

# 用分光光度计测量核靶厚度和均匀性

许国基 孟祥金 罗兴华

(中国原子能科学研究院, 北京)

文章叙述了吸光光度法测量核靶厚度和均匀性的一般原理, 并给出碳膜和金属膜的具体测量方法, 本方法的厚度测量范围为 5—200  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ , 测量精度为 10%。

关键词 分光光度计, 碳剥离膜。

## 一、引言

在核物理实验中, 常要求将各种材料做成薄靶, 让它经受各种带电粒子束流的轰击, 从而研究各种物理现象。为了提高测量精度, 经常需要事先测量出靶的平均厚度和均匀性。天平称重法、空气等效法  $\alpha$  测厚仪、石英晶体控厚仪等是测定核靶厚度和均匀性的常用方法。但这些方法, 一般不适合测量 10  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$  左右的薄靶。为了满足薄靶厚度和均匀性测量的需要, 我们用吸光光度法测量靶厚。跟其它测量方法相比, 它具有设备简单、测量迅速、灵敏度高、既能测量厚度又能测量均匀性等优点。

## 二、原理与装置

物质对光的吸收具有选择性, 不同物质具有其各自的吸收光谱。当某单色光通过薄膜时, 其强度就会被吸收而减弱, 光强度减弱的程度和薄膜的面密度  $d$  有一定的比例关系, 即符合比耳定律。

$$\log I_0/I = K \cdot d$$

$$T = I/I_0 \quad d = \varepsilon \cdot A$$

其中,  $T$  为透过率,  $I_0$  和  $I$  为入射和透射光强度,  $K$  和  $A$  为吸光系数和吸光度,  $\varepsilon$  为比例常数。

从以上公式可以看出, 对于某一波长的入射光, 吸光度与薄膜的面密度成正比<sup>[1]</sup>, 只要事先刻度出某一元素的  $A-d$  曲线, 求出比例常数  $\varepsilon$ , 就能用分光光度计迅速测量出薄膜的厚度。

吸光光度法测量靶厚的主要仪器是 721 型分光光度计。其光学系统如下面简图所示。

由光源灯发出的连续辐射光线, 射到聚光透镜上, 会聚后再经过平面镜转角  $90^\circ$ , 反射至入射狭缝, 由此入射到单色光器内, 狭缝正好位于球面准直镜的焦面上, 当入射光线经过准直镜反射后就以一束平行光射向棱镜(该棱镜的背面镀铝), 光线进入棱镜后, 就在其中色散, 入射角在最小偏向角, 入射光在铝面上反射后是依原路稍偏转一个角度反射回来的, 这样从棱镜色散后出来的光线再经过准直镜反射后, 就会聚在出光狭缝上, 出射狭

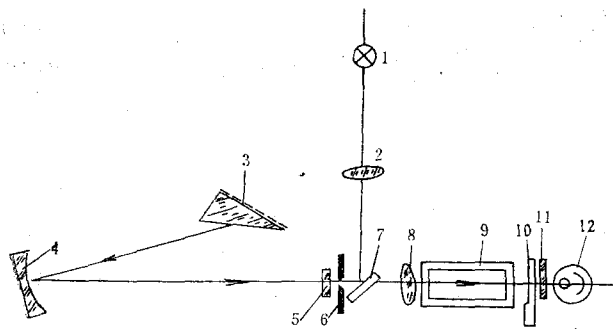


图 1 分光光度计光路图

Fig. 1 Optical System of the Spectrophotometer

1—光源灯, 12V, 25W; 2—聚光透镜; 3—色散棱镜; 4—准直镜; 5—保护玻璃; 6—狭缝; 7—反射镜; 8—聚光透镜; 9—比色架; 10—光门; 11—保护玻璃; 12—光电管。

缝和入射狭缝是一体的, 为了减少谱线通过棱镜后呈弯曲形状、影响单色性, 因此把狭缝的二片刀口作成弧形的, 以便近似地吻合谱线的弯曲度, 保证了仪器有一定程度的单色性。

### 三、结果与讨论

#### 1. 碳剥离膜的测量

当串列加速器加速重离子时, 用薄碳膜代替气体剥离系统, 可以提高离子能量。我院的 HI-13 串列静电加速器的电荷剥离器, 一次需装 300 片厚度为 5—10  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$  的碳膜。这样薄的膜层, 用称重法和  $\alpha$  测厚仪都测不准, 用背散射法测量大量的薄膜也是不现实的, 因为加速器束流的成本很高。我们用吸光光度法有效地解决了碳剥离膜的厚度和均匀性测量问题。

