

(V)

244-302

一体化的小型腔式光泵 NH₃ 分子远红外激光器*

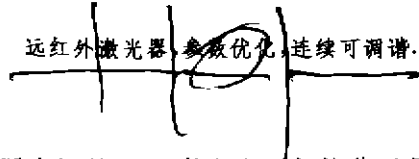
罗锡璋 郑兴世

(中山大学电子系, 广东, 广州, 510275)

TN248.2

摘要 研制了包括泵浦源在内的一体化小型腔式光泵 NH₃ 远红外激光器, 实验测量了输出功率、工作气体压强、腔体长度与腔体耦合条件之间的优化规律, 发现了小型腔式光泵远红外激光器中普遍存在的特别宽带的激光辐射现象, 这将是解决远红外激光频率大范围连续可调谐的一个新途径.

关键词 远红外激光器, 参数优化, 连续可调谐.



腔式光泵 气体分子

引言

目前, 用中红外 CO₂ 激光光泵气体分子是产生远红外相干辐射的最成功、最有效的方法. 更换不同的工作气体和泵浦激光谱线, 可以产生波长从 mm 至数十 μm 范围内的几千条远红外激光谱线. 而这些远红外相干辐射都是分立的窄谱线, 而且常规的光泵远红外激光系统体积十分庞大, 单远红外激光管就有 2m 多长, 这两个缺点极大地限制了光泵远红外激光器的实际应用. 小型化、频率连续可调谐的光泵远红外激光器的研制, 一直是亟待解决的问题. 近年, 国外流行的小型化方案是折叠环形腔式的光泵远红外激光器^[1,2], 即把常规 2m 多长的直腔体, 折叠成环形, 外观长度缩短了, 而实质光路长度没有改变. 在频率调谐范围的扩展方面, 一是采用高达 10~20atm. 的可调谐的 TEA-CO₂ 激光器作泵浦源, 通过扩展泵浦激光的调谐范围来扩展远红外激光的调谐范围^[3]; 二是采用红外、微波双泵浦的办法, 利用微波调谐范围大的特性, 获得较大范围调谐的远红外激光^[4]. 然而上述努力都不能兼顾小型化、大功率输出和大范围连续调谐的要求. 我们采用直接缩短腔长的方案, 研制成功了包括泵源小型 TEA-CO₂ 激光器在内的一体化腔式光泵远红外激光器, 工作在高气压的运转条件下, 成功地产生了波长为 67.2μm, 90.4μm, 和 151.5μm 的远红外相干辐射. 实验测量了输出功率、工作气体压强, 腔体长度与腔体耦合条件之间的优化规律, 我们发现小型腔式光泵远红外激光器产生的相干辐射, 普遍存在特别宽带的点, 这将是解决远红外激光频率大范围调谐的一个新途径.

1 小型泵浦激光器

泵浦激光器是新研制的小型 TEA-CO₂ 激光器, 它的总长度为 40cm, 外径为 15cm, 主

* 广东省自然科学基金(970139)资助项目
稿件收到日期 1997-05-09, 修改稿收到日期 1997-12-29

电极“扶手”型电极,放电体积为 $250 \times 30 \times 20 \text{mm}^3$,双排电容放电式紫外预电离,无 He 工作,工作气压 ($\text{CO}_2 + \text{N}_2$)可在 $0.25 \sim 1 \text{atm}$. 之间选取. 激光器的腔体由光栅 (150l/mm)和锗平面镜组成. 光栅有选线作用,通过调整,可以得到波长在 $9 \sim 11 \mu\text{m}$ 之间的 60 多条谱线. 单脉冲激光的最大能量是 0.3J ,脉宽为 100ns . 激光输出接近基模高斯分布,其最大功率密度约 3mW/cm^2 ,激光器最高重复频率为 5Hz ,一次充气后,工作寿命为一万个脉冲激光以上.

2 远红外激光器

远红外激光器由硬质玻璃管、输入、输出反射镜和窗口组成. 腔体长 15cm ,管径为 3.2cm ,直接连接在小型 TEA- CO_2 激光器输出端上,锗平面镜兼作它的输入反射镜,输出反射镜是镀金铜镜,由中央小孔耦合输出. 选取不同的小孔孔径,可以控制输出反射镜的反射系数 R ,也即控制了腔体的耦合条件. 远红外激光器的输出窗口是 3mm 厚的聚四氟乙烯片,它对远红外激光有良好的透过特性,对残余的中红外泵浦激光完全吸收.

