

文章编号: 1007 - 4627(2002) 增刊 - 0049 - 03

氪的贝特面^y

成华东¹, 刘小井¹, 苑震生¹, 朱林繁¹, 钟志萍², 李文斌¹, 徐克尊¹

(1 中国科学技术大学选键化学重点实验室, 近代物理系, 安徽 合肥 230026;

2 中国科学院研究生院物理部, 北京 100039)

摘要: 用高分辨快电子能量损失谱方法, 在入射电子能量 2.5 keV、激发能范围 8—88 eV、动量转移范围 0.056—3.56 ato. unit 的条件下, 测量了氪的贝特面, 并进一步分析了贝特面的特性.

关键词: 贝特面; 广义振子强度; 光学振子强度

中图分类号: O561.5 文献标识码: J

1 引言

广义振子强度作为激发能和动量转移的函数画出的三维曲面图形被称为贝特面(Bethe Surface), 贝特面对研究带电粒子与原子分子的非弹性碰撞非常重要, 它包含了在一阶玻恩近似下带电粒子与原子分子非弹性碰撞的所有信息, 可以给出非弹性碰撞过程的完整且清晰的图像^[1].

广义振子强度密度可以由下式给出^[1]

$$\frac{df(K, E)}{dE} = \frac{E}{2} \frac{p_0}{p_a} K^2 \frac{d^2 \sigma}{dEd\Omega}, \quad (1)$$

这里 E 为激发能, p_0 和 p_a 为入射电子在碰撞前、后的动量, K 为电子的动量转移, $d^2 \sigma / (dEd\Omega)$ 为双微分散射截面. 在光学极限下, 也就是当 $K^2 \rightarrow 0$ 时, 广义振子强度密度趋于光学振子强度密度 f_0 , 可以有下式:

$$\lim_{K^2 \rightarrow 0} \frac{df}{dE} = \frac{df_0}{dE}. \quad (2)$$

当激发能比原子中电子的束缚能大很多, 并且动量转移也足够大时, 入射电子与原子的碰撞接近于入射电子与自由电子的散射, 可以把剩余离子当作旁观者. 反映到某个角度的振子强度密度谱上, 随激发能变化电离连续区会出现接近于对称的宽峰. 对于一定的激发能 E , 当动量转移满足 $K^2 = E/R$ 时, 随动量转移的变化广义振子密度会出现

有一定宽度的峰. 这是因为原子对电子还是存在束缚作用, 原子中的电子并不是静止不动的, 而是有一定的动量分布. 反映到广义振子强度密度上, 该峰就会存在一定宽度. 把贝特面上的这些峰对应的极大值连接起来就形成了贝特脊, $K^2 = E/R$ 就作为贝特脊出现的条件. 从文献[1]中知道, 当动量转移和激发能满足下面(3)式时, 广义振子强度密度随动量转移的变化会出现一个宽峰, 其半宽度与 $(B/E)^{1/2}$ 为同一数量级, 其中 B 为原子中电子的束缚能. 由此可见, 随着激发能的增加, 峰宽度越来越窄, 极大值越来越明显. 动量转移和激发能满足的不等式为:

$$|\ln(K^2) - \ln\left|\frac{E}{R}\right| | < \xi \left|\frac{B}{E}\right|^{1/2}, \quad (3)$$

式中 ξ 为接近于 1 的常数, 而对于小的激发能, 碰撞中原子的束缚能起着决定性作用, 剩余离子对出射电子的库仑作用不可忽略, 所以就不会出现明显的极大值.

广义振子强度的测量装置和方法在文献[2]中已经作了详细的讨论. 在此实验中, 入射电子能量为 2.5 keV, 激发能范围为 8—88 eV, 测量电子散射角度为 1°—8°, 最大动量转移为 3.56 ato. unit. 实验测量可以直接得到微分散射截面, 利用公式(1)转换为广义振子强度密度, 这样得到的是相对的广义振子强度密度, 然后利用 $4p^6(^1S_0) \rightarrow 4p^55s^1[^3/2]_1$ 跃迁的光学振子强度来进行绝对标定.

^y 收稿日期: 2002-03-05; 修改日期: 2002-05-29

* 基金项目: 国家自然科学基金资助项目(10134010, 10004010); 中国科技大学青年基金资助项目

作者简介: 成华东(1979-), 男(汉族), 山西霍州人, 硕士研究生, 从事原子分子物理实验研究.

