

659

1-3

元素的物理化學性質

上 冊

M. II. 斯拉文斯基 著

王 勤 和 等 譯

冶金工業出版社

本書係根據蘇聯國立黑色與有色冶金科技書籍出版社(Государственное научно-техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии)出版的斯拉文斯基(М.П.Славинский)著,伏爾(А.Е.Вол)增訂的“元素的物理化學性質”(Физико-химические свойства элементов) 1952年版譯出。

中譯本分爲上下兩冊出版,上冊包括第一章至第三十五章,下冊包括第三十六章至第六十四章。

書中敘述了週期系中各元素的物理化學性質,各元素與氫、氧、氮、碳、硅、硫和磷組成的二元系。介紹了自礦石提取元素的一般方法和工業上最主要的一些有色金屬合金的特性。

本書可以作爲有色金屬工業企業及科學研究機關工程技術人員的參考書,也可以作爲高等學校有色金屬專業學生的參考書,以及普通化學和無機化學方面的教學參考書。

原書評閱者爲教授 Н.А. 菲林博士,技術科學副博士 Е.С. 施皮欽涅茨基和工程師 И.А. 羅蓋爾別格。

此譯本爲上冊,由王立人、王常珍、王勤和、馬德憲、傅賢書翻譯,王勤和校閱。

元素的物理化學性質(上冊)

王勤和等譯 編輯:余紹葵
設計:趙香苓、周廣珍 責任校對:趙崑芳

1957年11月第一版 1957年11月北京第一次印刷 1,900冊

850×1168 · 1/32 · 284,000字 · 印張10³/₉ · 定價(10) 1.80元

冶金工業出版社印刷廠印 新華書店發行 書號0685

冶金工業出版社出版(地址:北京燈市口甲45號)

北京市書刊出版業營業許可証出字第093號

目 錄

上 冊

原序.....	1
第一章 作為合金組成部分的金屬	3
第二章 週期系的零類元素	15
第一節 在自然界中的分佈和製取方法	15
第二節 物理性質	18
第三節 化學性質	19
第四節 被金屬溶解和吸收的能力	19
第五節 工業上的應用	20
第三章 氫	22
第一節 在自然界中的分佈和性質	22
第二節 氫通過金屬的擴散能力	22
第三節 氫在金屬中的溶解度	23
第四節 氫在合金中的溶解度	24
第五節 氫在耐火材料中的溶解度	25
第四章 鋰	27
第一節 在自然界中的分佈和製取方法	27
第二節 物理性質	27
第三節 化學性質	29
第四節 鋰在工業上的應用	32
第五章 鈉	35
第一節 在自然界中的分佈和製取方法	35
第二節 物理性質	35
第三節 化學性質	37
第四節 鈉在工業上的應用	40
第六章 鉀	42
第一節 在自然界中的分佈和製取方法	42
第二節 物理性質	42
第三節 化學性質	43

第四節 鉀在工業上的應用	47
第七章 銣、鐳和原子序數爲87的元素	48
第一節 銣和鐳在自然界中的分佈和製取方法	48
第二節 銣的物理性質	48
第三節 銣的化學性質	49
第四節 鐳的物理性質	52
第五節 鐳的化學性質	52
第六節 銣和鐳在工業上的應用	55
第七節 原子序數爲87的元素(銣)	56
第八章 銅	57
第一節 在自然界中的分佈和製取方法	57
第二節 物理性質	61
第三節 化學性質	65
第四節 在熔煉過程中各種氣體對銅的作用	79
第五節 銅在工業上的應用	88
第九章 銀	90Y
第一節 在自然界中的分佈和製取方法	90
第二節 物理性質	91
第三節 化學性質	95
第四節 銀在工業上的應用	106
第十章 金	108
第一節 在自然界中的分佈和製取方法	108
第二節 物理性質	109
第三節 化學性質	112
第四節 金在工業上的應用	115
第十一章 鍍	117
第一節 在自然界中的分佈和製取方法	117
第二節 物理性質	118
第三節 化學性質	120
第四節 鍍在工業上的應用	122
第十二章 鎂	125Y
第一節 在自然界中的分佈和製取方法	125
第二節 物理性質	125
第三節 化學性質	128
第四節 鎂在工業上的應用	124

