

无机液体激光器的参量及其特性

中国科学院吉林应用化学研究所

提 要

本文对 $\text{POCl}_3\text{-ZrCl}_4\text{-Nd}(\text{CF}_3\text{COO})_3$ 体系的无机液体激光器的参量及其特性进行了初步研究。

无机液体激光器中 $\text{SeOCl}_2\text{-SnCl}_4\text{-Nd}_2\text{O}_3$ 体系及 $\text{POCl}_3\text{-SnCl}_4\text{-Nd}_2\text{O}_3$ 体系在某些物理化学性能方面给使用带来了不少麻烦, 相继发展的一种 $\text{POCl}_3\text{-ZrCl}_4\text{-Nd}(\text{CF}_3\text{COO})_3$ 体系的毒性和腐蚀性较小, 化学稳定性及粘度方面均较前二体系为优, 因而引起人们的重视。

掺钕无机液体激光器所具备的增益高、阈值低、制备易、价格廉等特点, 为其应用提供了条件。几年来, 我们曾将掺钕无机液体激光器试用于激光测距仪、激光显微光谱分析^[5]和激光育种等方面, 并在激光显微光谱分析和激光育种上获得一定的效果。特别是在研究 $\text{POCl}_3\text{-ZrCl}_4\text{-Nd}(\text{CF}_3\text{COO})_3$ 体系的过程中, 结合中小能量器件应用的要求, 为选择高效率的无机液体激光器件, 对电感、电容、电压的匹配; 介质膜透过率; 谐振腔长度和石英光管内径等参量对激光输出特性的影响所进行的研究, 得到了一些规律性的结果, 为掺钕无机液体激光器的应用提供了依据。

实 验 部 分

实验中所用的无机液体激光工作物质是 $0.3\text{MNd}^{3+}\text{-}0.6\text{MZrCl}_4\text{-POCl}_3$ 溶液, 其荧光寿命为 300 微秒。溶液装入带有水套的石英光管中, 光管内径为 6.5 毫米、长 185 毫米, 光管两端平面窗系光胶, 平行度达 15 秒左右。进行不同直径光管的实验时采用无水套石英光管, 长度均为 180 毫米。

盛有溶液的石英光管与相匹配脉冲氙灯(上海灯泡厂产品; $\phi 15 \times 180$ 毫米; $\phi 15 \times 160$ 毫米)同置于圆柱形镶银皮聚光器中(聚光器直径 55 毫米、长 170 毫米, 有效长度约 160 毫米), 光管与氙灯之间距离由聚光器二侧盖板固定, 聚光器两旁分别放置对 1.06 微米全反射的多层介质膜和部分透过的多层介质膜, 构成谐振腔, 谐振腔长一般为 500 毫米。

电源电压从 0~2 千伏可调, 电容器组(ML-5-270 型电容器)根据需要并联而成。选配电感分别为 6.5 微亨、24 微亨、70 微亨、160 微亨等四种。

输出能量用经标定的炭斗能量计及检流计接收。炭斗距输出反射镜 150 毫米。

测量激光发散角所用的透镜焦距为 465 毫米。

实验中均采用通水冷却 5 分钟、静止 15 分钟, 以保证数据可靠。实验在室温下进行, 实验期间室温为 $24 \pm 3^\circ\text{C}$ 。

实验结果与讨论

1. 电感、电容、电压的选择

合理地选择电感、电容、电压对提高激光器输出能量、能量转换效率和延长脉冲氙灯使用寿命等方面均有一定意义。当固定电容为 775 微法、电感分别为 6.5 微亨、24 微亨、70 微亨及 160 微亨时不同电压对输出能量($E_{出}$)和能量转换效率(η_E)的实验结果列于下表。

表 固定电容 775 微法时不同电感条件下的输出能量与转换效率

电 感		6.5 微亨		24 微亨		70 微亨		160 微亨	
		$E_{出}$ (焦耳)	η_E (%)	$E_{出}$ (焦耳)	η_E (%)	$E_{出}$ (焦耳)	η_E (%)	$E_{出}$ (焦耳)	η_E (%)
电 压 (伏)	1500	4.9	0.56	5.1	0.58	5.5	0.63	5.2	0.60
	1350	4.7	0.67	4.7	0.67	5.0	0.71	4.5	0.64
	1200	4.2	0.75	4.1	0.73	4.1	0.73	3.9	0.70
	1000	3.1	0.80	3.2	0.82	3.0	0.77	3.0	0.77