2 结果与讨论

图 1(a), (b) 给出了不同侧面氮的贝特面, 可以清楚地看出广义振子强度密度随激发能和动量转移的变化趋势。图 1(c) 给出了贝特面在激发能 E 上的投影, 从图中可以看出, 随着角度的增加, 在电离连续区的极大值向高能方向移动, 并且越来越趋近于对称, 这是由于随着动量转移和激发能的增加, 电子与原子的碰撞更接近于入射电子与自由电子的散射。图 1(d) 给出了对于各个固定激发能相应

的广义振子强度随动量转移的变化, 从图中可以看出, 在 K^2 较小一端, 广义振子强度随着激发能的增大在减小。在较大激发能, 广义振子强度随着 K^2 的变化出现了极大值, 此极大值即对应贝特脊, 但并不满足贝特脊条件 $K^2 = E/R$, 这是因为激发能与原子的束缚能相比还不够大, 理论假设的“自由电子”碰撞在此能量区间并不适合。随着激发能和动量转移的增大, 极大值出现的位置将会满足此条件。

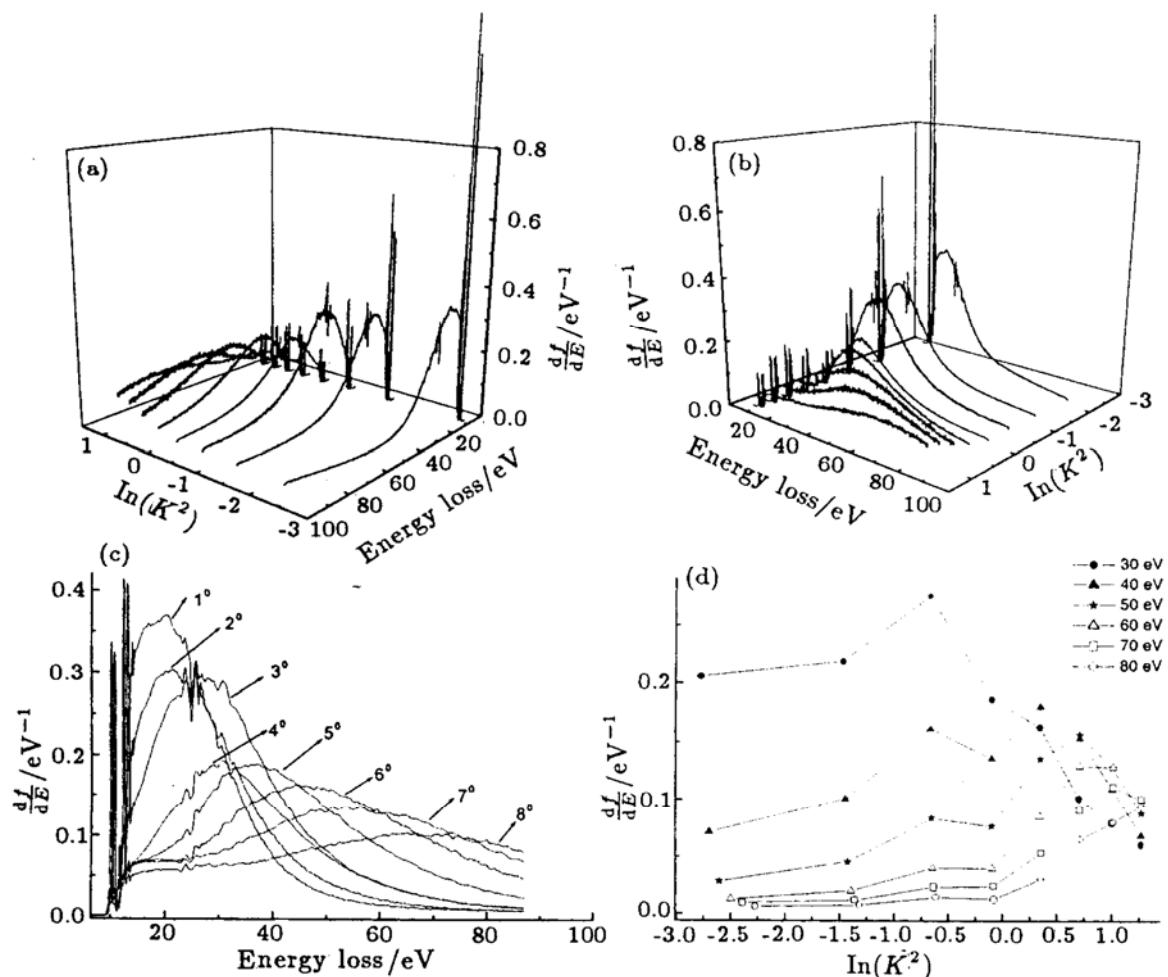


图 1 (a), (b) 不同方位观测氯的贝特面; (c) 氯原子贝特面在激发能 E 上的投影; (d) 在激发能 30, 40, 50, 60, 70, 80 eV 处广义振子强度密度随动量转移的变化

参 考 文 献:

- [1] Inokuti M. Inelastic Collisions of Fast Charged Particles with Atoms and Molecules—the Bethe Theory Revisited[J]. Rev Mod Phys, 1971, 43(3): 297.
- [2] Xu K Z, Feng R F, Wu S L, et al. Absolute Generalized Oscillator

Strengths of 2^1S and 2^1P Excitations of Helium Measured by Angle-resolved Electron-energy-loss Spectroscopy [J]. Phys Rev, 1996, A53(5): 3 081.

(下转第 54 页 continued on page 54)