

元素发射光谱图
說明書

1 米

前 言

解放以来，随着我国社会主义建设事业的蓬勃发展，元素的发射光谱分析技术在我国科学研究和工农业各部门中日益发挥着重要作用。特别是在冶金、地质、化工和原子能等部门中应用更为广泛。近些年来，我国的光谱仪器制造技术发展迅速，目前已成批生产各种光栅光谱仪器。由于光栅光谱仪在仪器制造和使用性能上比棱镜光谱仪都有更大的优越性，这就更加促进了光谱分析技术在我国的发展和在生产上的应用。

目前在我国，为使光栅光谱仪器得到更好的应用和推广，迫切需要光栅光谱仪器的标准光谱图片，供识别光栅光谱和进行光谱定性、定量分析之用。遵循伟大领袖毛主席“独立自主、自力更生”的教导，为满足当前国内工矿和科研单位光栅光谱分析工作的急需，我们自己动手，采用国产W-100型一米平面光栅光谱仪制成了这套光栅光谱图。

这套光谱图概括的光谱范围较广，标识的元素较多，标出了元素的大多数灵敏线及次灵敏线。附表列出了元素的谱线波长、谱线性质及强度级次，便于使用时查阅参考。

由于我们经验不足，在光谱图编制技术上尚存在不少缺点，希望读者批评指正。

《元素发射光谱图》说明书

《元素发射光谱图》编制小组

原 子 能 出 版 社

目 录

前 言.....	(1)
----------	-----

第一部分 说明书

一、光谱图的制作概况.....	(5)
二、光谱图的主要内容.....	(5)
三、摄谱条件.....	(5)
四、放大图片的制备.....	(6)
五、元素测定的灵敏度.....	(6)

第二部分 元素波长表

一、波长表包括的元素及谱线数目.....	(11)
二、按波长排列的光谱灵敏线一览表.....	(12)
三、按元素排列的光谱灵敏线一览表.....	(24)

第三部分 元素发射光谱图 (共六十七张)

第 一 部 分

说 明 书

一、光谱图的制作概况

光谱图是采用人工合成溶液干渣样品, 交流电弧激发后, 移动斜形光栏, 再激发纯铁, 使元素光谱与铁光谱正确衔接。由于标识的元素谱线多, 为避免谱线间重叠干扰, 有部分稀土元素*谱线是加画的, 并对少量强度较弱的谱线加工清晰, 以便于读者使用。

二、光谱图的主要内容

光谱图片共六十七张, 包括的七十种元素为: Ag、Al、As、Au、B、Ba、Be、Bi、C、Ca、Cd、Ce、Co、Cr、Cs、Cu、Dy、Er、Eu、Fe、Ga、Gd、Ge、Hf、Hg、Ho、In、Ir、K、La、Li、Lu、Mg、Mn、Mo、Na、Nb、Nd、Ni、Os、P、Pb、Pd、Pr、Pt、Rb、Re、Rh、Ru、Sb、Sc、Se、Si、Sm、Sn、Sr、Ta、Tb、Te、Th、Ti、Tl、Tm、U、V、W、Y、Yb、Zn、Zr。

图片上部标出了谱线的元素符号、波长、原子线(用符号 I 表示)或离子线(一次电离谱线, 用符号 II 表示)以及粗略的强度级别。下部是元素的光谱, 有铁光谱与其紧密衔接。铁光谱作为波长标准, 其下附有粗略的波长标尺。