(1) 工作波长的选择 用吸光光度法测量薄膜时, 工作波长对测量灵敏度或厚度范围影响很大。因此首先要测量某材料的吸光度与波长的关系曲线, 选择合适的工作波长。

由图 2 可见, 吸光度随波长的减少而增加。波长短, 测量灵敏度高。反之, 灵敏度降低, 但可测量较厚的薄膜。为了兼顾灵敏度和厚度范围, 我们选取 680 nm 为工作波长。

(2)  $A-d$  曲线的刻度 用辉光放电裂解  $\text{C}_2\text{H}_4$  法制备出 6—25  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$  的碳膜, 在 721 型分光光度计上测出每片碳膜的吸光度  $A$ , 然后用称重法在百万分之一的天平上称出每片碳膜的重量, 由此作出  $A-d$  曲线, 如图 3 所示, 由图 3 得到

$$d = 90 \cdot A \quad (\mu\text{g}/\text{cm}^2)$$

(3) 厚度控制曲线, 即  $d-Q$  曲线的刻度 辉光放电裂解  $\text{C}_2\text{H}_4$  法制备碳剥离膜的基本原理是在辉光放电的作用下,  $\text{C}_2\text{H}_4$  裂解并离化成碳离子和碳氢离子团, 在电场的帮助下,

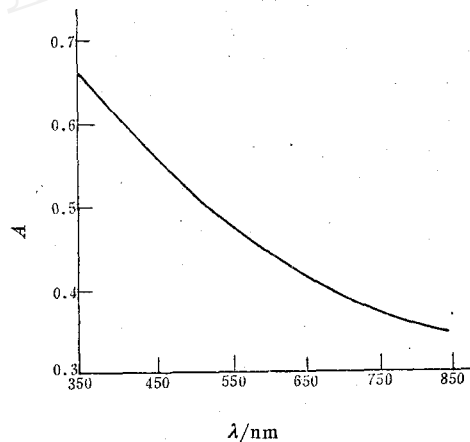


图 2 35  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$  碳剥离膜的吸收谱  
Fig. 2. Absorption spectrum of 35  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$  Carbon stripper foil

它们沉积在基衬上，形成薄碳膜。

实验表明，辉光放电电量 $Q$ 跟膜厚 $d$ 有一定比例关系，因此只要测量出 $Q-d$ 曲线，就能有效地控制碳膜的厚度。用721型分光光度计测量的 $Q-d$ 曲线，如图4所示。由图4可见，当放电电量为35—70 mA·min的时候，碳剥离膜的厚度为5—10  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 。

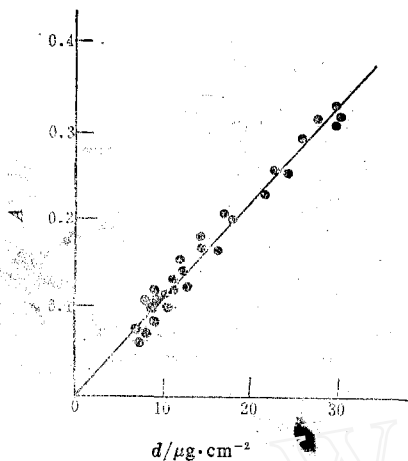


图3 碳剥离膜厚度与吸光度的关系  
Fig. 3 Relation between thickness and absorption for carbon stripper foils

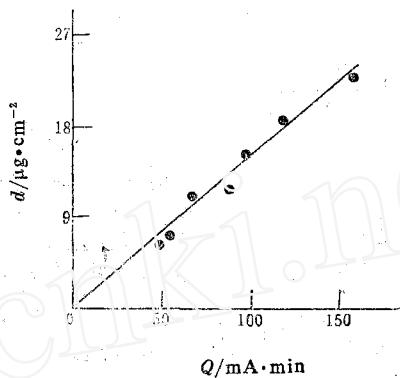


图4 辉光电量与膜厚的关系  
Fig. 4 Relation between thickness and glow charge for carbon stripper foils

(4) 均匀性的测量 721型分光光度计，一般用于定量比色分析，对进入比色槽的光束的大小要求不严，只要不发生比色槽框架有挡光现象就行。经测量721型分光光度计光束在比色槽中央处，束斑的大小为 $3.5 \times 4.0 \text{ mm}$ 。显然，这样大的光斑很难测定薄膜的均匀性。为了克服这一困难，我们在比色槽光束入口处加一准直孔，使光束通过薄膜时斑点为 $1.2 \times 1.5 \text{ mm}$ 。这样就能有效地测量薄膜的均匀性。结果列于表1中。

