

添加气体对TE N₂ 激光器输出的影响*

王玉芝 傅思生 陈 磊 王 兵

(中国科学院上海光学精密机械研究所, 上海, 201800)

摘要: 本文给出了在纯N₂中添加SF₆和He气对TE N₂激光器3371 Å输出影响的实验结果。实验结果表明, 在纯N₂中添加少量SF₆, 可使激光输出增加一倍, 而添加2~3倍He气, 可提高输出功率30%~7倍。本文研究了添加He气对混合气体电子温度、电子密度和电子能量分布的影响, 从而合理地解释了加He气可以提高输出功率这一实验结果。

Influence of additional gas on TE N₂ laser output

Wang Yuzhi, Fu Ensheng, Chen Lei, Wang Bing

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

Abstract: This paper emphasizes the influence of additional SF₆ and He on TE N₂ laser output at 3371 Å. The experimental results show that the laser output power can be increased about 2 times, by adding SF₆ in pure N₂, and when the ratio of N₂:He is 1:2~1:3, the laser output will be increased by 30%~700%. The influences of the additional He on the electron temperature, electron density and electron energy distribution are also studied. Therefore, the fact that the additional gas can improve the laser output is reasonably explained.

一、引 言

自1963年Heard^[1]首次获得了TE N₂分子激光以来, N₂激光器以其效率高, 结构简单, 应用广泛, 而受到普遍的重视。用N₂激光泵浦染料激光是它的重要应用之一。但由于它的输出能量较低, 所以使这一应用受到一定的限制。为了提高N₂激光的输出, 已经做了大量的研究工作, 其中之一是添加其它气体以求提高输出能量。Willett^[2]首次报导了在纯N₂中加入少量SF₆后使输出功率提高1倍, 此后这一研究方兴未艾^[3~5]。直到去年还有这方面的报导^[6]。但我们觉得所添加的气体不局限于SF₆, 而其它气体也可能达到此目的。在我们的实验中发现, 在纯N₂中加入适量的He气, 使N₂激光在3371 Å紫外输出功率提高30%~7倍。就我们所知, 对这方面的研究尚很少。我们用电探针、微波干涉仪等手段对气体激光器中电子温度、电子密度、电子能量分布进行了测量, 本文给出了添加He气对N₂激光输出能量以影响的实验和机理。

*本工作由中国科学院上海光学精密机械研究所量子光学开放实验室资助。

二、实验和实验结果

N₂激光器是一种双原子分子激光器。三能级系统。第二正带C³Π_u→B³Π_g的电子跃迁产生3371Å的紫外输出。当放电激励时，在电场中获得能量的粒子相互碰撞而交换能量，在一定条件下，优先激励到C³Π_u态。由于N₂分子的上能级C³Π_u自发辐射寿命短，所以需要快激励，才能使C³Π_u→B³Π_g实现粒子数反转，为了获得大的碰撞截面，电子能量应取14~16eV。

我们的激光器为封闭型，气体不流动，用无感陶瓷电容储能，以火花球隙触发放电，每秒单次运转的器件，所以决定了它的输出能量不高。外电路放电电容40nF，放电电压20kV，最佳输出能量3mJ，最佳输出E/P=94V/cm·Torr。为了改善它的输出状况，我们采取的措施之一是添加气体。我们首先在纯N₂中添加少量SF₆，发现可使激光输出增加1倍，实验结果如图1所示。SF₆对N₂紫外输出的影响可以解释为对E/P的影响^[7]。在40Torr N₂中添加3~5Torr SF₆，使E/P由70V/cm·Torr增加至140V/cm·Torr。因此增加了激光的电子能量分布，达到SF₆与N₂间的有效碰撞消激发和能量转移。