三、摄 谱 条 件

使用仪器为国产W-100型一米平面光栅光谱仪。三透镜照明系统, 1200线/毫米光栅, 摄取一级光谱。仪器色散率为8.3埃/毫米。

摄取不同光谱域光谱时, 采用转动光栅转角和调整狭缝倾斜的办法以得到清晰垂直的光谱图像。

为了消除二级光谱对一级光谱的干扰, 在4500埃以上光谱域摄谱时, 第二透镜后加黄色滤光片。

激发光源用交流电弧发生器, 电流强度5安培, 电压220伏。曝光40秒。

采用国产光谱纯, 直径为6毫米的石墨电极。

为了消除氟分子带的干扰, 我们采用了一套通氩、氧气于电弧周围的装置, 即石英旋流气室。氩与氧之比为3:1, 混合气体流速3升/分。

在制备元素混合物试样时, 根据各元素的光谱灵敏度, 灵敏线分布情况及一般分析工作的需要, 选择了如表1所示的混合比例。

* 它们是Pr、Nd、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er和Tm共十个元素。

表 1 元 素 浓 度

元 素	浓 度,	元 素	浓 度,	元 素	浓 度,	元 素	浓 度,
加入形式	毫克/毫升	加入形式	毫克/毫升	加入形式	毫克/毫升	加入形式	毫克/毫升
Ag	0.01	Ga ₂ O ₃	0.005	Ni ₂ O ₃	0.01	SrO	0.01
Al ₂ O ₃	0.01	Ge	0.005	Os	0.04	Ta ₂ O ₅	0.01
As ₂ O ₃	0.02	HfO ₂	0.01	P ₂ O ₅	0.01	Te	0.02
Au	0.01	HgCl ₂	0.02	PbO ₂	0.05	ThO ₂	0.005
H ₃ BO ₃	0.002	In ₂ O ₃	0.005	Pd	0.01	TiO ₂	0.01
BaO	0.01	Ir	0.02	Pt	0.01	Tl ₂ O ₃	0.01
BeO	0.001	KCl	0.01	RbCl	0.02	U ₃ O ₈	0.01
Bi ₂ O ₃	0.01	La ₂ O ₃	0.01	Re	0.01	V ₂ O ₅	0.01
CaO	0.005	LiCl	0.001	Rh	0.01	WO ₃	0.01
Cd	0.002	Lu ₂ O ₃	0.002	Ru	0.01	Y ₂ O ₃	0.005
Ce ₂ O ₃	0.01	MgO	0.01	Sb ₂ O ₃	0.01	Yb ₂ O ₃	0.001
Co ₂ O ₃	0.01	MnO ₂	0.01	Sc ₂ O ₃	0.005	Zn	0.01
Cr ₂ O ₃	0.01	MoO ₃	0.01	Se	0.01	ZrO ₂	0.01
CuO	0.01	NaCl	0.01	SiO ₂	0.05		
CsCl	0.02	Nb ₂ O ₅	0.01	Sn	0.02		

将各元素的金属、氧化物或其它金属盐类，按表1所示的元素比例分组溶解于水、酸或碱中，将此元素混合溶液滴加在用聚苯乙烯封闭的平头石墨电极上，干燥后摄谱。

四、放大图片的制备

前二十张图片是将摄得的光谱板用光谱投影仪放大20倍翻版于医用X光胶片，再印相于国产4号感光纸上。

后四十七张图片是将光谱板经过印相翻版，再用光谱投影仪放大20倍印相于国产4号感光纸上。

采用两种不同的翻版方法的原因是，前者较后者获得放大谱线分辨率高，后者较前者获得放大谱线衬度高。前二十张因谱线分布稠密，所以侧重于照顾分辨率，后四十七张谱线分布较稀疏，侧重于照顾衬度。