3 实验和结果的讨论

一体化小型腔式光泵 NH_3 分子远红外激光器的实验装置见图 1,图 1 中金属栅网 F-P 干涉仪用作测量远红外激光的谱线特性,两块硅衬底的铝栅网对远红外辐射的反射系数为 0.86 ,相距 4mm . 干涉仪每扫描 $1 \mu\text{m}$,对应波长为 $67.2 \mu\text{m}$, $90.4 \mu\text{m}$ 和 $151.5 \mu\text{m}$ 的远红外辐射,其频谱分辨率分别为 1.1GHz , 0.8GHz 和 0.5GHz .

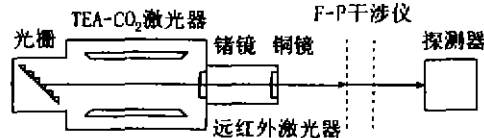


图 1 一体化小型腔式光泵 NH_3 激光器实验装置

Fig. 1 The experiment setup for a unified miniature optically pumped NH_3 cavity FIR laser

图 2 显示了不同腔体长度条件下,波长为 $90.4 \mu\text{m}$ 的远红外激光输出功率随 NH_3 的压强的变化关系. 由图 2 可见,最佳工作气压随腔长的缩短而增加,并且腔长短至 5cm 时,仍有相当可观的远红外激光输出. 这表

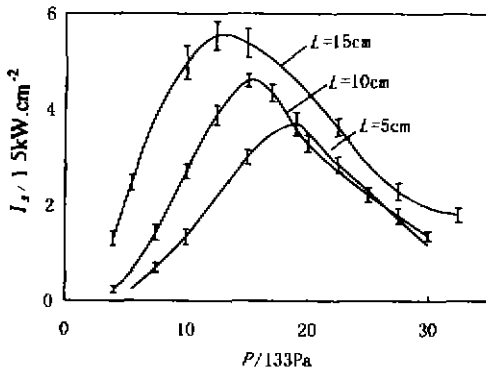


图 2 不同腔体长度时的最佳工作气压 ($\lambda = 90.4 \mu\text{m}$)

Fig. 2 The measured optimum gas pressures for cavities of different length ($\lambda = 90.4 \mu\text{m}$)

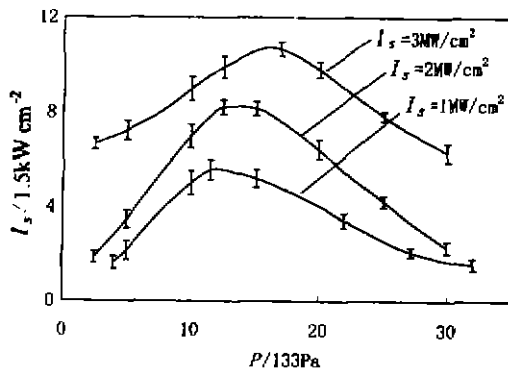


图 3 不同泵浦功率条件下的最佳工作气压 ($\lambda = 90.4 \mu\text{m}$)

Fig. 3 The measured optimum gas pressures under the conditions of different pumping power ($\lambda = 90.4 \mu\text{m}$)

明,通过提高工作气压,可直接缩短腔体,实现器件小型化,并使输出功率达到实用要求。

不同泵浦功率的条件下,波长为 $90.4\mu\text{m}$ 的远红外激光输出功率随工作气压变化的关系见图 3. 增加泵功率,有利于远红外激光输出功率的增加,同时应注意相应的最佳压强也随之增加,这是因为只有增加工作气体的密度(即增加工作压),才能在同等长度的腔体内充分、有效地吸收较大的泵浦激光能量,并转化为远红外激光输出. 泵浦激光在远红外腔体内的吸收和转化规律在文献[5]中有详细解释。

同一腔长,不同耦合条件(即不同的 R)下,波长为 $90.4\mu\text{m}$ 的远红外激光输出功率随工作气体压强的变化见图 4. 由图 4 可见,输出功率对耦合条件 R 有很强的依赖关系. R 太高,有利于腔内激光振荡的加强,而不利于输出的增加. R 太低,虽使激光的透过率增加,但难于在腔内维持足够强的振荡,合适的 R 对获得最佳的输出尤为重要. 我们取 $R=0.6$ 是最佳的耦合条件. 此外,我们发现,最佳工作气压受 R 的影响不大,这对器件的稳定工作十分有利,这表明小型腔式光泵远红外激光器的优化主要由泵功率,腔体长度,耦合条件 R 和气体分子系统决定。

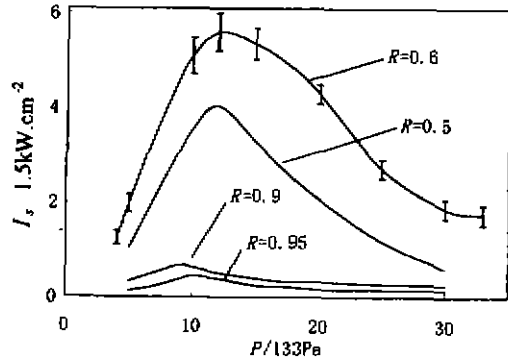


图 4 不同耦合条件下的最佳工作气压($\lambda=90.4\mu\text{m}$)

