

# 准分子激光在 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ 靶面 激励等离子体的角分布研究\*

刘大明 雷志良\*\* 陆冬生 李再光 陆 林 甘师盘\*\*

(华中理工大学激光技术国家重点实验室, 武汉 430074)

**摘 要** 用光学光谱分析仪测量了 XeCl 准分子激光在  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$  超导靶面激励等离子体发射谱的轴向和径向分布, 并由等离子体发射谱的径向分布拟合得到等离子体中激发态粒子的角分布. 结果表明激光等离子体呈现  $\cos^2\theta$  分布,  $n$  值范围为 2.78 到 7.63 之间, 且随激光能量密度和背景氧压增大而增大. 离子的  $n$  值明显高于原子的  $n$  值.

**关键词** 激光等离子体, 角分布, 发射谱.

## 1 引 言

准分子激光淀积超导薄膜, 以其设备简单, 参数容易控制, 成膜速度快, 保成份性好, 易低温成膜等特点而备受重视. 但因膜面质量不高和薄膜厚度不均匀<sup>[1]</sup>而影响实用性. 均匀的薄膜厚度是制备微波器件的首要条件. 为改善薄膜的均匀性, 衬底旋转<sup>[2]</sup>, 激光扫描<sup>[3]</sup>, 倾斜超导靶<sup>[4]</sup>等各种方法被用于改善薄膜均匀性的研究.

膜厚均匀性直接与等离子体中各种粒子在空间的角分布及运动规律相关联, 而等离子体角分布又受多种因素影响. 如靶结构、入射激光波长与能量密度、靶面环境及沉积室中背景氧压等. Muenchausen 等人对薄膜厚度进行测量<sup>[5]</sup>, 然后根据厚度分布反推出等离子体角分布, 这种方法直观可靠, 但是不能反映等离子体运动规律. 质谱法<sup>[6]</sup>是最直接可靠的粒子角分布测量方法, 由于测量中须把探头引入沉积室, 会对等离子体产生扰动. 而且受真空室布置的限制, 空间分辨率不高. 膨胀理论模型<sup>[7]</sup>只能根据所要解决的主要问题, 对等离子体状态进行简化, 近似地反映等离子体的运动规律. 为研究激光等离子体角分布机理, 作者首次采用空间分辨的激光等离子体发射谱相对强度方法对激光等离子体角分布及变化规律进行了研究.

## 2 实 验

\* 国家青年自然科学基金资助项目.

\*\* 中南民族学院物理系, 武汉 430074

收稿日期: 1993年6月25日; 收到修改稿日期: 1993年10月18日



布 ( $n = 3.66$ )。  $n$  值随激光能量密度的变化如图 5 所示。 从图 5 中可以看出， 原子和离子的  $n$  值都随激光能量密度增加而增加。 这与 Neifeld 等人从薄膜厚度分析中得到的实验结果<sup>[1]</sup>相一致。 他们认为粒子在靶面附近稠密气体层的多体碰撞会消除其平行于靶面的动量， 而离开靶面的净动量增加。 当激光能量密度增加时， 这种净动量增加更明显， 垂直于靶方向速度更大，  $n$  值增加。 作者曾研究了紫外激光与靶面的相互作用过程， 认为靶面附近载流子(主要是空穴， 浓度为  $10^{21}/\text{cm}^3$ )对紫外光子吸收并迅速将能量转移给晶格， 造成次表面温度过高而产生爆炸剥离。 这种爆炸过程导致等离子体有一个很高的法向飞行初速度  $v_0$  (约  $2 \times 10^6 \text{ cm/s}$ )， 且  $v_0$  随入射激光能量密度的提高而增大。 故  $n$  值随激光能量密度的增加而增加。 图 6 是不同氧压时原子和离子的  $n$  值分布图。 可见原子和离子的  $n$  值也随氧压增加而增加， 而且离子比原子的  $n$  值变化明显。 这是因为当氧压增加时， 等离子体轴向， 径向膨胀均受到氧分子的减速， 等离子体被压缩在较小的空间里，  $n$  值增加。