第十三章 鈣	137
第一節 在自然界中的分佈和製取方法	137
第二節 物理性質	137
第三節 化學性質	139
第四節 鈣在工業上的應用	146
第十四章 鋁	148
第一節 在自然界中的分佈和製取方法	148
第二節 物理性質	148
第三節 化學性質	149
第四節 鋁在工業上的應用	151
第十五章 銀	152
第一節 在自然界中的分佈和製取方法	152
第二節 物理性質	152
第三節 化學性質	153
第四節 銀在工業上的應用	156
第十六章 鎳	157
第一節 在自然界中的分佈和製取方法	157
第二節 物理性質	157
第三節 化學性質	158
第四節 鎳在合金中應用的可能性	158
第十七章 鋅	159
第一節 在自然界中的分佈和製取方法	159
第二節 物理性質	160
第三節 化學性質	165
第四節 鋅在工業上的應用	171
第十八章 錳	173
第一節 在自然界中的分佈和製取方法	173
第二節 物理性質	173
第三節 化學性質	176
第四節 錳在工業上的應用	179
第十九章 汞	181
第一節 在自然界中的分佈和製取方法	181
第二節 物理性質	181
第三節 化學性質	186
第四節 汞在工業上的應用	189

第二十章 硼	190
第一節 在自然界中的分佈和製取方法	190
第二節 物理性質	190
第三節 化學性質	191
第四節 硼在工業上的應用	195
第二十一章 鋁	197Y
第一節 在自然界中的分佈和製取方法	197
第二節 物理性質	198
第三節 化學性質	202
第四節 在熔煉過程中各種氣體對它的作用	210
第五節 鋁在工業上的應用	212
第二十二章 鐵	213
第一節 在自然界中的分佈和製取方法	213
第二節 物理性質	214
第三節 化學性質	215
第四節 鐵在工業上的應用	216
第二十三章 鋼	218
第一節 在自然界中的分佈和製取方法	218
第二節 物理性質	218
第三節 化學性質	220
第四節 鋼在工業上的應用	221
第二十四章 鉈	223
第一節 在自然界中的分佈和製取方法	223
第二節 物理性質	223
第三節 化學性質	225
第四節 鉈在工業上的應用	228
第二十五章 鈦	230
第一節 在自然界中的分佈和製取方法	230
第二節 物理性質	231
第三節 化學性質	234
第四節 鈦在工業上的應用	240
第二十六章 鈳	242
第一節 在自然界中的分佈和製取方法	242
第二節 物理性質	243
第三節 化學性質	244

第四節 鋅在工業上的應用.....	248
第二十七章 鉛	251
第一節 在自然界中的分佈和製取方法.....	251
第二節 物理性質.....	251
第三節 化學性質.....	252
第四節 鉛在工業上的應用.....	253
第二十八章 鈦	254
第一節 在自然界中的分佈和製取方法.....	254
第二節 物理性質.....	255
第三節 化學性質.....	256
第四節 鈦在工業上的應用.....	259
第二十九章 碳	260
第一節 在自然界中的分佈和製取方法.....	260
第二節 物理性質.....	260
第三節 化學性質.....	264
第四節 碳在工業上的應用.....	269
第三十章 硅	271
第一節 在自然界中的分佈和製取方法.....	271
第二節 物理性質.....	271
第三節 化學性質.....	276
第四節 硅在工業上的應用.....	282
第三十一章 鎢	283
第一節 在自然界中的分佈和製取方法.....	283
第二節 物理性質.....	285
第三節 化學性質.....	287
第四節 鎢在工業上的應用.....	290
第三十二章 錫	291
第一節 在自然界中的分佈和製取方法.....	291
第二節 物理性質.....	292
第三節 化學性質.....	299
第四節 錫在工業上的應用.....	306
第三十三章 鉛	308
第一節 在自然界中的分佈和製取方法.....	308
第二節 物理性質.....	309
第三節 化學性質.....	316

第四節 鉛在工業上的應用.....	322
第三十四章 釩	324
第一節 在自然界中的分佈和製取方法.....	324
第二節 物理性質.....	325
第三節 化學性質.....	326
第四節 釩在工業上的應用.....	331
第三十五章 鈮	333
第一節 在自然界中的分佈和製取方法.....	333
第二節 物理性質.....	334
第三節 化學性質.....	335
第四節 鈮在工業上的應用.....	340

