

脉冲光泵 D_2O-CH_3F 混合气远红外激光器

潘承志 赵塞北 刘秀云 唐桂萍

(北京真空电子器件研究所)

提要: 用 TEA- CO_2 激光器脉冲光泵 D_2O-CH_3F 混合气, 获得了 D_2O 发射的 66 微米、114 微米和 385 微米以及 CH_3F 发射的 496 微米的远红外激光。介绍了 D_2O-CH_3F 混合气远红外激光器的参量特性, 并与单元气体的远红外激光器进行了比较。

Pulsed and optically pumped D_2O-CH_3F gas-mixture FIR lasers

Pan Chengzhi, Zhao Saibei, Liu Xiuyun, Tang Guiping

(Beijing Research Institute of Vacuum Electron Devices)

Abstract: D_2O-CH_3F gas-mixture in a superradiant tube was optically pumped using TEA CO_2 laser pulses and FIR laser emissions at 66 μm , 114 μm and 385 μm from D_2O vapour and 496 μm from CH_3F gas were obtained.

The characteristics of this laser are described and a comparison with single gas FIR laser is made.

一、引言

1970 年 T. Y. Chang 和 T. J. Bridges^[1] 首先采用光泵技术, 用 CO_2 激光光泵 CH_3F 成功地获得了 496 微米的远红外激光输出。自此之后, 用这种方法已从几十种分子得到了远红外-亚毫米波段 1500 条以上的谱线^[2]。

用脉冲 CO_2 激光光泵 D_2O 气体, 已能产生 66 微米、114 微米和 385 微米等多条强远红外谱线, 峰值功率均达兆瓦级以上; 泵浦 CH_3F 能产生 496 微米的受激辐射, 峰值功率最高亦达 1 兆瓦。但是, 这些都是以单种气体作为激光工作物质, 只能获得其中

一种气体发射的谱线, 要得到别种谱线, 就需要重换激光器件, 至少也需要重新更换工作物质。这样, 对于一个发射源来说, 就有其很不方便的地方。

我们以 D_2O-CH_3F 混合气作为激光工作物质, 仅需改变泵源 CO_2 激光器的泵浦线, 就可由同一器件获得 D_2O 和 CH_3F 各自的 66 微米、114 微米和 385 微米以及 496 微米的强远红外发射。

二、脉冲光泵 D_2O-CH_3F 激光器的特性

激光系统(图 1)由两部分组成。光栅调

收稿日期: 1982 年 1 月 11 日。

谱的双触发丝紫外预电离 TEA-CO₂ 激光器作为泵源, 其放电体积为 1400×38×38 毫米³, 管长 2 米。用 120 线/毫米的金属原刻平面衍射光栅作为调谐元件, 改变光栅转角可以选出 60~70 条激光谱线, 单线多模输出能量为 2~7 焦耳/脉冲。光斑尺寸为 38×38 毫米², 光强分布相当均匀。

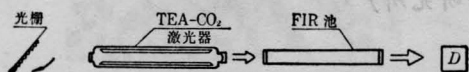


图1 超辐射远红外激光器系统图

泵浦光束直接沿轴向进入一根长 1.9 米、直径 34 毫米的玻璃管, 管内充以 D₂O-CH₃F 混合气, CO₂ 激光入射端为平面 NaCl 窗, 远红外辐射由 2 毫米厚的聚四氟乙烯窗透出, 该窗同时还作为剩余 CO₂ 辐射的吸收器。远红外辐射能量由中科院物理所研制、华南师范学院无线电厂生产的 NJ-J1 型激光能量计测量。用栅网法布里-珀罗干涉仪测量远红外激光波长。对透过聚四氟乙烯窗的极微弱 CO₂ 泵光, 已作为本底予以扣除。

用上述实验系统, 对 D₂O-CH₃F 混合气的远红外发射特性进行了实验研究。以下实验均在 9P32 线(4.46 焦耳)、9R12 线(4.77 焦耳)、9R22 线(3.37 焦耳)、9P20 线(5.05 焦耳)的条件下进行。

