

TEA CO₂ 激光光电转换效应研究

楼 祺 洪

(中国科学院上海光机所)

提要: 用 TEA CO₂ 激光脉冲聚焦在真空池中的金属靶上, 激光产生等离子体的反向喷射会在器壁和金属靶之间产生电压脉冲。实验研究了光束聚焦情况和真空度对光电转换效应的影响。当峰值功率密度为 1.4×10^9 瓦/厘米² 时, 最大脉冲输出电压为 300 伏, 总体效率为 0.01%。采用二个分离的收集极可以测量等离子体的膨胀速度。

Research on the conversion effect of TEA CO₂ laser radiation to electric power

Lou Qihong

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

Abstract: Focusing the TEA CO₂ laser pulse onto a metal target in the vacuum cell, the backward jet of plasma produced by laser pulse can create electric pulse between target and cellwall. The effects of beam focusing and vacuum condition on the conversion are investigated experimentally. The maximum output voltage is 300 V when the peak power density of laser pulse is 1.4×10^9 W/cm². Over-all efficiency is 0.01%. Using two separated collecting electrodes, the velocity of plasma expansion can be obtained.

激光产生等离子体, 将能量转换成电能有两种技术途径, 一种是将连续高功率 CO₂ 激光束聚焦在金属蒸汽中, 利用金属蒸汽的逆韧致吸收产生热电子激光能量转换 (TELEC)^[1~3]。这种效应产生的电压较低, 在几伏量级。金属蒸汽吸收功率转换到电能的效率为 10%, 目前实验的吸收功率仅为 10^{-3} ; 第二种是采用脉冲转换方法^[4], 使用 TEA CO₂ 激光脉冲聚在锥形真空池尖端的金属靶上, 激光产生等离子体的膨胀使电子及离子向真空池壁运动, 由于电子质量远小

于离子质量, 电子以很高的速度达到器壁, 在互相绝缘的靶和器壁之间产生与激光脉冲形状相似的电压脉冲。这种转换效应的输出电压可达几百伏, 总体转换效率为 0.01%。

本文采用脉冲转换方法对靶材形状, 光束聚焦情况和真空度对光电转换效应的影响作了实验研究, 指出适当地选择靶的几何形状, 可以得到稳定的电压脉冲输出。实验

收稿日期: 1979 年 4 月 24 日。

* 还有北京大学实习生: 张和群、周莲云; 本所丁爱臻、杜龙龙等同志参加了部分实验工作。

表明,当焦点在靶面前时,输出电压脉冲急剧下降。我们还设计了有二个以上分离的收集电极的接收池,根据它们离靶的不同距离,可以测量到二个以上的电脉冲讯号,从电压脉冲之间的时间延迟可以估计等离子体中电子的喷射速度。

实验用的激光器是紫外预电离 TEA 激光器^[5]。激光束的焦斑直径约为 3 毫米,一般输出能量为几个焦耳,当能量为 2 焦耳时,靶面的峰值功率密度为 1.4×10^9 瓦/厘米²。

将激光束会聚到锥形真空池顶端的金属靶上,真空池与金属靶均用黄铜制成,图 1 给出了它的结构及实物照片,开始我们采用了顶端为平面的黄铜靶,发现喷射出来的等离子体大量喷射到氯化铜窗口上,为此我们将顶端加工成锥角为 120° 的凹形,使等离子体向锥形器壁喷射,从而大大提高了输出电压脉冲的幅度(约 3.5 倍)我们测量了不同聚焦情况和真空度对脉冲输出电压的影响。如图 2(a)所示,随着真空度的提高,输出脉冲电压增高,当真空度大于 10^{-4} 托时,增大并不明显,值得指出的是我们测量的真空度是扩散泵后部的值,由于接收池与扩散泵之间的管道较细,真空池中实际真空度比图中所列值

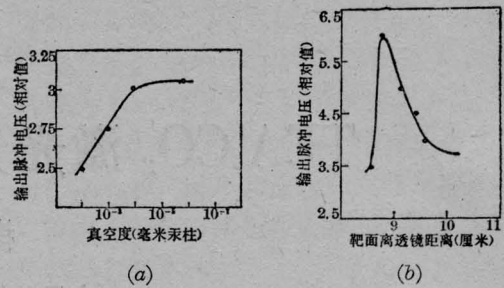
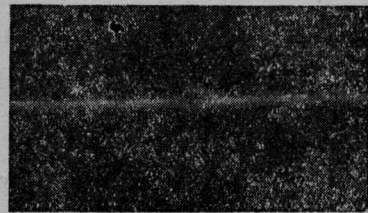


