

宽带激光的产生及宽、窄带激光打靶产生的光谱比较

丁丽明 梅广 谭维翰 林尊琪

(中国科学院上海光机所)

提要: 讨论了宽带激光的产生, 对比了宽、窄带激光打靶产生的正反激光谱、二次谐波谱。

Broad band laser light and comparison of spectrum by broad band and narrow band laser irradiation on targets

Ding Liming, Mei Guang, Tan Weihan, Lin Zhengi

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

Abstract: The production of broad band laser output is discussed. The forward and backward laser spectrum, the second harmonic wave obtained by broad band and narrow band laser irradiation on plane targets are compared.

我们曾建议用宽带激光^[1,2]打靶, 这对器件发展是有利的。为探明宽带激光与等离子体相互作用将会产生什么结果, 我们采用宽带激光与窄带激光进行打靶比较。二者的打靶能量各为1~2J左右, 脉宽为100 ps, 波长是1.06 μm。测量等离子体对激光的吸收、X光发射谱、离子发射以及正反激光谱。

宽带激光, 由一个光栅光谱仪记录, 光路如图1, 得光谱照片如图2。光谱仪的色散为13.7 Å/mm, 由此得宽带的谱宽为20 Å左右。

一、宽带激光的产生

用六路钕玻璃激光器中一路打到宽带发生器的铝靶上, 由于等离子体的布里渊散射产生光谱加宽的激光, 经激光器中另一路放大打入靶室, 窄带激光与宽带发生器产生的

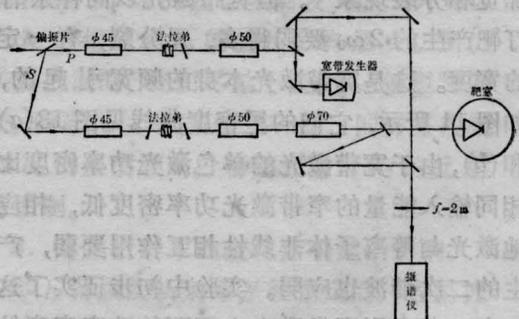
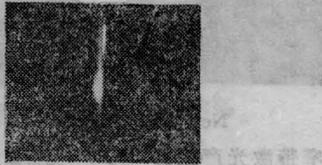


图1 宽带打靶光路示意图

收稿日期: 1984年4月6日。

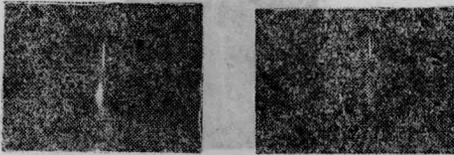
右, 并有蓝移约 10 \AA , 这主要是由多普勒位移产生, 相当于等离子体向外喷射速度 $3 \times 10^7 \text{ cm/s}$ 。入射激光能量增加, 宽带激光谱线的宽度增加及强度也增加, 如图 3 所示。当窄带激光以 24° 入射角直接进入靶室打平面铝靶时也有类似结果。用同一光栅光谱仪测量入射的正激光与靶室产生的反激光, 所得的光谱照片如图 4。

激光与等离子体相互作用产生的宽带反



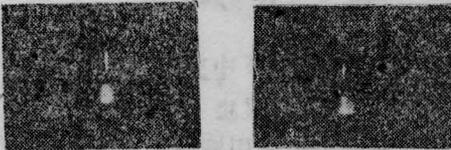
上谱线为入射的 $1.06 \mu\text{m}$ 窄带激光光谱, 下谱线是宽带发生器产生的宽带激光光谱

图 2



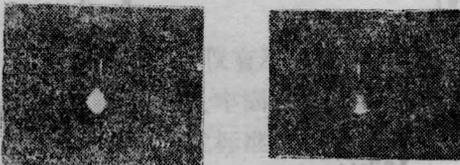
$E_\lambda = 47$ 格(相对单位) $E_\lambda = 35$ 格(相对单位)
宽带发生器产生的宽带激光 $\Delta\lambda = 18 \text{ \AA}$ $\Delta\lambda = 10 \text{ \AA}$

图 3



24° 入射 $E_\lambda = 2.18 \text{ J}$ $E_\lambda = 1.13 \text{ J}$
靶室产生的反激光 $\Delta\lambda = 21 \text{ \AA}$, $E_{\text{反}} = 0.16 \text{ J}$ $\Delta\lambda = 15 \text{ \AA}$
 $E_{\text{反}} = 0.06 \text{ J}$

图 4



0° 入射, $E_\lambda = 1.31 \text{ J}$ 24° 入射
靶室产生的反激光 $E_\lambda = 1.13 \text{ J}$
 $\Delta\lambda = 24 \text{ \AA}$ $\Delta\lambda = 15 \text{ \AA}$
 $E_{\text{反}} = 0.17 \text{ J}$ $E_{\text{反}} = 0.06 \text{ J}$

