

利用差频有效产生窄带宽可调谐真空紫外辐射

M. H. R. Hutchinson, K. M. M. Ness, K. J. Thomas

(Blackett 实研室, 皇家学院, 伦敦)

G. Xiong

(武汉大学物理系, 武汉)

三阶非线性极化率的双光子共振增强, 可增加产生真空紫外(VUV)的四波混频效果, 因而, 为了提供一个调谐范围宽、带宽窄和光谱学亮度高的 VUV 辐射源, 要求使用两个独立的可调谐激光器。对于高会聚的激光束, ΔK 的正负值是许可的, 所以对于 $\omega_3 = 2\omega_1 - \omega_2$ 过程的相位匹配要求是最有利的。已经研究了这种型式的一个系统。通过调谐使氙由 $5p^6 - 5p^5$, $6p[0\frac{1}{2}]$ 态实现双光子共振跃迁($\lambda = 249.6\text{nm}$)时, 极化率获得增强, 然后再经过与第二个染料激光器的可调谐辐射混频, 可获得连续可调谐的 VUV 辐射。

所用的激光系统是由两台纵向单模的脉冲染料激光器组成的, 染料激光器是由一台放电泵浦的 XeCl 准分子激光器泵浦的。这些激光器与谐振腔内放置掠入射及 Littrow 结构的衍射光栅一起, 作为色散元件和扩束棱镜系统。一束激光调谐至所要求的双光子跃迁频率($\lambda = 249.6\text{nm}$)的次谐波($\lambda = 499.2\text{nm}$)处。经过两级放大和一级倍频, 就可产生所需波长的窄带宽的 UV 辐射。这个 UV 辐射被第二个放电泵浦的 KrF 准分子激光放大至功率为 $3 \times 10^4\text{W}$ 。然后再与由第二个染料激光放大的辐射相组合, 从而产生 $\lambda \sim 158\text{nm}$ 的 VUV 辐射。

在最高的输入激光功率密度($\sim 5 \times 10^9\text{W/cm}^2$)下, 混频过程显示出明显的饱和特征。VUV 的强度稍微依赖于输入的激光功率。从测量 VUV 输出功率与偏离共振跃迁之间的关系可知, 双光子态($5p^5$, $6p[0\frac{1}{2}]$)的线宽是大的($50 \sim 100\text{GHz}$), 且依赖于输入激光功率密度。饱和的主要根源是由于 $6p[0\frac{1}{2}]$ 态的光电离, 但是 $\sim 100\text{W}$ 的输出功率和大于 0.2% 的转换效率是可以达到的。

同一束激光在一个由光电离所达到的连续区中诱导出自电离态是可能的。由于 Fano 共振的非对称性质, 这个过程可减少束缚态与连续区之间的耦合, 因而提高了产生 VUV 的效率, 本文讨论了此技术的细节并报告了最新实验结果。