

3547 埃的产生及其泵浦的 可调谐染料激光器

刘 晔 杨香春 叶 霖

(中国科学院上海光机所)

提要: 用和频的方法从 Nd:YAG 激光器中产生出三次谐波, 输出功率为 1.7 兆瓦, 并用它泵浦了染料激光器。染料激光的波长可调谐范围为 4093~6823 Å。Coumarin 47 染料中心波长 4500 Å 处的峰值功率大于 0.60 兆瓦。仅用 Coumarin 152 一种染料, 调谐范围宽达 1042 Å, 与其荧光谱线宽度 1200 Å 相近。

Generation of 3547 Å emission and a tunable dye laser pumped by it

Liu Ye, Yang Xiangchun, Ye Lin

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

Abstract: The third harmonic of Nd-YAG laser has been obtained by frequency summing with a peak output power of about 1.7 MW is used to pump a dye laser, and the wavelength tuning range is from 4093 Å to 6823 Å. A peak power of more than 0.60 MW is generated at 4500 Å, the center wavelength of coumarin 47. When coumarin 152 is used alone, a broad tuning range of up to 1042 Å has been obtained, which is close to its fluorescence linewidth of 1200 Å.

三次谐波的产生

三次谐波分二步进行。首先产生二次谐波, 然后使二次谐波与基波和频产生三次谐波。图 1 示出了 Nd:YAG 激光器产生三次谐波的实验装置。

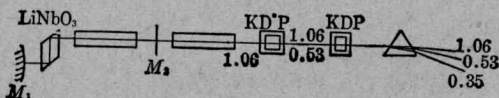


图 1 Nd:YAG 激光器产生三次谐波的装置

由 Nd:YAG 输出的 1.06 微米的基波经放大后在 KD*P (取 II 类匹配 $\theta=53.5^\circ$, $\varphi=0^\circ$) 中产生二次谐波 0.53 微米。然后与剩余的 1.06 微米的基波在 KDP 晶体中和和频产生三次谐波 0.3547 微米。采用 II 类相位匹配, 匹配角 $\theta=59^\circ$, $\varphi=0^\circ$ 。为防止潮解, 两块倍频晶体皆放在恒温炉内。KD*P 晶体长为 2.9 厘米, KDP 晶体长 4.6 厘米。

为使整个基波与二次谐波都能达到相位匹配, 要求入射光束有很小的发散角。我们把

收稿日期: 1981 年 4 月 1 日。

振荡级做成不稳定谐振腔，增加腔内损耗来改善方向性。另外，用双 45° 铌酸锂作为 Q 开关，虽然省掉了起偏器并避免晶体潮解，但由于铌酸锂的光学质量没有 KDP 类晶体好，也影响光束的质量。

我们所使用的 Nd:YAG 激光器 1.06 微米的输出为 25 兆瓦，发散角为 1 毫弧度；0.532 微米的功率为 5 兆瓦，转换效率为 20%；和频后得到 0.3547 微米的功率为 1.7 兆瓦，转换效率为 34%。以上的实验结果是在非 TEM₀₀ 模的情况下得到的。

染料激光器的设计及实验结果

图 2 示出了 3547 Å 泵浦的染料可调谐激光器。其中， M_1 为镀铝全反射镜； M_2 为半透介质膜板，作为耦合输出端，一块为对 0.42~0.6 微米波段反射率 50%，另一块对 0.4~0.8 微米反射率为 25%，对 0.53~1.2 微米反射率为 30%； P 为重火石玻璃色散棱镜； D 为石英染料池，其尺寸为 $10 \times 10 \times 40$ 毫米，液层厚为 10 毫米，两边贴有倾斜 8° 的石英窗； L 为柱面透镜，焦距为 $f=10$ 厘米。

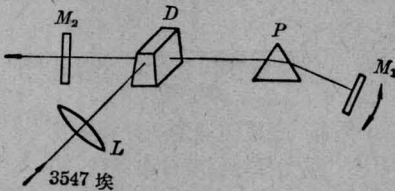


图 2 染料可调谐激光器

采取横向泵浦方式。3547 Å 的光束通过柱面透镜 L 聚焦，在稍离焦点处入射到染料池上。 M_1 和 M_2 构成染料激光谐振腔。采用单棱镜调谐方式。通过旋转高反射镜 M_1 实现光谱连续可调。共做了十四种染料，都得到了激光输出(图 3)。用其中的七种染料，可调谐范围已达 4093~6823 Å。而其中 Coumarin 152 的调谐范围宽达 1042 Å，与其荧光谱宽相近。

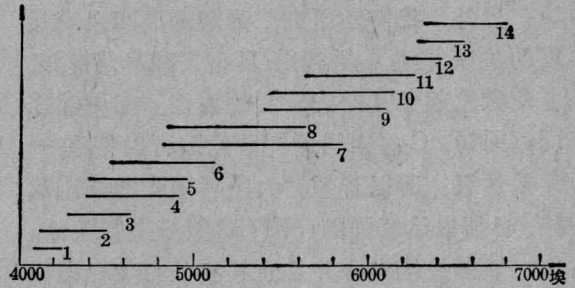


图 3 染料激光的调谐范围曲线

染料激光的调谐范围、转换效率与所选择的染料本身的性质、染料的浓度、使用的溶剂及谐振腔的结构等都有关系。为了方便，我们多数采用乙醇溶剂。激光波长、调谐范围及所使用的染料浓度列于表 1。