图 5

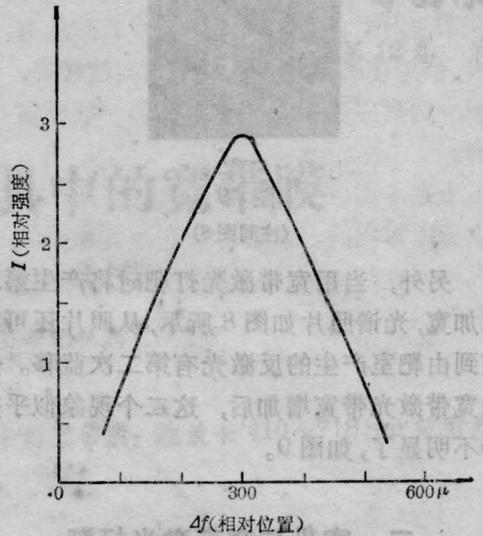


图 6

激光的加宽量、强度与激光的入射角有关, 随着角度增加, 带宽和强度都减少。图 5 为在接近相同的入射激光能量下, 对 0° 与 24° 入射角由铝靶产生的宽带反激光。

为得到较强的宽带激光, 对宽带发生器进行了调焦实验, 在不同的调焦位置有不同强度的宽带激光, 结果见图 6。

图 7 是由同一摄谱仪同时记录刚从宽带发生器产生的宽带激光, 以及通过另一路激光器放大后进入靶室前的宽带激光光谱, 二者带宽变化不大。

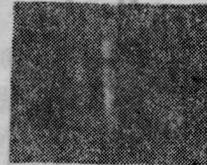


图 7

上谱线是经过另一路激光器放大后的宽带激光光谱
下谱线是宽带发生器产生的未经放大的宽带激光光谱



图 8

上谱线是入射到靶室的宽带激光光谱
下谱线是由靶室产生的第二次加宽和蓝移的反激光



→λ
图 9
(注同图 8)

另外，当用宽带激光打靶时将产生第二次加宽，光谱照片如图 8 所示，从照片还可观察到由靶室产生的反激光有第二次蓝移。但当宽带激光带宽增加后，这二个现象似乎变得不明白了，如图 9。

二、宽带与窄带激光打靶产生的光谱比较

我们使用相同能量的宽带与窄带激光进行打靶比较。图 10 的尖劈可见宽带激光的方向性较窄带差，在半角 0.4 mrad 内宽带激光占总能量 74.1%，而窄带激光占 96.4%。但从尖劈图中也看到宽带激光的场图比窄带均匀得多。

宽、窄带激光以 0° 入射靶室，在我们的实验条件下，二者产生的反激光量基本相似，

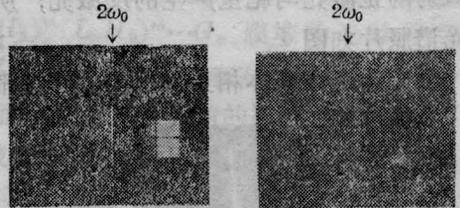


宽带激光尖劈图, $E_{\lambda}=1.78\text{J}$



窄带激光尖劈图, $E_{\lambda}=1.52\text{J}$

图 10 尖劈图



Ne 定标线

窄带激光产生的 $2\omega_0$
 $E_{\lambda}=1.13\text{J}$, 24° 入射,
 P 偏振, 加宽 $\Delta\lambda=43\text{\AA}$

宽带激光产生的 $2\omega_0$
 $E_{\lambda}=1.044\text{J}$,
 24° 入射, P 偏振

图 11

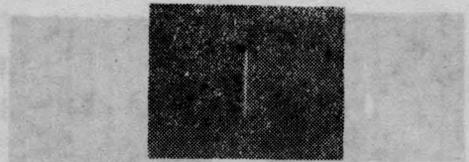
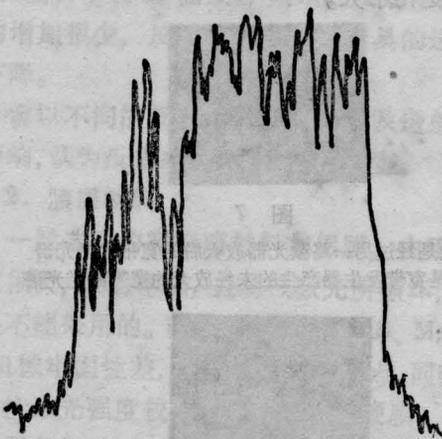
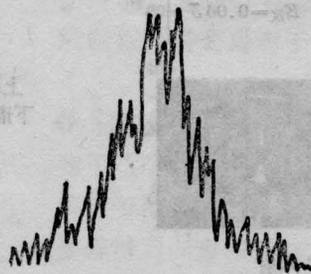


