) ^[37]	252	Cb-Sc ^[39]	271
C-U	253	Cb-Si	272

Cb-Sn(<i>a</i>) ^[12]	272	Ce-Cu ^[7]	289
Cb-Sn(<i>b</i>).....	273	Ce-Fe ^[12]	290
Cb-Ta.....	273	Ce-Gd ^[12]	290
Cb-Th ^[7]	274	Ce-Ge ^[37]	291
Cb-Ti.....	274	Ce-Hf ^[39]	291
Cb-U.....	275	Ce-In ^[7]	292
Cb-V.....	275	Ce-La ^[7]	292
Cb-W.....	275	Ce-Mg.....	293
Cb-Y ^[37]	276	Ce-Mn(<i>a</i>) ^[2]	293
Cb-Zn.....	276	Ce-Mn(<i>b</i>) ^[12]	294
Cb-Zr.....	276	Ce-N ^[39]	294
Cd-Cu.....	277	Ce-Ni ^[7]	294
Cd-Eu ^[37]	277	Ce-O ^[12]	295
Cd-Ga.....	278	Ce-Pb ^[33]	295
Cd-Gd ^[37]	278	Ce-Pu ^[12]	296
Cd-Ge ^[6]	279	Ce-Ru ^[12]	296
Cd-Hg.....	279	Ce-S ^[39]	297
Cd-In.....	279	Ce-Sc ^[12]	297
Cd-K ^[6]	280	Ce-Si ^[7]	297
Cd-La ^[37]	280	Ce-Sn ^[7]	298
Cd-Li ^[6]	281	Ce-Th(<i>a</i>) ^[7]	298
Cd-Mg.....	281	Ce-Th(<i>b</i>) ^[12]	298
Cd-Na ^[6]	282	Ce-Ti ^[2]	298
Cd-Ni.....	282	Ce-Tl ^[7]	298
Cd-Np ^[37]	282	Ce-Zn ^[12]	299
Cd-Pb.....	283	Co-Cr.....	299
Cd-Pd ^[2]	283	Co-Cu.....	300
Cd-Pt ^[6]	283	Co-Dy ^[12]	300
Cd-Pu.....	284	Co-Er ^[37]	301
Cd-S ^[12]	284	Co-Fe.....	301
Cd-Sb.....	284	Co-Ga ^[37]	302
Cd-Se ^[12]	285	Co-Gd ^[12]	302
Cd-Sn.....	285	Co-Ge ^[2]	303
Cd-Sr ^[37]	285	Co-Hf ^[37]	303
Cd-Te.....	286	Co-Ho ^[37]	304
Cd-Ti ^[37]	286	Co-In ^[37]	304
Cd-Tl ^[39]	287	Cr-Ir ^[7]	305
Cd-U ^[37]	287	Co-La ^[37]	305
Cd-Y ^[12]	288	Co-Li ^[2]	305
Cd-Yb ^[37]	288	Co-Mg.....	306
Cd-Zn.....	288	Co-Mn.....	306
Cd-Zr(<i>a</i>) ^[12]	288	Co-Mo.....	306
Cd-Zr(<i>b</i>) ^[37]	289	Co-Nd ^[39]	307
Ce-Co ^[7]	289	Co-Ni.....	307
Ce-Cr ^[37]	289	Co-O ^[2]	307

Co-Os ^[7]	308	Cr-Re ^[37]	325
Co-P ^[7]	308	Cr-Rh ^[37]	325
Co-Pb	308	Cr-Ru ^[12]	326
Co-Pd	309	Cr-S ^[12]	326
Co-Pr ^[39]	309	Cr-Sb ^[7]	327
Co-Pt.....	310	Cr-Sc ^[37]	327
Co-Pu	310	Cr-Si	327
Co-Re	311	Cr-Sn ^[7]	328