表1 碳膜的均匀性  
Table 1 The uniformity of carbon foils

碳膜编号	膜上各点的吸收值 A												平均	相对误差 /%
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.175	0.180	0.190	0.180	0.185	0.190	0.182	2.2
2	0.175	0.170	0.170	0.170	0.170	0.175	0.170	0.170	0.175	0.175	0.170	0.180	0.173	2.1
3	0.175	0.170	0.170	0.170	0.170	0.175	0.175	0.170	0.175	0.170	0.165	0.165	0.170	3.0
4	0.170	0.170	0.170	0.165	0.165	0.170	0.165	0.165	0.170	0.170	0.170	0.170	0.168	0.9
5	0.160	0.165	0.160	0.155	0.160	0.170	0.155	0.165	0.160	0.160	0.160	0.170	0.162	2.5

由表1可见，辉光放电同一次沉积的各片膜之间的不均匀性和一片膜本身的不均匀性都 $<5\%$ 。

## 2. 碳弧法碳膜的测量

由于碳的原子序数小、纯度高、有好的化学和热稳定性，因此它在核物理实验中常被用作靶衬或核靶。 $10-100 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 的自支撑碳膜一般用碳弧法制备，因为这种方法具有装

置简单、操作方便、所得的碳膜的机械强度较好等优点。

为满足日常的测量碳膜厚度的需要，我们测量了碳弧碳膜的  $A-d$  曲线(图 5)。制备碳膜的脱膜剂为洗涤剂，工作波长为 680 nm。

### 3. 金和铜膜的测量

(1) 工作波长的选择 由金和铜的  $A-\lambda$  曲线可看出，在 500 和 565 nm 处，吸光度  $A$  有极小值。为扩大厚度测量范围，我们分别取 500 和 565 nm 为金和铜的工作波长。

(2)  $A-d$  曲线 金和铜的  $A-d$  曲线在图 6 中给出，制备自支撑金和铜靶的脱膜剂分别为肥皂和甜菜硷。

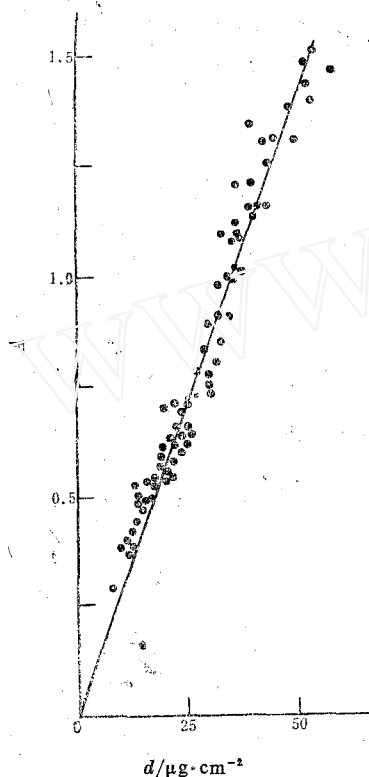


图 5 碳弧碳膜厚度与吸光度的关系  
Fig. 5 Relation between thickness and absorption for carbon arc foils

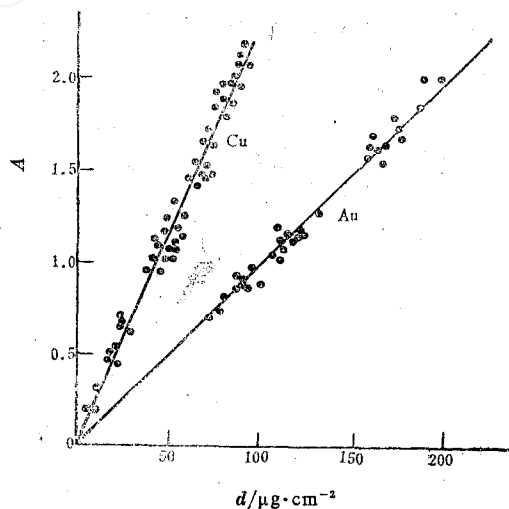


图 6 金膜和铜膜的厚度与吸光度的关系  
Fig. 6 Relation between thickness and absorption for gold and copper foils

吸光光度法既能测量核靶的厚度又能测量靶膜的均匀性，它的优点是灵敏度高，测量迅速，特别适合大量超薄靶的测量。其缺点是适用的靶元素较少，厚度测量范围较窄(5—200  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ )，作刻度曲线时需要百万分之一克的天平。

### 参 考 文 献

[1] Pauwels. J., Proceedings of 10th World Conference of the INTDS, Rehovot, Israel, 1981, P. 208.

(编辑部收到日期：1986年11月25日)

## THE THICKNESS MEASUREMENTS OF TARGETS WITH SPECTROPHOTOMETER

XU GUOJI    MENG XIANGJIN    LUO XINGHUA

*(Institute of Atomic Energy, P. O. Box 275, Beijing)*

### ABSTRACT

A method for measuring the thickness of thin targets with a spectrophotometer is described. The principle of the method and the instrument used are mentioned. The relation between thickness and absorption for carbon, gold and copper foils are given.

**Key words** Spectrophotometer, Carbon stripper foil.

www.cnki.net