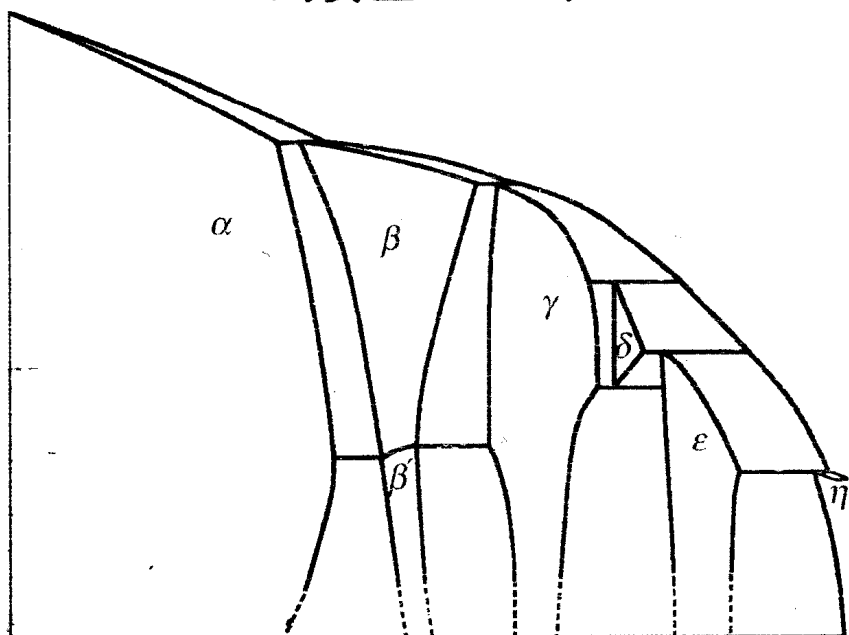


二元合金状态图集

〔日〕长崎 诚三 编著
平林 真
刘安生 译



冶金工业出版社

<http://www.cnmp.com.cn>

二元合金状态图集

[日] 长崎 诚三 编著
平林 真
刘安生 译

北 京
冶 金 工 业 出 版 社
2004

北京市版权局著作权合同登记号 图字:01—2004—4286 号

Binary Alloy Phase-diagrams

Originally published in Japanese by AGNE Gijutsu Center, Co., Ltd.
Tokyo, Japan

Copyright © 2002 by Seizo Nagasaki and Makoto Hirabayashi
All Rights Reserved.

图书在版编目(CIP)数据

二元合金状态图集/[日]长崎 诚三、平林 真编著;
刘安生译. —北京:冶金工业出版社, 2004. 9

ISBN 7-5024-3498-4

I. 二… II. ①长…②刘… III. 二元合金—状态图
—图集 IV. TG13-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 018387 号

出版人 曹胜利(北京沙滩嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009)

责任编辑 张 卫(联系电话:010-64027930; 电子信箱:bull_2820@sina.com)李培禄

美术编辑 李 心 责任校对 王贺兰 李文彦 责任印制 牛晓波

北京市铁成印刷厂印刷; 冶金工业出版社发行; 各地新华书店经销

2004 年 9 月第 1 版, 2004 年 9 月第 1 次印刷

148mm×210mm A5; 12.125 印张; 383 千字; 367 页; 1—1500 册

38.00 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100711) 电话:(010)65289081

(本社图书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

译者的话

状态图常常被人们形象地比喻为“材料研究的地图”,或者“材料研究的指南针”。20世纪各国出版了不少多卷集大部头的合金状态图集和状态图文献集。它们的出版发行对材料的发展起到了指导和推动作用。在实际使用的材料中,虽然几乎都是多元合金或者非平衡状态的材料,但是,二元合金状态图始终是基础,永远是合金研究与开发中具有重要参考价值的资料之一。

近年来,新材料的出现层出不穷,特别是高新技术所需的新材料正飞速发展。许多材料开发和研究人員以及有关专业的师生,为了能迅捷地了解 and 查到合金的状态和相变化的情况,都希望身边能有一本随手可查的内容全面丰富的袖珍字典式状态图集。我想,由日本《金属》杂志前主编长崎诚三教授和日本金属材料研究所原所长平林真教授编著的这本《二元合金状态图集》将可能满足这一需要。普及型袖珍式,查阅方便,是本书集的第一个特点。