元素的光谱线位置是画一直线向上引出，在这直线的延长位置上标出谱线的元素符号。元素符号的下面标出波长。

在元素符号的右上角标出了表示谱线强度级次的数字。除对稀土元素区别为25级外，其余元素大致区别为10级。在元素符号的右下角标出了原子状态的符号。

五、元素测定的灵敏度

在摄制图片的同时，我们用1200线/毫米光栅进行了四十一种元素的灵敏度试验，稀土元素用钙做外加基体，其余元素均用铟做外加基体，用溶液干渣法摄谱。结果列于表2。

表 2 元素测定的灵敏度

元素谱线, Å	微克/对电极	元素谱线, Å	微克/对电极	元素谱线, Å	微克/对电极
Al 3082.97	<0.04	Gd 3422.46	0.006	F 2553.28	0.3
B 2497.73	0.001	Hf 2773.36	0.04	Pb 2833.07	<0.04
Ba 2335.27	0.05	Ho 3456.00	0.006	Pr 4408.84	0.1
Be 2348.61	0.0006	*K 7664.91	<0.03	Sc 2552.36	0.03
Ca 2398.56	0.3	La 3337.49	0.01	Sm 4280.80	0.01
Cd 2288.02	0.003	*Li 6707.84	<0.002	Tb 3324.40	0.03
Ce 4296.67	0.03	Lu 2615.42	0.001	Ti 3168.52	0.02
Co 2424.93	0.04	Mg 2782.97	<0.2	V 3185.40	<0.02
Cr 2677.16	0.02	Mn 2595.76	0.2	W 2551.35	0.04
Cu 2492.15	0.3	Mo 3170.35	0.007	Y 3327.88	0.003
Dy 3385.03	0.01	Na 3302.32	<0.07	Yb 3289.37	0.0006
Er 3372.76	0.005	Nb 3094.18	0.04	Zn 3302.59	<0.07
Eu 2813.95	0.005	Nd 4012.25	0.03	Zr 2568.87	0.04
Fe 2598.37	<0.05	Ni 3002.49	0.02		

*用600线/毫米光栅(一级)加黄色滤光片,滤去二级的干扰谱线而提取的。

主 要 参 考 文 献

- [1] Harrison, G.R., Wavelength Tables of 100000 Spectrum Lines, New York, Wiley, 1939.
- [2] Gatterer, A. und Junkes, J., Atlas der Restlinien 11 Band, Spectren der Seltenen Erden, Specola Vaticana, Castel Gemdolfo, Italien, 1945.
- [3] Калинин, С.К., Наймарк, Л.Э., Марзуванов, В.Л. и Исмагулова, К.И., Атлас Спектральных Линий для Стеклянного Спектрографа, Госгеолтехиздат, 1956.
- [4] Калинин, С.К., Явнель, А.А., Алексеева, А.И. и Наймарк, Л.Э., Атлас Спектральных Линий для Кварцевого Спектрографа(2050—6900 Å), Гостехиздат, 1959.
- [5] Калинин, С.К., Марзуванов, В.Л., Бекбаулова, Т.Б., Атлас Спектральных Линий Область 2095—1840 Å, 1960.
- [6] Halina Jaffe, Atlas of Analysis Lines, Hilger & Watts Ltd, London, 1962.
- [7] 裴蓓丽, 沈联芳, 程建华, 欧阳远珠, 黄本立和张定钊, 混合稀土元素光谱图, 科学出版社, 1964.
- [8] Зайдель, А.Н., Прокофьев, В.К., Райский, С.М., Славный, В.А. и Шрейдер, Е.Я., Таблицы Спектральных Линий, изд. «Наука», 1969.
- [9] 冶金部科技情报研究所, 光谱线波长表, 中国工业出版社, 1970.

