

$2\text{\AA}/\text{mm}$ 和 $4\text{\AA}/\text{mm}$ 光栅摄谱仪谱线表

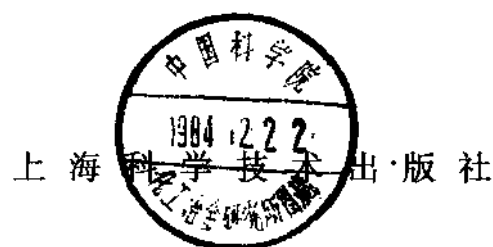
邱德仁 蒋汝衡 编 上海科学技术出版社

82.765019
310

2Å/mm 和 4Å/mm 光栅摄谱仪图谱 谱 线 表

邱德仁 程晚霞

210570/20



2 Å/mm 和 4 Å/mm 光栅摄谱仪图谱

邱德仁 程晚霞

上海科学技术出版社出版发行

(上海瑞金二路 450 号)

上海印刷技术研究所激光照排实验室排版

上海美术印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 11.25 插页 208

1984 年 6 月第 1 版 1984 年 6 月第 1 次印刷

统一书号: 13119·1076 定价: (盒) 30.00 元

前 言

光谱分析发展到今天,光栅仪器在使用和制造上取代棱镜仪器已是公认的趋势。图谱作为必不可缺的释谱工具,就成为光谱分析的实际需要。

用于1米平面光栅摄谱仪(色散率 $8\text{\AA}/\text{mm}$ 左右)的图谱已经出版了几套。上海、北京、贵阳等地生产了色散率、分辨率等级更高的2米平面光栅摄谱仪,从东德、美国、日本等还引进了一些等级相当的仪器,这些仪器都因缺少图谱,不能充分投入工作。鉴于这种情况,我们编制了这套 $2\text{\AA}/\text{mm}$ 和 $4\text{\AA}/\text{mm}$ 光栅摄谱仪图谱。

编制大色散、高分辨摄谱仪图谱与编制一般图谱不同。首先,31WII型摄谱仪能够分辨某些谱线的多重线超精细结构和细节。例如, $\text{Cu } 3247\text{\AA}$ 、 $\text{Cu } 3274\text{\AA}$ 、 $\text{Bi } 3067\text{\AA}$ 等谱线,可以观察到分裂成两条各呈自蚀特性的双线;某些In线、Re线和其他一些元素的谱线,可观察到更多的分裂;还有些谱线伴有未曾注意过的邻接线,如Os $3301.56\text{\AA}$ 旁有一条强度较弱的 $3301.47\text{\AA}$,等等。所有这些,在美国麻省理工学院编的《MIT波长表》和美国国家标准局编的《光谱线强度表》两本经典的谱线表中都未曾指出过。编制图谱时,我们补充和修正了一些谱线数据,并把超精细结构标示出来。其次,仪器的色散率大,在标画谱线的波长位置时,可以发现《MIT波长表》上许多谱线的波长数据误差较大,有的甚至有差错。例如,K 3217.017 应是 3217.15 ;K 3446.722 、K 3447.701 应是 $3446.38, 3447.41$;Rh 2427.339 应是 2427.11 ;Yb强线 3289.85 不存在,实际上就是Yb 3289.37 ;等等。

我们编制图谱时,波长采用美国国家标准局1975年《光谱线强度表》(第二版)的数据,这本表收列了70种元素的39000条谱线,其中约9000条谱线的波长作了复测和改进。但是尽管这样,少数谱线仍然需要查核,择宜而从。

顺便说一说,国内光谱分析工作者对美国国家标准局的《光谱线强度表》尚不普遍熟悉,这是因为国内引进和介绍得少的原故。这本谱线表不仅在波长数据上有较多的修正,增补了某些《MIT波长表》上缺漏的谱线,而且各元素谱线采用统一的强度标,相对强度是各元素分别以0.1%原子浓度与纯铜粉混和后压成电极,用220伏,10安直流电弧弧烧,摄谱后估测的;谱线属性数据也有了很大补充;还载列了跃迁能级数据。图谱所附《元素谱线表》把这些数据介绍给广大光谱分析工作者,是符合需要的。