图 2 影响转换效率的因素

要略低一些。图 2(b)给出不同聚焦情况下的输出电压特性。

典型的电压脉冲波形如图 3 所示,用 OK-19 示波器测量了输出电压波形,其脉冲前沿与激光脉冲前沿一致。当输出二端之间接一个火花隙时,可以观察到明显的空气击穿。



(a) 光电转换波形
用 OK-19 示波器接收,纵座标: 28 伏/毫米
横座标: 0.5 微秒/厘米



(b) 激光脉冲波形
SS-6200 示波器显示,纵座标: 0.5 伏/厘米
横座标: 0.5 微秒/格

图 3

在上述实验基础上,我们重新设计了接收池的结构,将锥形接收体分成几个环状,其间用聚四氟乙烯互相绝缘。同时将靶面形状改成凸出的伞状结构(图 4)。用 OK-19 高压示波器同时观察了二个收集极与靶之间的

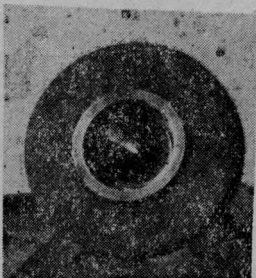
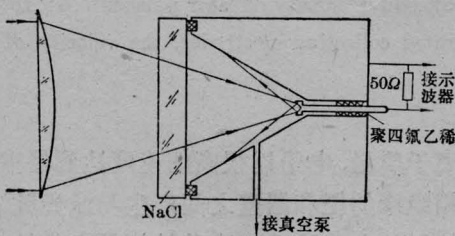


图 1 光电转换接收器结构及实物照片

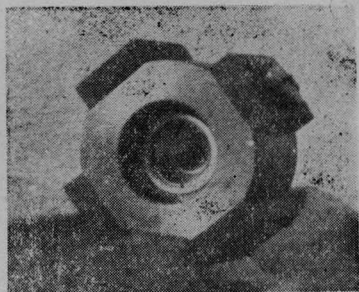
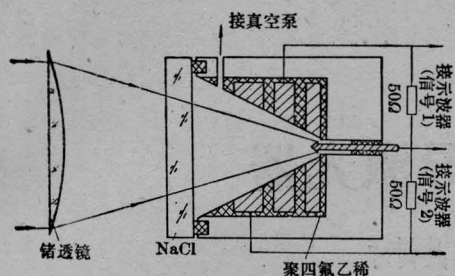


图4 多层接收极的光电转换器结构及实物照片

电压脉冲讯号，第一个收集极平均离靶距离为15毫米，第二个收集极离靶的平均距离为26毫米。第一个讯号约250伏，第二个讯号约300伏，二个脉冲前沿相差0.1微秒左右(见图5)。由此可以估计出等离子体膨胀速度约为 10^7 厘米/秒。

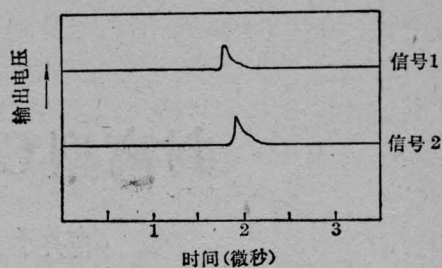


图5 用多层接收器接收到的光电转换讯号

这种光电转换的实验除了将来对人造卫星的能源提供基本实验外，还可以用作激光产生等离子体的基础研究。同时采用图4的结构，可以产生适当的选择各集电极的大小及离靶的距离产生互相之间有很小时间延迟的电压脉冲。

参 考 文 献

- [1] R. W. Thompson, D. L. Alger; *Appl. Phys. Lett.*, 1978, **32**, 610.
- [2] *Laser Focus*, 1977, **13**, 20.
- [3] E. J. Britt *et al.*; *Appl. Phys. Lett.*, 1978, **33**, 384.
- [4] W. T. Silvast, L. H. Szeto; *Appl. Phys. Lett.*, 1978, **31**, 726.
- [5] 楼祺洪等; 《激光》, 1979, **6**, No. 4, 27.