原 序

送到讀者們面前的這一本書，是教授 M.П. 斯拉文斯基博士擬在1941~1942年以總名稱「有色金屬與合金」出版的著作的一部分。按照斯拉文斯基教授的意圖，這部著作應當由下列幾部分組成：

1. 週期系內各元素的主要物理化學性質。
2. 二元合金的結構與性質。
3. 金屬狀態及金屬與合金熔化和結晶過程的現代觀點。
4. 合金性質與其化學組成的關係。
5. 工業合金的分類法。

1941年12月斯拉文斯基教授過早的逝世，妨礙了他完成這部已經開始的巨著，而在列寧格勒被圍時期，又丟失了已經準備付印的最後部分「工業合金的分類法」的原稿。

在斯拉文斯基教授這部著作的其餘各部分中，僅僅保存了「週期系內元素的物理化學性質」這一部分的草稿。經仔細研究這些材料以後，確定了斯拉文斯基教授擬在自己著作的第一部分，敘述週期系中所有已知元素在製造合金過程中起重要作用的主要物理化學性質（密度、熔點、沸點、蒸發潛熱與熔化潛熱、熱容、導熱度、與氫、氧、硫、磷、氮及碳的相互作用）。

本書材料的整理，加工以及付印準備工作都是以這個方案為基礎的。所有各篇與各章都根據最近15~17年在技術文獻上所刊登的材料加以訂正和補充，並且完全從頭寫了所缺少的各篇章：鹵素副族（54章），鐵副族（55, 56, 57 三章），鉈副族的一部分（58~63各章）等等。

在整理與補充原稿的材料時，規定了這樣的任務：不僅僅盡可能的保存斯拉文斯基教授的原意，而且也要保存他在敘述上簡潔的風格。

書內對每一元素採取下列的敘述順序：首先援引元素的主要

物理性質的數據，然後研究它的化學活性以及它和氫、氧、硫、氮、磷與碳的化合物。

考慮到金屬與鹵素所形成的大多數鹽類在工業上的意義，所以當研究金屬性質時也援引了關於氯化物、氟化物、溴化物與碘化物的主要性質的資料，以及這些鹽類體系最重要的熔度圖。

位於週期系第三族鈦副族的稀土金屬以及在性質上與稀土金屬相近的此副族的其他元素（鈦、鈮、鎳、鈳），在本書的最後幾章來研究它們。

本書可以作為工業企業及科學研究機關的工程技術人員的參考書，也可以作為學習鑄工及金屬合金生產專業的高等學校學生的參考書。

副教授，技術科學副博士

A. 沃 爾

第一章 作為合金組成部分的金屬

作為工業合金組成部分的金屬數目在不久以前還不是很多的。在過去人們認為，如果元素本身具有低劣的機械性能，那就不必將它用於合金中。但是自從金相學證明了合金的性質不是由金屬化學元素原來的性能來決定的，而是由所熔合的各種金屬的比例及合金的結構來決定的，於是製造合金的觀點就改變了。為了製造合金鋼常採用這樣的各種元素，它們均不以單質狀態出現，而像是和金屬熔合，使得合金鋼具有工業上重要的性質。

硅就是這種元素的一個例子。無定形及結晶狀態的硅元素，質脆，不好加工等等，但是和銅、鐵、鋁熔成合金後，它使這些金屬具有優良的機械性能和許多獨特的性質。除此以外，已經確定，在單質狀態完全不穩定的一些金屬，用到合金中以後就具有穩定性，並能使和它們相熔合的金屬具有高的強度。

在現代要在被用來製造合金的元素及不用於製造合金的元素之間劃一明顯的界限是不可能的。甚至於氣體，在不久以前還沒有想到它們是合金的有效組分，現在為了一定的工業上的目的，在合金中也加入各種氣體。在將氣體滲入金屬的一些方法中，為了增加鐵的表面硬度，滲氮硬化作用或用氮使鐵氮化，獲得了廣泛的應用，為了電機工業的目的，用氫來使鐵飽和也獲得了廣泛的應用。

向合金所提出的各式各樣的要求，使得在合金組成中要加入稀有元素。在製造合金的工業中，鋰、鈹、鎂、銻、鎳及其他一些金屬佔據着一定的地位，目前還不能用任何其他金屬來代替，因為它們使得合金具有許多獨特的性質。這些元素加入合金中的量常常是很少的。如果在製造合金時使用了不夠純的金屬，這些加製劑就類似在合金中存在的偶然雜質，因為僅僅在最近幾年中才開始製得高純度的 (99.999%) 鋅、鋁、鎳，在以前，這些金屬中含有大量的雜質，並把雜質帶到合金的組成中，以致