状态图的研究经历了一个多世纪,尽管经过世界各国许多科学家的努力,还是遗留下一些不清楚的问题。本书编著者对历年来出版的大量状态图集进行了重新评审和筛选,对状态图中的大量数据进行了核对和比较,对一些有矛盾和不明确的数据进行了点评,给出了妥当的结果,使之成为一本内容丰富、数据可靠的状态图集,这是本书的第二个特点。

本书的第三个特点,是收录的600余幅状态图系按置换型合金状态及金属与碳、氢、氮、氧形成的间隙型两大类编排的,突出了相的晶体结构的解说。本书在给出相转变、相关系的规律的同时,在简要说明中十分注意给出各相、化合物的晶体结构类型和结构特征,这样可使材料研究者更容易地将材料的状态与结构和性能联系起来。因此,这本状态图集不仅适用于材料开发和研究人員,而且,对材料物理研究人員和测试人員也有参考价值。

本书的第四个特点,是图集的附录中给出了状态图的阅读方法和一些专用名词解释,深入浅出,有助于一些从事材料开发工作的初級人員正确阅读和理解状态图。同时,在附录中还给出许多有用的基础数据,包括金属材料的重要物理参数、晶体结构的表示等。可以说,它是一本常用数据齐全的“手册”。

这本状态图集的原版一经出版发行就受到日本材料界技术人員的欢

迎和好评。译者希望中译本的发行也会对材料的开发、研究和教学人员有参考价值。

要说明的是,在原著第二版中增补的新发现的超导化合物 B-Mg 系状态图在中译本中已按元素符号的英文字母顺序插入正文中。

本译著的出版得到原著编著者平林真教授和长崎诚三先生家属的关心和支持,在此对他们致以诚挚的谢意,同时,译者还要衷心地感谢译者所在单位即北京有色金属研究总院对本书出版的支持。译者与冶金工业出版社张卫编辑有过几次合作,每次合作都是愉快的,出版印刷了质量令人满意的书籍。我想,这一次该出版社也一定会出版让广大读者满意的、质量好的状态图集。在此,我要对张卫编辑和出版社有关人员辛勤和认真的工作,表示深切的谢意。

译者
2004 年 7 月

前言

为纪念《金属》杂志创刊 60 周年,1992 年发行了《实用二元合金状态图集》。其中收录了以金属材料为基础的约 200 幅二元合金系状态图。由于当时是作为杂志的临时增刊,书中所收录的状态图受到了限制,总感到不完整。近年来,一方面,由于计算机技术迅猛发展,从而可用热力学参量进行状态图的计算;另一方面,收录了大量研究资料的 CD-ROM 版的状态图业已问世,同时,大部头的图书也发行了。虽然如此,还不能说这已经满足各类读者的要求。我想,编辑一本方便手头使用的《二元合金状态图集》这样的小手册还是很有意义的。

根据这样的宗旨,去年逝世的 AGNE 技术中心股份有限公司的创始人、《金属》杂志的主编长崎诚三先生生前收集了大量资料,并进行了重新评审,希望编一本有特色的书。为继承这个遗志,我们在原有资料的基础上补充了尽可能多的新数据,并在《金属》杂志创刊 70 周年之际出版了这本状态图集。书中收录了置换型和间隙型合金系状态图 600 余幅。

对于以金属为中心的材料相关领域,虽然实际使用的材料几乎都是多元合金或者是非平衡状态,以及复合-梯度材料、人工晶体材料、非晶态材料等,但是,二元合金状态图具有的基础性和重要性是不变的。对于状态图,尽管经过百余年的努力,还是遗留下一些不清楚的问题,但是最近终于搞清楚的一些合金系和新功能材料开发时修正和审定的一些合金系的状态图也收录在本图集中。同时,本图集还介绍了有关金属和合金研究过程的资料等。

本状态图集不仅适用于从事金属研究和开发的人员使用,而且对于从事各种相关材料开发和研究的人员,以及与这个领域有关的师生,也会具有参考价值。编著工作虽然非常仔细,但如有不当之处,请读者不吝指正,我将十分高兴。