在编制这套图谱的过程中,曾得到上海光学仪器厂的支持;上海市金属学会曹思启、上海市化学化工学会史再新、罗培卿等同志给予了指导和帮助;上海光学仪器研究所庄坤贤、硅酸盐研究所陈阳光、原子核研究所方企晏、上海交通大学刘秋萍、上海科技大学王林根、上海测试技术研究所谢保乐、上海海关商品检验局陈蓉玉、跃龙化工厂陈立平和吕爱玉、上海铍粒厂郭驭铮等同志提出过很多建设性意见,在此我们一并表示感谢。由于业务水平所限,图谱及谱线表中可能还存在不少缺点和错误,诚恳希望广大光谱分析同行们批评指正。

复旦大学化学系 邱德仁 程晚霞

1982.5.

目 录

前言

$2\text{\AA}/\text{mm}$ 和 $4\text{\AA}/\text{mm}$ 光栅摄谱仪图谱编制说明

谱线表

参考资料

38055

2Å/mm 和 4Å/mm 光栅摄谱仪图谱 编制说明

一、概 况

本图谱适用于 31W II 型 2 米平面光栅摄谱仪及色散率在 4Å/mm, 2Å/mm 附近的各类光栅摄谱仪, 供光谱分析释谱用。

本图谱共两套。第一套色散率 4Å/mm, 波长范围 1937~6590Å, 分 96 张, 标列了 72 种元素的 6000 多条谱线。第二套色散率 2Å/mm, 波长范围 2330~4864Å, 分 111 张, 标列 70 种元素的 4000 多条谱线。

二、编制方法

铁的电弧光谱翻成放大 20 倍的底片, 然后印相于感光纸上。铁谱下面附波长标尺。

各元素分别配制浓度递减的标准样品, 摄谱后估测各条谱线的检测灵敏度级次, 然后以适宜标线的浓度级用哈特曼光阑与铁谱并列摄谱, 在光谱投影仪下将谱线准确地标画在铁谱照片上。

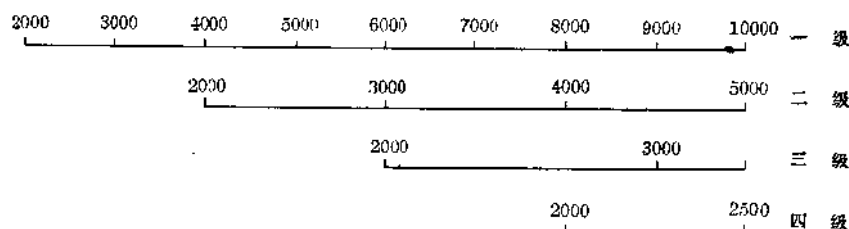
元素符号下方注以波长, 第一套标注到小数点后一位, 第二套标注到小数点后两位。谱线的检测灵敏度级次标在元素符号右上角, 元素符号右下角标注轮廓特征。