金 屬 的 物

金 屬	符 號	密度20°C時 (克/厘米 ³)	原子體積20°C時 厘米 ³ /克原子	線膨脹係數 $\alpha \times 10^{-6}$ 0~100°C 時	熔 點 t_m °C	沸 點 t_n °C	比熱C _p 20°C時 卡/克°C
鋁.....	Al	2.703	10.00	23.1	660.2	2500	0.214
鎂.....	Ba	3.76	38.0	19.0	710	1537	0.0680
鈹.....	Be	1.85	4.85	12.3	1284	2967	0.508°30°)
硼.....	B	2.34	~5.0	8.0	2300	2550	0.3091
鈦.....	V	6.0	8.4	—	1700	3006	0.12
鉍.....	Bi	9.84	21.33	12.1	271	1560	0.0295
鎢.....	W	19.35	9.55	4.4	3377	~6000	0.0323
鐳.....	Ga	5.927	11.76	18.3	29.8	2030—2130	0.079
鈳.....	Hf	13.3	13.43	—	2230	>3200	0.033
鐳.....	Ge	5.36	13.7	6.0	958.5	>2700	0.0727
鐵.....	Fe	7.86	7.19	11.5	1335	2880	0.108
金.....	Au	19.28	10.23	14.2	1063.4	2530	0.0303
銻.....	In	7.3	15.74	33.0	156.4	2097	0.0569
銲.....	Ir	22.4	8.53	6.58	2454	4900—4900	0.0309
銻.....	Cd	8.65	13.01	31.0	320.9	767	0.0552
銻.....	K	0.862	45.4	84.0	63.5	776	0.177
銻.....	Ca	1.55	26.1	22.0	849	1487	0.155
銻.....	Co- α	8.9	6.77	12.5	—	—	0.108
銻.....	Co- β	8.7	6.81	14.0	1490	3135	—
銻.....	Si	2.37	12.07	6.95	1440	2630	0.168
銻.....	Li	0.534	13.0	18.0	179	1372	0.81
銻.....	Mg	1.74	14.0	26.0	651	1107	0.243
銻.....	Mn- α	7.46	7.4	22.1	727 $\oplus$	—	0.1147
銻.....	Mn- β	7.24	7.6	24.9	1101 $\oplus$	2027	—
銻.....	Mn- γ	7.21	7.6	14.8	1244	—	0.1199
銻.....	Cu	8.95	7.21	16.5	1083	2595	0.0915
銻.....	Mo	10.2	9.4	5.1	2622	4727	0.06
銻.....	As	5.73	13.1	4.7	818	616.5	0.0772
銻.....	(金屬 的)				在36大 氣壓的 壓力下		

