

气压对横流 CO₂ 激光器输出的影响

吴中祥 楚泽湘 陈丽吟

(中国科学院北京力学所)

Effects of gas pressure on output of transverse flow CO₂ lasers

Wu Zhongxiang, Cu Zexiang, Chen Liying

(Institute of Mechanics, Academia Sinica, Beijing)

Abstract: Based on the measured parameters of high pressure transverse flow discharge CO₂ lasers and their changing rule, simulated calculations have been made on the theoretic curve of power, efficiency and coupling degree and their variation with gas pressure, which indicates that the optimum output of the CO₂ laser can be obtained at the working pressure of ~ 1 atm and the CW output would be cut off at ~ 2 atm.

1. 引言

连续输出的对流、放电、CO₂ 激光器小信号增益特性随介质气压(高至 780 Torr)变化的实验^[1]和个别较高气压(约 180 Torr)器件的输出实验^[2]已有较完整数据的报道,我们将每粒子电场强度 E/N 和模拟简化的均匀电子密度分布区宽度 d 取为适当的常量,计算给出了高压条件下的输出功率、耦合度及其变化规律^[3],但其中对于[1]文报道的实际器件在较高气压的小信号增益的检验计算,须适当调整 d 的数值才能与实测相近,对于放电结构与[1]、[2]相似的器件,并不满足[3]中在不同气压均取 d 为同一常量的简单条件,为此,本文利用[1]、[2]已公布的实际参量、实测数据和有关的变化规律,半经验地适当修改[4]的计算方法,系统计算分析研究在较大气压(高至约 2 大气压)范围内这类实际器件的连续输出特性及其随介质气压变化的规律。

2. 对[4]文计算方法作半经验的适当修改

直接用[4]文方法计算[1]文实验器件小信号增益沿流动方向的分布,在较高的气压都与实测数据有较大偏离。实际上,电极间电子密度分布是一个沿流动方向增加到达一个峰值然后下降的曲线,而按[4]文方法,是为简便计而设在整个电极间电子密

度均匀分布,而作的近似模拟,即相当于以一个矩形的分布近似地代替实际的分布曲线。显然,为使这种模拟能够更近于实际,应依电子密度分布曲线的实际形状将电子密度均匀分布区的宽度从原设为整个电极的宽度作适当的缩小。从对[1]文小信号增益的检验还表明:对于这类器件, d 值还应随气压而变,才能与实测结果更好地相符。为此半经验地对[4]文方法作如下的适当修改:

(1) 选定 E/N 为适当的随气压和放电电流改变的常量。

(2) 取电子密度均匀分布区的宽度与介质的气压成反比。

(3) 对照[1]文实测小信号增益的数据,适当选取计算中所需在给定气压下的电子密度均匀分布区宽度及其随介质气压变化的斜率。

图 1 的小信号增益表明,按本节方法计算的结果在高至 780 Torr 的气压范围内,都与实测数据基本相符。而当电子密度均匀区宽度均取在 200 Torr 的数值,不随气压改变,则计算结果在高气压下就显著偏离实测值。