三、实验条件

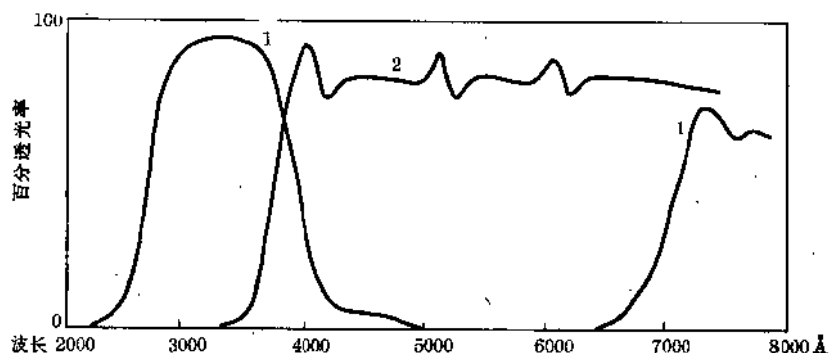
1. 摄谱仪: 上海光学仪器厂 31W II 型 2 米平面光栅摄谱仪。光栅: 1200 条/毫米, 闪耀波长分别是 3000Å 和 6000Å; Ebert-Fastie 分光系统; 一级光谱倒线色散率 4Å/mm, 二级光谱倒线色散率 2Å/mm。
2. 光源: WPF 2 型交流电弧发生器, 交流电弧 6 安; 直流电弧, 三相桥式整流 220 伏 15 安, 用于弧烧 Zr, Hf, Nb, Ta, Si 样品。

3. 闪耀波长不同光栅的选用: 31WII型摄谱仪配有 $\lambda_B=3000\text{\AA}$ 和 $\lambda_B=6000\text{\AA}$ 两块 1200 条/毫米的光栅, 分别用于拍摄不同的光谱: $\lambda_B=3000\text{\AA}$ 的光栅用于拍摄 $\lambda < 4400\text{\AA}$ 的一级光谱; $\lambda_B=6000\text{\AA}$ 的光栅用于拍摄 $\lambda > 4200\text{\AA}$ 的一级光谱和拍摄二级光谱(对于二级光谱闪耀波长为 $3000\text{\AA}$)。
4. 光栅光谱级次重叠与分离——滤光片的使用: 与棱镜分光不同, 光栅分光有光谱级次重叠的问题, 图一是级次重叠示意图。

31WII型摄谱仪采用滤光片分离光谱级次, 附件透紫外滤光片与透明无色玻璃滤光片的透光光谱曲线见图二。根据图一和图二, 可以获得选用滤光片的条件。例如, 拍摄 $1900\sim 3800\text{\AA}$ 一级光谱时, $\lambda < 1900\text{\AA}$ 的二级光谱被空气所吸收, 不需使用滤光片。摄取 $3800\sim 6600\text{\AA}$ 一级光谱时, 使用玻璃滤光片滤去二级光谱紫外部分。拍摄波长更长的一级光谱时, 需使用黄色或红色玻璃滤光片。拍摄 $2330\sim 3200\text{\AA}$ 二级光谱时, 使用透紫外滤光片。拍摄 $3600\sim 4900\text{\AA}$ 二级光谱用玻璃滤光片滤去三级、四级的紫外光谱, 重叠的一级光谱为 $7200\sim 9800\text{\AA}$, 对光谱乾板不感光。



图一 光栅光谱级次重叠示意图



图二 级次滤光片透光光谱

1-透紫外滤光片; 2-玻璃滤光片

5. 光谱乾板: 各波长范围所用的光谱乾板是

1930~2240 $\text{\AA}$	Ilford Q 2 型
2240~4300 $\text{\AA}$	天津三圈牌紫外 II 型
3700~4600 $\text{\AA}$	天津三圈牌蓝快型
4500~5500 $\text{\AA}$	天津三圈牌黄快型
5300~6600 $\text{\AA}$	Ilford R 40 型

6. 显影：采用下列配方，对于黄快型及 R40 型乾板，它比天津感光胶片厂光谱乾板附方有灰雾小、检测灵敏度好的优点。

米吐尔	0.5 克
无水亚硫酸钠	22.5 克
对苯二酚	8.0 克
无水碳酸钠	45.0 克
溴化钾	2.5 克
溶水量	1000 毫升。20°C 显影 5 分半至 6 分钟。

