

用 $1.3 \mu\text{m}$ 半导体激光器直接调制 产生 2.1GHz 超短光脉冲

贾 刚 孙 伟 衣 茂 斌 高 鼎 三

(吉林大学电子科学系, 吉林, 长春, 130023)

摘要——报道了直接调制 InGaAsP 半导体激光器获得重复率为 2.1GHz 、脉宽为 $25\sim 60\text{ps}$ 的超短光脉冲。

关键词——超短光脉冲, 半导体激光器, 强度自相关, 射频强调制。

1. 引 言

电光取样系统、模拟-数字转换系统和时分信号多路传输系统要求采用的半导体激光器产生高重复率的超短光脉冲列, 特别是 $1.3\mu\text{m}$ 波长的超短光脉冲。因为 $1.3\mu\text{m}$ 辐射在光纤中传输具有零色散和极低损耗的特点, 所以 $1.3\mu\text{m}$ 超短光脉冲在长距离高比特率光通信中非常有用。电光晶体 GaAs 对 $1.3\mu\text{m}$ 辐射是透明的, 用 $1.3\mu\text{m}$ 超短光脉冲取样的电光取样系统可以对 GaAs 微波集成电路等快速器件内部某一点的电压波形无接触地直接取样, 所以, $1.3\mu\text{m}$ 超短光脉冲比可见光更适于研究半导体材料的超快过程。

利用锁模技术可以获得高重复率的亚 ps 超短光脉冲, 但锁模激光器需要使用外腔, 要求精确的光路调整和必要的防震措施。而采用半导体激光器直接调制实现高频增益开关法产生超短光脉冲^[1,2], 不需要任何其他光学元件和外腔, 可以省去相应的光路调整和防震措施, 是一种简单、方便、可靠的方法。我们用这种方法获得了重复率为 2.1GHz 半极大全宽度 (FWHM) 为 $25\sim 60\text{ps}$ 、波长为 $1.3\mu\text{m}$ 的超短光脉冲。

2. 实 验

实验中采用的半导体激光器是我们自己研制的 InP/InGaAsP 多层限制掩埋新月形激光器^[3], 它的腔长约 $200\mu\text{m}$, 室温下激射波长是 $1.3\mu\text{m}$, 直流工作电流阈值约 20mA 。激光器的芯片倒装在通频带达 16GHz 的管座上, 其高频电流调制 3dB 带宽不小于 3GHz 。在产生超短光脉冲时, 对激光器施加的直流偏置电流是直流工作时阈值电流的 $1\sim 2$ 倍, 正弦射频信号通过由一个电容器和一个电感组成的 T 形偏置器叠加在直流偏置电流上, 线路

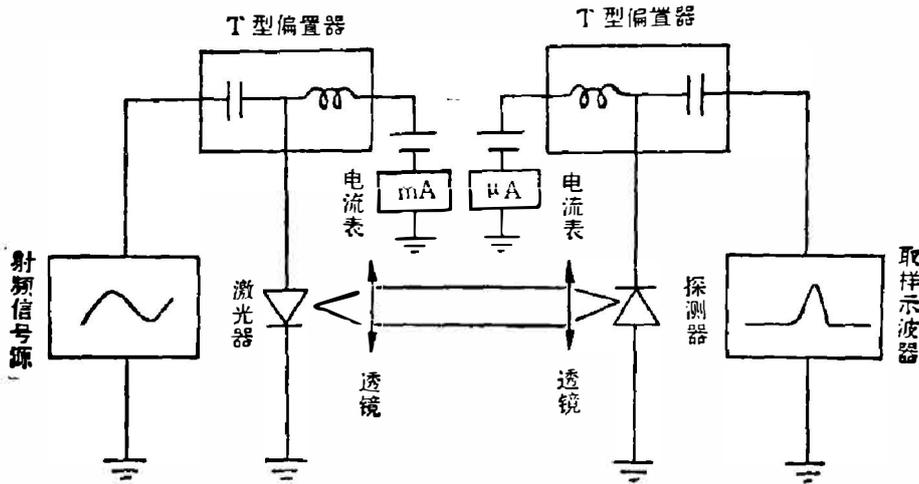


图 1 直接调制产生 ps 光脉冲及用探测器和示波器测量光脉冲原理图

Fig. 1 Schematic drawing of the experimental arrangement for the generation of picosecond optical pulses from a highly RF-modulated DH InGaAsP laser, and their measurement with a photodetector and a sampling oscilloscope.

原理参看图 1. 正弦射频电流的频率为 2.1 GHz, 最大输出电流在负载为 50 Ω 时测得的峰-峰电压为 45 V.

半导体激光器的输出用 Ge 雪崩探测器接收, 用宽带示波器测试, 参见图 1. 测得光脉冲重复率仍为 2.1 GHz, 而示波器测得光脉冲信号宽度约为 200 ps, 这是由于测量系统的分辨率所限制.