3. 由本文方法计算的输出功率和效率的可靠性

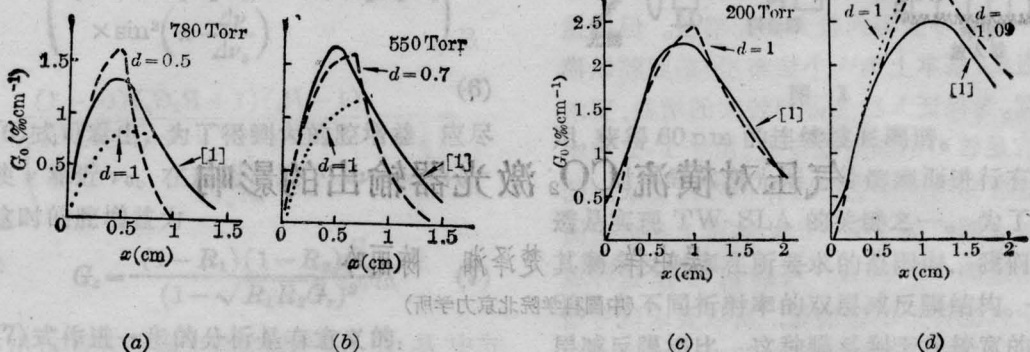


图1 不同气压下器件(1)中的小信号增益分布

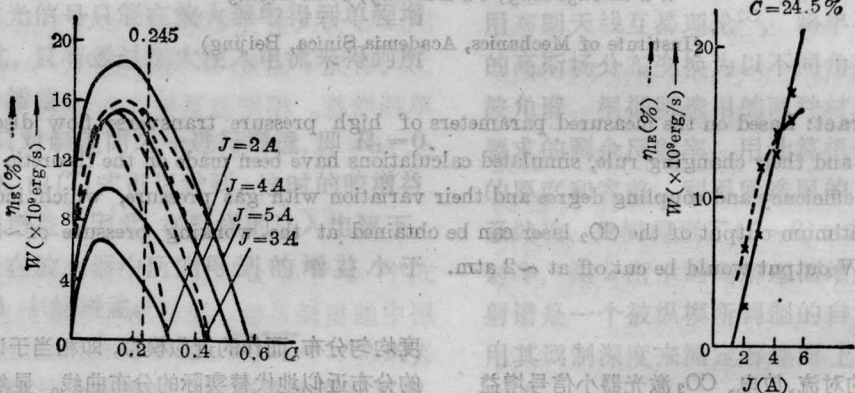


图2 (a) 在不同电流 J 下, 输出功率 W 和效率 η_{IB} 随输出耦合 C 的变化 (b) 计算的 W 和 η_{IB} 与其实测对比

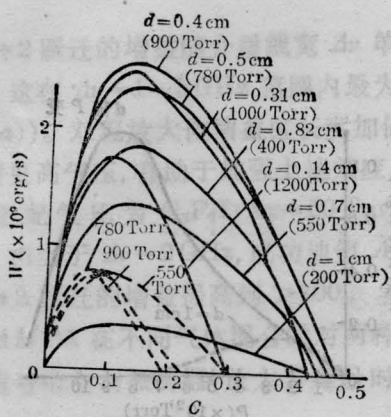
采用上节对[4]文作适当修改的方法, 对现有文献中气压较高(180 Torr) 设计参数和实验数据公布较全且结构与[1]相似的实验器件^[2], 计算了在四种放电电流(2 A、3 A、4 A和5 A)下的输出功率和电光效率随输出耦合度变化的曲线, 其结果示于图2(a)。由图2(b)可见, 当输出耦合度为24.5%时, 在四种放电电流下算出的输出功率和电光效率都与[2]文的实测数据较好地相符。

4. 输出随气压和耦合度变化的规律

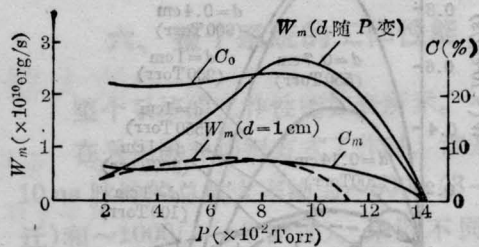
对[2]文器件计算的结果示于图3、图4。由图3可见, 在较低的气压范围内, 最佳的输出功率随气压的增大而增大, 与通常的观念相符, 但在气压增至约900 Torr附近出现峰值, 然后较陡地下降, 最佳的和截止的输出耦合度随气压的变化都不大, 在较高的气压范围内, 最佳的输出功率、最佳的和截止的输出耦合度都较陡地下降, 并都在约1400 Torr附近趋近于零, 而停止连续的输出。

由图4可见, 在低压范围, 随气压的增加, η_{IBm} 与 η_{IVBm} 上升, η_{IVm} 变化不大, 而在高压范围内, 它们都下降, 其峰值分别处于不同的气压: $\eta_{IVm} \sim 700$ Torr, $\eta_{IBm} \sim 800$ Torr, $\eta_{VIBm} \sim 1100$ Torr。对[1]文器件的计算结果示于图5。比较图3与图5, 对于[1]、[2]这类放电结构相同的实际器件, 其输出功率虽各不相同但其随气压变化的规律都基本相同, 都在约1atm处有最大值, 在近2atm处停止连续的输出。

由图3、图5还可对比看出, 取 d 随气压改变和取 d 为常量的计算结果彼此有较大的偏离, 由于[1]、[2]文报道的实际器件的实测结果都能与取 d 随气压改变的计算结果较好地相符, 可以认为对于放电结构与[1]、[2]相似的器件宜采用这种计算方案。但这也并不排除存在使 d 近于不随气压改变的放电条件的可能性。