四、元素谱线表

按元素化学符号顺序排列，包括波长与谱线类型、NBS 表强度、MIT 表强度、检测灵敏度级次，跃迁能级、激发电位等项数据。

1. 波长与谱线类型：采用美国国家标准局的《光谱线强度表》第二版^[1]（简称 NBS 表）的数据。NBS 表未收列的谱线通常引自《MIT 波长表》^[2]，以波长数据后加*号标记之。引自其他来源或我们在编制工作中所测的谱线都在附注栏中予以说明。用作波长标准的 Cd 红线和 Fe 线，波长数据引自 Зайдець 编的《光谱线表》^[3]，保留到小数点后三位或四位。
2. NBS 表强度和 MIT 表强度两行数据分别引自这两本经典的谱线表。NBS 表的强度，是 0.1% 原子浓度的元素在直流铜电弧中的相对强度。
3. 谱线的检测灵敏度级次，是在前面所描述的实验条件下获得的强度标号。各级数字所代表的绝对检测量及相当于取样 20 mg 时的相对检出量如下表：

级次号	检测量(微克)	取样 20 毫克时的相对检出量 %
11	≤0.02	≤0.0001
10	0.02— 0.06	0.0001— 0.0003
9	0.06— 0.2	0.0003— 0.001
8	0.2 — 0.6	0.001 — 0.003
7	0.6 — 2	0.003 — 0.01
6	2 — 6	0.01 — 0.03
5	6 — 20	0.03 — 0.1
4	20 — 60	0.1 — 0.3
3	60 — 200	0.3 — 1
2	200 — 600	1 — 3
1	600 — 2000	3 — 10

4. 跃迁能级与激发电位：跃迁能级引自《NBS 表》，前项代表低能级，短划后的后项代表激发态高能级，以 cm^{-1} 为单位。

激发电位数据引自 Зайдець 等编的《光谱线表》第二版，以电子伏 eV 为单位。

谱线的波长(单位 $\text{\AA}$)等于两能级波数值差的倒数再乘以 10^8 ($1\text{ cm} = 10^8\text{ \AA}$); 而谱线的激发电位(单位 eV)可由高能级波数值除以 8065 cm^{-1} 换算。

5. 缩略号

R	自蚀线	t	三重线
h	轮廓模糊线	l	向长波扩散的谱线
w	宽线	s	向短波扩散的谱线
c	复杂线	bh	带光谱头
d	双线		

宽线实质上是仪器和实验条件下不能充分分辨出精细结构的复杂线, 它与向单边或两边扩散的轮廓模糊的谱线是不同的。

Ag

Ag I 电离电位=61106 cm⁻¹

Ag II 电离电位=173300 cm⁻¹

波 长 (Å)	NBS 表强度	MIT 表强度 电弧 火花	灵敏度 一级 二级	跃迁能级 (cm ⁻¹)	激发电位 (ev)	附 注
I 2061.17*		25 10 h	2		6.01	
II 2113.83*		20 150 wh	3		10.71	
II 2145.61*		8 150	2		11.20	
II 2186.768*		10 100	2		10.71	
II 2229.523*		— 25 wh	2		11.27	
II 2246.412*		25 300 hs	5		10.36	
II 2248.740*		15 150 wh	3		10.55	
2309.644*		150 h 200 h	4 h		9.11	
II 2317.033*		15 100	5		10.77	
II 2320.246*		15 150 wh	5		11.05	
II 2324.677*		15 100 wh	5		10.18	
II 2331.37	80	18 150 wh	6	40741-83621	10.36	
2375.06*		300 wh 300 wh	3 h		8.96	
II 2411.350*		25 150 h	5 3		10.55	
II 2413.18	150	50 300 h	6 4	40741-82168	10.18	
II 2437.79	90	60 500 wh	6 4	39164-80172	9.93	
II 2447.93	30	30 200 wh	5 3	46046-86884	10.77	
II 2473.800*		20 150 h	5 3		10.71	
2824.370*		150 wh 200 w	1 h 1 h		8.13	
I 3280.68	55000	2000 R 1000 R	11 R 11 R	0-30473	3.78	
I 3382.89	28000	1000 R 700 R	11 R 11 R	0-29552	3.66	
I 4668.48	60 hl	200 70	6 4	30473-51887	6.44	
4874.18*		30 —	2		9.84	
I 5209.07	1000	1500 R 1000 R	8	29552-48744	6.04	
I 5465.49	1000	1000 R 500 R	9	30473-48764	6.04	
I 5471.55	100	500 h 100	7	30473-48744	6.04	

