

## 新型角分辨 XPS 电子能谱仪

黄惠忠

(北京大学物理化学研究所 北京 100871)

**摘要** 本文介绍了新型角分辨 XPS 电子能谱的构造、特点, 及其应用。

**关键词** 角分辨 X 射线光电子能谱 角(度)电子透镜

随着超薄膜和其它先进材料的出现, 相应地要求有新型仪器和方法能测试表面或近表面区的化学、物理的组成、结构和性质等。英国 VG Scientific 公司的 Theta Probe 新型角分辨 XPS 电子能谱仪随之应运而生。

众所周知, 转动样品, 即改变电子能谱仪中的电子透镜对从样品出射的光的电子接收的角度(进入透镜的光电子方向与样品平面之间的夹角, 称为出射角,  $\leq 90^\circ$ ), 即可在光电子探测深度范围(5~10nm, 取决于样品为无机物或有机物)内, 测定样品中距表面不同深度区域的组成、价态、结构等, 从而在纳米尺寸的水平上来了解该材料的物理和化学性质(见图 1)。

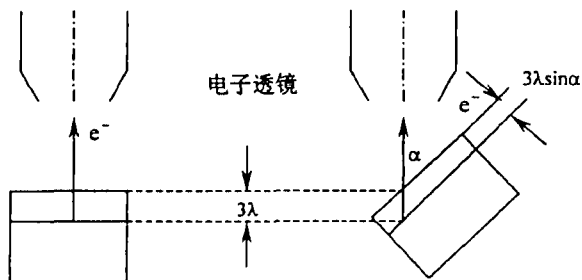


图 1 探测深度与出射角关系

原先在进行这样的角分辨 XPS (ARXPS) 测量时, 均须通过转动样品, 以改变透镜和能量分析器与样品表面之间的角度。但是这样一来, 很难保证 X-光源、样品和透镜三者之间的“原位”转动, 极易由仪器几何位置的变动而产生较大的测量误差, 并且还费时。

现在英国 VG Scientific 公司推出的 Theta Probe 角分辨 XPS 电子能谱仪就可以在不转动样品的条件下, 通过改变透镜电子光学成像方式, 进行角分辨 XPS 测量(见图 2)。

该新型仪器的独特之处如下<sup>[1,2]</sup>:

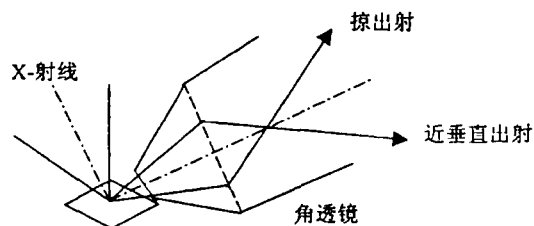


图 2 产生角分辨信息的示意图

### 1 微聚焦单色器

样品的分析范围由单色化 X-射线的束斑大小所决定。用户可在 15~400 $\mu\text{m}$  范围内选择 X-射线束斑大小。此法的主要优点是使能量分析器总是工作在最大透过率。使仪器能在小面积微区分析时, 提供高灵敏度。除此之外, 由于 X-射线束斑很小, 可大大减小 X-射线辐照产生的对样品的损伤破坏。X-射线单色器的双曲面晶体由恒温控制, 以稳定 X-射线能量及 X-射线束斑在样品上的位置和大小。另外, 仪器上还装有变焦光学显微镜和 CCD 摄像机, 可准确和快速地定位样品的分析区。

### 2 角分辨透镜

Theta Probe 电子能谱仪的传输透镜有两种工作模式: 第一种工作模式是积分型收集出射的光电子, 收集的光电子角锥达  $60^\circ$ , 以此提高谱图的接收灵敏度。

第二种工作模式是角分辨模式。此刻“同时”收集的  $60^\circ$  被划分为不同的角度-通道(直至 96 个通道, 即分辨率达  $1.6^\circ/\text{通道}$ )。这样一来, 不用转动样品, 便可得到角分辨数据。这种数据收集方法的优点是 X-射线束斑在样品上的位置、荷电补偿等保持不变, 保证了不同角度下收集的谱的特点纯粹只与样品膜厚有关, 排除了由仪器几何位置的变化对角分辨数据的影响。

