

# 激光等离子体相互作用中的二次谐波发射

徐至展 徐毓光 殷光裕 张燕珍 余加进

(中国科学院上海光机所)

李 弘 毅

(美国劳伦斯·利弗莫尔国家实验室)

## Second harmonic emission from laser-plasma interaction

*Xu Zhizhan, Xu Yuguang, Yin Guanyu Zhang Yianzheng, Yu Jiajin*

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica)

*Peter Hong-Yee Lee*

(Lawrence Livermore Lab., University of California, U. S. A.)

为了判别激光等离子体相互作用中发射二次谐波( $2\omega$ )的不同机制,特别是研究呈现较复杂结构的 $2\omega$ 谱成分的发射规律,我们已在相当宽的激光强度范围( $10^{12}\sim 10^{15}$ 瓦/厘米<sup>2</sup>)、不同的激光偏振与各种激光入射角( $0^\circ, 20^\circ, 45^\circ$ 等)情形下,系统地观察了 $2\omega$ 的空间分辨的后向、 $90^\circ$ 方向散射的谱及其二维分辨的空间发射特性。实验是利用1.06微米、100微微秒脉宽与带宽 $<1\text{\AA}$ 的高强度单束激光照射各种材料(Be、CH<sub>2</sub>、Al、Si、Ag、Mo、Ta和Au)平板靶、多层薄膜靶以及几种微球(玻壳、CD<sub>2</sub>实心球)靶完成的。激光等离子体相互作用的特性另外还用多种X光、离子、后向反射激光特性以及预脉冲激光方面的诊断进行监测。

结果表明, $2\omega$ 发射将强烈依赖于激光辐照强度、入射角及预脉冲等。对于低的激光强度( $10^{12}\sim 10^{13}$ 瓦/厘米<sup>2</sup>), $2\omega$ 谱呈现略向蓝移的单峰、窄线分布;而当提高激光强度时,会出现红移且明显加宽的 $2\omega$ 谱成分,其阈值约为 $(3\sim 5)\times 10^{13}$ 瓦/厘米<sup>2</sup>。这种谱分布将随激光强度的升高与存在预脉冲( $\approx 10^{10}$ 瓦/厘米<sup>2</sup>)而增加其宽度与复杂性。在空间分辨的 $2\omega$ 测量中,也能清楚看出激光强度不同的靶面上区域将发射不同结构的 $2\omega$ 谱。当激光以 $45^\circ$ 角入射至平面靶时,后向 $2\omega$ 谱只有红移且加宽的谱成分。我们还观察到,足够高强度的激光( $\approx 10^{14}\sim 10^{15}$ 瓦/厘米<sup>2</sup>)所激发的谱峰的红移量将随激光入射角的增加而增加;而且,这种 $2\omega$ 谱还经常呈现平均间距约为 $0.5\sim 1.5\text{\AA}$ 的线状精细结构,线数有时多达几十条。

$2\omega$ 谱的窄线成分显然可用线性模式转换(或共振吸收)机制解释,而红移的谱成分则反映了参量不稳所激发的等离子体波的谱。当高强度激光在不均匀等离子体中传播时,有不同入射角与强度的激光束(或组成它的各子光束)将在临界密度附近不同的空间区域激发参量蜕变不稳定性,从而形成一定复杂性的等离子体波(如离子声波)谱。按上述模型所进行的计算可以说明我们的实验结果。