Al

Al I 电离电位=48279 cm⁻¹ Al II 电离电位=151860 cm⁻¹

波 长 (Å)	NBS 表强度	MIT表强度 电弧 火花	灵敏度 一级 二级	跃迁能级 (cm ⁻¹)	激发电位 (ev)	附 注
I 2263.453*		60 R 25	5		5.48	
I 2269.10	500d	60 R 25	7d	112-44169	5.48	
I 2269.22		15 R —		112-44166	5.48	
I 2367.05	460	150 R 50 R	7 5	0-42234	5.22	
I 2373.12	850	100 R 30	7 5	112-42238	5.24	
I 2373.35	170	200 R 100 R	5 3	112-42234	5.24	
I 2567.98	240	200 R 80 R	7 6	0-38929	4.83	
I 2575.10	480	200 R 80 R	8 7	112-38934	4.83	
I 2575.40	40	30 30	6 5	112-38929	4.83	
I 2652.48	150	150 R 60	6 6	0-37689	4.66	
I 2660.39	200	150 R 60	7 7	112-37689	4.66	
I 3082.15	3200	800 800	9 R 9 R	0-32435	4.02	
I 3092.71	6500d	1000 1000	10 R 10 R	112-32437	4.02	
I 3092.84		50 R 18	9 9	112-32435	4.02	
I 3944.01	4500	2000 1000	10 R 10 R	0-25348	3.14	
I 3961.52	9000	3000 2000	10 R 10 R	112-25348	3.14	
AlO 4842.1 bh						引用[6]

As

As I 电离电位=79165 cm⁻¹

As II 电离电位=163000 cm⁻¹

波 长 (Å)	NBS 表强度	MIT 表强度 电弧 火花	灵敏度 一级 二级	跃迁能级 (cm ⁻¹)	激发电位 (ev)	附 注
I 1936.96	55000		R	0-51610		
I 1971.97	65000		R	0-50694		
I 1989.70	36000		5 R	10592-60835		
I 1990.48	11000		3	10592-60815		
I 1994.78	5000		3	18186-68301		
I 2003.34	44000	300 R 10 h	6 R	10915-60815	7.55	
I 2009.19	5500	50 r 8	3	18648-68403	8.48	
I 2013.32	4200	25 r 8	3	18648-68301	8.47	
I 2113.01*		50 5	4		8.13	
I 2133.81*		18 —	3		8.13	
I 2144.10*		50 r —	5		8.04	
I 2165.52	480	50 r 3	5	18648-64812	8.04	
I 2228.86*		10 1	4		7.88	
I 2271.36*		25 1	5		6.77	
I 2288.12	2600	250 R 5	9	10915-54605	6.77	
I 2344.03	160	25 —	5 2	18186-60835	7.55	
I 2349.84	2600	250 R 18	9 R 6 R	10592-53136	6.59	
I 2369.67	500	40 r 20	5 3	18648-60835	7.55	
I 2370.77	400	50 r 3	5 3	18648-60815	7.55	
I 2381.18	400	75 4	5 3	10915-52898	6.58	
I 2437.23	110	25 2	4 2	10592-51610	6.40	
I 2456.53	360	100 r 8	6 4	10915-51610	6.41	
I 2492.91	440	25 5	6 4	10592-50694	6.29	
I 2745.00	440	8 R 8	8 6	18186-54605	6.77	
I 2780.22	1400	75 R 75	8 8	18648-54605	6.77	
I 2860.44	900	50 r 50	7 7	18186-53136	6.59	
I 2898.71	200	25 r 40	5 5	18648-53136	6.59	
I 2990.99	30	10 18	4 4	18186-51610		
I 3032.85	80	125 70	5 5	18648-51610	6.40	
I 3075.317*		60 35	3 3		6.29	
I 3119.60	40	100 50	4 4	18648-50694	6.29	

