

低温下 SHG 法测定锁模 Ar⁺ 激光脉冲的宽度

Abstract: In order to measure the pulse width of a mode-locked Ar⁺ laser in the absence of high speed photodiode and wide band oscilloscope, a zxtw 45°/90° cut KDP plate was designed to be cooled down to $-(13.5 \pm 0.1)^\circ\text{C}$ in a refrigerator, phase matching for 5145 Å was achieved and the pulse width can be exactly determined by SHG method.

国内已发表的研究锁模 Ar⁺ 激光器的文章中^[1], 由于受测试设备响应时间的限制, 所列举的 5145 Å 光脉冲的宽度都是粗略估算值, 本文企图在相似的条件用 SHG 法来弥补此缺陷。

一、实验装置与调整要点

装置方框图见图 1。

国内易买到的 KDP(或 ADP)晶体对 5145 Å 而言, 只能在低温下方能实现 I 类相位匹配, 当匹配角 $\theta_m = 90^\circ$ 时, 匹配温度为 -13.7°C (或 -10°C)^[2]。为了便于在低温下的匹配调整, 我们采用共线 SHG 法。为在 I 类匹配条件下得到最大的二次谐波输出, KDP 的切割方法为 zxtw 45°/90°。因 5145 Å 的倍频光为 2572 Å, 已接近 KDP 透光波段的短波截止波长 2500 Å^[2], 故晶体不宜过长, 取 $L=10\text{mm}$ 。相应的分辨率约为 10 ps^[3], 这对测量 10^{-10} 秒量级的

脉宽所引起的误差是不大的。 l 不宜过短, 否则 2572 Å 的强度弱, 不易检测, 而且在低温条件下太薄的晶片容易变形、碎裂。把该晶片置于致冷器 4 内, 调节控温仪 9 的温度设定值, 测得晶片对 5145 Å 的 SHG 的温度调谐曲线如图 2。由图得出匹配温度约为 -13.5°C , FWHM 约为 0.7°C , 与 R. Jain 的结果^[4] 基本相符。显然, 若用此 SHG 来测定光脉冲的宽度, 最好使 $P^{2\omega}$ 稳定在最大值处, 为此必须把该晶片的温度控制在 $-(13.5 \pm 0.1)^\circ\text{C}$ 的范围内。

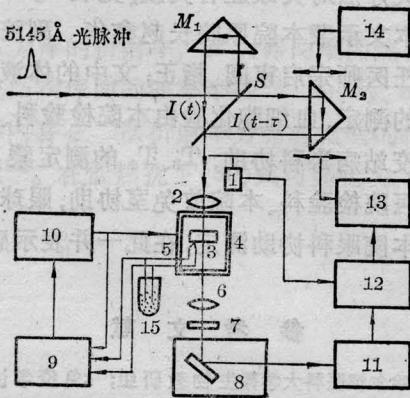


图 1

1—光斩波器; 2—透镜; 3—KDP 晶片; 4—致冷器, 5—热电偶; 6—紫外透镜; 7—滤光片; 8—光栅单色仪; 9—精密温度控制仪; 10—致冷器电源; 11—光电倍增器; 12—锁相放大器; 13—记录仪; 14—步进马达电源; 15—冰壶

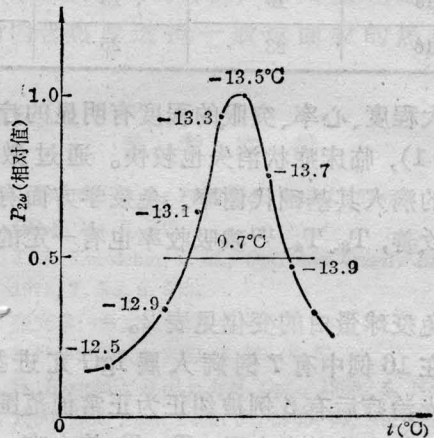


图 2

因所需低温不到 -14°C , 待降温的晶片也只有 1cm^3 大小, 故采用微型致冷器就够了。它的核心是一组串、并联的珀尔帖半导体致冷元件, 它们均匀地铺贴在导热性能高的铜块上, 而晶体则被夹在铜块中间(见图 3)。这种致冷方式装置小巧, 调整容易, 也便于对晶体温度进行精密控制(用 DWT-702 控温仪)。

