

背比。

2. 本法所测钷钴等薄膜样品是用溅射法沉积在玻璃片、微晶玻璃基片或者石墨基片上的。基片产生一定的背景辐射。表 2 所列结果说明薄膜样品厚度小于 $1\mu\text{m}$ 时, 薄膜厚度对背景辐射不产生影响, 此时可应用简单内插外推法扣除本底。当薄膜样品的厚度增加到一定程度时, 就可能较显著地吸收基片产生的背景辐射。基片中含有微量干扰元素也会使背景辐射增强。此时必须使用上述公式方法扣除本底。例如测定石墨基片上的铯铁薄膜组分时, 由于我们所用石墨基片中含有微量铁, 此时只有使用公式方法扣除本底才能得到正确结果。

3. 由于本底的影响, 当薄膜的厚度小于 $0.25\mu\text{m}$ 时便不能得到满意的峰背比。因此本法的最小探测厚度为 $0.25\mu\text{m}$ 。由于条件的限制我们只对 $1\mu\text{m}$ 厚的样品进行了试验。试验证明, 在此厚度以下没有产生有影响的二次荧光效应。

4. 用同样的方法测定了非晶态铯铁薄膜的组分也得到了满意的结果。

五、结 论

本法利用纸片标样进行工作, 测定薄膜组分时不需要破坏样品。制备标样过程简单, 标样稳定。薄膜样品测定结果具有满意的准确度和精密度, 其分辨率可达 1% 原子百分率。

参 考 文 献

- [1] 谢佩、郑德娟, 物理, 7 (1978), 296.
- [2] 周家泉等, 稀有金属, 3 (1978), 60.
- [3] В. Р. Дарашкевич, и Т. Д., Заводская лаборатория, 37 (1971), 1449.
- [4] В. Р. Дарашкевич, и Т. Д., Ж. аналит. химии, 27 (1972), 1578.
- [5] L. Bergel and F. J. Cadieu, X-ray Spectrometry, 9 (1980), 19.
- [6] Frank H. Chung et al., X-ray Spectrometry, 3 (1974), 172.

闪光灯激励的高分辨率染料激光器

许祖彦 邓道群 郭东升 李秀芳

(中国科学院物理研究所)

当前染料调频激光已在各方面获得广泛应用, 闪光灯激励的染料激光器造价低, 能输出高功率和大能量^[1-3], 并在一定程度上可高重复率窄带运转^[4,5], 因而已成为光谱学研究的有力工具。本文报道一种高分辨率(6×10^5), 高调频效率($> 50\%$)的闪光灯激励的染料激光系统。

器件光路如图 1 所示, 由激光头, 谐振腔, 调谐系统和气压调频设备等部分组成。激光头用两支电极间距 10cm, 内径 3mm 直管闪光灯和长 10cm, 内径 3mm, 两端为布儒斯特角的玻璃染料管放在双椭圆聚光器的焦线上构成。闪光灯串联用 $0.2\mu\text{F}$ 低感电容供电, 运转电压 5—20kV, 开关为火花球隙, 运转频率 0—25Hz。

调谐系统由无色散型布儒斯特棱镜扩束

器^[6], 空气间隙平面标准具和平面光栅组成。光栅取自准直方式, 色散为

$$\frac{\partial\phi}{\partial\lambda_G} = \frac{K}{2d \cos\phi}, \quad (1)$$

ϕ 为入射角, d 为光栅常数, K 为衍射级次, λ_G 为衍射波长。标准具以 β 角插入腔内, 色散为

$$\frac{\partial\beta}{\partial\lambda_F} = [\lambda_F \cdot \tan\beta]^{-1}, \quad (2)$$

λ_F 为透过波长。谐振时 $\lambda_G = \lambda_F = \lambda$, 系统的单程带宽 $\delta\lambda$ 可用下式估计:

$$\delta\lambda = \frac{\Delta\theta}{M} \left[\frac{\partial\phi}{\partial\lambda} \pm \frac{\partial\beta}{\partial\lambda} \right]^{-1}, \quad (3)$$

$\Delta\theta$ 是激光平面发散角, M 为扩束器扩束比。取 $d = 1800/\text{mm}$, $\lambda = 6000\text{Å}$, $\beta = 2^\circ$, $M = 7.8$,