第 二 部 分

元 素 波 长 表

一、波长表包括的元素及谱线数目

元素符号	原子序数	元素名称	谱线数	元素符号	原子序数	元素名称	谱线数
Ag	47	银	10	Na	11	钠	10
Al	13	铝	10	Nb	41	铌	15
As	33	砷	15	Nd	60	钕	5
Au	79	金	7	Ni	28	镍	33
B	5	硼	4	Os	76	铱	10
Ba	56	钡	39	P	15	磷	8
Be	4	铍	8	Pb	82	铅	11
Bi	83	铋	8	Fd	46	钔	13
C	6	碳	2	Pr	59	镨	5
Ca	20	钙	31	Pt	78	铂	12
Cd	48	镉	12	Rb	37	铷	10
Ce	58	铈	23	Re	75	铼	6
Co	27	钴	26	Rh	45	铑	6
Cr	24	铬	29	Ru	44	钌	6
Cs	55	铯	8	Sb	51	锑	15
Cu	29	铜	19	Sc	21	钪	27
Dy	66	镝	10	Se	34	硒	4
Er	68	铒	6	Si	14	硅	16
Eu	63	铕	14	Sm	62	钐	8
Fe	26	铁	11	Sn	50	锡	20
Ga	31	镓	5	Sr	38	锶	14
Gd	64	钆	11	Ta	73	钽	13
Ge	32	锗	8	Tb	65	铽	9
Hf	72	铪	9	Te	62	碲	5
Hg	80	汞	3	Th	90	钍	10
Ho	67	钬	6	Ti	22	钛	41
In	49	铟	11	Tl	81	铊	9
Ir	77	铱	10	Tm	69	铥	13
K	19	钾	6	U	92	铀	14
La	57	镧	22	V	23	钒	29
Li	3	锂	5	W	74	钨	20
Lu	71	镥	10	Y	39	钇	18
Mg	12	镁	18	Yb	70	镱	7
Mn	25	锰	23	Zn	30	锌	13
Mo	42	钼	17	Zr	40	锆	16

注：此外还有分子带 (bh) 的四条谱线。

二、按波长排列的光谱灵敏线一览表

元素符号	波 长, Å	强 度	元素符号	波 长, Å	强 度
C	1930.26 I	4	Ni	2216.47 I	5
As	1936.95 I	5	Si	2216.67 I	6
Se	1960.26 I	7	Si	2218.06 I	5
As	1971.97 I	5	Cu	2225.70 I	3
Si	1988.36 I	4	Cu	2227.78 I	4
As	1989.70 I	5	Cu	2230.08 I	4
As	2003.34 I	5	Bi	2230.61 I	8
Zn	2025.51 I	7	Sn	2246.05 I	6
Se	2039.85 I	7	Cu	2247.00 I	3
Cr	2055.59 I	4	Te	2259.02 I	4
Cr	2061.54 I	4	Cd	2265.02 I	6
Zn	2061.91 I	3	Sn	2268.91 I	6
Se	2062.79 I	4	Re	2275.25 I	
Cr	2065.46 I	4	Co	2286.16 I	5
Sb	2068.33 I	4	Cd	2288.02 I	9
B	2088.93 I	5	As	2288.12 I	7
B	2089.59 I	6	W	2294.54 I	4
Si	2124.12 I	6	Ba	2304.24 I	5
F	2135.47 I	4	In	2305.99 I	4
Cu	2135.98 I	4	In	2306.09 I	4
P	2136.18 I	5	Co	2307.86 I	5
Zn	2138.56 I	8	Ni	2310.97 I	5
Te	2142.75 I	5	Sb	2311.47 I	7
Cd	2144.41 I	5	Tl	2315.98 I	3
Te	2147.19 I	3	Ni	2316.03 I	5
P	2149.14 I	5	Sn	2317.23 I	6
P	2154.08 I	4	Ni	2320.03 I	5
Se	2164.16 I	2	Ni	2321.38 I	5
Pb	2169.99 I	4	Ni	2325.79 I	5
Sb	2175.81 I	6	Sn	2334.80 I	6
Cu	2181.72 I	4	Ba	2335.27 I	6
Cu	2192.26 I	4	Ni	2345.55 I	5
Cu	2199.58 I	4	Be	2348.61 I	10
Si	2207.97 I	5	As	2349.84 I	7
Si	2210.89 I	5	Sn	2354.84 I	7
Si	2211.74 I	5	Co	2363.79 I	5
Cu	2214.58 I	4	Al	2367.05 I	4