还应指出,角透镜的大立体角接收方式,也大大提高了接收灵敏度。

### 3 二维检测器

它的功能:当选择 ARXPS 工作模式时,在一个平面内收集能量色散的光电子,而在另一个平面内收集角分辨数据。此时不用扫描能量分析器,就可以“快照”模式收集到能划分为 100 个能量通道的能谱图。与此同时,还收集了全部角分辨数据。这就意味着可快速收集数据。与其他电子能谱仪一样。

Theta Probe 仪器中也配有离子枪,需要时,允许进行角分辨 XPS 的深度剖析测试。

Theta Probe 电子能谱仪可以进行成(化学)像 XPS 测试。图 3 显示了接收 Ag3d 峰时的 XPS 图像以及图 4 显示收集 Ag3d 时 2D 检测器的输出,横轴为能量分布,纵轴为角度分布。

据测量薄膜厚度的关系<sup>[3]</sup>,还可以测量薄膜厚度。

该仪器设计中的另一个特点是可调节阳极靶上 X-射线束的位置。这样可定期调节阳极靶位置,保持电子束轰击新鲜的铝涂层表面,以维持最强的 X-射线强度,同时可免除费时的更换阳极靶的工作。

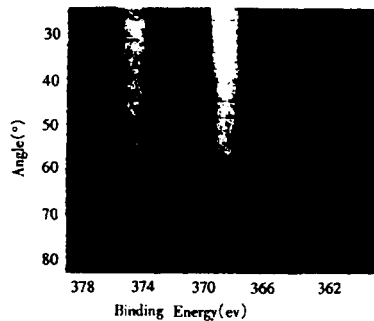


图 3 Ag3d 的 ARXPS 图像

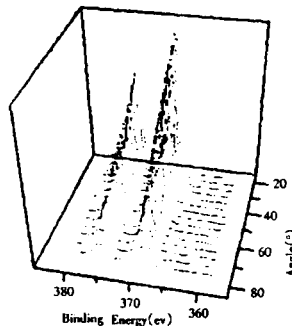


图 4 2D 检测器接收 Ag3d 时的输出

#### 参考文献

1. VG Scientific, Theta Probe from VG Scientific, 样本, 2000, 1~5
2. VG Scientific, Sigma Probe, 样本, 2000, 1~6
3. Fadley C. S., Progress in Surface Science, 1984, Vol. 16, 275~388

## A New Electron spectrometer used for Angle-Resolved XPS

Huong Huizhong

(Institute of physical Chemistry Peking University Beijing 100871)

**Abstract** The configuration, features and application of novel ARXPS (Angle-Resolved X-ray Photoelectron Spectroscopy) electron spectrometer is introduced in this paper.

**Key words** Angle-Resolved XPS (ARXPS) Radiom Lens

## 关于召开 2001 年分析测试仪器改造升级技术交流会的通知

各有关单位:

近几年来,科技部和有关部门组织了对一些大型进口仪器改造升级的技术开发和推广工作,取得了较好的社会效益。为进一步加强仪器改造和功能开发工作,更好地挖掘现有资源的潜力,中国分析测试协会定于 2001 年 9 月,在湖北省宜昌市召开 2001 年分析测试仪器改造升级技术交流会,交流各类分析测试仪器改造升级技术,并进行仪器改造方面的商务洽谈活动。请具有改造技术的单位、人士和有仪器需要改造的单位以及对这方面的工作感兴趣的同志踊跃参加。

会议期间还拟举办仪器改造升级成果展示活动,欢迎有关单位携带推广成果包括小型仪器装置和软件产品参展。

联系电话:(010) 68512283; 传真:(010) 68537684; 邮政编码:100045

通讯地址:北京 2143 信箱 中国分析测试协会 技术开发委员会

中国分析测试协会  
2000 年 12 月 10 日