

# X 射线荧光法检测金属镀层厚度

严振庄<sup>1)</sup> 谢东<sup>1)</sup> 刘亨远<sup>2)</sup>

(1)河北师范大学物理系,050016,石家庄;2)河北省商检局,050051,石家庄;第一作者,40岁,男,实验师)

**摘 要** 介绍了用 $\gamma$ 辐射源激发 X 射线荧光法测定金属镀层的镀布量的方法,并同其他检测手段做了对比,发现该法是非破坏性测定镀布量小于几  $mg/cm^2$  镀层的最准确方法。

**关键词** 镀层; 镀布量; X 射线荧光法

**分类号** O657.34; TQ153.1

金属镀层厚度检测

目前,商检部门广泛采用酸浸退镀法、电磁厚度计等方法来测定金属镀层的镀布量。但对于厚度在微米以下、镀布量小于  $1 mg/cm^2$  的镀层进行检测,上述方法由于随机误差较大就显得难以胜任。我们利用放射性同位素 X 射线荧光法,对镀 Zn、镀 Sn、镀 Cr 钢板的镀层厚度进行了测定,并将结果与其他方法测定的结果进行了比较。结果证明 X 射线荧光法不仅可以逐点迅速地给出镀层的质量厚度,而且其准确性也较其他方法较好,不失为一种快速准确测定金属镀层厚度的简易方法。

## 1 测定方法和原理

测定金属镀层的 X 射线荧光法是利用带有钢过滤窗的放射性同位素  $A^{241}$  (59.5 KeV) $\gamma$  辐射源激发镀层的 X 射线荧光,用 Si(Li)X 射线能谱仪测量荧光光谱,然后进行计算。计算当中只须考虑 X 射线发射和吸收的一次过程,进行简单数学推导,即可满足测量准确度的要求。

考虑双面等厚镀层的薄板,总厚为  $L$  cm,镀层质量厚度(镀布量)为  $x$   $g/cm^2$ ,单能射线源( $A^{241}$ , 59.5 KeV),入射角  $\varphi_0$  和出射角  $\varphi_1$ 、 $\varphi_2$ 、 $\varphi_3$  皆为  $45^\circ$ 。探测器是 Si(Li)X 射线能谱仪。射线源和探测器均配置准直器。图 1 中  $I_0$  为源射线强度, $I_1$  为镀层的荧光 X 射线强度, $I_2$  为基板的荧光 X 射线强度, $I_3$  为另一面镀层的荧光 X 射线穿过基板到达探测器的部分强度。经推导得出:

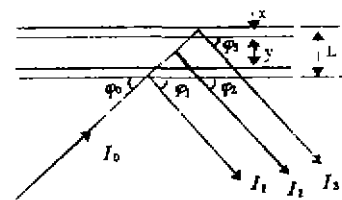


图 1

$$I(1) = IS_1 \{1 + \exp[-\sqrt{2}(\mu_{01} + \mu_{11})x + \sqrt{2}(\mu_{02} + \mu_{12})y]\} \cdot \{1 - \exp[-\sqrt{2}(\mu_{01} + \mu_{11})x]\}, \quad (1)$$

$$y = (L - 2x/\rho_1) \cdot \rho_2, \quad (2)$$

式中  $I(1)$  包括  $I_1$  和  $I_3$ , 即射入探测器并探测到的镀层 X 荧光强度; $IS_1$  为直接测量到的镀层纯金属饱和厚度标准样的 X 荧光强度,纯金属饱和厚度,即达到某一厚度时,X 射线荧光强度不再随厚度的增加而增加; $y$  为基板质量厚度( $g/cm^2$ ); $\mu_{01}$ 、 $\mu_{02}$  为镀层和基板对

于源射线的质量吸收系数( $\text{cm}^2/\text{g}$ );  $\mu_{11}$ 、 $\mu_{12}$ 为镀层和基板对镀层金属荧光 X 射线的质量吸收系数( $\text{cm}^2/\text{g}$ ).

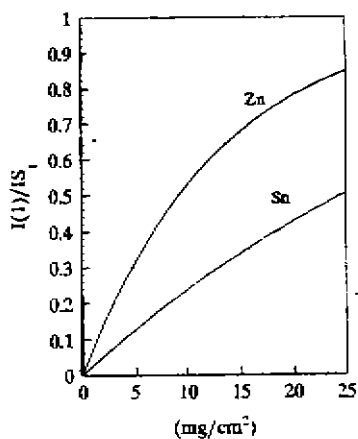


图 2

对于单面镀层, (1)式变为:

$$I(1) = IS_1 \{1 - \exp[-\sqrt{2}(\mu_{01} + \mu_{11})x]\} \quad (3)$$

利用 Si(Li)探测器对样品进行逐点测量, 由(1)式或(3)式即可获得测量结果。当基板厚度大于 0.5 mm 时, 双面镀层样品也可按单面处理, 用(3)式来计算。图 2 是测量工作曲线, 即镀布量与  $I(1)/IS_1$  比值的关系。由图 2 可见这种测定方法适用于镀布量在几十  $\text{mg}/\text{cm}^2$  以内, 镀 Sn 层厚至  $25 \text{ mg}/\text{cm}^2$ , 镀 Zn 层厚至  $15 \text{ mg}/\text{cm}^2$ , 仍接近于线性。