Co-Rh ^[7]	311	Cr-Ta.....	328
Co-Ru ^[7]	311	Cr-Tb ^[37]	329
Co-S ^[7]	311	Cr-Ti.....	329
Co-Sb ^[33]	312	Cr-U ^[7]	330
Co-Se ^[37]	312	Cr-V	330
Co-Si ^[7]	312	Cr-W.....	330
Co-Sm ^[37]	313	Cr-Y ^[37]	331
Co-Sn(a) ^[7]	313	Cr-Zn ^[12]	331
Co-Sn(b) ^[33]	314	Cr-Zr.....	331
Co-Ta ^[37]	314	Cs-Hg ^[7]	332
Co-Ti	314	Cs-K	332
Co-U ^[2]	315	Cs-Na ^[7]	332
Co-V	315	Cs-Rb ^[3]	333
Co-W.....	315	Cs-S ^[7]	333
Co-Y ^[37]	316	Cu-Er ^[37]	333
Co-Zn	316	Cu-Fe	334
Co-Zr.....	317	Cu-Ga	334
Cr-Cu	317	Cu-Ge	335
Cr-Fe	318	Cu-H.....	335
Cr-Ga ^[37]	318	Cu-Hg ^[7]	335
Cr-Gd ^[37]	319	Cu-In	336
Cr-Ge ^[37]	319	Cu-Ir	336
Cr-Hf ^[37]	319	Cu-La ^[7]	337
Cr-Ir ^[37]	320	Cu-Li	337
Cr-La ^[37]	320	Cu-Mg	337
Cr-Mn	320	Cu-Mn	338
Cr-Mo	321	Cu-Ni	338
Cr-Nd ^[37]	321	Cu-O	339
Cr-Ni.....	322	Cu-P	341
Cr-O ^[2]	322	Cu-Pb	341
Cr-Os.....	322	Cu-Pd	342
Cr-P ^[2]	323	Cu-Pr	342
Cr-Pb ^[2]	323	Cu-Pt	343
Cr-Pd	323	Cu-Pu	343
Cr-Pr ^[37]	324	Cu-Rh	344
Cr-Pt.....	324	Cu-S.....	344
Cr-Pu ^[37]	325	Cu-Sb	345

Cu-Se	345	Fe-Mg ^[37]	366
Cu-Si	346	Fe-Mn	366
Cu-Sn	348	Fe-Mo	367
Cu-Sr ^[37]	349	Fe-N	367
Cu-Te	349	Fe-Nb (见 Cb-Fe)	
Cu-Th	350	Fe-Ni(a)	368
Cu-Ti	350	Fe-Ni(b) ^[12]	368
Cu-Tl	350	Fe-O	369
Cu-U	351	Fe-Os(a) ^[3]	370
Cu-V	351	Fe-Os(b) ^[12]	370
Cu-Y	351	Fe-P	370
Cu-Yb ^[37]	352	Fe-Pb	370
Cu-Zn	353	Fe-Pd	371
Cu-Zr	354	Fe-Pt	371
Dy-Er ^[37]	354	Fe-Pu	372
Dy-Fe ^[37]	355	Fe-Re ^[7]	372
Dy-Ho ^[37]	355	Fe-Rh ^[3]	372
Dy-Mg ^[12]	355	Fe-Ru ^[33]	373
Dy-Mn ^[39]	356	Fe-S	373
Dy-Sj ^[39]	356	Fe-Sb	374
Er-Fe ^[37]	357	Fe-Sc ^[37]	374
Er-Ho ^[37]	357	Fe-Se ^[3]	375
Er-Mg ^[12]	357	Fe-Si	375
Er-Mn ^[39]	358	Fe-Sm ^[37]	375
Er-Ni ^[37]	358	Fe-Sn	376
Er-Rh ^[37]	359	Fe-Ta	376
Er-Sc ^[12]	359	Fe-Tc ^[12]	376
Er-Sc ^[12]	360	Fe-Te ^[3]	377
Er-Sj ^[39]	360	Fe-Ti	377
