

# 连续 1.06 微米红外激光在空气中引起的可见光散射

赫光生 叶碧青 刘颂豪

(中国科学院上海光机所)

**提要:** 在连续 YAG:Nd<sup>3+</sup> 激光器中, 观察到 1.06 微米红外激光束在空气中产生的可见光轨迹, 它在整个可见光谱区具有连续的光谱分布。测定了产生这种效应所必须的激光功率密度阈值。采用腔内机械转盘开关, 发现当激光作用时间逐渐变短至毫秒量级时, 仍可观察到该现象。

## Visible scattering in air induced by a CW laser beam at 1.06 $\mu$ m

He Guangsheng Ye Biqing Liu Songhao

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

**Abstract:** The trace of visible scattering in air induced by a CW 1.06 $\mu$ m laser beam has been observed inside the cavity of a Nd:YAG laser. The scattering light has a continuous distribution covering the visible spectral range, and the threshold of laser beam power density required for this effect was found. When the period of laser action was reduced to the order of millisecond by using a mechanical rotating switch within the cavity, this effect could still be observed.

本文简要报道在连续 YAG:Nd<sup>3+</sup> 激光器共振腔内, 1.06 微米红外激光束通过空气时引起的可见光散射现象, 以及对这种现象的初步研究结果。

实验装置如图 1 所示。主要是由一台外腔式连续 YAG:Nd<sup>3+</sup> 激光器(输出功率约几

十瓦, 而腔内激光功率密度可以比腔外高一个数量级); 一台低色散棱镜摄谱仪以及照相机等装置所组成。

实验发现, 当腔内激光束的功率密度超过一定阈值时, 在腔内红外激光束通过的空气通道上, 可观察到明显的光散射现象, 散射光看起来为比较明亮的白色光。在我们的实验条件下, 产生这种散射现象所需要的腔内激光功率密度约为 60 瓦/毫米<sup>2</sup>, 低于这个值, 则观察不到上述光散射现象。

图 2(a) 是利用普通 21° 全色胶卷拍摄到的这种光散射的空间轨迹照片, 腔内激光

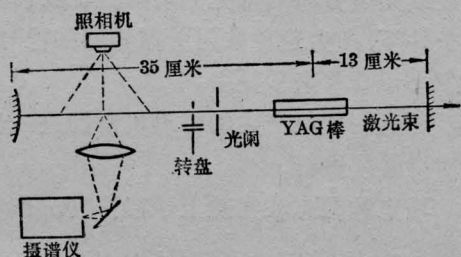
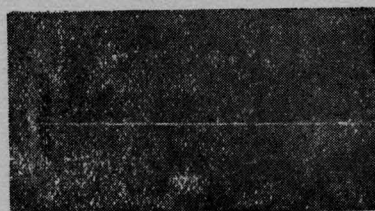
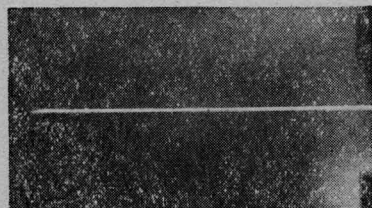


图 1 实验装置简图

收稿日期: 1979 年 7 月 21 日



(a) 曝光时间 10 秒, 普通空气环境



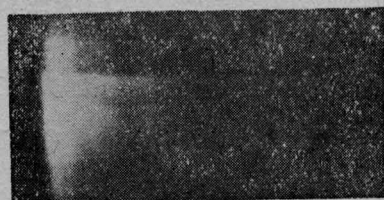
(b) 曝光时间 5 秒, 吹风流动空气

图 2 可见散射光的轨迹照片

功率密度约为  $170 \text{ 瓦/毫米}^2$ , 曝光时间为 10 秒。由图可见, 空气中的一些分离的发光中心构成了散射光轨迹。实验还进一步发现, 当腔内空气流动大时, 散射现象变得更加明显。为说明上述情况, 采用一台小电风扇, 在 0.5 米距离处按与激光束大约成  $45^\circ$  角方向上对腔内区域进行吹风, 拍得如图 2(b) 所示照片, 腔内激光功率密度仍为  $170 \text{ 瓦/毫米}^2$  左右, 而曝光时间则减至为 5 秒。

我们认为所产生的散射光不是由空气分子本身引起的, 而是由空气中的尘埃或气溶胶之类的悬浮物引起的。为进一步研究这种现象, 利用低色散棱镜摄谱仪拍摄了散射光的可见光谱区光谱分布。图 3(a) 是利用国产航高 -I 型胶卷拍得的散射光可见光谱照片, 曝光时间 2 小时, 小电扇吹风。由于利用了双棱镜转象系统, 把水平方向上散射光轨迹的象, 转变为垂直方向上的象, 入射到摄谱仪的入射狭缝上, 因此, 图 3(a) 照片中水平方向表示散射光能按波长或频率的分布, 而垂直方向则表示散射光能按散射轨迹方向上的分布变化。由这张照片可看出, 在可见光谱的较宽范围内, 散射光具有连续的光谱分布; 其次还可看出, 散射光能在空间轨迹上的分布是不均匀的, 在个别区域, 有特别强的散射

发光中心, 这是与图 2(a) 中的照片情况相一致的。作为对照, 图 3(b) 给出了普通热炽钨丝灯发光的可见光谱分布照片, 这是一种比较典型的热辐射发光的连续光谱分布, 由图 3 上下两张照片的对比中可看出, 两种情况下的可见光谱分布是相类似的。



(a)



(b)

图 3

(a) 散射光的可见光谱照片  
(b) 钨丝灯的可见光谱照片  
(图左为光谱红端, 图右为紫端)

为进一步了解这种散射现象产生的时间特性, 采用腔内转盘开关 (通光与挡光时间比为 1:10) 进行重复脉冲辐照实验, 发现当腔内激光脉冲作用时间逐渐变短至 0.5 毫秒时, 仍可观察到这种光散射现象。

以上各项实验研究结果表明, 本文所叙述的现象, 是一种由强激光作用引起的新式散射效应。一种可能的解释是, 空气中的悬浮物 (尘埃或气溶胶) 吸收强红外激光辐射后温度迅速升高 (至几千度以上), 进而发出具有连续光谱分布的可见光辐射。在我们的实验条件下, 产生这种散射所需要的弛豫时间, 至少小于 0.5 毫秒量级。

对这一现象产生的物理机制的进一步研究有待继续进行。

马忠林同志在实验上予以协助, 作者谨致谢意。