续 表

元素符号	波 长, Å		强 度	元素符号	波 长, Å		强 度
As	2369.67	I	4	Si	2519.21	I	7
As	2370.77	I	4	Co	2521.36	I	7
Ir	2372.77	I		Si	2524.12	I	8
Al	2373.12	I	5	Si	2528.51	I	8
Co	2378.62	I	5	Sb	2528.54	I	8
As	2381.18	I	4	P	2533.99	I	5
Te	2383.25	I	6	P	2535.61	I	6
Te	2385.76	I	7	Co	2535.96	I	7
Pb	2393.79	I	4	Hg	2536.52	I	8
W	2397.09	I	4	Ir	2543.97	I	
Ca	2398.56	I	3	Sn	2546.55	I	6
Ta	2400.62	I	4	W	2551.35	I	
Cu	2406.67	I	3	Sc	2552.37	I	8
Co	2407.25	I	7	P	2553.25	I	6
Co	2411.62	I	7	P	2554.90	I	5
Sn	2421.70	I	7	Sc	2555.82	I	6
Co	2424.93	I	7	Sc	2560.25	I	7
Au	2427.95	I	9	In	2560.15	I	4
Sn	2429.49	I	7	Sc	2563.21	I	6
Ta	2432.70	I	4	Al	2567.98	I	4
Si	2435.15	I	6	Zr	2568.85	I	7
W	2435.96	I	5	Zr	2571.42	I	8
Pt	2440.06	I	6	Al	2575.10	I	5
Sb	2445.51	I	4	Mn	2576.10	I	8
Ag	2447.93	I		Pb	2577.26	I	4
As	2456.53	I	4	Ta	2577.37	I	
Pt	2467.44	I	6	Ge	2592.54	I	7
Ir	2475.12	I		Mn	2593.73	I	8
C	2478.56	I	4	Mn	2595.76	I	5
W	2481.44	I	5	Sb	2598.06	I	7
Pt	2487.17	I	6	Mn	2605.69	I	8
Cu	2492.15	I	5	Zn	2608.64	I	4
Be	2494.58	I	7	La	2610.34	I	8
Be	2494.73	I	7	Sb	2612.31	I	5
B	2496.78	I	7	Pb	2614.18	I	6
B	2497.73	I	8	Lu	2615.42	I	10
Ir	2502.98	I		Bi	2627.91	I	5
Si	2506.90	I	8	Si	2631.31	I	5
Si	2514.32	I	8	U	2635.53		4
Si	2516.11	I	9	Ta	2635.59	I	7

续 表

元素符号	波 长, Å	强 度	元素符号	波 长, Å	强 度
Hf	2638.71 I	7	In	2753.88 I	4
Ir	2639.71 I	6	Ge	2754.59 I	8
Hf	2641.41 I	7	Cr	2762.58 I	
Pt	2646.89 I	6	Cr	2766.55 I	
Hf	2647.29 I	6	Tl	2767.87 I	5
Be	2650.45 I	9	Sb	2769.95 I	6
Ge	2651.18 I	9	Hf	2773.36 I	7
Ge	2651.58 I	9	Mg	2776.69 I	5
Al	2652.49 I	5	Mg	2778.27 I	5
Sb	2652.61 I	5	Mg	2779.83 I	8
Ta	2653.27 I	5	As	2780.22 I	6
Yb	2653.74 I	6	Mg	2781.42 I	5
W	2656.54 I	6	Mg	2782.97 I	5
Ta	2656.61 I	5	Mo	2784.99 I	6
Pt	2659.45 I	9	Mg	2790.79 I	4
Al	2660.39 I	5	Mn	2794.82 I	9
Pb	2663.17 I	5	Mg	2795.53 I	9
Ir	2664.79 I		Ta	2797.76 I	
Sb	2670.64 I	5	Mg	2798.06 I	4
Au	2675.95 I	9	Mn	2798.27 I	9
Cr	2677.16 I	7	Mn	2801.08 I	9
Zr	2678.63 I	8	Pb	2802.00 I	6
Ru	2678.76 I	6	Mg	2802.70 I	9
Ta	2685.11 I	7	Mo	2807.75 I	5
Ge	2691.35 I	8	Sn	2813.58 I	5
Th	2692.42 I	6	Eu	2813.95 I	10
Pt	2702.40 I	8	Mo	2816.15 I	7
Sn	2706.51 I	7	Hf	2820.22 I	7
Tl	2709.23 I	4	Pb	2823.19 I	4
Ge	2709.63 I	8	Cu	2824.37 I	6
In	2710.27 I	5	Ag	2824.37 I	2
Ta	2714.67 I	7	Pt	2830.30 I	7
Nb	2716.63 I	7	Th	2832.31 I	7
Sb	2718.90 I	4	Pb	2833.07 I	8
Zr	2722.61 I	7	Cr	2835.63 I	7
W	2724.35 I	6	Zr	2837.23 I	5
Eu	2727.77 I	10	Th	2837.30 I	7
Pt	2733.96 I		Sn	2839.99 I	9
As	2745.00 I	4	Th	2842.81 I	6
Th	2752.17 I	6	Cr	2843.24 I	7