从表中可见,不同电感条件下,随着电压增高,输出能量增加而能量转换效率下降。当固定电容为 775 微法时,电感值以 24 微亨或 70 微亨较好。

按氙灯脉冲宽度 $T=2\sqrt{LC}$ 计算,在电容为 775 微法时电感 24 微亨、 $T=272$ 微秒,电感 70 微亨、 $T=466$ 微秒。此数值在工作物质的荧光寿命 300 微秒附近。因此对于给定的器件条件,需要选择合适的氙灯脉冲宽度。

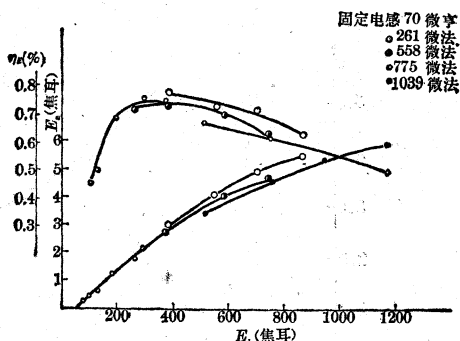


图 1 固定电感为 70 微亨时,改变电容,输入能量与输出能量及转换效率的关系

当固定电感为 70 微亨,电容分别为 261 微法、523 微法、775 微法、1039 微法条件下输入能量与输出能量、能量转换效率之间的实验结果列于图 1。

从图 1 中看出,随着输入能量的增加输出能量亦增加。在低输入能量时,随着输入能量增加,输出能量的增加近似直线上升,而到较高输入能量时,输出能量呈现出“饱和”趋势。从能量转换效率来看,输入能量过大、过小均会导致能量转换效率下降。实验表明,固定电感为 70 微亨时电容以 775 微法较好。

