

[2] D. C. Burnham, *Appl. Opt.*, 9 (1970), 1727.
 [3] Jurg Steffen et al., *IEEE J. Quantum Electron.*,

QE-8 (1972), 239.
 [4] 张光寅, 激光, 4-5 (1977), 41.

光电子能谱方法测量固体的功函数

潘承瓚 郭可珍

(中国科学院化学研究所)

顾惠成

(中国科学院物理研究所)

功函数是固体表面的宏观物理量, 它的数值随晶面而异, 并灵敏地反映着表面状态的变化. 同时, 功函数的大小同体内性质也有密切关系.

测量功函数的方法有多种^[1], 但不同作者所报道的数据差别很大, 这是由于在实验过程中, 样品表面条件不尽相同所致. 我们采用光电子能谱 (ESCA) 方法来测量功函数^[2,3]. 这个方法的突出优点是, 当样品处于待测状态时, 样品表面组成情况可以利用通常的 ESCA 方法进行检测. 在一般情况下, 即使样品表面只有 0.01 单层的沾污物, 也可通过 ESCA 测量检测出来. 因此, 在测量功函数的实验过程中, 样品表面的化学组成可利用 ESCA 方法本身来精确地监控. 这样就可以得到样品在各种具体表面状况下功函数的准确数值.

当 X 射线照射样品时, 从固体表面发射的电子中除了光电子、俄歇电子等能量较高的特征电子外, 还存在着大量的低能量电子. 这些电子主要是由于二次发射产生的. 因为样品和谱仪同时接地, 它们的费米能级是在同一能量水平上. 如果样品的功函数大于电子能量分析器材料的功函数, 那么二次电子分布曲线的起始点所对应的能量值, 就等于样品真空能级同分析器材料的真空能级之间的能量差, 也就等于它们的功函数之差. 分析器材料的功函数可以利用标准谱线精确测量^[4]. 因而, 通过简单的计算就能得到待测样品的功函数.

也可以将两种样品安装在样品托的两个面上, 并使其电接触, 分别测量它们二次电子的起始点. 那么, 两种样品功函数之差将等于它们

二次电子的起始点之间的能量间距. 如果其中一个样品的功函数是已知值, 那么就能确定另一个样品的功函数.

我们在 ES300 型电子能谱仪上测量了金属样品和某些半导体样品的功函数. 为了抑制样品室中其它杂散电子的干扰, 提高对样品表面发射的二次电子的探测效率, 我们在样品上加了负偏置电压. 负偏压由高精度稳压电源提供, 用数字电压表监视. 实验过程中, 偏压数值的变化小于 50 毫伏. 样品加上负偏置电压后, 样品和谱仪分析器的能级位置如图 1 所示. 图中 V 为所加偏压数值, ϕ_s 和 ϕ_{sp} 分别为样品和谱仪分析器材料的功函数, E'_k 为光电子在样品室中的动能, E_k 为光电子进入分析器以后所具有的动能. 根据文献[4]的计算方法可得

$$E_k = \phi_s - \phi_{sp} + V + E'_k. \quad (1)$$

谱仪测量的二次电子起始点对应着 $E'_k = 0$. 这时(1)变成

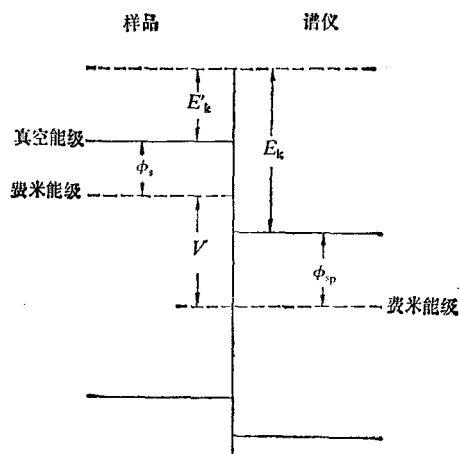


图1 加偏置电压后,样品和谱仪的能级图

$$E_k = \phi_s - \phi_{sp} + V, \quad (2)$$

所以

$$\phi_s = \phi_{sp} + E_k - V, \quad (3)$$

上式中 V 为数字电压表读数, ϕ_{sp} 由标准谱线定出. 所以只要测得 E_k , 就可计算出 ϕ_s 值.