- ① 銻族(銻、鉍、銲、鐳和銻土元素)各金屬的性質，列於本書(下冊)第
 ② 轉變成其他變體的溫度

理 性 質

壓縮係數 30°C 時 $K \times 10^6$ 厘米 ² /作式	比導熱度 λ 卡/厘米·秒· $^{\circ}\text{C}$	比電阻 0°C 時 歐姆·厘米 $\times 10^6$	電阻的溫度係數 0°C 時 $\alpha_0 \times 10^3$	比磁化率 18°C 時 $H_{13} \times 10^6$ 厘米 ³ /克	在拉伸時的彈性 係數 $\epsilon \times 10^{-6}$ 仟克/厘米 ²	切變彈性係數 $G \times 10^{-9}$ 仟克/ 厘米 ²	布氏硬度 H_b 仟克/毫米 ²
1.4	0.02	2.62—2.83	4.0—4.3	0.60	~0.77	~0.276	16
8.6**	—	—	—	0.147	—	—	4.2
0.784	0.385	17.6	6.7	—0.79	—	—	110
0.5	—	~1.8·10 ¹²	—	—0.63	—	—	—
0.609	—	26	2.8	4.5	—	—	264
2.9	0.02	110.8	4.2	—1.08	0.33	0.12	9
0.285	0.4	5.03	4.82	0.284	3.9	1.45	350
—	—	3.4	3.9	—0.225	—	—	—
0.901	—	30.0	4.4	—	—	—	—
1.411	—	11.78 10 ³ (在 30° 時)	1.4	—0.114	—	—	190
0.587	0.20	10.0	6.6	—	2.10	0.8	60—70
0.577	0.74	2.065	3.5	—0.139	0.79	0.285	18.5
2.3**	—	8.2	4.9	—0.1	—	—	~1
0.3	0.141	4.85	4.1	0.133	5.25	—	172
2.2**	0.23	10.6	3.0	—0.183	0.516	0.23	16
23.3**	0.23	6.55	5.4	0.53	—	0.0068	0.037
5.8**	—	4.3	4.2	0.40	0.23	—	13.7
0.39	0.170	5.06	6.6	1.1	2.04	0.78	132
—	—	4.7	—	—	—	—	—
0.325	0.20	由 $2 \cdot 10^4$ 到 $3 \cdot 10^4$	由—1.8 到+1.7	—0.12	1.15	—	—
8.6*	0.16	8.55	4.6	0.5	—	—	—
3.0	0.35	4.47	4.1	0.49	0.43	0.17	30—40
—	0.0119	710.0	0.17	9.9	—	—	~210
0.84	(在—190 $^{\circ}\text{C}$ 時)	91.0	1.36	—	—	—	—
—	—	23.0	5.30	—	—	—	—
0.719	0.98	1.55	4.3	—0.66	1.17	0.45	37.4—42.0
0.46	0.346	5.2	4.71	0.95	—	1.7	160
4.7	—	35.0	3.9	—0.30	—	—	147

六十四章第一節的表中。

金 屬	符 號	密度20°C時 (克/厘米 ³)	原子體積20°C時 厘米 ³ /克原子	線膨脹係數 $\alpha \times 10^{-6}$ 100°C 時	熔 點 t_m °C	沸 點 t_b °C	比熱 C_p 20°C時 卡/克°C
鈉.....	Na	0.971	23.0	71.0	97.7	883	0.288
鎳.....	Ni	8.9	6.19	13.5	1455	3080	0.1065
鉬.....	Nb	8.5	10.8	7.2	>2500	3700	0.0645
錫.....	Sn- β	7.295	16.3	11-46.6 + - 22.2	231.9	2430	0.0541
	Sn- α	5.85	20.4	—	—	—	—
鐳.....	Os	22.5	8.38	6.57	2700	>5300	0.034
鈳.....	Pd	12.16	8.37	11.7	1555	~3800	0.0586
鉑.....	Pt	21.4	9.10	8.9	1773.5	4200— 4500	0.0317
鈾.....	Po	—	—	—	~1800	—	—
鐳.....	Ra	~6.0	—	—	560	1140	—
銻.....	Re	21.0	8.87	4.0	3440	5870	0.0327
銻.....	Rh	12.41	8.29	8.5	1966	4000— 4500	0.0504
汞.....	Hg	13.546	—	—	-38.87	356.9	0.0333
銣.....	Rb	1.532	55.0	90.0	39	713	0.0802
銣.....	Ku	12.45	8.18	7.0	2450	~4500	0.057
鉛.....	Pb	11.34	41.96	28.1	327.4	1750	0.0309
碲(金屬的)	Se	4.807	18.00	49.0	217	680	0.078
銀.....	Ag	10.5	10.28	18.7	960.5	2177	0.0559
銻.....	Sr	2.63	34.0	—	771	1366	0.0742
銻.....	Sb	6.69	18.20	10.8	630.5	1635.8	0.0498
鉍.....	Tl	11.85	17.26	33.6	302.5	1477	0.0316
鉍.....	Ta	16.6	10.9	6.17	2850	5300	0.033
銻.....	Te	6.25	20.4	17.0	412	1390	0.048
鈦.....	Ti	4.5	10.8	7.14	1725	3400	0.13
鈦.....	Th	11.7	19.8	11.1	1827	3130	0.027
銻.....	U	19.3	12.0	40	1150	3100	0.028
銻.....	Cr	7.2	7.2	8.4	1800	2377	0.106
銻.....	Cs	1.973	70.6	97	28.5	690	0.0522
銻.....	Zn	7.13	9.17	39.5	419.5	906	0.0926
銻.....	Zr	6.52	14.1	14.3	1930	>2900	0.08