将实验数据进行外推,所得泵浦阈值能量~55 焦耳。

2. 透射膜透过率对输出的影响

不同长度的光管,其透射膜的最佳透过率不同。实验确定光管长 180 毫米(有效长约 160

毫米)左右时,不同透射膜对输出能量和转换效率的影响列于图2中。

从图2中可见,透射膜之最佳透过率为50%。

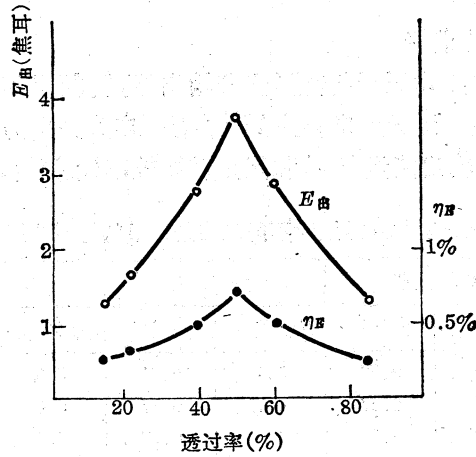


图2 透射膜之透过率对输出的影响

○—透过率对输出能量的影响 ●—透过率对转换效率的影响

器件条件的改变(如工作物质、输入能量等改变)均会导致最佳透过率的改变,一般需经实验确定最佳透过率。

3. 谐振腔长(L)对输出特性的影响

谐振腔长对输出特性影响的实验结果列于图3。

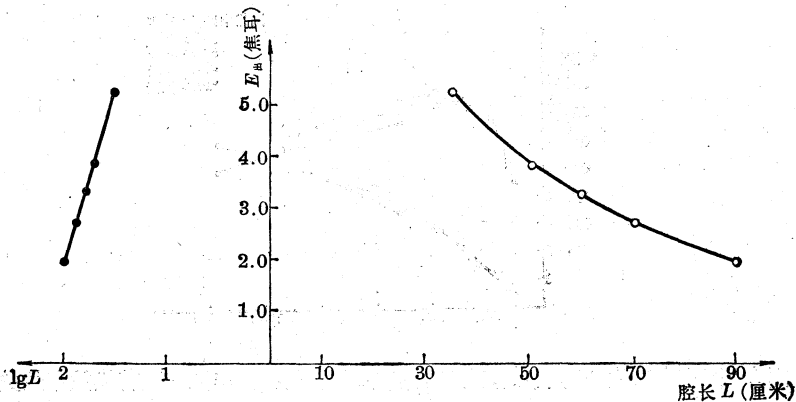


图3 谐振腔长对输出的影响

从图3中看到,随着谐振腔长增加,在相同输入条件下输出能量下降。若以输出能量与谐振腔长之对数($\lg L$)作图则呈一直线关系。

实验中观察到,随着谐振腔增长,光束发散有所改善。

4. 光管直径对输出特性的影响

不同光管直径对输出特性影响的实验在无水套石英光管中进行,为保证消除氙灯泵浦后的热影响,实验间隔时间在风冷的情况下为1小时以上。实验结果列于图4、图5。

从图4的结果可知,随着光管直径增加,输出能量和能量转换效率均直线增加。但不同直径光管的单位体积输出能量基本不变。按此实验结果可根据应用要求选择一定直径的光管。

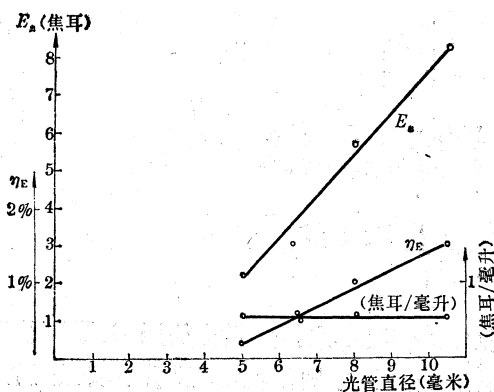


图4 光管直径与输出的关系

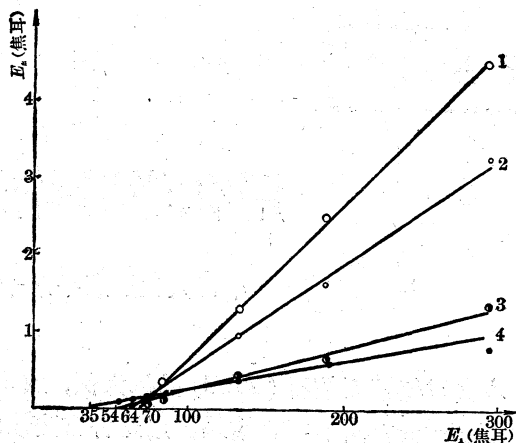


图5 光管直径与阈值的关系

(1— ϕ 10.6毫米; 2— ϕ 8.0毫米; 3— ϕ 6.4毫米; 4— ϕ 5.0毫米)

从图5中看出,用不同直径光管之输入能量-输出能量曲线外推,可求得不同直径光管的阈值。其结果是随着光管直径增大,阈值增高。

结 论

研究 $\text{POCl}_3\text{-ZrCl}_4\text{-Nd}(\text{CF}_3\text{COO})_3$ 体系无机液体激光器参量及其特性表明:

1. 对给定的激光器件,合理地选择电感、电容、电压能获得最佳的输出能量和能量转换效率。随着输入能量的增加,输出能量随之增加,但输入能量增加到一定值时输出能量并不增加,即出现“饱和”。
2. 在本文谈到的实验条件下,在1.06微米输出的最佳透过率为50%。
3. 增加谐振腔长度会使输出能量下降,而发散行为获得改善。
4. 增大光管直径可以提高激光输出能量和能量转换效率,但与此同时阈值增加,然而单位体积溶液的输出能量基本不变。

(上接第64页)

制,不受炉温影响,也不妨碍工人生产操作。玻璃料液面激光控制仪的主要性能如下:

1. 液位控制精度为 ± 2 毫米。如果炉堂较大,火焰及气流较小,则控制精度可提高到 ± 1 毫米以内。
3. 仪器还能指示溶液面杂质和低温状态以便及时处理。仪器具有灵敏、稳定、可靠和抗干扰能力强等特点。
4. 测量距离可大于10米以上,基本上不受场地限制。