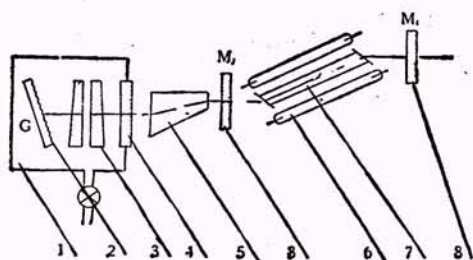


图1 激光器光路图

1. 气压室; 2. 光栅; 3. 标准具; 4. 气压室窗口;
5. 布儒斯特棱镜扩束器; 6. 闪光灯; 7. 染料管;
8. 平面反射镜

则 $\delta\lambda \approx 0.08 \text{ \AA}$. 因激光脉宽为 μs 级, 光子可在激光腔内振荡 10^2 次以上, 实际激光带宽可比单程带宽小若干倍. 标准具自由光谱程应大于光栅色散决定的实际激光带宽, 由(1)式估计其间距应在 3mm 左右. 标准具反射系数 R 由精细度

$$F = \pi \sqrt{R} / (1 - R)$$

确定, 采用 $\lambda/20$ 的光学平面并考虑到光子多次透过, 可取 $R > 0.5$, 系统的实际激光带宽可望达到 0.01 \AA 左右.

光栅和标准具均置于气压室内, 关系式为^[7]

$$\frac{2d \sin \phi}{K} = \frac{\lambda_G(p)}{n(p)}, \quad (4)$$

$$\frac{2D \cos \beta}{m} = \frac{\lambda_F(p)}{n(p)}, \quad (5)$$

m 为整数, n 为气体折射率, p 为气体压强, 调整 ϕ (或 β), 令系统谐振, 则改变 p 即可同步调谐. 设 $p = p_0$ 时有 $n = n_0$, $\lambda = \lambda_0$, 对干燥氮气, 调频宽度 $\Delta\lambda(p)$ 与 p 成线性关系:

$$\Delta\lambda(p) = \frac{\lambda_0}{n_0} \cdot \epsilon_0(p/p_0), \quad (6)$$

式中 ϵ_0 为 $p_0 = 760 \text{ Torr}$ 时的折射率修正系数.

光栅和 M_1, M_2 组成复合腔^[8], M_1 和 M_2 是宽带主振腔, 其振荡频率被光栅和 M_2 组成的调谐腔的窄带反馈信号锁定, 此种运转方式可提高调频效率数倍并使输出功率几乎和波长无关, 但可调谐范围相应减小. 用文献[8]估计图1光路, 取 M_2 反射率为 0.5 时, 调频效率大于 50% , 可调谐范围约 100 \AA .

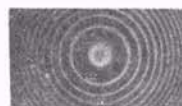


图2 激光带宽 ($\lambda \approx 6000 \text{ \AA}$)

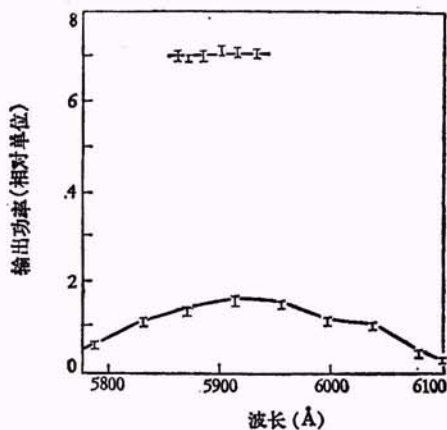


图3 调频输出上为复合腔调频; 下为插入调频

实验采用国产 R6G 染料乙醇溶液 ($2.5 \times 10^{-4} \text{ m/l}$), 流量 20 ml/s .

用自由光谱程 15 GHz , 精细度 50 的标准具和焦距 500 mm 相机测得激光带宽 $\delta\lambda = 0.01 \text{ \AA}$ (图2).

器件的可调谐范围用半米光栅摄谱仪观察, 输出用毫焦耳级能量计测定, 结果如图3所示, 图中给出了不用 M_2 时的插入调频输出曲线以便比较. 图4为三种运转方式的激光效率, 复合腔调频激光效率约 0.15% , 调频效率大于 50% .