Er-Tb ^[37]	360	Fe-U	378
Er-Tc ^[12]	361	Fe-V	378
Er-Ti ^[33]	361	Fe-W	379
Er-Y ^[12]	361	Fe-Y ^[37]	379
Er-Zr ^[39]	361	Fe-Zn	380
Eu-In ^[37]	362	Fe-Zr	381
Eu-Ni ^[39]	362	Ga-Ge ^[7]	381
Fe-C (见 C 系)		Ga-Hg ^[33]	382
Fe-Gd ^[37]	362	Ga-In ^[7]	382
Fe-Gc	363	Ga-K ^[37]	383
Fe-H	363	Ga-Mg	383
Fe-Hf	364	Ga-Mn ^[12]	384
Fe-Ho ^[37]	364	Ga-Na ^[3]	384
Fe-In ^[37]	365	Ga-Ni ^[3]	385
Fe-Ir	365	Ga-P ^[12]	385
Fe-La ^[37]	366	Ga-Pb ^[33]	385

Ga-Pd ^[33]	386	Ge-Zr ^[7]	403
Ga-Pr ^[3]	386	H-Mn ^[3]	403
Ga-Pu ^[12]	387	H-Mo ^[3]	403
Ga-Sb	387	H-Na ^[12]	404
Ga-Si ^[3]	388	H-Pd	404
Ga-Sn ^[12]	388	H-Sr ^[12]	405
Ga-Te ^[7]	388	H-Ta ^[3]	405
Ga-Ti ^[12]	388	H-Ti ^[7]	405
Ga-Tl ^[33]	389	H-U ^[8]	405
Ga-U ^[37]	389	H-V ^[12]	407
Ga-V(a)	390	H-Y ^[12]	407
Ga-V(b) ^[12]	390	H-Zr ^[33]	407
Ga-Zn ^[7]	390	Hf-Ir	408
Ga-Zr ^[12]	391	Hf-Mn ^[37]	408
Gd-Mn ^[12]	391	Hf-Mo	409
Gd-Ni ^[37]	392	Hf-Ni	409
Gd-Pb ^[37]	392	Hf-O ^[37]	409
Gd-Sc ^[12]	393	Hf-Re ^[12]	410
Gd-Si ^[39]	393	Hf-Sc ^[39]	410
Gd-Ti ^[37]	393	Hf-Sn ^[12]	411
Gd-Y ^[39]	394	Hf-Ta	411
Gd-Zr ^[39]	394	Hf-Th ^[37]	411
Ge-Hf ^[37]	395	Hf-Ti	412
Ge-In ^[3]	395	Hf-U	412
Ge-Mg ^[7]	395	Hf-V	413
Ge-Mn ^[3]	396	Hf-W	413
Ge-Mo ^[12]	396	Hf-Zr	413
Ge-Ni ^[8]	397	Hg-In	414
Ge-Pb ^[7]	397	Hg-K(a) ^[7]	414
Ge-Rh ^[37]	398	Hg-K(b) ^[12]	414
Ge-Ru ^[12]	398	Hg-Li ^[39]	415
Ge-S ^[12]	398	Hg-Mg ^[7]	415
Ge-Sb ^[3]	399	Hg-Na ^[7]	416
Ge-Se ^[12]	399	Hg-Pb	416
Ge-Si ^[3]	399	Hg-Pt ^[3]	417
Ge-Sn ^[7]	400	Hg-Rb ^[7]	417
Ge-Sr ^[37]	400	Hg-Rh ^[37]	417
Ge-Te ^[7]	400	Hg-Sb ^[12]	417
Ge-Th(a)	400	Hf-Se(a) ^[33]	418
Ge-Th(b) ^[12]	401	Hg-Se(b) ^[12]	418
Ge-Ti ^[7]	401	Hg-Sn	418
Ge-Tl ^[3]	401	Hg-Te ^[3]	419
Ge-U ^[37]	402	Hg-Tl ^[7]	419
Ge-Y ^[37]	402	Hg-U ^[7]	419
Ge-Zn ^[7]	403	Hg-Zn	420