

新型的倍频晶体 β -BaB₂O₄ 在锁模 Ar⁺ 激光脉冲自相关测量中的应用

Abstract: Both calculation and experimental results show that second harmonics of all spectral lines of Ar⁺ laser light can be produced simply by angular tuning of β -BaB₂O₄ crystal at room temperatures. This is used in the autocorrelation measurement of mode-locked Ar⁺ laser pulses, and the Ar⁺ laser pulse, with 4 stronger spectral lines were measured to be 180~230 ps at room temperature, overcoming the shortcoming of the previous SHG method at low temperatures and cross-correlation method.

β -BaB₂O₄ (偏硼酸钡) 是中国首先发现与生长的新型倍频晶体^[3], 它具有倍频系数高、不易潮解、不易碎裂等优点。我们的计算与实验结果表明, 在室温下, 偏硼酸钡只需用角度调谐便能实现对 Ar⁺ 激光器所有谱线的相位匹配, 因此将这种晶体用于 Ar⁺ 激光脉冲的自相关测量中一定能克服 SHG 法^[1] 和互相关法^[2] 的弱点。

一、Ar⁺ 激光在 β -BaB₂O₄ 晶体中的 SHG

Ar⁺ 激光共有 10 条谱线, 波长分布在 (528.7~454.5nm) 范围内, 尽管它们的强度差别较大, 但均可在室温下在偏硼酸钡晶体内实现 I 类相位匹配。根据负单轴晶体 I 类匹配角 θ_m 的公式及晶体的 n_o 、

n_e 的经验公式:

$$n_o^2 = 1.9595 + \frac{0.7892\lambda^2}{\lambda^2 - 0.02163} \quad (1)$$

$$n_e^2 = 1.6932 + \frac{0.6782\lambda^2}{\lambda^2 - 0.01816} \quad (2)$$

(λ 用 μm 为单位)

计算出与 Ar⁺ 激光各谱线相应的 n_o^{ω} 、 $n_o^{2\omega}$ 、 $n_e^{2\omega}$ 及 θ_m 的数值列于表 1。

在实验中, 我们测量了强度较强的四条谱线相应的 θ_m 结果如下:

λ (nm)	514.5	496.5	488.0	476.5
θ_m	49°30'	52°30'	54°30'	57°

表 1

λ (nm)	强 度	n_o^{ω}	$n_o^{2\omega}$	$n_e^{2\omega}$	θ_m
528.7	弱	1.6778	1.7614	1.6154	47°21'
514.5	强	1.6790	1.7697	1.6211	49°30'
501.7	弱	1.6801	1.7782	1.6268	51°45'
496.5	一般	1.6807	1.7820	1.6293	52°44'
488.0	强	1.6815	1.7886	1.6337	54°26'
476.5	一般	1.6828	1.7985	1.6403	57°
472.7	弱	1.6832	1.8021	1.6426	57°55'
465.8	弱	1.6841	1.8098	1.6470	59°43'
457.9	弱	1.6851	1.8175	1.6525	61°59'
454.5	弱	1.6855	1.8214	1.6551	63°3'

可见 θ_m 的计算值(表 1)与实验值基本相符, 从而证明经验公式(1)和(2)是可靠的。匹配角的极限值为 $\theta_m = 90^\circ$, 这时, $n_o' = n_o^2 \omega$; 据(1)、(2)两式有

$$1.9595 + \frac{0.7892\lambda^2}{\lambda^2 - 0.02163} = 1.6932 + \frac{0.6782\left(\frac{\lambda}{2}\right)^2}{\left(\frac{\lambda}{2}\right)^2 - 0.01816} \quad (3)$$

解(3)得到室温下该晶体所能匹配的最短波长约为 416 nm, 据 [3] 给出的透射曲线, 416 nm 的谐波 208 nm 能很好地透过该晶体。换言之, 在室温下, 偏硼酸钡晶体只需用角度调谐便能产生短到 208 nm 的相干紫外光, 这是其他倍频晶体所不及的。

二、 β -BaB₂O₄ 在 Ar⁺ 激光脉冲自相关测量中的应用

在锁模 Ar⁺ 激光脉冲的自相关测量中, 可以用 β -BaB₂O₄ 来取代 KDP 或 ADP, 以达到简化装置、扩大测量范围的目的。测量装置方框图如图 1, 偏硼酸钡晶片的切割方位为 $zxtw45^\circ/50^\circ$, 厚度为 4 mm, 安装于精密的角度调节架上。