写于长崎诚三先生逝世一周年

平林 真
2000 年 12 月 9 日

第二版前言

从初版发行大约经过一年半,这一版又发行了。这一版还是强调了面向以金属为中心的材料研究和开发的人员,以及将要在这个领域学习的人员。

再版时修正了 Ag-In、Ag-Ti、B-Nb、Mo-Si、V-W 的状态图,还补充和修订了二三个合金系的说明。

另外,还修正了附录 4“金属元素的基础数据”中的表 4、表 5 和附录 5“晶体结构的表示”中的错误。还有,增补了最近发现的超导化合物 B-Mg 系的状态图。

在这些订正和增补中,除初版使用的资料外,还参照了 Pauling File (<http://lpfb.jst.go.jp/>),JST Basic Database for Alloy, Intermetallics and Inorganics。

平林 真
2002 年 7 月

编辑说明

1. 将二元合金大致划分为置换型和与 C、H、N、O 元素形成的间隙型。状态图按金属元素符号的字母顺序排列。除特别复杂的图以外,每页上安排两个状态图。
2. 还没有确定的以及有疑问的合金系平衡状态图还是不少的。本书尽可能指出问题所在之处,或者给出最妥当的结果。
3. 对于大多数合金系给出简单的说明。虽然没有每一个状态图都给出刊载的文献,但是,对于重要的研究和新的结果都列出研究者的姓名和发表年份。
4. 温度的单位符号为 $^{\circ}\text{C}$,组成轴的下轴为原子数分数($x/\%$),上轴为质量分数($w/\%$)。对于间隙型合金,上轴表示的是原子比 x/M 。同时,本书也包含了温度-组成图和压力-组成-温度图。
5. 随研究者不同,各种反应和转变温度不一致的情况是很多的,本书将尽可能列出。对于结构随温度的变化,本书略记为低温(L)、中温(M)、高温(H)。
6. 关于各相的晶体结构、结构类型和结晶系,用 Strukturberihit 符号表示。在本书末尾的附录中列出 Pearson 记号和空间群。
7. 本书编辑时主要参考了以下 3 种资料:
 - (1) Binary Alloy Phase Diagrams, 2nd Edition, Edited by T. B. Massalski, H. Okamoto, P. R. Subramanian and L. Kacprzak CD-ROM 版, Updated 1996 年, ASM International
 - (2) Pearson's Handbook of Crystallographic Data, Edited by P. Villars and L. D. Calvert 共 4 卷 1999 年, ASM International
 - (3) Константы взаимодействия металлов с газами, Б. А. Колачев и Ю. В. Левинский 1987 年, Москва Металлургия对于(3)得到龙谷大学江南和幸教授的协助。
8. 在附录中,刊载了状态图的阅读方法和用语、状态图研究的历史、状态图的文献和图集、金属元素的基础数据和晶体结构的表示。订正了《实用二元合金状态图集》中的一些地方,增补了新的资料。在附录的 1.6 节中,对于要解释和想到的用语,给出了简要的解说。

目 录

译者的话	I
前言	III
第二版前言	IV
编辑说明	V

(一) 置 换 型

Ag 系

Ag-Al	3	Ag-Hg	10	Ag-Sb	17
Ag-As	3	Ag-In	10	Ag-Sc	17
Ag-Au	4	Ag-La	11	Ag-Se	18
Ag-Be	4	Ag-Mg	11	Ag-Si	18
Ag-Bi	5	Ag-Mn	12	Ag-Sn	19
Ag-Cd	5	Ag-Na	12	Ag-Sr	19
Ag-Ce	6	Ag-Nd	13	Ag-Tb	20
Ag-Cu	6	Ag-Ni	13	Ag-Te	20
Ag-Dy	7	Ag-Pb	14	Ag-Th	21
Ag-Er	7	Ag-Pd	14	Ag-Ti	21
Ag-Eu	8	Ag-Pr	15	Ag-Tl	22
Ag-Ga	8	Ag-Pt	15	Ag-Yb	22
Ag-Gd	9	Ag-Rh	16	Ag-Zn	23
Ag-Ge	9	Ag-S	16	Ag-Zr	23