一般的锁模 Ar⁺ 激光器输出光脉冲的宽度为 $(1\sim 2) \times 10^{-10}\text{s}$, 若要完整地描出它的自相关曲

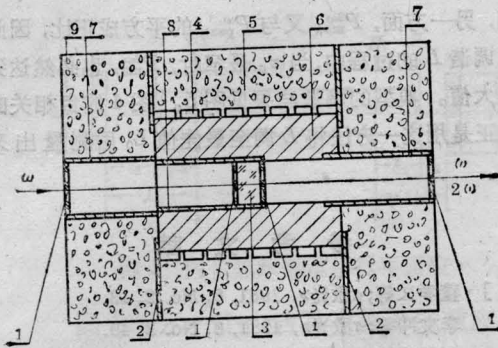


图 3

1—石英窗片；2—致冷器支架；3—KDP 晶体；4—半
导体致冷元件；5—粒状泡沫塑料保温层；6—导热铜
块；7—有机玻璃管道；8—晶体支架；9—外壳

线，可动棱镜 M_2 至少要移动(100~200)mm，因此必须保证在此行程内 $I(t)$ 与 $I(t-\tau)$ 两束光处处都能准确地重合方能得到正确的结果。A. Schmid 等人^[5] 为了避开这困难采用了 M_2 也不动，但在光路中插入不同高度的液柱 ($n>1$) 的方法，获得足够的光延迟时间 τ ，同时又能保证两束光准确地重合。可惜这方法仅适用在逐点的测量当中，不便用来作连续的扫描，而且使装置更为复杂。其实，在 M_2 大范围移动时， $I(t)$ 与 $I(t-\tau)$ 准确重合与否，全在于 $I(t-\tau)$ 这束光的空间位置是否发生偏摆，而偏摆的出现则是由于 M_2 的移动轴线与 $I(t-\tau)$ 的传播方向不重合所引起的。因此，在测量前，仔细地调节 M_2 的移动轴线使之与 $I(t-\tau)$ 的方向一致是非常重要的。

二、实验结果及分析

1. 5145 Å 锁模光脉冲的线型与宽度

在不同条件下锁模 Ar^+ 激光器输出的 5145 Å 光脉冲的自相关曲线均可用图 1 的装置测量出来，典型的结果如图 4 的实线，它是在光脉冲的平均功率约为 200 mW 时得到的。虽然因干涉仪行程不够，左侧的背景部分未能完全画出，但已能看出曲线是对称的，符合二阶自相关的规律。曲线峰值与背景值之比为 3:1，说明这时的 Ar^+ 激光器已处于完全锁模的状态^[6]。

A. Smith 等^[7] 给出了高斯型、双曲正割型、洛仑兹型光脉冲的自相关函数 $G_1(\tau)$ 、 $G_2(\tau)$ 、 $G_3(\tau)$ ，在图 4 中分别用符号 ●、▲ 和 × 表示它们的计算值，显然由实验得到的曲线与 $G_1(\tau)$ 符合得最好，与 $G_2(\tau)$ 接近，与 $G_3(\tau)$ 相差较大。因此可以认为我们得到的光脉冲属高斯型或接近双曲正割型。

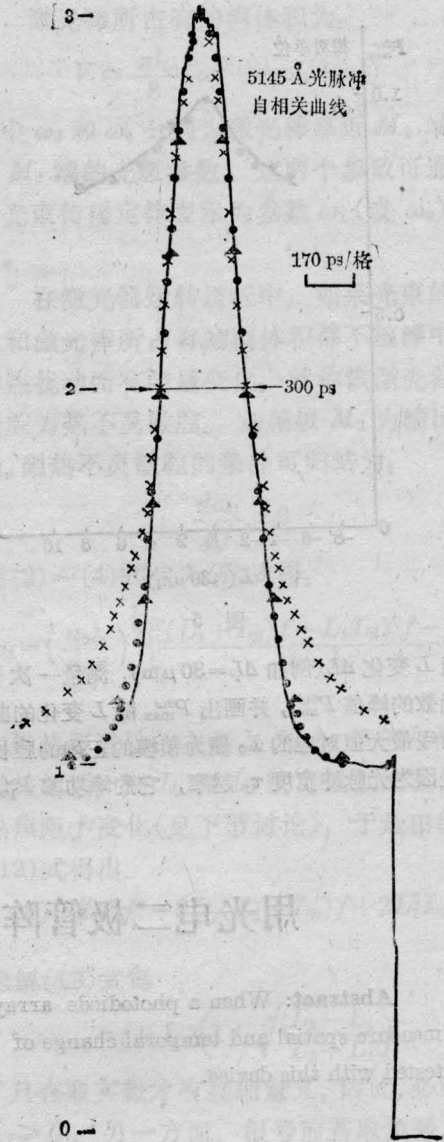


图 4

对高斯型光脉冲

$$\tau = \frac{\Delta\tau}{\sqrt{2}} = \frac{300\text{ps}}{\sqrt{2}} \sim 210\text{ps}$$

