

中华人民共和国国家标准

# 印制板镀涂覆层厚度测试方法 β反向散射法

UDC 621.3.049  
.75:621.793  
:531.717.1  
GB 4677.8—84

Test method of plating and coating thickness  
by beta backscattering for printed boards

本方法是镀涂覆层厚度的非破坏性测试方法。适用于测量当镀涂覆层和基底材料的原子序数或等效原子序数有足够差别时的金属或非金属基底上的金属或非金属镀涂覆层厚度。在印制板上,可用于测量有机绝缘材料基底上的铜镀层厚度、铜基底上的光敏抗蚀剂涂层厚度、铜基底上的锡铅合金镀层厚度、铜基底上金镀层厚度、铜上镀镍基底上的金镀层厚度、铜基底上的阻焊剂涂层厚度等。

本方法是参照ANSI/ASTM B 567-79《β反向散射法测量涂层厚度》等标准制定的。

注:本方法使用几种不同的放射源,因此,必须遵守仪器使用说明书的有关规定。

## 1 名词术语

### 1.1 放射性活度

所有放射性同位素的原子核是不稳定的,它们自发地释放出能量或粒子,而变成稳定状态,这种过程叫做放射性衰变。单位时间内发生衰变的原子核数,叫做放射性活度。用在β反向散射测试仪中的放射性同位素的活度,常以微居里(μCi)表示。

### 1.2 β粒子(或β射线)

由发生衰变的β放射性同位素的原子核中辐射出来的高速运动的电子。

### 1.3 反向散射

β粒子穿过物质时,由于与原子相碰撞,而改变运动方向和速度。β粒子从入射面被反射的现象称为反向散射。

### 1.4 饱和厚度

物质的反向散射计数不再随厚度增加而变化的最小厚度。

### 1.5 反向散射计数

在一定时间间隔内反向散射并被仪器接收的β粒子数。它与放射源的强度、测量时间、测量系统的几何条件、探测器的特性、镀层厚度以及镀层与基底的原子序数等因素有关。

### 1.6 归一化反向散射计数

把反向散射计数经过归一化处理后的一个量,它与放射源的强度、测量时间、探测器的特性等有关,以 $N$ 表示:

$$N = \frac{X - X_0}{X_s - X_0} \times 100$$

式中:  $X_0$ ——饱和厚度基材的反向散射计数;

$X_s$ ——饱和厚度镀层的反向散射计数;

$X$ ——样品的反向散射计数。

### 1.7 反向散射系数

它等于反向散射计数与入射到物体的β粒子数的比值。

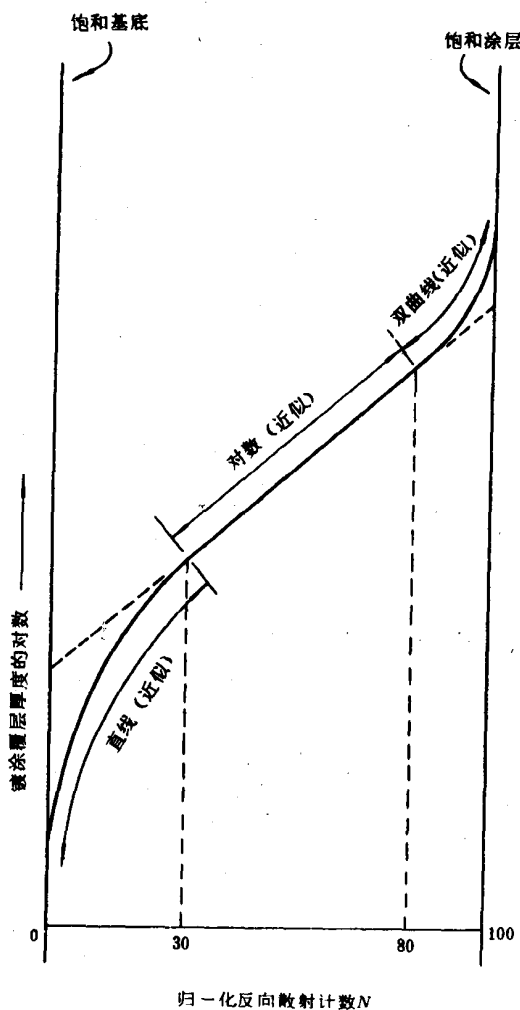
### 1.8 等效原子序数

合金或化合物的等效原子序数等于与它具有相同反向散射系数的元素的原子序数。

## 2 原理

本方法主要是根据 $\beta$ 射线的反向散射原理提出的。 $\beta$ 射线的反向散射计数取决于下面两个基本因素:

- a. 散射体的厚度:  $\beta$ 反向散射计数随散射体厚度的增加而增加, 直至达到饱和厚度;
- b. 散射体的原子序数:  $\beta$ 反向散射计数随散射体原子序数的增加而增加。如果在物体的表面有一种镀涂覆层, 而且其原子序数与基底的原子序数有足够大的差别 (见附录 A), 那末,  $\beta$ 射线的反向散射计数将处于饱和基底和饱和镀涂覆层材料的反向散射计数之间。因此, 可以利用 $\beta$ 反向散射计数或归一化反向散射计数计量镀涂覆层的厚度。下图示出了镀涂覆层厚度与归一化反向散射计数之间的曲线关系。其横坐标为归一化反向散射计数  $N$ , 纵坐标为镀涂覆层厚度的对数。曲线在  $0 < N < 30$  的范围内近似呈线性关系, 在  $30 < N < 85$  的范围内呈对数关系, 在  $85 < N < 100$  的范围内呈双曲线关系。