续 表

元素符号	波 长, Å	强 度	元素符号	波 长, Å	强 度
Ta	2844.46 I		Tl	2918.32 I	5
Mo	2848.24 I	8	Ir	2924.79 I	6
Ir	2849.73 I	6	Nb	2927.80 I	7
Cr	2849.83 I	7	Pt	2929.79 I	8
Sn	2850.62 I	6	In	2932.62 I	5
Mg	2852.13 I	10	Mn	2933.06 I	7
Cr	2855.67 I		Bi	2938.30 I	6
As	2860.44 I	6	Mn	2939.30 I	7
Cr	2860.92 I		U	2941.92 I	4
Hf	2861.01 I	7	Ti	2941.99 I, I	5
Hf	2861.70 I	7	Ga	2943.64 I	9
Sn	2863.32 I	9	Ga	2944.18 I	7
U	2865.68 I	5	W	2944.40 I	7
W	2866.06 I	5	W	2946.98 I	7
Tm	2869.23 I	10	Mn	2949.21 I	7
Th	2870.40 I	7	Nb	2950.88 I	7
Mo	2871.51 I	7	V	2952.07 I	6
Ga	2874.24 I	8	Ti	2956.12 I	6
Nb	2875.39 I	7	Ta	2965.13 I	
Nb	2876.95 I	7	Cd	2980.62 I	6
Sb	2877.92 I	7	Bi	2989.03 I	6
W	2879.11 I		Ni	2992.60 I	7
W	2879.39 I		Ni	2994.46 I	7
Si	2881.58 I	9	Pt	2997.97 I	8
Nb	2883.17 I	7	Ni	3002.49 I	9
U	2889.63 I	4	Ni	3003.63 I	8
Yb	2891.39 I	10	Cr	3005.06 I	6
W	2896.01 I	5	Sn	3009.14 I	8
W	2896.45 I	7	Gd	3010.14 I	6
Ir	2897.15 I		Ni	3012.00 I	8
Bi	2897.98 I	7	Cr	3014.76 I	6
As	2898.71 I	4	Cr	3014.93 I	6
Lu	2900.30 I	10	Cr	3017.59 I	7
Mo	2903.06 I	4	Os	3018.04 I	
Eu	2906.68 I	10	Cr	3024.36 I	6
U	2906.91 I	4	U	3024.39 I	4
Nb	2908.24 I	6	Bi	3024.64 I	6
U	2908.28 I	4	Gd	3027.60 I	6
Os	2909.06 I	6	Au	3029.21 I	5
Lu	2911.39 I	10	Sb	3029.83 I	5