对双曲正割型光脉冲

$$\tau_p = 0.64\Delta\tau = 0.64 \times 300\text{ps} \sim 194\text{ps}$$

这些结果与用快速光电二极管与宽带取样示波器测得的数据基本相符^[8]。显然它比[1]报道的粗略结果更可靠。

2. 锁模 Ar^+ 激光器腔长 L 的调谐

图 1 的装置还可以被用来监测 L 是否等于 $\frac{c}{4\pi f}$ (f 为驻波型声光锁模器的驱动频率)。方法是

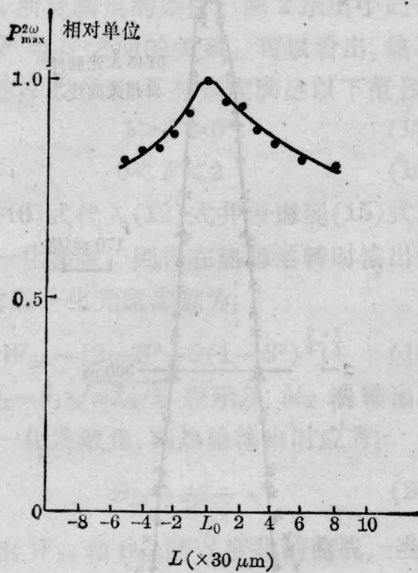


图 5

每当 L 变化 ΔL (例如 $\Delta L = 30 \mu\text{m}$), 测量一次自相关函数的峰值 $P_{\text{max}}^{2\omega}$, 并画出 $P_{\text{max}}^{2\omega}$ 随 L 变化的曲线, 此曲线最大值对应的 L_0 便为锁模的正确腔长度。这是因为光脉冲宽度 τ_p 越窄, 它的峰功率 P_{peak}^ω 越

高, 另一方面, $P_{\text{max}}^{2\omega}$ 又与 P_{peak}^ω 的平方成正比, 因此在调谐 L 的过程中, 当 τ_p 最窄时, $P_{\text{max}}^{2\omega}$ 也必然达到最大值。典型的调谐结果见图 5。图 4 的自相关曲线正是用这一方法将 L 调至最佳值 L_0 后测量出来的。

参 考 文 献

- [1] 董孝义等;《激光》, 1981, 8, No. 2, 13.
李文冲等;《激光》, 1981, 8, No. 3, 45.
刘玉璞等;《光学学报》, 1983, 3, No. 4, 334.
- [2] 阿雷克等;《非线性光学与材料》, p64, p 69.
- [3] H. P. Weber; *J. Appl. Phys.*, 1967, 38, 2231.
- [4] R. K. Jain; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1973, QE-9, No. 8, 859.
- [5] A. Schmid; *Appl. Phys. Lett.*, 1983, 43, No. 2, 152.
- [6] S. L. Shapiro; "Ultrashort Light Pulses", p. 88,
- [7] A. W. Smith; *Appl. Phys. Lett.*, 1970, 17, No. 8, 340.
- [8] G. R. Fleming; *Optics and Laser Technology*, 1978, 10, No. 5, 259.

(南开大学现代光学研究室 关信安 袁树忠
吕福云 1984年5月12日收稿)

用光电二极管阵-微机系统进行激光测试

Abstract: When a photodiode array is connected with the computer, we can accurately measure spatial and temporal change of the laser beam. Some He-Ne laser beams have been tested with this device.

一、光电二极管阵-微机系统

光电二极管阵是一种高空间分辨率同时也是一种高时间分辨率的固体集成感光器件, 我们所用的 RL1024H 由 1024 个光电二极管所组成, 每个光电二极管所占的空间位置仅仅 $15 \mu\text{m}$ 。当不同强度的光线照在这些光电二极管上时, 它们产生不同大小的电信号, 可以用一种自扫描移位寄存器把这些电信号依次取出。我们用云南电子设备厂的 YEE-8100 微型计算机配上模数转换等接口, 对二极管的输出电信号进行采样。计算机可以识别每一个采集到的数据是由哪一个光电二极管所产生的, 因而可以获得光电二极管阵上光强的空间分布。数据可以打印、绘图或存入磁盘。图 1 是二极管阵-微

机示意图。

从光电二极管阵上读出光电流的过程, 受驱动脉冲和自扫描移位寄存器的控制。驱动脉冲频率可高达 10 MHz, 1024 个光电二极管依次输出光电流一遍需 $100 \mu\text{s}$, 这就是二极管阵对变化的光学量的时间分辨率。由于受到模数转换时间和计算机运行速度的限制, 实际所用的系统对光学量的时间分辨率为 80 ms。

软件全用 Z-80 汇编语言写成, 这些软件包括: 对光电二极管阵进行灵敏度修正; 减去光路系统的杂散光及其他背景光; 在不同时间间隔内对有用信号进行积分。这样, 通过计算机处理可以大大提高信噪比, 甚至有可能从强的背景光中提取更微弱的