

参 考 文 献

- [1] Terry Mckee, John A.Nilson; *Laser Focus*, June 1982.
 [2] 前田三男等;《レーザー研究》, 1983, 11, No. 5, p. 38~39.
 [3] 胡雪金等;《量子电子学》, 1984, 1, No. 1.
 [4] 户田裕雪等;《レーザー研究》, 1984, 12, No. 8, 426.
 [5] S.C. Lin, J. I. Lavatter; *Appl. Phys. Lett.*, 1979, 34, No. 7, 505.

- [6] E. Armandillo *et al.*; *Opt. Commun.*, 1982, 42, No. 1, p. 63.
 [7] A.N. Malov *et al.*; *Sov. J. Quant. Electr.*, 1984, 11, 219.

(中国科学院安徽光机所 李昭临 张凯*
 殷宝龙 赵震声 沈德立** 车明瑜
 曹洪如 陈永荣 胡雪金
 1985年9月25日收稿)

* 华中工学院实习生。

** 毕业论文实习生。

12 μm 带光泵 NH₃ 调频激光器

Abstract. 9.4 μm R (30) line from a TEA-CO₂ laser was used for pumping NH₃. Tunable NH₃ laser light in 12 μm band have been obtained. The output energy at 12.247 μm, 12.261 μm and 12.079 μm is 18.6, 23 and 26mJ respectively.

光泵 NH₃ 激光器已在 6~300 μm 范围获得近百条谱线的激光输出, 且具有较高的能量转换效率, 在部分波段的转换效率已达到 20~30% 左右。显然, 调频 NH₃ 激光器的研制对于激光光谱, 激光化学、激光分离同位素等均具有重要意义。特别是在 12 μm 和 16 μm 附近存在着与选择激发 U²³⁵F₆ 波长很接近的振荡谱线, 这对于激光分离铀同位素的研究工作是有意义的。我们在 12 μm 带进行了调频试验, 获得了一些结果。12 μm 带 NH₃ 激光谱图示于图 1。

实验方案和实验装置

实验装置如图 2 所示。

我们采用的 TEA CO₂ 激光器由三级组成, 第一

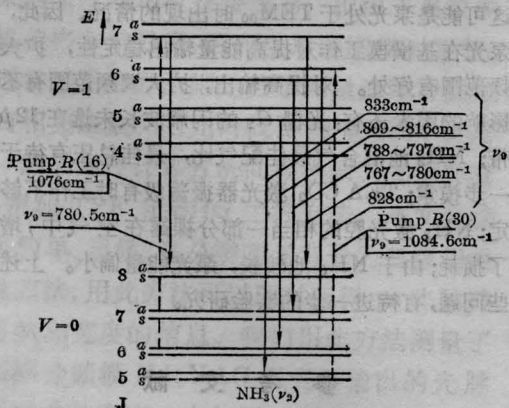


图 1

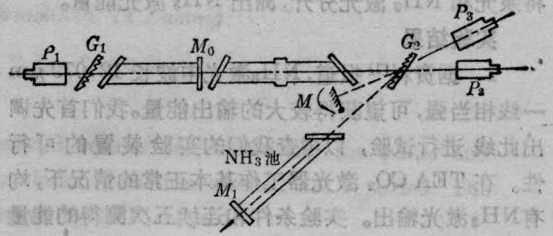


图 2

级为振荡级, 后两级为放大级。NH₃ 池为长 2.2 m 的不锈钢管, 通光孔 φ28 mm, 一端封 ZnSe 平面布氏窗口, 一端装有可微调镀膜反膜的平行平面镜 M₁, 其反射率为 85%, 管内充以 NH₃ 和 N₂ 的混合气。光栅 G₁、G₂(100 线/mm) 闪耀波长分别为 9.2 μm 和 10.6 μm, 金膜平面反射镜 M 均固定在经纬仪上, P₁, P₂, P₃ 为调整光路的可调焦平行光管。M₀ 为 TEA CO₂ 激光器振荡器输出镜。

9 μm 带 R(30) 线由 M₀ 输出, 经放大级放大, 经 G₂, 其一级衍射进入 NH₃ 池泵浦 NH₃ 分子, 部分泵光由 M₁ 射出。NH₃ 分子激光器的谐振腔由 M₁、G₂、M 组成, 振荡光波沿氨池轴线经光栅 G₂ 一级衍射后垂直入射到镀金铜镜 M 上, 再由 M 反射沿原光路返回并垂直入射到 M₁ 上。NH₃ 激光由 M₁ 输出。转动镀金铜镜 M 即可在 M₁ 得到调频 NH₃ 激光输出。图 3 给出与 NH₃ 调频激光有关的光路图。由光栅公式有:

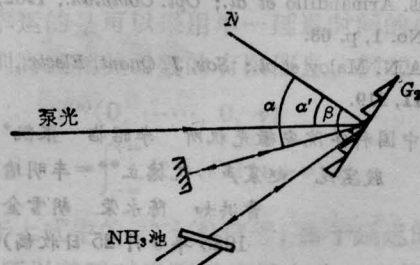


图 3

$$\sin \alpha' + \sin \beta = \frac{\lambda_{\text{CO}_2}}{\alpha} \quad (1)$$

$$\sin \beta + \sin \alpha = \frac{\lambda_{\text{NH}_3}}{\alpha} \quad (2)$$

当 β 确定后, α 随 λ_{NH_3} 不同而不同, 由(2)式一一计算出与各 λ_{NH_3} 相对应的 α 角。调整 M 使其法线和 G_2 的法线 N 成 α 角, 或与泵光成 $\alpha - \alpha'$ 角, 即可得到相应波长 NH_3 激光振荡, 从而实现调频。为使 NH_3 激光在光栅 G_2 有较强的一级衍射, 我们对 β 角作了一定选择, 取 $\beta = 44^\circ 3' 9''$, 在输出镜 M_1 后置一光栅将泵光和 NH_3 激光分开, 测出 NH_3 激光能量。

实验结果

1. 据资料^[1]报道, NH_3 激光中波长 $12.079 \mu\text{m}$ 一线相当强, 可望获得较大的输出能量。我们首先调出此线进行试验, 以考查我们的实验装置的可行性。在 TEA CO_2 激光器工作基本正常的情况下, 均有 NH_3 激光输出。实验条件和连续五次测得的能量见表 1。

表 1

混合气 压比	混合时间 及总压	泵光 $R(30)$ (J)	各次测得 ($12.079 \mu\text{m}$) 能量(mJ)					平均输出 (mJ)
			1	2	3	4	5	
$\text{NH}_3:\text{N}_2$ 1:75	5 hr 33 Torr	2	16	16	13	11	13	14

2. 在 NH_3 和 N_2 的混合气压比为 1:50, 经约 6 小时混合, 混合气压为 23 Torr, 泵光 $R(30)$ 2J 的条件下进行了调频实验, 其结果见表 2。

分析和讨论

1. 对泵光波长的要求严格

我们曾试着采用腔内泵浦的方案, 即将图 2 中镜 M_1 (经过 G_2) 和光栅 G_1 构成 TEA CO_2 激光器的谐振腔 (M_0 取消), 使 NH_3 池置于泵光的腔内, NH_3 激光腔仍由 M 、 G_2 、 M_1 构成。虽然在 M_1 有很

表 2

NH_3 激光 波长(μm)	跃 迁	各次测得能量 (mJ)					平均输出 (mJ)
		1	2	3	4	5	
12.247	$ap(6,0), ap(6,1)$	16	21	19	21	16	18.6
12.261	$ap(6,2)$	29	19	21	19	27	23
12.079	$sp(7,0-1)$	24	29	29	24	24	26
12.041	$ap(5,4)$	5.2	5.2	5.2	2.6	2.6	4.3
12.007	$ap(5,3)$	8	5.2	5.2	3	5.2	6.4
11.977	$ap(5,1)$	4	4	4	4	4	4

强的输出, 但并没有 NH_3 激光输出。我们认为这一情况是 NH_3 对 $R(30)$ 线的强烈吸收, 使其不能起振, 而在 $R(30)$ 附近的谱线产生了强烈的振荡。其原因在于我们使用的光栅分辨率不大增益又很大。然而, 这样强烈的振荡并没有激励 NH_3 分子而获得 NH_3 激光, 这说明 NH_3 对 $R(30)$ 和 $R(30)$ 附近的谱线的吸收有着非常显著的差别, 也说明不能寄希望于 $R(30)$ 附近的谱线作泵光。根据这个实验我们及时注意和防止了在实验装置图 2 中 M_0 (经 G_2) 和 M_1 之间 $R(30)$ 线的邻近线的振荡, 以保证 $R(30)$ 线在放大级的放大。

2. 输出不够强且波动较大, 调频范围不大的原因

我们采用的 TEA CO_2 激光器的横模一般是 TEM_{10} 或 TEM_{01} , 并以 TEM_{01} 模输出为主。泵光光束质量不好以及泵光的空间不均匀性造成对 NH_3 泵浦的空间不均匀性, 从而影响着 NH_3 激光的输出。泵光横模的变动自然会造成输出的波动, 由表 2 可见, 波动部分与平均输出相比可达 20~30%。在个别情况, 我们观察到最大输出高达 50 mJ 以上, 这可能是泵光处于 TEM_{00} 时出现的情况。因此, 使泵光在基横模工作对提高能量输出稳定性, 扩大调频范围有好处。对提高输出, 扩大调频范围有不利影响的因素还有: 光栅 G_2 的闪耀波长未选在 $12 \mu\text{m}$ 带; NH_3 池混合气最佳配比, 最佳总压有待于进一步摸索; TEA CO_2 激光器振荡级有时工作不够稳定; NH_3 激光腔的相当一部分裸露在空气中, 增加了损耗; 由于 NH_3 池较长, 泵光能量偏小。上述这些问题, 有待进一步的实验研究。

参 考 文 献

[1] V. Yu. Baranov et al.; Appl. Phys., 1978, 17,

317~320.