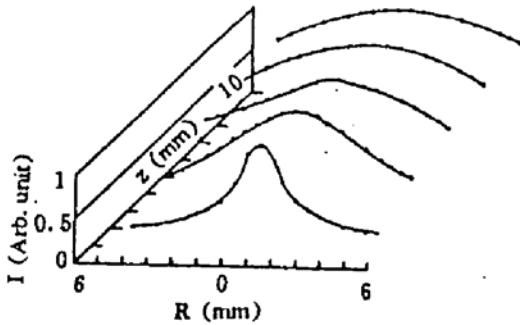


Fig. 3 Spatial distribution of Ba I by experiment

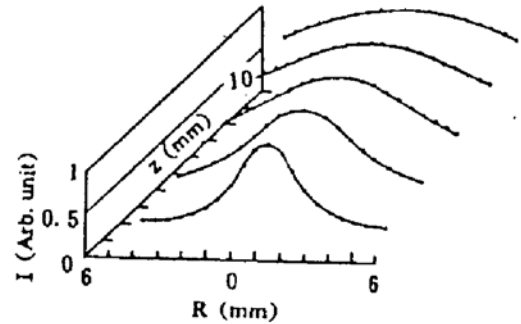


Fig. 4 Fitted spatial distribution of Ba I from Figure 3

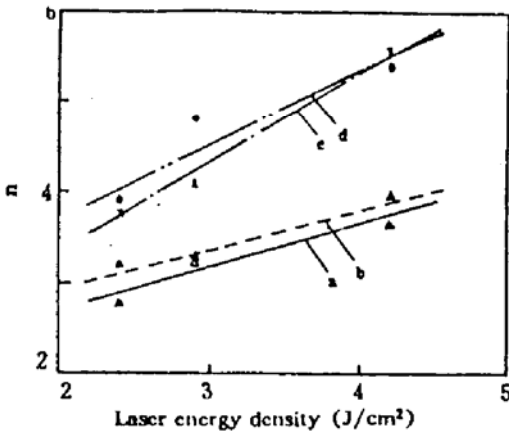


Fig. 5  $n$  versus laser energy density , where (a,  $\blacktriangle$ ):  
Ba I , (b,  $\triangle$ ); Cu I , (c,  $\times$ ); Y I , (d,  $\bullet$ );  
Ba I

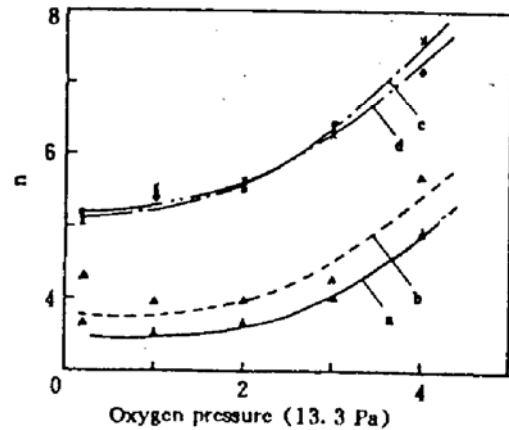


Fig. 6  $n$  versus oxygen pressure, where the symbols are just same as Figure 5

所有结果均显示离子的  $n$  值比原子的  $n$  值大， 这可能是由于离子在扩散中会渐渐被复合所致。 激光等离子体的这种分布规律显然对沉积均匀薄膜不利， 应探讨改变其分布规律的方法。

## 参 考 文 献

- [1] R. A. Neifeld, S. Gunepala, C. Liang *et al.*, Systematics of thin films formed by excimer laser ablation; Results on  $\text{SmBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ . *Appl. Phys. Lett.*, 1988, **53**(8): 703~704
- [2] B. Hoizapfel, B. Roas, L. Schultl *et al.*, Off-axis laser deposition of  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ . *Appl. Phys. Lett.*, 1992, **61**(26): 3178~3180
- [3] M. F. Davis, J. Wosik, K. Forster *et al.*, Deposition of high quality  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$  thin films over large areas by pulsed laser ablation with substrate scanning. *J. Appl. Phys.*, 1991, **69**(10): 7182~7188
- [4] A. Sajjadi, K. Kuen-lau, F. Saba *et al.*, Laser-ablation deposition of uniform thin films of  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_x$ . *Applied Surface Science*, 1990, **46**: 84~88
- [5] R. E. Muenchausen, K. M. Hubbard, S. Foltyn *et al.*, Effect of beam parameters on excimer laser deposition of  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ . *Appl. Phys. Lett.*, 1990, **56**(6): 578~580
- [6] G. Ulmer, B. Hsselberger, H. G. Busmann *et al.*, Excimer laser ablation of polyimide. *Applied Surface Science*, 1990, **46**: 272~278

## Determination of Angular Distributions of Excimer Laser Induced Plasma Near $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ Target Surface<sup>+</sup>

Liu Daming      Lei Zhiliang<sup>\*\*</sup>      Lu Dongsheng      Li Zaiguang  
                                  Lu Ling      Gan Shipang<sup>++</sup>

(National Laboratory of Laser Technology, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074)

(Received 25 June 1993; revised 18 October 1993)

**Abstract** Axial and radial distributions of emission spectral intensities from XeCl excimer laser induced plasma near  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$  superconducting target surface were measured by using an Optical Spectroscopy Analyzer (OSA). The angular distributions of excited species in the plasma plume were obtained with curve sitting method on the assumption that each kind of excited species had corresponding uniform radiation probability over the plasma region respectively. The plasma plume exhibited a  $\cos^n \theta$  spread and the value of  $n$  is between 2.78 and 7.63. The results were investigated as the functions of laser spot energy density and background oxygen pressure respectively.

**Key words** laser plasma, angular distribution, emission spectra.

<sup>+</sup> This work was supported by the National Youth Natural Science Foundation of China

<sup>++</sup> Department of Physics, South-Central College for Nationalities, Wuhan 430074