在偏置电压相同的情况下, 如果测得样品 1 (功函数为 ϕ_1) 的二次电子起始点同样品 2 (功函数为 ϕ_2) 的二次电子起始点能量值相差 ΔE (假定 $\phi_1 > \phi_2$), 那么由(3)式可得

$$\phi_1 - \phi_2 = \Delta E. \quad (4)$$

当其中一个样品的功函数为已知值时, 只要测量了 ΔE 就可根据(4)式求得另一个样品的功函数.

我们试验了偏置电压为 5, 10, 15, 20, 30, 40, 45 伏, 扫描宽度为 12.5, 25, 50, 100 电子伏等情况. 发现偏置电压 40 伏, 扫描宽度 25 电子伏时, 二次电子能量分布曲线最陡峭, 计数率也很合适.

样品为 20×6 毫米²、厚 0.2 毫米的薄片. 用银丝固定在样品托上, 以保证接触良好. 样品托的一面安装银片, 另一面安装待测样品. 进样前, 银片和样品表面用白刚玉粉抛光后在超声波下清洗, 先后使用的溶剂是四氯化碳、丙酮、酒精. 最后用去离子水冲洗干净, 脱水取出送入谱仪. 然后在谱仪制备室对样品进行氩离子溅射处理. 溅射条件为: 离子流 0.4 毫安, 电压 9 千伏, 气压 2×10^{-4} 托. 为了避免溅射的不均匀性, 在溅射过程中使离子束在样品表面不断进行扫描. 同时使用 ESCA 多次重复检查样品表面, 直至样品表面杂质元素基本清除. 然后在原位对样品进行退火处理. 最后将样品由谱仪制备室送入样品测试室, 在 8×10^{-9} 托真空

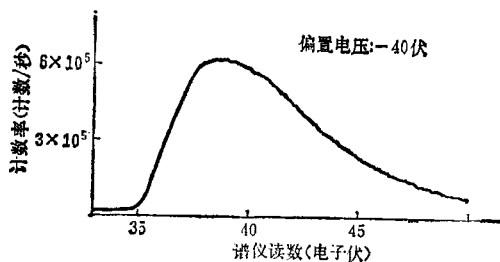


图2 银的二次电子发射谱

度下测量样品表面二次电子发射谱. 激发射线选用 MgK_{α} , 功率 150 瓦 (15 千伏、10 毫安). 图 2 和图 3 分别为测得的银和金的二次电子发射谱. 图 4 为样品托接地时测得的标准银峰 ($Ag3d_{5/2}$). 我们取 $Ag3d_{5/2}$ 结合能值为 368.2 电

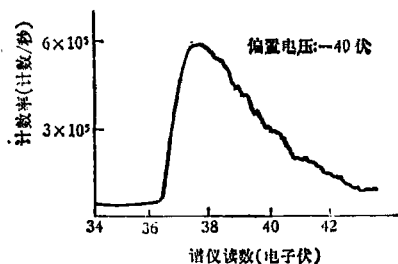


图3 金的二次电子发射谱

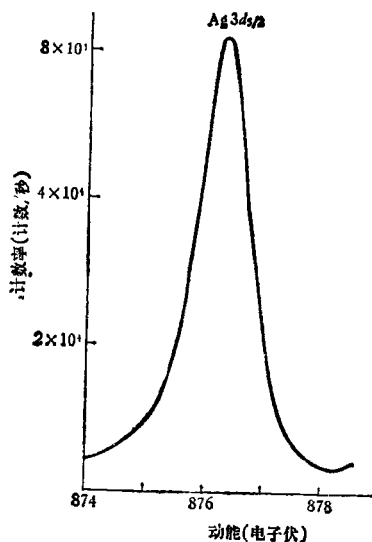


图4 标准银峰

子伏, MgK_{α} 射线能量为 1253.6 电子伏. 图 4 标准峰位置在 876.3 电子伏. 由此可得谱仪能量定标校正值 (包括了分析器材料的功函数)^[4] 为 9.1 电子伏. 图 2 中银的二次电子起始点在 35.0 电子伏, 根据 (3) 式可得银的功函数为 4.1 电子伏. 图 3 中金的二次电子起始点在 36.2 电子伏, 以银的功函数值作标准, 由 (4) 式可得金的功函数为 5.3 电子伏. 对导体样品, 这个方法的测量误差约 ± 0.1 电子伏.

