

$$H_1 = T^{-1}HT = \begin{vmatrix} A_1 & B_1 \\ C_1 & D_1 \end{vmatrix}.$$

因为 $H \approx \pm I$, 所以可以选择 T 而使 $C_1 \approx 0$. 因此, 我们只要限于考察 $C \approx 0$ 的情况即可. 易知, 此时必是点光束模. 由 $ABCD$ 定律^[3]得

$$R_2 = \frac{AR_1 + B}{CR_1 + D}.$$

微分上式, 并利用 $|H| = 1, R_1 = (\lambda - D)/C$, 可得

$$\begin{aligned} \frac{dR_2}{dR_1} &= \lambda^{-2} = 1, \\ \frac{d^2R_2}{dR_1^2} &= -2C\lambda^{-3} = \pm 2C. \end{aligned}$$

由此立即可见系统不稳定, 证毕.

3. 基模的分析结果

应用本节上述解法和稳定性定理对基模分析所得的详细结果列于表 1 中. 从表中可见, 除准模外, 全部模都是轴点光束(包括轴向平行光束为其特例). 这表示, Siegman 的假定是本理论的推论.

五、高阶模的导出

为了得到与基模相对应的高阶模, 我们保持基模的波阵面形状不变, 即保持 (3.1) 式, 而抛弃 $\rho(x) = \text{常数}$ 的要求. 这样便能对每一基

模找到对应的高阶模的强度分布. 只考虑轴点光束

$$\theta = x/R. \quad (5.1)$$

将 (5.1) 和 (2.1) 式代入 (3.3) 式得

$$r \left(A + \frac{B}{R} \right) = \frac{\rho(x)}{\rho \left(Ax + \frac{B}{R} x \right)}. \quad (5.2)$$

注意到要求 $\rho(x) \geq 0$, 上式解出

$$\rho(x) = Kx^{2n}, \quad n = 0, 1, 2, \dots, \quad (5.3)$$

$$r_n = \left(A + B/R \right)^{-(2n+1)} = \lambda^{-(2n+1)}, \quad (5.4)$$

其中 K 为任意正实常数, 而 λ 为对应的基模本征值.

从 (5.3) 式可见, 高阶模的辐射集中在镜的边缘上, 为选模提供了方便. (5.3) 和 (5.4) 式与衍射积分方程的几何近似结果相同. 这也说明本文理论的正确性.

感谢谈镐生教授的指导和帮助.

参 考 文 献

- [1] Ю. А. Ананьев *Квантовая Электроника*, **6**(1971), 3—34.
- [2] A. E. Siegman, *Proc. I. E. E.*, **53** (1965), 277.
- [3] 朱如曾, 激光, 待发表.
- [4] Ю. А. Ананьев и др., *ЖЭТФ*, **58** (1970), 786.
- [5] 朱如曾, 封开印编译, 谈镐生审校, 激光物理, 国防工业出版社, (1975), 162.

用 X 射线荧光光谱薄试样法测定 磁泡薄膜的原子比值

程建邦 张文龙
(中国科学院物理研究所)

郝贡章 欧通桃
(冶金工业部有色金属研究院)

1980年2月21日收到

磁泡存储器作为一种新的计算机存储器在国内外受到广泛的重视. 对于磁泡材料组份的测定国外多采用电子探针方法^[1,2]. 这种材料是

物理

用外延法生长在钐镓石榴石基片上的含有多元稀土的薄层. 我们对中国科学院金属研究所王桢枢等同志的纸片薄样法进行了改进, 提高了

灵敏度,使其能用于微量薄层样品的分析。并用此法对磁泡薄膜的原子比值进行了测定,其灵敏度、精密度和准确度都能得到较满意的结果,且分析速度较快,便于磁泡材料研制工艺过程的控制。

一、薄样法原理

由于在薄层,在 $m(\mu/\rho)' \leq 0.1^{[3,4]}$ 条件下无论初级X射线和分析线都不被显著地吸收,每个原子基本上与其他原子无关地进行吸收与发射,吸收增强效应可以忽略,因此可以得到

$$I_i = K_i C_i \rho d, \quad (1)$$

式中 I_i 为X射线(元素*i*)发射强度(计数/秒); K_i 为元素*i*谱线的比例常数; C_i 为样品中元素*i*的百分浓度; ρ 为样品密度(gcm^{-3}); d 为样品厚度(cm)。

(1)式不依赖于基体因素 μ 。如果选择一种内标元素加入样品中使它具有恒定的浓度 C_s , 则

$$\left. \begin{aligned} I_i &= K_i C_i \rho d, \\ I_s &= K_s C_s \rho d, \\ I_i/I_s &= K C_i, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

式中 K 是常数

由(2)式得知被测元素的浓度正比于强度比值,标准曲线是直线并通过原点。根据这个公式便可求得各元素的含量。由所求得含量除以各元素的原子量,即可求得各元素的原子比值。

往标准溶液及样品溶液中同时加入恒定浓度的内标元素,它补偿了样品体积、温度、密度、样品平面、酸基体等的变化,同时也补偿了纸片裂纹、气孔等的影响。

二、仪器与测量条件

本法所用仪器是日本产 Simultix(IV)型多道X射线光谱仪,铑靶,50KV,50mA, LiF(200)分光晶体。测定时间40秒,面罩 $\phi 30\text{mm}$ 。除钷用 L_{β_1} 线以外,其他元素均用 K_{α} 线进行测