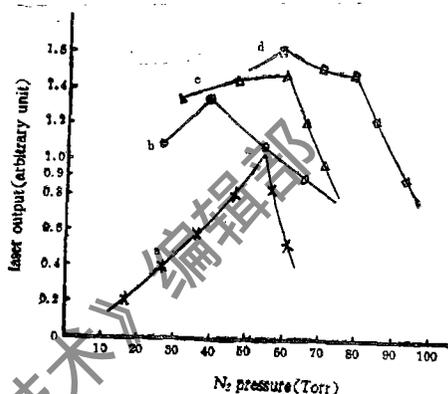


Fig.1 The influence of SF₆ to N₂ laser output

a—1.8 Torr SF₆ b—3.6 Torr SF₆
c—5.4 Torr SF₆ d—7.2 Torr SF₆

除了添加SF₆外，我们主要研究了He气对N₂激光3371Å紫外输出的影响，实验结果如图2所示。从图中可以看出，在纯N₂中加入适量He气，可以大大提高激光器的输出功率。N₂气压不同，获得最佳输出的N₂/He之比也不同。在10Torr N₂中加入3倍He气后，可使输出增加7倍；在20Torr N₂中加入2倍He气后，可使输出增加3倍；在40Torr N₂中加入3倍He气可使输出增加30%，在60Torr N₂中加入He气后，输出反而下降。从中可以看到，N₂气压越低，加入He气后，对输出产生的影响越大。我们认为加入He气提高N₂激光的输出，并不是由于加He后而引起总气压的改变，从而影响激光的输出。为此，我们给出了不同气压下，纯N₂激光的输出。实验结果见图3。从图2的第二条曲线中可以看出，在20Torr N₂中加入2倍He气，总气压为60Torr时的最佳输出为1.05，而在图3中可以看出，在60Torr的纯N₂中，输出能量只有0.6。我们认为，加入He气对N₂激光3371Å输出的影响可以解释为He对N₂上激光能级电子能量分布的影响。在纯N₂中，它的振动能级只有把电子能量分布钳制在2eV的势垒作用，在这种条件下，要想得到足够的激发N₂的电子能量，必须增加E/P，这与SF₆对N₂的影响是一致的。因为He不具有振动势垒，所以添加He气后能提高混合气体的电子温度。Nighan^[8]研究了在纯N₂和N₂的混合气体中的有效电子振动激发率。研究表明，在CO₂，N₂，He的混合气体中比在纯N₂中的电子振动激发率高，平均电子温度也高。

作者曾利用电探针和微波干涉仪，测量了气体放电中的电子温度，电子密度和电子能量分布，研究了He气的影响^[9~11]。研究表明，He气的加入，可以使N₂的混合气体的平均电子温度从1.9eV升高到2.4eV，伴随着激光输出功率明显的增加。我们的研究结果还表

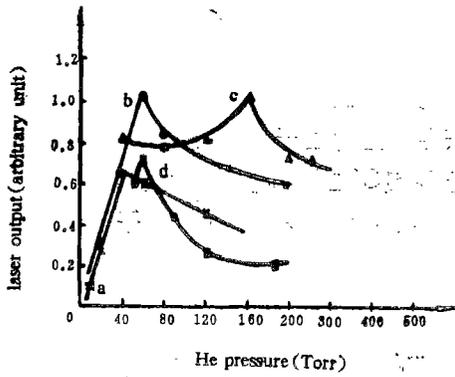


Fig.2 The influence of He to N₂ laser output
 a—10 Torr N₂ b—20 Torr N₂
 c—40 Torr N₂ d—60 Torr N₂

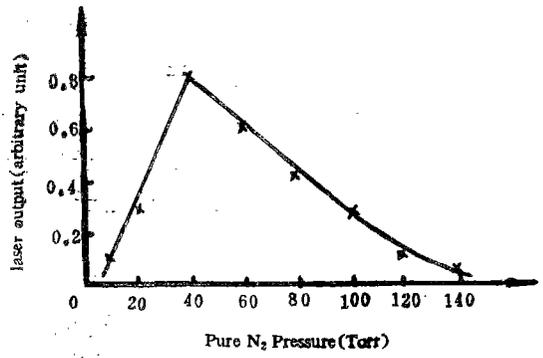


Fig.3 The influence of pure N₂ pressure to laser output

明, He气可以改变混合气体的电子能量分布, 增加了具有较高能量的电子数, 因而可以增加E/P值, 达到提高激光输出功率的目的。实验结果见图4。

三、讨 论

我们认为, 自N₂分子激光问世以来, 虽然在理论与实验上做了大量的工作, 但仍

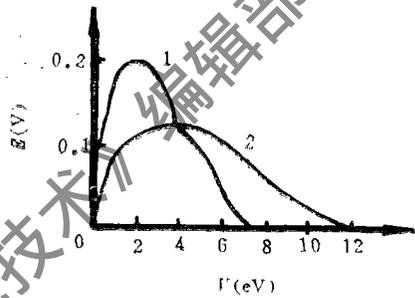


Fig. 4 The fuction of energy distribution of CO₂ laser in CO₂-N₂-He gases
 1—CO₂-N₂ (1:1) 2—CO₂-N₂-He (1:1:6)