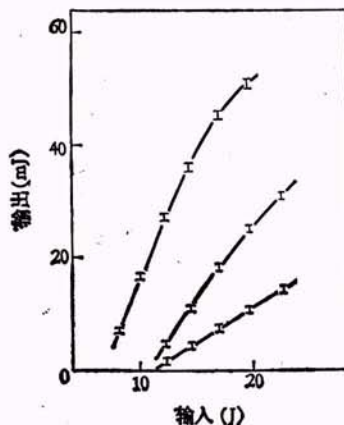


图4 激光效率

上为宽带; 中为复合腔调频; 下为插入调频

用强流光电二极管测得激光脉冲半宽约 $1.5\mu\text{s}$ (图 5), 即窄带输出峰值功率大于 20kW , 平均功率超过 0.5W (图 6).

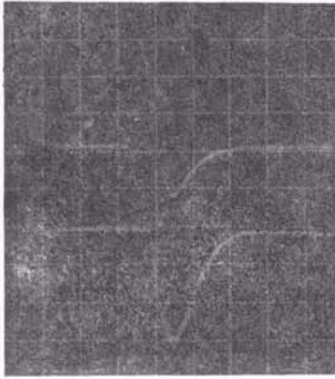


图 5 激光波形(下)和电流波形(上)
(横坐标为 $1.25\mu\text{s}/\text{格}$)

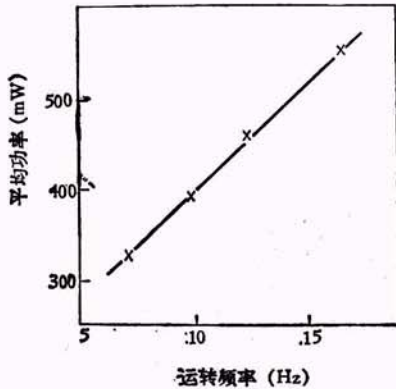


图 6 窄带输出平均功率
(输入为 $20\text{J}/\text{脉冲}$)

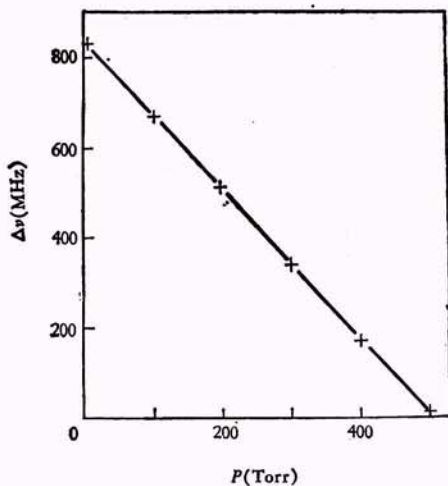


图 7 工业纯氮的调频系数

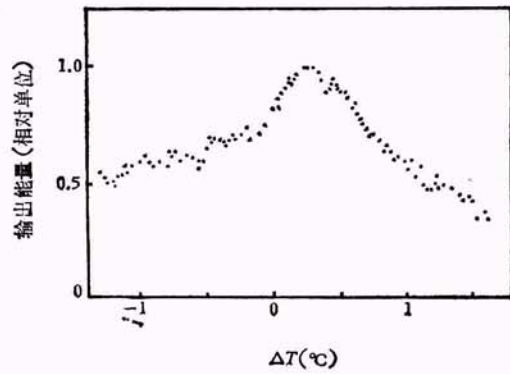


图 8 激光强度与 ΔT 的关系

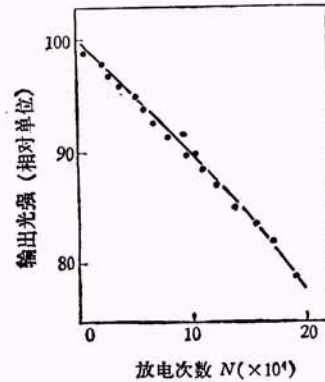


图 9 闪光灯输出光强随放电次数 N 的变化(输入 20J)

在气压室内充以工业纯氮, 用托级气压计测定压强, 标准具测量输出波长, 气压 p 与光频改变 $\Delta\nu$ 有良好的线性关系 (图 7), 灵敏度为 167.4 MHz/Torr , 在 6000 \AA 附近, 改变一大气压可调频 1.52 \AA .