Au

AuI 电离电位=74410 cm⁻¹

AuII 电离电位=165000 cm⁻¹

波 长 (Å)	NBS 表强度	MIT 表强度 电弧 火花	灵敏度 一级 二级	跃迁能级 (cm ⁻¹)	激发电位 (ev)	附 注
I 2012.00	11000	15 18		9161-58845	7.29	
I 2021.38	2600	8 —		9161-58616		
I 2352.65	180	25 —	6 4	9161-51654	6.40	[2] 谱线类型 II
I,II 2364.56*		20 8	4 2			
I 2376.24*		25 3	4 2		6.35	
I 2387.75	120	30 10	6 4	9161-51029	6.32	
I 2427.95	2600	400 R 100	9 R 7 R	0-41174	5.10	
I 2510.49*		25 15	4 3		7.59	
I 2544.19	16	30 8	4 3	21435-60729	7.53	
I 2590.04	30	30 50	4 4	21435-60033	7.44	[2] 谱线类型 I,II
I 2641.49	260	5 20	6 6	9161-47007	5.82	
I 2675.95	3400	250 R 100	9 R 9 R	0-37359	4.63	
I 2688.71	30	2 20	4 4	21435-58616	7.26	
I 2700.89	80	20 25	5 5	9161-46174	5.72	
I 2748.26	1100	40 80	7 7	9161-45537	5.64	[2] 谱线类型 I,II
I 2883.45	16	15 20	4 4	21435-56106	6.95	
I,II 2905.90*		10 30	4 4		9.49	
II 2913.54*		— 50	4 4		9.27	
2932.19	16	8 40	4 4			[2] 谱线类型 I,II
I 3029.20	320	25 30	6 6	9161-42164	5.22	
I 3122.78	1600	500 h 5	7 7	9161-41174	15.10;II 8.99	
I 3204.74*		50 30	3 3		9.51	
I,II 3230.636*		15 80	3 3		II 14.56	
I 3308.310*		50 15	3 3		6.40	
I 3897.89	40	30 25	5 5	42164-67812	8.40	
I 4040.94	40	50 40	4 4	21435-46174	5.72	
I 4065.08	70	50 30	7 7	37359-61952	7.68	
I 4315.09	20	40 18	4 4	45537-68705	8.51	
I 4488.25	25	40 30	5 4	45537-67812	8.40	
I 4792.60	50	200 W 60	6 4	41174-62034	7.69	
I 4811.62*		50 15	4 1		7.68	
I 5064.61*		40 10	5		5.10;8.83	
I 5230.264*		40 15	5		8.41	
I 5655.766*		35 5	3		8.51	
I 5837.40	25	400 h 10	5	37359-54485	6.75	
I 5956.984*		35 8	3		8.40	
I 6278.18	60	700 20	6	21435-37359	4.63	

B

B I 电离电位=66928 cm⁻¹

B II 电离电位=202895 cm⁻¹

波 长 (Å)	NBS 表强度	MIT 表强度 电弧 火花	灵敏度 一级 二级	跃迁能级 (cm ⁻¹)	激发电位 (ev)	附 注
I 2066.33			1			引用[8]波长数据. 表[3]谱线类型III, 激发电位6.00eV
I 2066.63			2			
I 2066.90			1			
I 2067.17			2			
I 2088.93	4200	100 15	4	0-47857	5.94	
I 2089.59	6500	150 20	5	16-47857	5.94	
I 2496.78	2400	300 300	8 7	0-40040	4.96	
I 2497.73	4800	500 400	9 8	16-40040	4.96	