镀涂覆层厚度-归一化反向散射计数曲线示意图

### 3 测试条件

正常试验大气条件（按GB 2421—81《电工电子产品基本环境试验规程 总则》中的规定。

### 4 试样

4.1 测试应在产品印制板或试验板上进行。测试面积应大于掩膜开孔。在测试范围内，不应有肉眼可见的缺陷。

4.2 测试前用适当的方法除去试样表面的油污、灰尘、氧化物等外来物。

### 5 仪器设备

#### 5.1 仪器与标样：

5.1.1 仪器：β反向散射测厚仪一般由放射源、探测器、显示器三部分组成。

5.1.2 标样：用于校准仪器。要求标样表面平坦、厚度均匀、厚度值准确。

5.1.3 测量精度：±10%。

5.2 调压变压器：把电源电压调节到仪器正常工作范围内。

5.3 探头支架：使放射源对准欲测区域，使样品紧靠掩膜开孔。

5.4 掩膜：它紧靠样品，决定测量面积大小。

5.5 不锈钢镊子：用于拿放样品。

### 6 测试步骤

6.1 参考仪器说明书以及附录A、附录B，选择适当的放射源、掩膜和测量时间。

6.2 按照仪器说明书操作仪器。测量过程中应至少每4小时检查一次仪器校准情况。

6.3 测量样品基底与标样基底的反向散射计数，若不同，按仪器说明书进行修正，或用其他适合的标样。

6.4 测量镀涂覆层厚度。

6.5 如果样品镀涂覆层密度与标样镀涂覆层密度不同，则须按仪器说明书测量样品镀层的密度，以便进行修正。

6.6 如果需要计算标准偏差，则在同一样品的同一位置上，至少重复测量十次，并记录。

### 7 测量结果

#### 7.1 镀涂覆层厚度

7.1.1 当样品镀涂覆层密度与标样镀涂覆层密度相同时，测量得到的厚度值即为实际厚度。

7.1.2 当样品镀涂覆层密度与标样镀涂覆层密度不同时，须按下式对测量所得的厚度进行修正。

$$\text{实际厚度} = \text{测量厚度值} \times \frac{\text{标样镀层密度}}{\text{样品镀层密度}}$$

#### 7.2 标准偏差

按下列公式计算标准偏差：

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (T_i - \bar{T})^2}{n - 1}}$$

式中：n——测量次数；

$\bar{T}$ ——n次测量的平均值，μm；

$T_i$ ——第i次测量值，μm。

**8 报告内容**

- a. 标样(厚度)的准确度;
- b. 校准时间及测量时间;
- c. 标准偏差;
- d. 厚度值;
- e. 其它。

附录 A  
影响测量准确度的因素  
(参考件)

- A.1 定标时间及测量时间: 由于放射性衰变的涨落现象, 本方法具有统计误差, 为了减少统计误差, 应该使用较长的测量时间和校准时间。
- A.2 标样厚度: 在使用过程中, 由于磨损会使标样厚度值减小, 因而会降低测量精度。
- A.3 镀层与基底材料: 在其他测量参数相同的情况下, 镀层与基底材料的原子序数差较大, 测量精度越高。一般, 原子序数差应不小于 5。
- A.4 镀层厚度: 当镀层的归一化反向散射计数处于 30~85 的范围内时, 相对测量误差最小; 当归一化计数处于 0~30 范围内时, 随厚度降低, 相对测量误差增加; 当归一化计数处于 85~100 范围内时, 测量误差常很大。
- A.5 放射源: 选择放射源, 尽可能使样品的归一化反向散射计数处于 30~85 的范围内。另外, 由于放射性衰变, 放射性活度逐渐降低, 这时需要延长测量时间, 才能得到较准确的测量结果。
- A.6 掩膜开孔: 开孔大,  $\beta$  反向散射计数较高, 测量误差小。如果开孔边缘磨损, 或样品与开孔边缘接触不好, 将增大测量误差。
- A.7 基底: 样品的基底必须与标样的基底有相同的反向散射计数, 如果不同, 必须进行修正。
- A.8 样品表面的清洁度、粗糙度亦影响测量结果的准确度。

附录 B  
选择放射源测量时间参考表  
(补充件)

测量项目	厚度范围 ( $\mu\text{m}$ )	放射源	测量时间 (s)
Cu/光敏抗蚀剂	< 5	C-14	10~30
Cu/Sn-Pb	0~5.3		
Cu/光敏抗蚀剂	> 5	Pm-147	10~20
Cu/阻焊剂	> 5		
Cu/Ni	0~2		
Cu/Ni/Au	2~11	Tl-204	8~16
Cu/Sn-Pb	5~30		
环氧玻璃布/Cu	10~150	Sr-90	8~15

附加说明:

本标准由中华人民共和国电子工业部提出。

本标准由电子工业部第十五研究所起草。

本标准主要起草人季绍华。

本标准自实施之日起, 原SJ 1799-81《印制板镀层厚度的测试方法—— $\beta$ 射线法》标准作废。