Fig. 4 The measured optimum gas pressures for different coupling condition ($\lambda=90.4\mu\text{m}$)

小型腔式光泵远红外激光器普遍存在宽频带的谱线特性. 对我们的一体化小型腔式光泵 NH_3 分子远红外激光器所产生的 $67.2\mu\text{m}$ 和 $151.5\mu\text{m}$ 两条谱线(泵浦激光分别为强度是 $3\text{MW}/\text{cm}^2$ 的 CO_2 9R(30)和 $1\text{MW}/\text{cm}^2$ 的 CO_2 10P(32)),用 F-P 干涉仪测得的频谱特性分别见图 5 和图 6,其谱线宽度分别达到 14GHz 和 4GHz . 我们认为这种宽带的谱线特性是泵浦过程中, NH_3 分子系统内的多个拉曼过程相互作用(竞争或加强)和小型腔内工作气体的远红外激光增益饱和特性共同作用的结果^[6]. 这种宽带远红外激光辐射特性,将是解决远红外激光频率大范围连续可调谐的一个新途径。

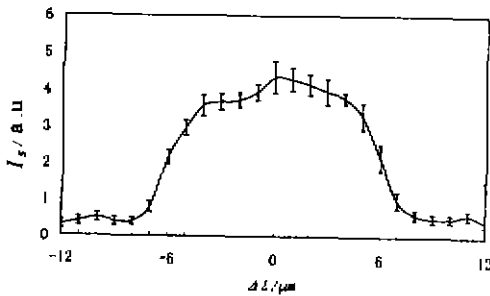


图 5 波长为 $67.2\mu\text{m}$ 的远红外激光频谱特性

Fig. 5 The measured F-P interferogram of FIR laser at $67.2\mu\text{m}$

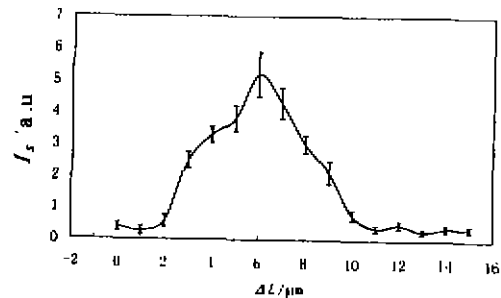


图 6 波长为 $151.5\mu\text{m}$ 的远红外激光频谱特性

Fig. 6 The measured F-P interferogram of FIR laser at $151.5\mu\text{m}$

REFERENCES

- 1 Wilson T E. *International Journal of Infrared & Millimeter Waves*, 1993, **14**(2): 303
- 2 Micheal E, Stutzki J. *International Journal of Infrared & Millimeter Waves*, 1996, **17**(8): 1301
- 3 Izatt J R, Schatz W, Fleurov V B. *Proceedings of the International Conference on Millimeter and Submillimeter Waves and Applications* # , 1996: 78
- 4 Willenberg G D, Heppner J, Foote F B. *IEEE J-QE*, 1982, **QE-18**(12): 2060
- 5 QIN Jia-Yin, ZHENG Xin-Shi, LUO Xi-Zhang, et al. *Chinese Journal of Lasers* (秦家银, 郑兴世, 罗锡璋, 等. *中国激光*). 1997, **24**(5): 385
- 6 LUO Xi-Zhang, LIN Chun-Guang, LIN Yi-Kun. *International Journal of Infrared & Millimeter Waves*, 1995, **16**(8): 1335

A UNIFIED MINIATURE OPTICALLY PUMPED NH₃ FIR CAVITY LASER*

LUO Xi-Zhang ZHENG Xing-Shi

(Department of Electronics, Zhongshan University, Guangzhou, Guangdong 510275, China)

Abstract A unified miniature optically pumped NH₃ FIR laser (unified mini-OPFIR cavity laser), including a mini TEA-CO₂ pump laser, was developed. The optimum operation of the unified mini-OPFIR cavity laser was studied experimentally. The relations among FIR laser output power, operating gas pressure, length and coupling condition of the cavity were measured. It was found that the very wide band FIR laser emission was a common feature of the mini-OPFIR cavity laser. This will be a new way for wide-range frequency tuning of FIR laser.

Key words FIR lasers, optimized operation, continuous frequency tuning.

* The project supported by the Natural Science Foundation of Guangdong Province, China
Received 1997-05-09, revised 1997-12-29