

射频四极阱约束的离子高分辨、高灵敏光谱学

G. Werth

(德意志联邦共和国美国茨大学物理学院, 美国茨)

离子贮存技术已被成功地用于高分辨光谱。同时, 它已发展为最灵敏的技术之一。这是因为存贮着的粒子密度受空间电荷限制而小于 10^5 离子/厘米³。为了用光谱办法测量低丰度元素或同位素, 并扩展精度范围, 我们试图改进光谱分辨率和灵敏度。在超高真空条件下, 或者用氢、氦这一类轻缓冲气体的情况下, 我们在阱深 40eV, 直径 4cm 的射频四极子阱里约束离子达几小时以上。在激光-微波光学双共振实验中, 基态超精细态的相干时间大于 20 秒。实验中实际达到的最狭线宽, 对于 $^{171}\text{Yb}^+$ 的 12GHz 超精细跃迁, 是 33MHz (FWHM)。这相当于谱线的 Q 值为 3×10^{11} 。它受到现有的参考频率的频率稳定性的限制。很好地控制电场和磁场引起的频移, 一级 Doppler 效应和光偏移不出现; 与冷缓冲气体的碰撞冷却了离子, 从而减小了二级 Doppler 移动。关于确定空间电荷效应对精度的限制的研究工作正在进行并将给出报道。我们在实验中垂直于激光束观察了贮存离子的荧光量子。合理的信噪比所需的离子数至少是大约 10^3 , 这是由所用的脉冲染料激光的低占空比限定的。

在势阱外产生的离子有几个电子伏特, 在阱中与缓冲气体碰撞而降低速度。取决于缓冲气体的压力和组份, 大约有 10^4 个离子能被约束住几个小时。我们整个实验所需的原子总数小于 10^{10} 。有可能进一步改进, 用目前可能采用的技术, 这一极限大约 10^6 。我们用这一高灵敏度技术于低丰度的同位素, 将报告对放射能 $^{133}\text{Ba}^+$ 这类离子的首次测量结果。