- [2] A.Z. Grasiuk; *Appl. Phys.*, 1980, **21**, 173~180.
 [3] H. Tashiro *et al.*; *Appl. Phys.*, 1980, **21**, 237~240.
 [4] C. Rolland *et al.*; Conference on Lasers and Electro-optics 10~12 June 1981, p. 24.
 [5] A. Z. Grasiuk, I.G. Zubarev; *Appl. Phys.*, 1978, **17**, 211~232.

- [6] P. Pinson *et al.*; *J. Appl. Phys.*, 1981, **52**, p. 2634.

(四川大学激光物理与激光化学研究室

李育德 匡一中 苟洪涛*

1985年11月14日收稿)

* 四川大学物理系 1985 年毕业实习生。

He-Ne 激光噪声的测量

Abstract. A method is reported for continuously measuring laser amplitude noise. The bandwidth is 2.0 Hz-1MHz. The minimum measurable noise power is about 0.2 μ W.

一、引言

近年来利用激光进行信息处理方面的应用越来越多,如光通讯、激光高速扫描检测及激光唱盘等。这些应用中都需要低噪声激光束,并已出现低噪声的商品激光管^[1,2]。在噪声特性研究中多采用频谱分析仪方法和高响应时间的光电倍增管作为光探测器,但将此装置作为噪声的定量测量仪器显得价格昂贵,数据处理也较繁琐;另外还有光电池和光电二极管作为探测器,用毫伏表或示波器显示噪声大小^[3],但不能实时地记录下噪声值大小的变化。

这里报道一种能连续测量并实时记录下噪声值的方法,可作为工程性的噪声测量仪。本仪器有 2 Hz 至 1 MHz 的频率响应范围,本底噪声功率小于 0.2 μ W,测量误差小于 10%。

二、测量原理及测量装置

文献[4]给出了非锁定的多模(个数为 M) 激光噪声大小的表达式:

$$N = \left[\frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} (\sum_i E_i^2 - \sum_i \bar{E}_i^2)^2 dt \right]^{\frac{1}{2}} / \sum_i \bar{E}_i^2 \quad (1)$$

或者

$$N = \left[\sum_i (\bar{E}_i^2 N_i)^2 + \sum_{i \neq j} C_{ij} \bar{E}_i^2 \bar{E}_j^2 N_i N_j \right]^{\frac{1}{2}} / \sum_i \bar{E}_i^2 \quad (2)$$

式中 E_i 为第 i 个模的瞬时光场振幅值; N_i 为第 i 个模的平均光电流归一化噪声有效值:

$$N_i = \left[\frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} (E_i^2 - \bar{E}_i^2)^2 dt \right]^{\frac{1}{2}} / \bar{E}_i^2 \quad (3)$$

T 为大于起伏周期的时间值; C_{ij} 为相关系数;

$$C_{ij} = \left[\frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} (E_i^2 - \bar{E}_i^2)(E_j^2 - \bar{E}_j^2) dt \right]$$

$$\times \left[\frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} (E_i^2 - \bar{E}_i^2) dt \cdot \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} (E_j^2 - \bar{E}_j^2) dt \right]^{-\frac{1}{2}} \quad (4)$$

由于模之间有相互作用, C_{ij} 不为零,这将使总噪声小于其中一个模的噪声。

光电倍增管或光电池、光电二极管的短路电流与光功率成正比,那么在同一个负载电阻上获得的交流成份电压的有效值与交直流电压的平均值的比值即为(1)式的噪声值:

$$N = \frac{W_N}{W_0} = \frac{\bar{V}_N}{V_0} \times 100\% \quad (5)$$

或 $N = 10 \log(\bar{V}_N/V_0)$ (dB) (6)

噪声测量及监视分析装置框图如图 1 所示。

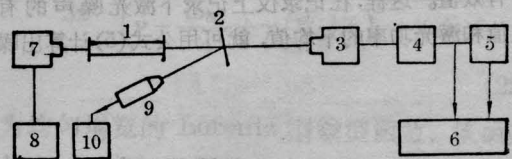


图 1 噪声测量及监视分析系统

在图 1 中 1 为待测激光管; 2 为半反镜; 3 为光电探测器,本装置中采用小面积的光电池; 4 为小阻值负载; 5 为改装的交流微伏表,能同时显示和输出噪声电压有效值,最小显示值为 1 μ V,频率范围为 2 Hz 至 1 MHz,电压测量误差为 $\pm 4\%$; 6 为双笔记录仪; 7 为光电倍增管; 8 为频谱分析仪; 9、10 为扫描干涉系统。

许多研究表明,单模 He-Ne 激光器 1MHz 以下的噪声占总噪声的绝大部分^[5,6],本文所述的光电探测系统经实测有 1 MHz 频宽, 10 μ V 的本底噪声。在测量中用微伏表的显示值标定记录仪上显示的噪