表 1

染料	调谐范围 (Å)	调谐宽度 (Å)	溶剂	染料浓度 (克分子/升)
1-南开 6#	4093~4249	156	四氢呋喃	6×10^{-4}
2-南开 8#	4136~4505	369	四氢呋喃	5×10^{-3}
3-C ₁₂₀	4303~4652	349	乙醇	5×10^{-3}
4-C ₄₇	4395~4916	521	乙醇	5×10^{-3}
5-C ₃₁₁	4406~4960	554	乙醇	5×10^{-3}
6-C ₁₀₂ [#]	5020~4794	510	乙醇	3×10^{-3}
C ₁₀₂ [#]	4524~5121	597	乙醇	5×10^{-3}
				(最佳浓度)
7-C ₁₅₂	4818~5860	1042	乙醇	5×10^{-3}
8-C ₄₈₁	4846~5645	799	乙醇	5×10^{-3}
9-R _{6G} (北试)	5443~6100	657	乙醇	5×10^{-3}
10-R _{6G} (天染提纯)	5443~6133	690	乙醇	5×10^{-3}
11-R _B (上试)	5653~6275	622	乙醇	1×10^{-4}
12-1/4CV + 3/4R _B	6248~6415	167	乙醇	
13-1/2CV + 1/2R _B	6306~6549	243	乙醇	
14-CV	6336~6823	487	乙醇	2.5×10^{-4}
				(最佳浓度)
CV	6422~6755	333	乙醇	5×10^{-4}

另外,我们还研究了调谐范围和泵浦强度的关系。实验结果指出,只有泵浦光足够强,才能激发起荧光光谱内较弱的波长。当泵浦强弱不同时, C_{152} 染料的调谐范围可以相差一个数量级, 所以若想扩大染料激光的调谐范围, 必须以足够强的 (3547\AA) 激光进行泵浦。

选择最佳耦合并且使其波长与荧光光谱相匹配, 有利于扩展染料激光的调谐范围。我们用若丹明 B, 在图 2 的装置中进行实验。当使用一块对 $0.4\sim 0.8$ 微米反射 25% 、对 $0.53\sim 1.2$ 微米反射 30% 的介质膜板作为输出端时, 测得的调谐范围为 371\AA ; 而改用对 $0.42\sim 0.6$ 微米反射率为 50% 的一块膜板时, 调谐范围就扩展到 550\AA 。所以, 对于宽波段的输出, 其输出端反射镜应分段镀膜。

染料激光的转换效率与泵浦光和染料吸收谱的匹配、染料本身的跃迁横截面等其他性质以及谐振腔的结构等都有关系。我们用一个三面透光, 一面镀有对 $0.45\sim 0.58$ 微米全反的石英染料盒, 其尺寸为 $10\times 10\times 40$ 毫米。镀全反膜的一面为腔的全反端。输出端即为染料盒的另一石英面, 见图 4。用这种装置测量了染料激光的输出能量。 C_{47} 染料的中心波长的峰功率大于 0.60 兆瓦, 其余染料输出在 0.5 兆瓦左右。表 2 给出了几种染料的转换效率。

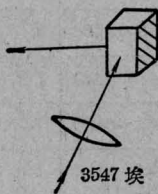


图 4 测量能量与转换效率时所用的装置

从表 2 可以看出, 泵浦光与染料的主要吸收谱匹配得越好, 其转换效率越高。若泵

表 2

染料	激光波长 (\AA)	主吸收谱 (\AA)	转换效率 (%)
南开 6#	4108		20
南开 8#	4230		31.7
C_{152}	5000	$3950\sim 3970$	33.3
C_{431}	5000	3900	34.8
C_{102}	4650	3900	38.9
C_{311}	5550		33.7
C_{47}	4500	$3510\sim 3540$	39.3
C_{120}	4400		28.2

浦光再增强, 并且都能与染料的主吸收谱相匹配, 达到 50% 以上的转换效率是完全可能的。

为了压窄染料激光输出的谱线宽度, 我们又做了三棱镜调谐的染料激光器。三棱镜调谐时, 谱宽均在 2\AA 以下, 比单棱镜调谐时明显变窄。因为未加其他元件, 且将三块棱镜都摆成布儒斯特角入射, 尽量减少损耗, 所

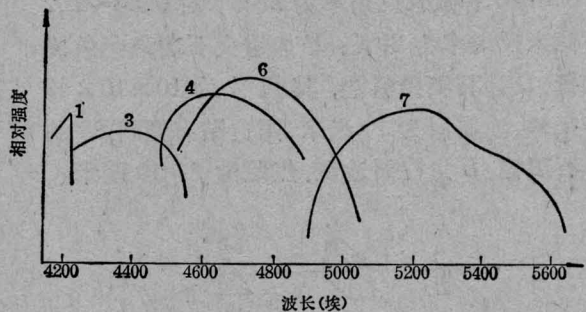


图 5 三棱镜调谐的几种染料激光相对强度分布曲线

以转换效率下降也不大。图 5 示出了五种染料激光调谐范围的相对强度分布曲线。其中的染料即为表 1 中相应序号的染料。

参 考 文 献

- [1] *Laser Focus*, 1978, 14, No. 7 (July), 66.
- [2] Frits Zernike, John E. Midwinter; "Applied Nonlinear Optics", 1973.