Ba

Ba I 电离电位=42035 cm⁻¹

Ba II 电离电位=80687 cm⁻¹

波 长 (Å)	NBS 表强度	MIT 表强度 电弧 火花	灵敏度 一级 二级	跃迁能级 (cm ⁻¹)	激发电位 (ev)	附 注
II 2304.24	1400	60 R 80 R	8 R	4874-48259	5.98	
II 2335.27	2000	60 R 100 R	8 R 5 R	5675-48484	6.00	
II 2347.58	190	30 40	5 2	5675-48259	5.98	
II 2528.51	60	— 50 r	5 4	20262-59799	7.40	
II 2634.78	100	30 50	5 5	21952-59896	7.39	
I 3071.58	180	100 R 50 R	5 5	0-32547	4.04	
I 3501.11	500	1000 20	6 6	0-28554	3.54	
II 3891.78	1400	18 25	8 8	20262-45949	5.89	
I 3935.72	140	80 R 30 r	5 5	9216-34617	4.29	
I 3993.40	180	100 R 50 r	6 6	9597-34631	4.30	

Ba 续

波 长 (Å)	NBS 表强度	MIT 表强度 电弧 火花	灵敏度 一级 二级	跃迁能级 (cm ⁻¹)	激发电位 (ev)	附 注
II 4130.66	1500h	50r 60wh	9 9	21952-46155	5.72	
I 4283.10	200	25 20	5 5	11395-34736	4.31	
I 4402.54	100	80 10	5 5	12637-35344	4.38	
I 4431.89	150	60 30	5 4	12266-34823	4.32	
I 4505.92	130	60 20	5 4	12637-34823	4.32	
II 4524.93	130	80 30	8 7	20262-42355	5.25	
II 4554.03	65000	1000R 20	11R 10R	0-21952	2.72	
I 4579.64	140	75 40	6 4	13515-35344	4.38	
I 4691.62	130	100 40	5 4	13515-34823	4.32	
I 4726.45	80	80 30	6 4	11395-32547	4.03	
I 4877.650*		30wh 8	4		4.78	
II 4899.97	400	30h 200l	9	21952-42355	5.25	
II 4934.09	20000	400h 400h	10	0-20262	2.51	
I 5424.55	220hl	100R 30R	7	12266-30696	3.81	
I 5519.05	320hl	200wh 60	6	12637-30751	3.82	
I 5535.48	6500	1000R 200R	10R	0-18060	2.24	
I 5580.18	20	60 —	4	9216-26816	3.75; [3.33]	
I 5777.62	500hl	500R 100R	5	13515-30818	3.82	
I 5800.23	90l	100 20	6	13515-30751	3.81	
I 5805.68	70	70 —	5	9597-26816	3.32	
I 5826.28	300	150wh —	6	11395-28554	3.54	
II 5853.68	2800	300 100h	9	4874-21952	2.72	
I 5907.64	50	20 —	5	9034-25957	3.22	
I 5971.70	500	150 50	7	9216-25957	3.22	
I 5997.09	500	150wh 50	5	9034-25704	3.19	
I 6019.47	500	150Wh 50	7	9034-25642	3.16	
I 6063.12	1100	200wh 60	7	9216-25704	3.19	
I 6110.78	1700	200Wh 60	7	9597-25957	3.21	
II 6141.72	20000	2000Wh 2000wh	10	5675-21952	2.72	
I 6341.68	500	90 50	7	9216-24980	3.09	
I 6450.85	360	100 20	6	9034-24532	3.04	
I 6482.91	600	100Wh 50	7	11395-26816	3.32	
II 6496.90	12000	800r 300Wh	10	4874-20262	2.51	
I 6498.76	1600	60 20	7	9597-24980	3.09	
I 6527.00	700	200 20	8	9216-24532	3.04	
BaF 4950.8* ^b h		100 —				