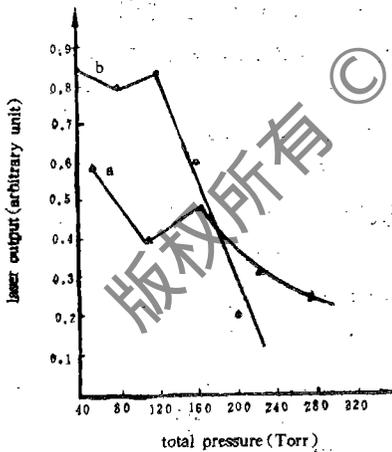


Fig. 5 The influence of He to N₂ laser output in SF₆/N₂ gases
 a—SF₆/N₂=1.8/55 b—SF₆/N₂=3.6/40

有些课题可以进行深入的研究, 特别是He, Ne, Ar等惰性气体对N₂激光的影响, 仍为有兴趣的课题 [12~14]。

在我们的实验中发现, 在纯N₂中加入少量SF₆后, 可以使激光输出能量提高1倍; 而在纯N₂中加入2~3倍的He气, 可以使激光输出提高30%~7倍。但是如果最佳比例的SF₆和N₂的混合气体中, 再加入He气, 输出能量不仅没有提高, 反而下降。目前我们还没有找到合理的解释, 这些问题有待于深入的研究。实验结果见图5。

作者诚恳感谢上官诚, 乐跃康同志所给予的有益的建议和积极的合作。

参 考 文 献

[1] Heard H G. Nature, 1963; 200: 667
 [2] Willett C S. A P L, 1975; 26 (3): 118

- [3] Itani J, Kagawa K, Kimura Y. A P L, 1975; 27(9): 503
- [4] Akins R P, Lin S C. A P L, 1976; 28(4): 221
- [5] Suchard S N, Sutton D, Heidner R F. IEEE J Q E, 1975; QE-11(11): 908
- [6] 胡德敬, Kunze H J, Maurmann J. 中国激光, 1991; 18(6): 475
- [7] Judd O. IEEE J Q E, 1976; QE-12: 78
- [8] Nighan W L. Phys Rev (A), 1970; 2(5): 1989
- [9] 王玉芝, 谢培良, 董景星. *et al.* 中国激光, 1980; 7(10): 17
- [10] 王玉芝, 谢培良, 董景星. 中国激光, 1981; 8(9): 50
- [11] 谢培良, 王玉芝, 董景星. 中国激光, 1983; 10(3): 140
- [12] Ischenko V N, Lisitsia V N, Razhev A M *et al.* Opt Commun, 1975; 13(3): 231
- [13] Ault E R, Bhaunik M J, Olson N T. IEEE J Q E, 1974; QE-10: 624
- [14] Mcfarlane R A. Phys Rev, 1965; 140(4A): A1070

*

*

*

作者简介: 王玉芝, 女, 1944年4月出生。副研究员。曾在意大利比萨大学物理系作为访问学者工作过。现从事自由电子激光器参量测量。

收稿日期: 1992年7月8日。 收到修改稿日期: 1992年9月1日。

· 简 讯 ·

单片集成VCSELs和MESFETs产生400激光列阵

洛克希德导弹与航宇公司(帕洛阿尔托, 加州)宣称用金属半导体场效应晶体管(MESFETs)在单片上首次成功集成GaAs竖腔面发射激光器(VCSELs)。在OSA年会发表的一篇邮寄截止日期后的文章(PD14)中, Ying Jay Yang和合作者描述了制作技术, 该技术中的关键键扩散工序用来对下面VCSELs层与覆盖层MESFET结构的电连接。

据Yang和他的同事说, 得到的激光列阵在一个5mm×5mm单片上含400个10μm VCSELs, 在同一面积上可以刻划出10000个激光器。列阵最大功率为1.1mW, 量子效率约35%, 该进展将是光相互连接和光电子集成电路走向大规模集成VCSEL列阵的重要一步。

译自L F World, 1992; 28(11): 9 邹福清 译 邹声荣 校

更 正

本刊1992年第16卷第5期第308页到第313页, 由于编校错漏, 更正如下:

第309页图2应为图3; 第310页图3应为图5, 图5应为图2。

作者简介中出生年月应为“1938年4月出生”。

在此向作者读者致歉, 并予更正。

《激光技术》编辑部