

# 注入离子的约束和俘获离子的旁带谱: 理论和实验

H. A. Schussler and H. S. Lakkrajju

(美国得克萨斯 A&M 大学物理系)

**注入离子的俘获。**我们现在的短寿命放射性离子预备性实验的目标是把这些离子注入正在研究的离子陷阱中。要把离子无限期地存贮在任何存贮装置中必须满足两个条件。第一个条件是所加电磁场的位形必须有利于离子存贮。这一点可以用四极场和其它合适的场结构得到。第二个条件是稳定的离子运动的轨迹不应当与任何电极结构相交。为满足后一条件,离子的初始位置必须在约束电极结构限制的体积内的一定区域。这里“初始”是指俘获电场开始对离子起影响的特定时刻。对于内部产生的离子,初始时刻就是离子产生出来的时刻。然而,对于在俘获结构之外产生的注入离子,初始时刻与注入的模式有关。当离子连续注入,那就是说,一连续离子束注入进一直加有俘获电磁场的陷阱,则离子的初始位置就是注入孔。象这样的初始位置通常是在可能无限期约束离子的区域之外。另一方面,对于脉冲离子注入,那就是说,低能的脉冲离子束在俘获电磁场加之前注入陷阱,注入离子的初始位置可以选在离子被无限期俘获的有限区域内。文章将讨论数值计算和我们布鲁克海温国立实验室的实验布置。

**简谐束缚离子的光谱。**多普勒效应产生的旁带对称地位于存贮离子的吸收或发射谱线的两边。在跃迁的天然线宽远小于离子的运动频率时,过程描述如下:由于已调制的多普勒频移,在其静止框架中共振频率为 $\omega_0$ ,在实验室框架中运动频率为 $\omega_i$ 的离子,受到锐频率 $\omega$ 的实验室光场辐照时,历经多种频率, $\omega_n' = \omega + n\omega_i$  其中 $n=0, 1, 2, \dots$ 。当调谐频率 $\omega$ 时,对各 $n$ 值的 $\omega_n'$ 依次变成 $\omega_n' = \omega_0$ ,各种级和强度的旁带都观察到。文章将讨论平面驻波和行波两种情况下,离子温度和激励场结构的影响;把由于缓变离子频率 $\omega_i$ 和被贮存的 $^3\text{He}^+$ 离子的回旋频率 $\omega_c$ 形成在微波区域观察到的旁带谱将与理论进行比较。激光激励的情况表明,当高斯光束沿 $z$ 方向辐照时, $z$ 向和 $r$ 向运动引起的旁带都出现。把热原子云作的实验结果外推到简谐束缚辐射体的情况,说明存贮离子的旁带谱与辐射冷却存在联系。

**结论。**以组合模式运转的四极离子陷阱最有利于连续离子束的注入,而彭宁陷阱结构最适宜于脉冲离子注入。简谐束缚存贮离子的旁带谱可用于监视离子温度。