Be

Be I 电离电位 = 75192 cm⁻¹

Be II 电离电位 = 146882 cm⁻¹

波 长 (Å)	NBS 表强度	MIT 表强度 电弧 火花		灵敏度 一级 二级		跃迁能级 (cm ⁻¹)	激发电位 (ev)	附 注
I 2348.61	9500	2000 R	50	11 R	9 R	0-42565	5.28	
I 2350.685*		25	2	5	3		7.99	
I 2350.835*		12	—	5	3		7.99	
I 2494.54	700	30	—	9	7	21978-62054		
I 2494.58		25	—			21979-62054	7.68	
I 2494.73	1000	30	20	9	7	21981-62054	7.68	
I 2650.45	1400 c	100	15			21979-59697	7.40	
I 2650.55		30	—			21978-59695	7.40	
I 2650.61		20	15	9 c	9 c	21979-59695	7.40	
I 2650.62		25	—			21981-59697	7.40	
I 2650.69		10	—			21979-59694	7.40	
I 2650.76		25	—			21981-59695	7.40	
I 2986.09*		8	—	5	5		10.61	
I 2986.457*		15	—	5	5			
II 3130.42	4800	200	200	11	11	0-31935	3.95	
II 3131.07	3200	200	150	11	11	0-31929	3.95	
I 3321.01	600	50	—	9	9	21978-52081	6.45	
I 3321.08		100	15			21979-52081	6.45	
I 3321.34	1000	1000 r	30	9	9	21981-52081	6.45	
I 4572.66	120	15	15	9	7	42565-64428	7.98	
BeO 4708.60 bl	70							

Bi

Bi I 电离电位=58790 cm⁻¹Bi II 电离电位=134600 cm⁻¹

波 长 (Å)	NBS 表强度	MIT 表强度 电弧 火花	灵敏度 一级 二级	跃迁能级 (cm ⁻¹)	激发电位 (ev)	附 注
I 1953.89	48000			0-51158		
I 1959.48	9000			0-51019		
I 2021.21	10000	40 wh 15	R	0-49461	6.12	
2041.98*		100 15	d			
2049.69*		25 20	2			
I 2061.70	44000	300 R 100	4R	0-48489	6.00	
I 2110.26	4600	250 R 50	5R	0-47371	5.86	
I 2133.63	2500	100 W 40	5	11418-58272	7.21	
I 2134.308*		100 R 5 h	3 h		7.23	
2156.949*		75 R —	3 h		7.16	
I 2189.586*		25 h 5 h	3 h		7.07	
2203.12*		20 h —	3 h		7.54	
I 2228.25	360	100 R 50	8R	0-44865	5.55	
I 2230.61	1700	100 R 30 R	9R	0-44817	5.55	
I 2276.68	340	100 R 40	8R	0-43912	5.45	
I 2400.86	190	200 R 100	3c 1c	15437-57075	7.07	
I 2627.91	700	200 w 200	6t 6t	11418-49461	6.12	[5]三重线 2627.85; 2627.92; 2627.97
I 2696.614~ I 2696.76	280 c	100 100 25 R 15 R	5c 5c	11418-48489	6.00	[5]六重线 2696.62; 2696.70; 2696.77; 2696.82; 2696.86; 2696.89
I 2730.50	140 d	200 100	3d 3d	21660-58272	7.21	
I 2780.52	360	200 W 100	5d 5d	11418-47371	5.87	
I 2809.62	140 c	200 W 100	5c 5c	15437-51019	6.32	
I 2897.98	4000	500 WR 500 WR	7 7	11418-45915	5.69	
I 2938.30	3200	300 w 300 w	7d 7d	15437-49461	6.13	[5]双线2938.28; 2938.32
I 2989.03	2800	250 wh 100 wh	8 8	11418-44865	5.55	
I 2993.34	700	200 wh 100 wh	7 7	11418-44817	5.55	
I 3024.64	2400	250 wh 50	7c 7c	15437-48489	6.00	[5]3024.54弱 3024.60强 3024.63弱 3024.69强