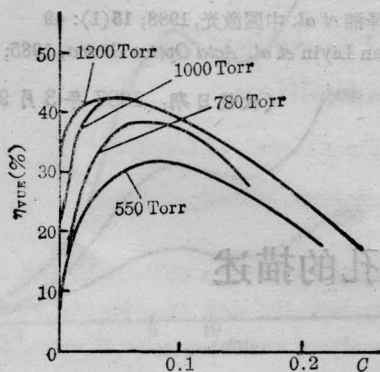


a) 在不同气压下, W 随 C 的变化

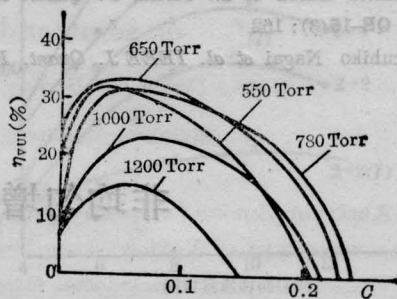


b) 最佳的输出功率和耦合 W_m 、 C_m 和截止耦合 C_0 随气压 P 的变化

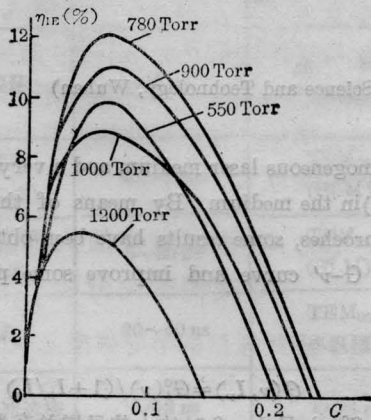
图 3



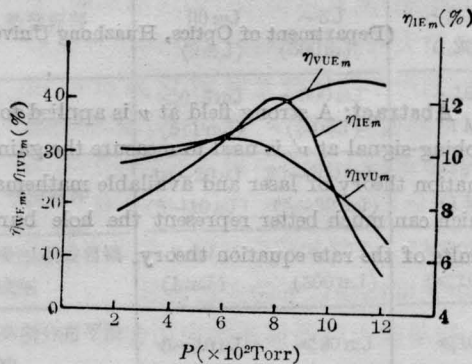
a) 在不同气压下电能转换为上能态振动能的效率 η_{VUE} 随输出耦合 C 的变化



b) 在不同气压下, 上能态振动能转换为激光光的效率 η_{VUL} 随输出耦合 C 的变化

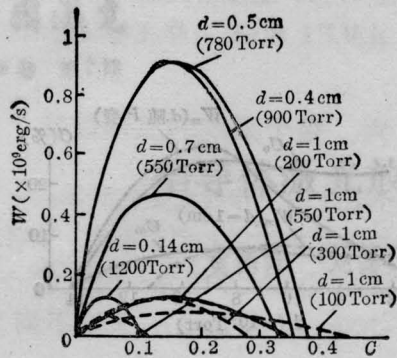


c) 在不同气压下, 电能转换为激光光的效率 η_{IE} 随输出耦合 C 的变化

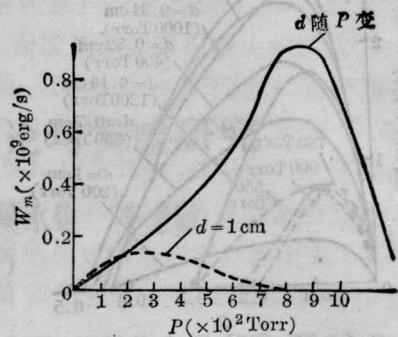


d) 最佳的效率 η_{VUEm} 、 η_{VUm} 、 η_{IEm} 随气压的变化

图 4



a) 在不同气压下器件(2)中 W 随 C 的变化



b) 最佳的输出功率 W_m 随气压的变化

图 5

参 考 文 献

- 1 Toshimitu Akiba *et al.* *IEEE J. Quant. Electr.* 1979; **QE-15**(3): 162
- 2 Haruhiko Nagai *et al.* *IEEE J. Quant. Electr.* 1982; **QE-18**(3): 416
- 3 楚泽湘 *et al.* *中国激光*, 1988; **15**(1): 49
- 4 Chen Liyin *et al.* *Acta Optica Sinica*, 1985; **5**(2): 135

(收稿日期: 1987年3月9日)

非均匀增宽增益烧孔的描述

安承武

(华中理工大学光学系)

New expression for hole burning on gain profile with inhomogeneous broadening

An Chengwu

(Department of Optics, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan)

Abstract: A strong field at ν is applied to an inhomogeneous laser medium and a very weak probing signal at ν' is used to measure the gain $G(\nu', I_\nu)$ in the medium. By means of the rate equation theory of laser and available mathematical approaches, some results have been obtained, which can much better represent the hole burning on $G-\nu'$ curve and improve some present results of the rate equation theory.

一、引 言

激光物理学中,对于非均匀增宽介质,速率方程理论给出了强场 I_ν 的增益系数为^[1-4]:

$$G(\nu, I_\nu) = G_i^0(\nu) / (1 + I_\nu / I_s) \quad (1)$$

式中 $G_i^0(\nu)$ 是 $I_\nu = 0$ 时的小信号增益系数, I_s 为介质的饱和强度。(1)式虽然很好地给出大信号增益系数与其自身小信号增益系数的关系,但不能反映出频率为 ν 的大信号对频率为 ν' 的小信号增益系