Al 系

Al-As	24	Al-Ce	28	Al-Hf	32
Al-Au	24	Al-Co	28	Al-Hg	32
Al-B	25	Al-Cr	29	Al-Ho	33
Al-Ba	25	Al-Cu	29	Al-In	33
Al-Be	26	Al-Fe	30	Al-K	34
Al-Bi	26	Al-Ga	30	Al-La	34
Al-Ca	27	Al-Gd	31	Al-Li	35
Al-Cd	27	Al-Ge	31	Al-Mg	35

Al-Mn	36	Al-Pd	41	Al-Te	45
Al-Mo	37	Al-Pt	41	Al-Th	45
Al-Na	37	Al-Pu	42	Al-Ti	46
Al-Nb	38	Al-Sb	42	Al-U	47
Al-Nd	38	Al-Se	43	Al-V	47
Al-Ni	39	Al-Si	43	Al-Y	48
Al-P	40	Al-Sn	44	Al-Zn	48
Al-Pb	40	Al-Ta	44	Al-Zr	49

As 系

As-Au	50	As-In	52	As-Si	55
As-Bi	50	As-Mn	53	As-Sn	55
As-Fe	51	As-Ni	53	As-Te	56
As-Ga	51	As-Pb	54	As-Zn	56
As-Ge	52	As-Sb	54		

Au 系

Au-Bi	57	Au-In	62	Au-Sn	67
Au-Cd	57	Au-Mg	62	Au-Te	67
Au-Ce	58	Au-Mn	63	Au-Th	68
Au-Co	58	Au-Ni	63	Au-Ti	68
Au-Cr	59	Au-Pb	64	Au-Tl	69
Au-Cu	59	Au-Pd	64	Au-V	69
Au-Fe	60	Au-Pt	65	Au-Zn	70
Au-Ga	60	Au-Rh	65	Au-Zr	70
Au-Ge	61	Au-Sb	66		
Au-Hg	61	Au-Si	66		

B 系

B-Co	71	B-La	73	B-Ti	75
B-Cr	71	B-Mg	73	B-Zr	75
B-Fe	72	B-Nb	74		
B-Hf	72	B-Ni	74		

Ba 系

Ba-Ca	76	Ba-Pb	77	Ba-Sr	77
Ba-Mg	76				

Be 系

Be-Co	78	Be-Ni	80	Be-Ti	82
Be-Cr	78	Be-Pu	80	Be-U	82
Be-Cu	79	Be-Si	81	Be-Y	83
Be-Fe	79	Be-Th	81	Be-Zr	83

Bi 系

Bi-Cd	84	Bi-K	87	Bi-Sb	91
Bi-Ce	84	Bi-Li	88	Bi-Se	91
Bi-Cu	85	Bi-Mg	88	Bi-Sn	92
Bi-Ga	85	Bi-Mn	89	Bi-Te	92
Bi-Ge	86	Bi-Na	89	Bi-Tl	93
Bi-Hg	86	Bi-Ni	90	Bi-Zn	93
Bi-In	87	Bi-Pb	90		

Ca 系

Ca-Cu	94	Ca-Ni	95	Ca-Sr	97
Ca-Li	94	Ca-Pb	96	Ca-Zn	97
Ca-Mg	95	Ca-Si	96		

Cd 系

Cd-Cu	98	Cd-Mg	101	Cd-Sn	104
Cd-Ga	98	Cd-Ni	101	Cd-Te	104
Cd-Ge	99	Cd-Pb	102	Cd-Tl	105
Cd-Hg	99	Cd-S	102	Cd-Zn	105
Cd-In	100	Cd-Sb	103		
Cd-Li	100	Cd-Se	103		

Ce 系

Ce-Co	106	Ce-Fe	106	Ce-In	107
-------	-----	-------	-----	-------	-----

Ce-La	107	Ce-Mg	108	Ce-Tl	108
-------------	-----	-------------	-----	-------------	-----

Co 系

Co-Cr	109	Co-Ni	113	Co-Sn	117
Co-Cu	109	Co-Pd	113	Co-Ti	117
Co-Fe	110	Co-Pt	114	Co-U	118
Co-Ge	110	Co-Re	114	Co-V	118
Co-Ir	111	Co-Rh	115	Co-W	119
Co-Mn	111	Co-Sb	115	Co-Y	119
Co-Mo	112	Co-Si	116	Co-Zn	120
Co-Nb	112	Co-Sm	116	Co-Zr	120