* 在10000仟克/厘米²壓力下，根據體積變化所算出的壓縮係數。

** 在100000仟克/厘米²壓力下，根據體積變化所算出的壓縮係數。

續

壓縮係數 30°C 時 $K \times 10^6$ 厘米 ³ /仟克	比導熱度 λ 卡/厘米·秒· $^{\circ}\text{C}$	比電阻 0°C 時 歐姆·厘米 $\times 10^6$	重阻的溫度係數 0°C 時 $\alpha_0 \times 10^3$	比磁化率 18°C 時 $H_{18} \times 10^6$ 厘米 ³ /克	在拉伸時的彈性 係數 $\epsilon \times 10^{-10}$ 仟克/厘米 ²	切變彈性係數 $G \times 10^{-10}$ 仟克/ 厘米 ²	布氏硬度 H_b 仟克/毫米 ²
14.2*	0.33	4.34	5.5	0.66	—	0.019	0.07
0.529	0.198	7.24	6.7	—	2.2	0.73	73
0.570	—	13.1	3.95	2.28	—	—	250
0.567	0.157	11.5	4.4	0.026	0.415	0.109— 0.157	42—52
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
0.519	0.166	9.66	4.2	0.032	—	—	—
0.36	0.167	10.88	3.63	5.15	1.15	0.49	61
—	—	11.6	3.92	0.982	1.7	0.62	50
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
0.3606	0.21	19.8	3.11	0.046	—	—	250
—	—	6.02	4.35	1.0	2.8	—	101
—	0.9248	94.07	0.99	—0.167	—	—	—
32.8*	—	11.0	4.81	0.23	—	—	0.022
0.342	—	7.64	4.58	0.427	—	—	220
2.37	0.085	18.8	4.2	—0.12	0.18	0.075	3.8—42
—	—	—	—	—	—	—	—
8.9	0.000566	12·10 ⁶	—	—	0.55	0.066	75
0.987—4.4	1.00	1.50	4.29	—0.18	0.32	0.27	25
7.5**	—	30.7	3.83	—0.2	—	—	~13
2.4	0.045	38.6	5.1	—0.94	0.79	0.2	38.4
3.4	0.12	15—18.1	5.2	—0.215	—	—	3
0.479	0.13	12.41	3.85	0.93	1.92	0.63	40
1.5	0.01433	10.2 10 ⁴	—	—0.31	0.435	0.16	27
0.797	0.036	47.5	4.25	3.19	1.17	—	160
1.818	—	12.0	3.9	0.57	—	—	40
0.97	—	32.1	2.1	2.6	—	—	477
—	0.07	15.25	2.5	3.7	—	—	70—90
36.4**	—	19.0	4.96	0.23	—	—	0.015
0.664	0.269	5.75	4.2	—0.15	1.3	0.35	32.7
0.366	—	41.0	4.4	1.34	—	—	80

最重元素之晶體結構

(機器製造手冊第三冊 308 頁)

排列 號數	元 素	符號	結 構	配位數	晶 格 常 數 Å			原子間距離 Å		原子直徑 (根據戈爾 德曼常式的 數據)
					a	b	c	d ₁	d ₂	
1	鋁	Al	面心立方	12	4.043	—	—	2.856	—	2.858
2	鎂	Ba	體心立方	8	5.015	—	—	4.34	—	4.49
3	鈹 ^α 鈹 ^β	Be	密排六方 同	6.6 —	2.281 7.10	—	3.577 10.8	2.525 —	2.269 —	2.55 —
4	鈦	V	體心立方	8	3.033	—	2.627	—	—	2.69
5	鈮	Bi	斜方六面體	3.3	4.736	—	—	3.104	3.474	3.64
6	鐿 ^α 鐿 ^β	W	體心立方	8 —	3.153 3.158	—	—	—	2.735 —	2.82 —
7	鈷	Cd	密排六方	—	3.022	—	5.748	—	—	3.588
8	鎳	Ca	正方晶格	—	4.506	4.506	7.042	2.447	—	—
9	鉛	Hf	密排六方	6.6	3.500	—	5.077	3.14	3.20	3.17
10	銻	Ge	金剛石型的立方體	4	5.647	—	—	2.44	—	2.788
11	鎢	Dy	密排六方	—	3.578	—	5.648	—	—	3.158
12	鉻	Eu	體心立方	—	4.573	—	—	—	—	4.094