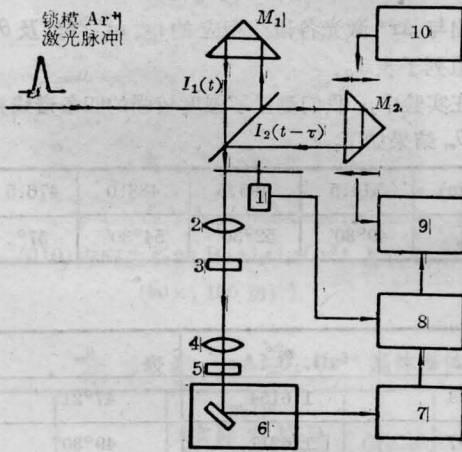


图 1

1—光斩波器; 2、4—聚焦透镜; 3— β -BaB₂O₄ 晶片; 5—滤光片; 6—光谱仪; 7—光电倍增器; 8—锁相放大器; 9—记录仪; 10—步进马达电源

测得的 514.5 nm 光脉冲 ($\bar{P} \sim 200$ mW) 的自相关曲线如图 2, 峰值与背景值之比为 3:1, 表明锁模是完全的, FWHM 即 $\Delta\tau_1 \sim 220$ ps。相关曲线为高斯型, 故脉宽 $\tau_{p1} = \Delta\tau / \sqrt{2} \sim 180$ ps。对 488.0 nm 的光脉冲测量结果相同。

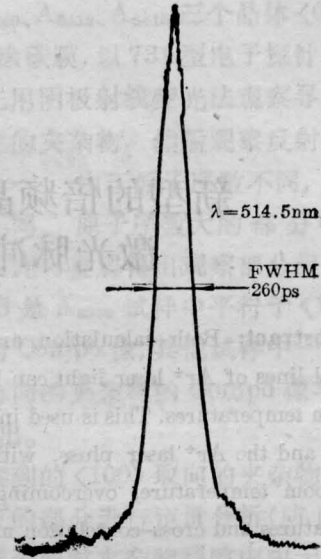


图 2

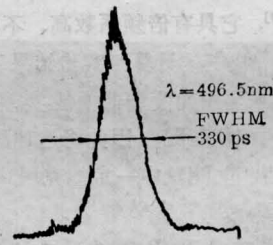


图 3

强度稍低一些的 496.5 nm 光脉冲自相关曲线如图 3, 峰值与背景值之比为 2.8:1, 按一般的观点, 这意味着锁模不完全。但分析与测量表明, 这里的 2.8:1 是因为波长改变后, 系统的透射率与反射率发生变化, 使进入 β -BaB₂O₄ 晶片的 $I_1(t)$ 与 $I_2(t-\tau)$ 强度不相等而引起的。由于测量系统只对自相关的强度部分敏感, 故从晶片输出的二次谐波强度 $I_{2\omega}(\tau)$ 为^[4]

$$I_{2\omega}(\tau) = \frac{3}{8} \left(\int_{-\infty}^{\infty} I_1^2(t) dt + \int_{-\infty}^{\infty} I_2^2(t) dt \right) + \frac{3}{2} \int_{-\infty}^{\infty} I_1(t) I_2(t-\tau) dt \quad (4)$$

设 $I_2(t) = \alpha \cdot I_1(t)$ (α 为比例系数), 由(4)得

$$I_{2\omega}(\tau) = \frac{3(1+\alpha^2)}{8} \cdot \int_{-\infty}^{\infty} I_1^2(t) dt \times \left[1 + \frac{4\alpha}{1+\alpha^2} \cdot \frac{\int_{-\infty}^{\infty} I_1(t) I_1(t-\tau) dt}{\int_{-\infty}^{\infty} I_1^2(t) dt} \right] \quad (5)$$

由(5)算出锁模完全时,自相关曲线峰值($\tau=0$)与背景值($\tau \rightarrow \infty$)之比为

$$\frac{I_{2\omega}(0)}{I_{2\omega}(\infty)} = 1 + \frac{4\alpha}{1+\alpha^2} \quad (6)$$