Cr 系

Cr-Cu	121	Cr-Ni	124	Cr-Ti	127
Cr-Fe	121	Cr-Pd	124	Cr-U	127
Cr-Ge	122	Cr-Pt	125	Cr-V	128
Cr-Mn	122	Cr-Sb	125	Cr-W	128
Cr-Mo	123	Cr-Si	126	Cr-Y	129
Cr-Nb	123	Cr-Ta	126	Cr-Zr	129

Cs 系

Cs-K	130	Cs-Na	130	Cs-Rb	130
------------	-----	-------------	-----	-------------	-----

Cu 系

Cu-Fe	131	Cu-P	136	Cu-Sn	142
Cu-Ga	131	Cu-Pb	136	Cu-Te	143
Cu-Ge	132	Cu-Pd	137	Cu-Th	143
Cu-In	132	Cu-Pr	137	Cu-Ti	144
Cu-La	133	Cu-Pt	138	Cu-Tl	144
Cu-Li	133	Cu-Rh	138	Cu-U	145
Cu-Mg	134	Cu-S	139	Cu-V	145
Cu-Mn	134	Cu-Sb	139	Cu-Zn	146
Cu-Nb	135	Cu-Se	140	Cu-Zr	147
Cu-Ni	135	Cu-Si	141		

Dy 系

Dy-Fe 148

Er 系

Er-Fe 148

Fe 系

Fe-Ga 149

Fe-Gd 149

Fe-Ge 150

Fe-La 150

Fe-Mn 151

Fe-Mo 151

Fe-Nb 152

Fe-Nd 152

Fe-Ni 153

Fe-P 153

Fe-Pd 154

Fe-Pt 154

Fe-Pu 155

Fe-Rh 155

Fe-Ru 156

Fe-S 156

Fe-Sb 157

Fe-Se 157

Fe-Si 158

Fe-Sm 158

Fe-Sn 159

Fe-Ta 159

Fe-Ti 160

Fe-U 160

Fe-V 161

Fe-W 161

Fe-Zn 162

Fe-Zr 162

Ga 系

Ga-Ge 163

Ga-Hg 163

Ga-In 164

Ga-Mg 164

Ga-Na 165

Ga-Nb 165

Ga-Ni 166

Ga-Pb 166

Ga-Sb 167

Ga-Si 167

Ga-Sn 167

Ga-Te 168

Ga-Tl 168

Ga-V 169

Ga-Zn 169

Gd 系

Gd-Sc 170

Gd-Y 170

Ge 系

Ge-In 171

Ge-Mg 171

Ge-Nb 172

Ge-Ni 172

Ge-Pb 173

Ge-Sb 173

Ge-Si 174

Ge-Sn 174

Ge-Te 175

Ge-Zn 175

Hf 系

Hf-Mo	176	Hf-Ta	177	Hf-Ti	178
Hf-Nb	176	Hf-Th	177	Hf-Zr	178

Hg 系

Hg-In	179	Hg-Pb	181	Hg-U	183
Hg-K	179	Hg-Se	181	Hg-Zn	183
Hg-Li	180	Hg-Sn	182		
Hg-Na	180	Hg-Tl	182		

In 系

In-Li	184	In-Pd	186	In-Te	188
In-Mg	184	In-Sb	186	In-Tl	188
In-Ni	185	In-Si	187	In-Y	189
In-Pb	185	In-Sn	187	In-Zn	189

Ir 系

Ir-Mo	190	Ir-Re	192	Ir-W	194
Ir-Nb	190	Ir-Ru	192	Ir-Zr	194
Ir-Os	191	Ir-Ta	193		
Ir-Pt	191	Ir-Ti	193		