## 2 测定结果与比较

我们用 X 荧光法以及其他各种测定方法对同一种镀 Sn 薄板进行了测定, 现将测定结果列于表 1 和表 2。

表 1 镀层镀布量 单位:  $\text{mg}/\text{cm}^2$ 

| 样品号   | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| X 荧光法 | 1.47 | 0.98 | 0.90 | 0.89 | 0.87 | 0.82 | 0.54 |
| 原子吸收法 | 1.44 | 0.99 | 0.92 | 0.90 | 0.86 | 0.83 | 0.52 |

表 1 是测定的双面等厚镀 Sn 薄钢板的镀层厚度值与原子吸收光谱法结果的对比。原子吸收光谱法的做法是, 将一定面积样品用酸溶解稀释而测定其中的 Sn 含量。X 荧光法的准确性和原子吸收光谱法相似, 并且重复性好, 可以逐点测量, 以检查镀层的均匀性。

表 2 为 X 荧光法同其他几种方法的对比结果。表中厚度计的镀布量是由仪器给出的线厚度乘以镀层密度所得。由表 2 可以看出, 前两种方法所得结果相符合; 酸浸法与前两者相比, 测定结果相差较大, 说明该方法存在较大的测算误差; 而两种镀层厚度计是接触式电磁式的, 其测量结果更不可信, 用来测量这样薄的镀层是完全不适用的。

表 2 不同测量方法得出的镀布量 单位:  $\text{mg}/\text{cm}^2$ 

| 样品号 | X 荧光法 | 原子吸收法 | 酸浸法   | 厚度计 1 | 厚度计 2 |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|
| A   | 0.850 | 0.847 | 1.02  | 1.97  | 5.02  |
| B   | 1.00  | 1.01  | 0.82  | 5.05  | 4.82  |
| C   | 0.890 | 0.875 | 0.790 | 4.38  | 5.69  |

以上所做 X 荧光实验, 是在 Si(Li)能谱仪上进行的。这种测量设备对于中薄镀层的测量以及镀层中不同组分的分析是很有用的。而且, X 荧光法测量镀层准确、迅速, 其他方法难以替代, 故完全可用于商检部门进行商品检验。一般商检部门只用于检测镀布量是否满足某一厚度要求, 可以用比较低档的设备进行。

## 参 考 文 献

- 1 伯廷 E P. X 射线光谱分析的原理应用. 李瑞成, 等译. 北京: 国际工业出版社, 1983
- 2 梁钰, 马惠卿. 透射强度比 X 射线荧光光谱法测定金属镀层组分. 光谱与光谱分析, 1993, 13(2):

89

## Determination of Metal Plating Thickness by X-Ray Fluorescence Method

Yan Zhenzhuang<sup>1)</sup> Xie Dong<sup>1)</sup> Liu Hongyuan<sup>2)</sup>

(1) Department of Physics, Hebei Normal University, 050016, Shijiazhuang, PRC;

(2) Hebei Import & Export Commodity Inspection Bureau, 050051, Shijiazhuang, PRC)

**Abstract** In the paper a method of determining metal plating mass thickness by X-Ray fluorescence method using  $\gamma$  radiation source is introduced. It is contrasted with other determination means, and find that X-Ray fluorescence method is most accurate.

**Key words** metal plating; mass thickness; X-Ray fluorescence

(责任编辑 李 冀)

(上接第 145 页)

## The Heavy—nuclide Abundances of the Asymptotic Giant Branch Stars

Zhang Bo<sup>1)</sup> Wu Zhenyu<sup>2)</sup> Chang Ruixiang<sup>1)</sup> Liu Junhong<sup>2)</sup>

(1) Department of Physics Hebei Normal University, 050016, Shijiazhuang, PRC;

(2) Department of Physics, Shijiazhuang Teachers' College, 050061, Shijiazhuang PRC)

**Abstract** In this paper, we present the nucleosynthesis calculations for Population I lowmass stars during the He—shell flashes of the asymptotic giant branch (AGB). The mainneutron source at the origin of s—process nucleosynthesis is assumed to be the reaction  $^{13}\text{C}(\alpha, n)^{16}\text{O}$ ; a minor contribution derives also from the marginal activation of the reaction  $^{22}\text{Ne}(\alpha, n)^{25}\text{Mg}$  at the end of each flash. We adopt a unbranched s—process network, and use standard models for the recurrent thermal pulses; core mass increasing with pulse number, overlap factor and stellar winds varying with core mass. After asymptotic abundances have been achieved, the distributions of s—nuclei can be simply characterized by  $\tau_0$ . The various classes of low—mass AGB stars are characterized by neutron exposures covering a large interval, reaching values often in excess of  $0.15 \text{ mb}^{-1}$  and up to  $1.0 \text{ mb}^{-1}$ .

**Key words** AGB stars; heavy nuclides; nucleosynthesis

(责任编辑 李 冀)