1. 固定 CH₃F 的气压, 改变 D₂O 的气压引起的影

我们首先充入 CH₃F 气 27.5 油格(约 2 托), 然后逐渐增 D₂O 的气压, 得到如图 2 所示的结果。由图可见, 随着 D₂O 气压的增高, 496 微米的输出开始时并不变化, 当高至 30 油格后, 496 微米的输出开始下跌; 对于 D₂O 的三条谱线, 它们各自达到最大输出的气压, 仍与单元 D₂O 蒸气时相同, 即 66 微米与 114 微米线仍在 65 油格左右, 而 385 微米线仍在 45 油格左右输出强度最高。CH₃F 存在的影响是: 最大输出功率下降 30~50%; D₂O 受激发射的阈值气压增高。

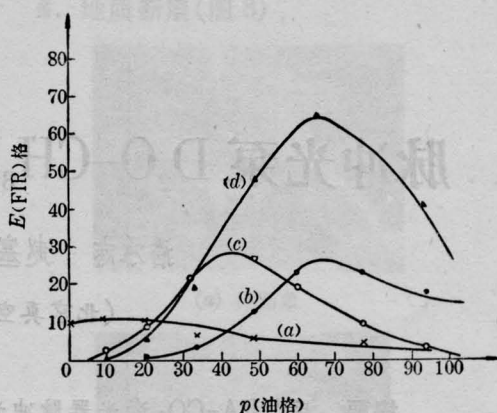


图2 固定 CH₃F 气压(27.5 油格), 改变 D₂O 气压对远红外激光输出的影响
(a)—496 微米; (b)—114 微米; (c)—385 微米; (d)—66 微米

2. 固定 D₂O 的气压, 改变 CH₃F 气压引起的影

单元气体的实验表明, D₂O 66 微米、114 微米线的最佳气压和 385 微米线的最佳气压分别为 65 油格和 45 油格。考虑到单元 CH₃F 的最佳气压较低, 仅为 27.5 油格, 故我们先充 40 油格的 D₂O 蒸气, 然后再渐增 CH₃F, 得到图 3 所示的结果。可以看出, 496 微米线的输出先是渐增, 而后缓慢下降。值得注意的是, D₂O 的 66 微米和 114 微米线随 CH₃F 气压的增高变化不大, 而 385 微米线的输出则迅速下降。

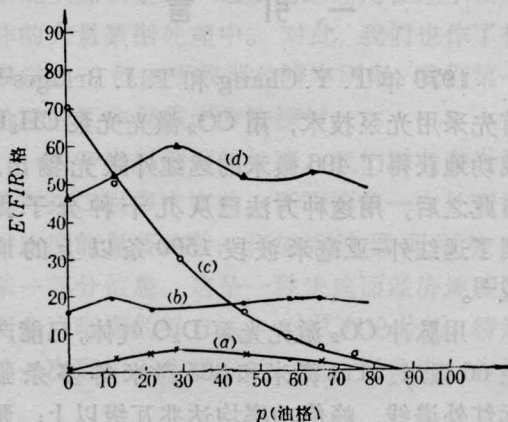
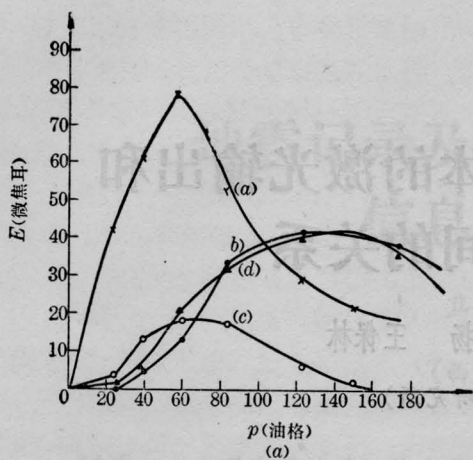
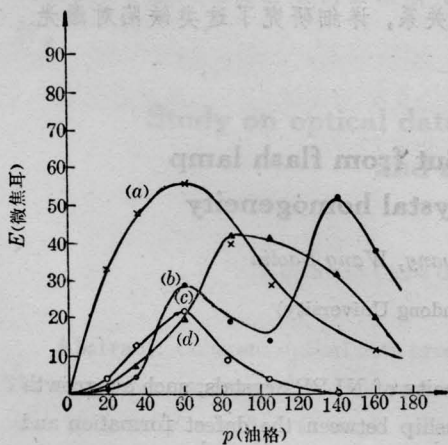