染料液热弥散对激光输出有明显影响 (图 8), 为此将闪光灯和染料管同时用蒸馏水冷却, 并用热交换器和控温仪控制染料与水的温差 ΔT , 保证温度对激光强度的影响小于 $\pm 2\%$. 闪光灯采用高稳定直流预电离, 供电与动力电源同步锁相, 使激光功率稳定性达到 $\pm 6\%$.

激光输出的长期稳定性主要取决于闪光灯和染料液的老化, 尤其是闪光灯因运转在高电压快脉冲条件, 输出光强随放电次数 N 下降较快 (图 9).

参 考 文 献

- [1] A. Hirth et al., *Opt. Commun.*, **21**(1977), 318.
- [2] T. Okade et al., *Appl. Phys.*, **15**(1978), 191.

(下转封三)

数可写成自由电子波函数乘上一个周期函数(布洛赫波)。

(2) 根据周期性边界条件,证明 k 空间状态密度为 ν (晶体体积)。

(3) 说明简约波数 k 的取值只需限在简约布里渊区之中。

三、在下列 2 小题中选作一题: (15 分)

(1) 示意画出面心立方金属 (100), (110), (111) 面的原子排列,并说明垂直于上述各晶面的轴线是什么样的对称轴?比较各晶面簇晶面间距的大小。

(2) 作图表示金属、绝缘体、半导体(本征型、 n 型、 p 型)的能带填充特征和费密能(请注明关键性数据的量级)。

四、在下列 2 小题中选作一题: (15 分)

(1) 举出一种推断费密面形状和大小的实验方法,并说明其原理。

(2) 举出一种测定声子色散关系的实验方法,并说明其原理。

五、在下列 4 小题中选作一题: (20 分)

(1) 如果某种半导体中有两种载流子,空穴、电子的浓度分别为 p , n , 其有效质量、弛豫时间、迁移率分

别为: $m_h, m_e; \tau_h, \tau_e; \mu_h, \mu_e$ 。试求其霍尔系数。

(2) 如果一种金属中有许多集体化载流子的波函数有相位相干性,这就是说,可把它们的行为用宏观波函数 Ψ 来描述:

$$\Psi(\mathbf{r}) = n^{1/2} e^{i\theta(\mathbf{r})}, \quad \Psi^*(\mathbf{r}) = n^{1/2} e^{-i\theta(\mathbf{r})},$$

其中 n 是载流子浓度,它为常数。证明这些载流子的运动满足下列方程:

$$\nabla \times \mathbf{j} = -\frac{nq^2}{mc} \mathbf{B},$$

其中 q , m 分别是载流子的电荷和质量。讨论这种金属的磁性表现。

(3) 证明绝对零度下自由电子磁化率为

$$\chi = \frac{3}{2} N \frac{\mu_B^2}{E_F},$$

其中 N 是自由电子总数, E_F 是费密能, μ_B 是玻尔磁子。

(4) 如果一个由 A, B 两种原子组成的二元固溶体的能量可以近似地表示为近邻原子对之间相互作用能的总和,试由此解释有限固溶体出现的原因和条件。

(上接第 27 页)

- [13] R. S. Gilmore et al., *Nucl. Instr. Meth.*, **157** (1978), 507.
[14] G. Comby et al., *Saclay Report* 79/06/08/227.
[15] G. Charpak et al., *ibid.*, **164**(1979), 419.
[16] J. Seguinot et al., *CERN/EP/79-161*, (1979).
[17] M. Benot et al., *Nucl. Instr. Meth.*, **111** (1973),

397.

- [18] M. Benot et al., *CERN/EP/79-51*, (1979).
[19] M. Benot and R. Meunier, *CERN/EP/79-89* (1979).
[20] F. A. Dibianca et al., *Nucl. Instr. Meth.*, **129** (1975), 59.

(上接第 51 页)

- [3] 许祖彦等, *激光*, **7-11** (1980), 57.
[4] Steven CHU et al., *Opt. Commun.*, **28**(1979), 221.
[5] A. Hirth et al., *Opt. Commun.*, **34**(1980), 2223.

- [6] 许祖彦等, *光学学报*, **1-6** (1981).
[7] R. Flach et al., *Appl. Opt.*, **13**(1974), 2095.
[8] 许祖彦等, *物理学报*, **30** (1981), 820.