

对正柱稀有气体金属蒸气离子激光器激发机理的重新评价

Toshio Goto, Kazuhiro Hane and Shuzo Hattori

(日本名古屋大学)

Seiki Inaba

(日本岐阜技术学院)

直到前不久人们还一直认为 He-Cd 激光器 442nm 和 325nm 线的主要激发机理是中性金属原子被氦亚稳粒子 Penning 电离激发。验证 Penning 激发理论最确凿的实验事实曾经是激光输出功率和金属蒸气压力之间的依赖关系,即激光输出功率和 He³ 的亚稳态密度与金属蒸气压力的乘积成相当严格的正比关系。测得的由 Cd 基态使 He 亚稳态去激活的碰撞截面似乎亦可以定量地解释形成激光上能级所需的速率。

但激光功率和放电电流的依赖关系是违背 Penning 激发理论的。实际上,在很低放电电流时 He 亚稳态密度已饱和。

当金属蒸气压力和电流密度在激光最佳条件附近,在一正柱体中,仔细地重新确定激发态和基态能级密度之后我们可以看到用 Cd 离子基态逐步激发的机理可以解释激光功率对于电流的依赖关系,这中间要计算非麦克斯韦电子能量分布函数及对上下激光能级运用一假定的 Cd 离子电激发截面值。

使用带有减速场电子分析器的 Penning 电子谱仪,确定了受 He¹ 和 He³ 亚稳态原子作用从 Cd 基态到各 Cd(II)能级的各 Penning 激发截面。结果表明只有 12% 的 He³ 去激发截面对形成 Cd⁺(5s²²D_{5/2})能级(442nm 的上能级)有贡献。

逐步激发理论的缺陷是在低电流范围尽管实验给出的是随电流呈线性增加但由逐步激发理论给出的是呈二次方增加。于是在低电流范围激光上能级密度和实验电流的关系就需用 Penning 激发和逐步激发结合起来作新的解释和说明。这就要运用测得的 Penning 激发截面并按 Brown 的能量依赖函数设定 Cd⁺的电激发截面,并取峰值 $10 \times 10^{-15}/\text{cm}^2$ 。本文给出了用交叉束装置和光子计数辐射计直接测得的由 Cd⁺基态到 Cd⁺(5s²²D_{5/2})的电子激发截面。

本文用测得的 Penning 激发截面和逐步激发截面在最佳激光条件下重新估算了激发速率。结果是 442nm 激光上能级密度的激发速率是 $3 \times 10^{10}\text{cm}^{-3}$,而实验重新测得的上能级密度是 $4 \times 10^{10}\text{cm}^{-3}$ 。因此我们可以断定这些激光谱线在最佳激光条件下逐步激发的机理是主要的。