定。除钷用闭烁计数器外,其他元素均用封闭式、正比计数器进行测定。

三、薄样制法

将磁膜样品置于一铂丝织成的网托上,放入小烧杯中,加入 6N 盐酸加热溶解样品。待膜层溶完后立即取出基片,尽可能不使其片溶解。依照膜层含量的范围同时配制标准系列。将内标元素定量加入样品和标准中。微火蒸发至干,乘热加入 1N 盐酸 1.0ml 溶解残渣。将 Whatman No 42 滤纸剪成 $\phi 35\text{mm}$ 的圆片,吸取试样或标准溶液 0.2ml,滴在干净的小玻璃片上,将剪好的滤纸片放在溶液上面,纸片吸取溶液平整地铺在玻璃片上,在红外灯下烘干后进行荧光强度测定。

四、测量结果

标准回收情况

标准回收情况见表 1。

表 1

标准含量 (μg)				测定结果 (μg)			
Ca	Fe	Sm	Y	Ca	Fe	Sm	Y
100	495	100	576	102	498	97.0	576
200	990	120	1153	203	965	117	1140
300	1486	160	1729	301	1461	156	1750
400	1981	180	2306	402	1980	165	2320
500	2476	200	2882	485	2440	196	2859

由表 1 得知,此法相对误差除钷 $\sim 10\%$ 外,其他元素均能控制在 3% 以下。如果样品中钷的原子比增大,其误差就会减小。

2. 磁泡样品测定结果

磁泡样品测定结果见表 2。

表 2

元 素	算术平均值 \bar{x} (原子比值)	标准偏差 s_{n-1} (原子比值)	变动系数 cv (%)
Ca	1.02	0.031	3.0
Fe	4.07	0.095	2.3
Sm	0.059	0.0075	12.6
Y	1.92	0.034	1.8

表 2 所列是一批样品 7 次测定结果。它表示测定结果的精密程度。

3. 与原子吸收法 (AAS) 测定结果的比较

本法 (XRF) 测定结果与原子吸收法 (AAS) 测定结果的比较见表 3。

表 3

薄膜样品号	铁 (10^{-6} mole)		钙 (10^{-6} mole)	
	AAS	XRF	AAS	XRF
5	63.2	62.1		
14	36.3	35.5	9.73	9.37
16	49.7	47.9	11.7	12.2

五、讨 论

1. Rhodes^[3] 和 Frank^[4] 认为当 $m(\mu/\rho)' \leq 0.1$ 时 (此处 m 为面密度, $(\mu/\rho)'$ 为样品总的重量吸收系数), 可以认为是薄样, 此时基体效应可以忽略。假如被我们分析的样品的量为 5—10 mg, 做成的薄样最大面密度为 2×10^{-4} g/cm²。在上述被测元素中 CaK_α 线最软, 各元素对它的吸收最大。按样品含量计算各元素对 CaK_α 线的总质量吸收系数也仍小于 10³ cm²/g, $m(\mu/\rho)'$ 一般显著小于 0.2。因此预计按此法所做样品可以作为薄样处理。实验证明在表 1 所列各元素含量的范围内, 被测元素的浓度正比于被测元素分析线的强度与内标元素分析线强度的比值, 并得到一条通过原点的良好的标准曲线。

2. 基片组份钆、镓对膜层组份测定的影响: 原子比值的测定不必将膜层全部溶完, 因而此时基片组份不被溶解或者进入溶液量甚微, 对膜层原子比的测定不产生影响。万一溶解样品时由于控制不当有较多的基片组份进入溶液, 或者需要测定膜层百分含量时必须将膜层全部

溶解, 此时基片组份就会进入溶液。我们发现 在 5—10mg 样品中带入 5mg 以下的基片组份对 所测钆量不产生影响。由于上述磁泡膜层含钆量甚低, 因此对钆的测定稍有影响 (见图 1), 但可用补偿法消除, 即往标准系列中加入相似量的钆、镓, 以补偿所引起的影响。

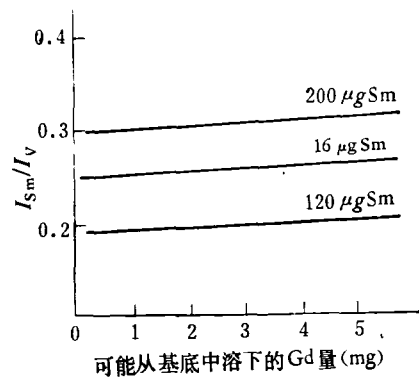


图 1 基底元素, 钆对 I_{Sm}/I_V 的影响

3. 内标元素的选定: 我们试验过用镧或钒作为内标元素, 发现镧灵敏度较低。要使样品获得适当的强度比, 消耗量就较钒大。且高纯镧价格较高, 故选用钒为内标元素较为合适。以 400 μg 钒作为内标其被测元素均可获得适当的强度比值。

4. 本法最低检测下限: Ca 3.8 μg, Fe 2.6 μg, Sm 5.1 μg, Y 4.4 μg。

由以上结果可见, 本方法是快速进行磁泡材料分析的一种有效方法。

参 考 文 献

- [1] M. Zimmer and W. Tolksdorf, *Journal of Crystal Growth*, **23** (1974), 331—334.
- [2] 黑沢賢, *分析化学(日)*, **26** (1977), 833.
- [3] J. R. Rhodes, *Amer. Lab.*, **5-7** (1973), 57—58, 60, 62, 64, 66—68, 70—3.
- [4] F. H. Chung, A. J. Lentz and R. W. Scott, *X-Ray Spectrometry* **3** (1974), 172—175.