对于非导电样品, 需要对样品表面荷电效应进行校正^[5]. 我们采用样品表面沾污的碳化化合物的 C_{1s} 光电子动能位移来校正样品表面

的荷电效应。具体做法是，分别测量样品表面和样品托（接地）表面上的 C_{1s} 光电子动能值。由于样品表面荷正电，从样品表面发射的 C_{1s} 光电子动能比从接地的样品托表面发射的 C_{1s} 光电子的动能要小一些。上述 C_{1s} 光电子动能之差值即为样品表面在荷电状态的化学位移。我们可以用这个差值来校正从样品表面发射的二次电子和光电子的动能，包括二次电子起始点的能量值。

我们以银样品作为标准，测量了 GaAs 样品的功函数。样品是 n 型半导体 GaAs(100) 面单晶材料，其载流子浓度为 10^{18} 个/厘米³，是一个低阻片。测量前，我们用超声波清洗片子，其顺序为四氯化碳、丙酮、酒精各三遍，每遍十分分钟左右。然后用去离子水冲洗干净。再将片子

放进 $H_2SO_4:H_2O_2:H_2O = 3:1:1$ 溶液中腐蚀。腐蚀温度约 $60^\circ C$ ，腐蚀时间为 1 分半钟。最后将样品送入谱仪制备室对样品进行氩离子刻蚀。对样品进行退火处理后送入样品室，测量样品表面二次电子发射谱。我们测得 n 型 CaAs 的功函数为 4.2 电子伏。

参 考 文 献

- [1] J. C. Riviere, In Solid State Surface Science, Vol. 1, ed. by M. Green, Marcel Dekker, New York, (1970).
- [2] P. Ascarelli and G. Missoni, Faraday Discussions Chem. Soc., 54 (1972), 298.
- [3] S. Evans. Chem. Phys. Letters, 23(1973), 134.
- [4] 潘承璜, 物理, 7(1978), 357.
- [5] 潘承璜、赵良仲编, 电子能谱基础, 科学出版社, (1981), 133—136.

连续光泵 $119\mu m$ 远红外波导激光器

钟 权 德 祖 敏 信

(中国科学院物理研究所)

为了等离子体诊断的目的，我们研制了一台连续光泵远红外波导激光器。泵源为选频可调谐的 CO_2 激光器，远红外激光器是介质波导型，充甲醇 (CH_3OH)。选用 CO_2 激光器的 9P(36) 支线抽运 CH_3OH ，获得了 $119\mu m$ 远红外激光输出。当抽运功率为 6W 时，输出功率为 5mW，与理论估计相近。我们还测量了 CH_3OH 对 CO_2 $9\mu m$ P 支激光的光声谱，并利用光声效应来指示抽运光频率与 CH_3OH 吸收峰之间是否处于最佳匹配。我们的连续光泵远红外波导激光器的原理图如图 1 所示。选频连续波 CO_2 激光束经反射镜 M_1 和焦距为 25cm 的凹面镜聚焦后，通过 2Hz 斩波器，光声吸收池和耦合孔 ϕ_1 进入远红外波导腔。耦合孔 ϕ_1 在远红外腔的一个镀金反射镜面的中心，与它相对的另一面镀金反射镜面上有输出耦合孔 ϕ_2 。远红外激光输出由钽酸锂热释电探测器指示。

为了获得较高的抽运效率，要求选频 CO_2

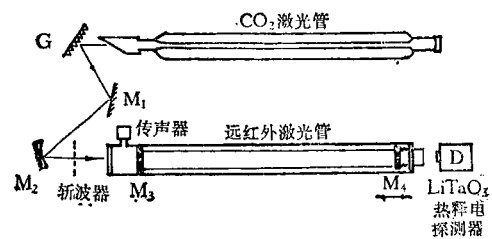


图 1 CW 光泵远红外波导激光器的原理图

激光器的输出是单横模、频率稳定和具有较高的功率。选频 CO_2 激光器的选频元件为一块刻线数为 100 条/mm，闪耀角 $\sim 30^\circ$ 的金属原刻光栅（上海光学仪器研究所产品）。采用 Littrow 安排，利用光栅的 1 序反射成腔，零序作耦合输出。所以，选取闪耀光栅的 1 序反射率 $\sim 70\%$ ，零序 $\sim 30\%$ 。 CO_2 激光管一端为曲率半径 $R = 6m$ 的镀金凹面反射镜，另一端为 ZnSe 布儒斯特窗，放电区长度为 1.7m。腔长为 2m。激光管内充五种气体，运转气压为