当 $I_1(t) = I_2(t)$ 时 ($\alpha=1$), $I_{2\omega}(0)/I_{2\omega}(\infty) = 3$, 而当 $I_1(t) \neq I_2(t)$ 时, $[I_{2\omega}(0)/I_{2\omega}(\infty)] < 3$ 。因此在共线的自相关法中,若 $I_1(t) \neq I_2(t)$ 时,可采用(6)式给出的判据来断定是否完全锁模。曲线3中实测 $\alpha \sim 0.7$, 由(6)得到 $[I_{2\omega}(0)/I_{2\omega}(\infty)] \sim 2.87$, 与实测到的2.8大致相符,故仍可认为锁模是完全的。它的 $\Delta\tau_2 \sim 330$ ps, $\tau_{p2} \sim 230$ ps。 $\tau_{p2} > \tau_{p1}$ 是可以理解的,因为与514.5 nm线相比,496.5 nm线强度弱,被锁定的纵模数目比前者少。对476.5谱线,测量结

果相似。

参 考 文 献

- [1] 关信安等;《中国激光》,1985, 12, No. 5, 308.
- [2] 关信安等;《中国激光》,1986, 13, No. 2, 96.
- [3] 陈创天,吴柏昌等;《SCIENTIA SINICA》(Series B), 1985, No. 3, 236.
- [4] T. Mindl *et al.*; *Appl. Phys.*, 1983, B31, 203.

(南开大学现代光学研究所 关信安 袁树忠
福建物质结构研究所 吴柏昌
1985年10月29日收稿)

一种新蓝-绿激光染料的光谱和激光性能

Abstract: A new laser dye for blue-green spectral region was synthesized and its spectral and laser properties were given. It was found that different solvents can make laser wavelength of this dye tuning in the spectral region of 457 to 521 nm. It has high efficiency and good photochemical stability.

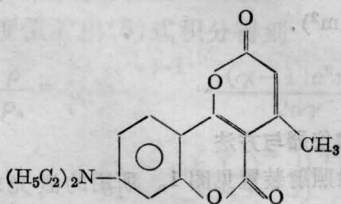
一、引言

蓝-绿波段的染料激光是海洋通讯、检测和摄影等的有力工具。为了寻找这个波段性能优良的激光染料,本文介绍一种新型结构的激光染料的合成及其激光性能。类似结构的激光染料可以通过改变取代基的位置和形式得到,从中可以筛选出性能优良的激光染料。

二、实验结果和讨论

1. 染料 G_2 的结构和合成

染料 G_2 (学名为:4-甲基-8-二乙胺基-2H,5H-吡喃[3,2-C]苯并吡喃-2,5-二酮) 的结构形式为



合成方法是用等摩尔比的间二乙胺基苯酚和丙二酸-双-2,4,6-三氯苯酚酯在甲苯中回流得到4-羟

基-7-二乙胺基香豆素;这个化合物再与等摩尔比的乙酰乙酸乙酯在醋酸铵中缩合得到 G_2 的粗产品;用二甲基甲酰胺作溶剂重结晶,得到黄色的针状结晶。m. p. 183~184°C。

2. 染料的光谱和激光性能

对染料的乙醇溶液,用日本 SHIMADZU UV-365 紫外分光光度计测定了染料的吸收光谱,吸收

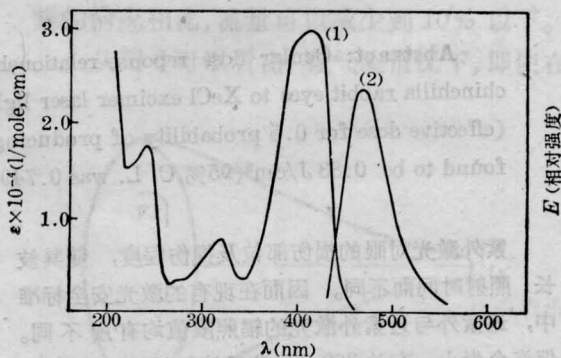


图1 G_2 的吸收光谱和荧光光谱

其中: λ 为波长; ϵ 为消光系数; E 为光强; 曲线(1)为吸收光谱; 曲线(2)为荧光光谱