图 12 窄带激光离焦打靶产生的 $2\omega_0$ 约 15%。

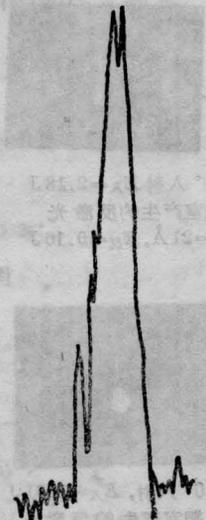
我们分别比较了宽、窄带激光打靶时产
(下转第 209 页)



(a) 窄带激光产生的 $2\omega_0$, $E_{\lambda}=1.13\text{J}$
 24° 入射, P 偏振, 加宽 $\Delta\lambda=43\text{\AA}$



(b) 宽带激光产生的 $2\omega_0$
 $E_{\lambda}=1.04\text{J}$, 24° 入射, P 偏振



(c) 窄带激光离焦打靶产生的 $2\omega_0$, 24° 入射, P 偏振

图 13 $2\omega_0$ 的黑密度曲线

200 V 左右, 主要由正空间电荷构成的电位分布决定电子雪崩增长率和 γ 值。毛细管内充满稠密的等离子体, 带电粒子浓度达 10^{16} 个/cm³ 以上。带电粒子通过双极扩散在毛细管内壁上的复合过程相当显著, 内壁带负电, 在等离子体和内壁之间正空间电荷形成德拜层。毛细管纵向电场强度接近 100 V/cm。紧靠阳极表面有一个阳极区(厚度在毫米范围), 电压降不大(一般不超过 10 V)。

上述辉光放电三个部分的电位分布主要由放电电流中空间电荷分布所决定。而后者取决于: ① 放电电流强度; ② 气体压强和成份; ③ 电极材料、形状尺寸和位置; ④ 毛细管内直径和长度。我们讨论的普通型管和改进型管(为了对照)在这几个方面都是一样的。所以, 大量实验表明, 两种管型的工作电压基本相同(例如 1700~1800 V)。这时玻壁表面电荷对放电的影响已退居次要地位。改进型管没有降低工作电压的功能。

五、结 论

1. 改进型管降低击穿电压的关键, 是在击穿过程初始阶段, 表面电荷增大阴极附近

场强, 提高总电子雪崩增长率及汤生 γ 系数。

2. 把阴极圆筒简化为平板形对于探讨降低击穿电压的机理, 曾经起过好作用^[3]。但是, 阴极圆筒内的电位分布对击穿过程关系甚大, 为了深入讨论击穿机理, 已经不宜再继续简化为平板。并且, 应该逐点或分段分析毛细管内的电位分布。

3. 如果能采取措施, 在击穿过程初始阶段提高阴极附近场强; 改变电场分布有利于吸引更多的电子进入毛细管前端口, 并通过毛细管(如 $h-i$) 弱场强区。有可能降低其它毛细管型激光器的击穿电压。

参 考 文 献

- [1] 高全生等;《激光》, 1980, 7, No. 9, 19.
- [2] 殷一贤等;《激光》, 1981, 8, No. 12, 44.
- [3] 殷一贤等;《激光》, 1982, 9, No. 10, 660.
- [4] 高全生等;《中国激光》, 1983, 10, No. 1, 53.
- [5] 马有年;《中国激光》, 1983, 10, No. 1, 56.
- [6] 刘志国;《中国激光》, 1984, 11, No. 3, 191.
- [7] 杨正名;《中国激光》, 1984, 11, No. 5, 317.
- [8] 解广润编著;《高压静电场》, 上海科技出版社, 1962年.
- [9] S. C. Brown; Basic Data of Plasma physics, M. I. T. Press, Cambridge, Mass(1966).

(上接第 212 页)

生的二次谐波, 窄带产生的 $2\omega_0$ 较强, 并有加宽和分裂现象^[3]。但宽带激光以同样条件打靶产生的 $2\omega_0$ 要弱得多, 无分裂, 有一定的宽度。这是宽带激光本身的频宽引起的, 如图 11 所示, 它们的黑密度曲线见图 13(a) 和 (b), 由于宽带激光的单色激光功率密度比相同输入能量的窄带激光功率密度低, 相应地激光与等离子体非线性相互作用要弱, 产生的二次谐波也应弱。实验中初步证实了这一点。考虑到宽带激光在靶面的功率密度较窄带低, 这一点我们还有意使窄带激光离焦

打靶, 结果是产生的二次谐波虽无分裂, 但其强度仍比宽带激光产生的 $2\omega_0$ 强, 频谱窄, 如图 12。而图 13(c) 是相应的黑密度曲线。

参加本工作的还有何兴法、谢梓铭、毕无忌、赵志文等同志, 此外作者向六路运行组全体工作人员表示感谢。

参 考 文 献

- [1] 邓锡铭等;《光学学报》1983, 3, No. 2, 99.
- [2] 谭维翰等;《科学通报》, 1983, 20, 1234.
- [3] 邓锡铭等;《光学学报》, 1982, 2, No. 3, 193.