

用激光光谱法研究等离子体中氦原子的激态碰撞速率

黄元网

(中国科学院武汉物理研究所)

G. Kolbe, D. D. Burgess

(英国伦敦帝国理工学院布喇开实验室)

利用激光感应共振荧光、敏化荧光和激光“烧通”三种激光光谱方法,研究了在电子密度和温度被准确测定的氦等离子体中氦原子激态的电子碰撞速率。所用等离子源为处于放电余辉阶段的 70 cm 长的直线箍缩等离子体。此阶段的等离子体均匀、无电流,并且复合弛豫过程很慢,在激光脉宽内可把它看成是静态的。

泵浦光源是同轴氙闪光泵浦的脉冲染料激光器。用普克尔盒整形,使脉冲上升时间小于 2ns。用法-布标准具调节振荡波长,所获线宽是 0.3 \AA ,大致等于所研究的跃迁的均匀线宽。

激光沿轴向通过等离子柱。在和光束成 90° 的方向观测共振荧光和敏化荧光。用 1 米光栅单色仪 Monospek 1000 和 RCA 4836 光电倍增管探测荧光信号,用 Tektronix 7904 示波器显示信号,用偏振感光片拍摄记录。探测系统的时间响应为 2ns。

用染料激光饱和泵浦 2^3P-3^3D 跃迁(波长 5876 \AA) 和 2^3P-4^3D 跃迁(波长 4471 \AA)。观测了相应的共振荧光。泵浦 2^3P-3^3D 跃迁,观测了对应于 3^3P-2^3S 跃迁(波长 3888 \AA) 和 3^3S-2^3P 跃迁(波长 7065 \AA) 的敏化荧光。共振荧光和敏化荧光时间特性的测量结果与用 R. Hess 和 F. Burrell 的碰撞和辐射模型所计算的结果进行了比较。

最后,将激光波长分别调到 5876 \AA (对应 2^3P-3^3D 跃迁) 和 4471 \AA (对应 2^3P-4^3D 跃迁),测量了激光穿透等离子柱的透射百分比与入射光强的函数关系。

本文中用图表示出了实验结果与碰撞和辐射模型计算结果的典型比较。比较结果指出,实验验证的原子能态碰撞(电子-原子碰撞)去激发速率比理论预言的值低 10 倍左右。这与用激光光谱方法测量电子与氢原子碰撞速率的结果相似。文章讨论了可能的解释。