K 系

K-Na	195	K-Rb	196	K-Sb	196
K-Pb	195				

La 系

La-Ni	197	La-Pb	197
-------------	-----	-------------	-----

Li 系

Li-Mg	198	Li-Pb	199	Li-Zn	199
Li-Na	198				

Mg 系

Mg-Ni	200	Mg-Si	202	Mg-Tl	204
Mg-Pb	200	Mg-Sn	202	Mg-Y	204
Mg-Pu	201	Mg-Sr	203	Mg-Zn	205
Mg-Sb	201	Mg-Th	203		

Mn 系

Mn-Ni	206	Mn-Sb	208	Mn-U	210
Mn-P	206	Mn-Si	208	Mn-V	210
Mn-Pd	207	Mn-Sn	209	Mn-Zn	211
Mn-Pt	207	Mn-Ti	209	Mn-Zr	211

Mo 系

Mo-Nb	212	Mo-Rh	215	Mo-Ti	218
Mo-Ni	212	Mo-Ru	215	Mo-U	218
Mo-Os	213	Mo-S	216	Mo-V	219
Mo-Pd	213	Mo-Si	216	Mo-W	219
Mo-Pt	214	Mo-Ta	217	Mo-Y	220
Mo-Re	214	Mo-Th	217	Mo-Zr	220

Na 系

Na-Pb	221	Na-Se	222	Na-Tl	224
Na-Rb	221	Na-Sn	223	Na-Zn	224
Na-Sb	222	Na-Te	223		

Nb 系

Nb-Ni	225	Nb-Ta	227	Nb-W	229
Nb-Ru	225	Nb-Ti	227	Nb-Zr	229
Nb-Si	226	Nb-U	228		
Nb-Sn	226	Nb-V	228		

Nd 系

Nd-Pr	230	Nd-Sc	230
-------------	-----	-------------	-----

Ni 系

Ni-Pb	231	Ni-S	234	Ni-Th	238
Ni-Pd	231	Ni-Sb	235	Ni-Ti	238
Ni-Pt	232	Ni-Se	235	Ni-V	239
Ni-Pu	232	Ni-Si	236	Ni-W	239
Ni-Re	233	Ni-Sn	236	Ni-Zn	240
Ni-Rh	233	Ni-Ta	237	Ni-Zr	240
Ni-Ru	234	Ni-Te	237		

Os 系

Os-Pd	241	Os-Ru	242	Os-Ta	242
Os-Rh	241				

Pb 系

Pb-Pd	243	Pb-Se	245	Pb-U	247
Pb-Pt	243	Pb-Si	245	Pb-Zn	247
Pb-S	244	Pb-Sn	246		
Pb-Sb	244	Pb-Te	246		

Pd 系

Pd-Pt	248	Pd-Sn	250	Pd-W	252
Pd-Rh	248	Pd-Ti	250	Pd-Zr	252
Pd-Ru	249	Pd-U	251		
Pd-Si	249	Pd-V	251		

Pt 系

Pt-Re	253	Pt-Si	254	Pt-W	256
Pt-Rh	253	Pt-Sn	255	Pt-Zr	256
Pt-Sb	254	Pt-Ti	255		

Pu 系

Pu-Th	257	Pu-U	257
-------------	-----	------------	-----

Re 系

Re-Rh	258	Re-Si	259	Re-W	260
Re-Ru	258	Re-Ta	259	Re-Y	260

Rh 系

Rh-Ta	261	Rh-W	261
-------------	-----	------------	-----

Ru 系

Ru-Ta	262	Ru-V	263	Ru-W	263
Ru-Ti	262				

S 系

S-Ti	264	S-Zn	264
------------	-----	------------	-----

Sb 系

Sb-Se	265	Sb-Te	266	Sb-Y	267
Sb-Sn	265	Sb-Tl	266	Sb-Zn	267

Sc 系

Sc-Si	268	Sc-Y	269	Sc-Zr	269
Sc-Ti	268				

Se 系

Se-Sn	270	Se-Te	270	Se-Zn	271
-------------	-----	-------------	-----	-------------	-----

Si 系

Si-Ta	272	Si-V	273	Si-Zn	275
Si-Ti	272	Si-W	274	Si-Zr	275
Si-U	273	Si-Y	274		

Sn 系

Sn-Te	276	Sn-U	277	Sn-Zn	279
Sn-Ti	276	Sn-V	278	Sn-Zr	279
Sn-Tl	277	Sn-Y	278		