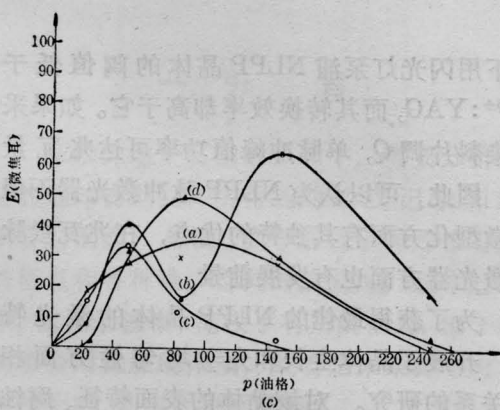
图3 固定 D₂O 气压(40 油格), 改变 CH₃F 气压对远红外输出的影响
(a)—496 微米; (b)—114 微米; (c)—385 微米; (d)—66 微米



$\text{CH}_3\text{F}:\text{D}_2\text{O}=1:1.5$



$\text{CH}_3\text{F}:\text{D}_2\text{O}=1:3$



$\text{CH}_3\text{F}:\text{D}_2\text{O}=1:4$

图4 不同 $\text{CH}_3\text{F}/\text{D}_2\text{O}$ 比时, 远红外输出随总气压的变化
(a) 496 微米 (b) 114 微米 $\times 20^{-1}$ (c) 385 微米 $\times 10^{-1}$; (d) 66 微米 $\times 100^{-1}$

3. 改变 $\text{CH}_3\text{F}/\text{D}_2\text{O}$ 比例引起的影响

为使四条谱线均有较强的远红外输出, 进行了改变 $\text{CH}_3\text{F}/\text{D}_2\text{O}$ 混合比与总气压的试验。图4(a)~(c)是相应的 $\text{CH}_3\text{F}/\text{D}_2\text{O}=1/1.5$ 、 $1/3$ 和 $1/4$ 的实验结果。由这些图可以看出, 在比例小时, 66 微米与 114 微米共处相同的最佳总气压, 385 微米和 496 微米共处相同的最佳总气压, 但比前者低。随着比例增高, 66 微米和 114 微米的最佳气压渐向低气压段靠近, 当比例为 $1:3$ 时, 114 微米的最佳气压已与 385 微米及 496 微米的最佳气压值相同, 唯 66 微米线直至 $1:4$ 时最佳气压仍略偏高。但考虑到此时 CH_3F 的 496 微米输出已相当微弱, 故未再继续增高 D_2O 与 CH_3F 的比例。

三、与单元气体远红外激光器的比较

下表列出了在相同的泵浦条件下单元气体和混合气体远红外激光器输出能量的比较。496 微米、66 微米和 385 微米这几条谱

谱线 (微米)	输出能量(毫焦耳)				
	工 作 物 质				
	D_2O 65 (油格)	D_2O 45 (油格)	CH_3F 27.5 (油格)	$\text{CH}_3\text{F}+\text{D}_2\text{O}$ 16.7+38.3 (油格)	$\text{CH}_3\text{F}+\text{D}_2\text{O}$ 15+45 (油格)
66	7.4	7	0	1.7	4.2
114/94	2.15	1.7	0	0.38	0.56
385/361	0.47	0.67	0	0.32	0.214
496	0	0	0.11	0.063	0.055

线的输出为单元气体最大输出的 50% 左右, 唯 114 微米线衰减得最严重, 仅为单元气体时最大输出的 25~30%。

参 考 文 献

- [1] T. Y. Chang, T. J. Bridges; *Opt. Commun.*, 1970, 1, 423.
- [2] 山中正宣;《应用物理》, 1980, 49, No. 8, 813.