为了精确地测量超短光脉冲的宽度, 我们研制了适于测量半导体激光器产生的 1.3 μm 超短光脉冲的强度自相关装置. 该装置使用碘酸锂作为倍频晶体, 晶体长度约为 6 mm. 采用第 I 类共线角度位相匹配方案, 匹配角接近 25°. 倍频晶体装在自制的密封干燥器中, 以防潮解. 使用时先用氦氛激光器调整好该装置光路, 由于有良好的光屏蔽系统, 在亮的环境

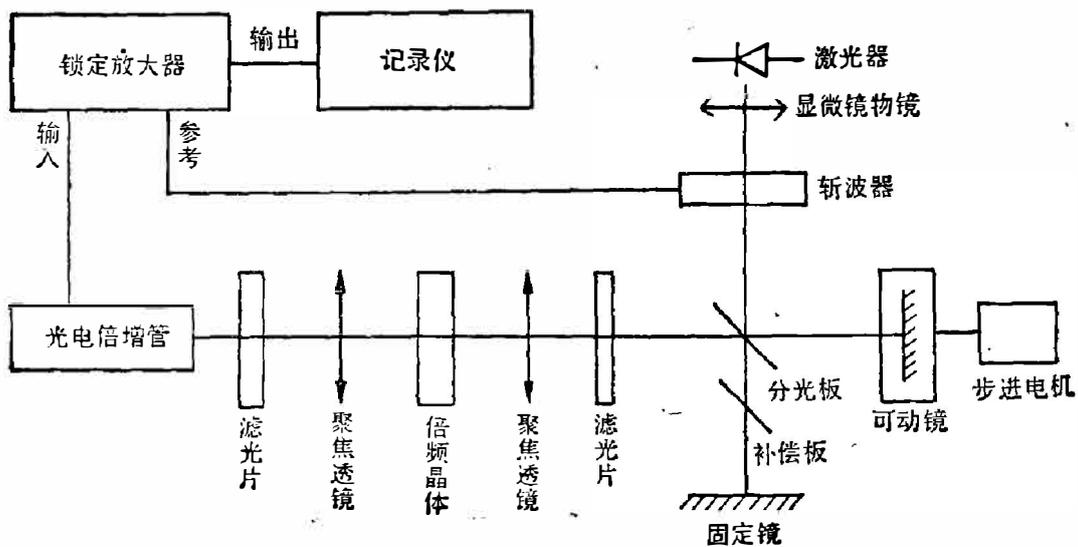


图 2 强度自相关测试系统示意图

Fig. 2 Schematic drawing of the experimental arrangement for the measurement of intensity auto-correlation.

下把系统调整到最佳状态, 然后开始测量强度自相关信号, 图 2 为该装置的示意图. 对于不同的直流偏置和射频电流, 测量了不同光脉冲的强度自相关曲线, 假设光脉冲是高斯型的, 根据强度自相关曲线可得出光脉冲的宽度为 $25 \sim 60 \text{ ps}$.

3. 结果和讨论

在直流偏置电流为直流阈值电流 $1 \sim 2$ 倍的条件下, 用射频电流进行直接强调制, 获得了 $25 \sim 60 \text{ ps}$ 的超短光脉冲. 图 3 给出了典型的超短光脉冲的强度自相关曲线. 由图 3 可见, 强度自相关曲线中央峰值与背景之比为 $3:1$. 曲线可以分为两部分: 一部分是由光脉冲的包络所产生的缓慢变化部分, 对于不同的直流偏置和射频电流下得到的强度自相关曲线, 测得这部分的宽度是 $35 \sim 90 \text{ ps}$, 按高斯型光脉冲计算, 超短光脉冲的宽度为 $25 \sim 60 \text{ ps}$; 另一部分是叠加在缓慢变化信号上的一群尖峰噪声信号, 图 4 给出了中央几个尖峰信号的放大, 这些尖峰信号的宽度只有 0.42 ps , 它们之间的间隔相等, 对应的时间是 3.75 ps , 与群速度近似为 $c/3.5$ 的光在激光器腔内往返一次的时间相对应, 与所用激光器的腔长 $160 \mu\text{m}$ 一致. 这说明光脉冲包络里有迅速随机起伏的噪声亚结构, 这种亚结构是由于位相随机起伏的多纵模的存在造成的.

电流调制方法产生超短光脉冲的原理是设法利用弛豫振荡的第一个振荡峰, 尽量抑制后面的弛豫振荡. 所以正弦信号的负半周在这里也起作用, 其作用是抑制后面的弛豫振荡.

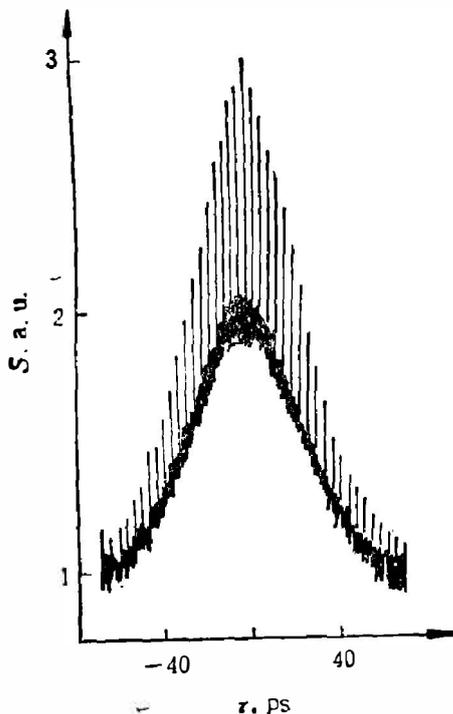


图 3 直流偏置下用射频信号调制产生的超短光脉冲的强度自相关函数

Fig. 3 The intensity auto-correlation trace of the ultrashort optical pulses from a highly RF-modulated DH InGaAsP laser with a prebias.

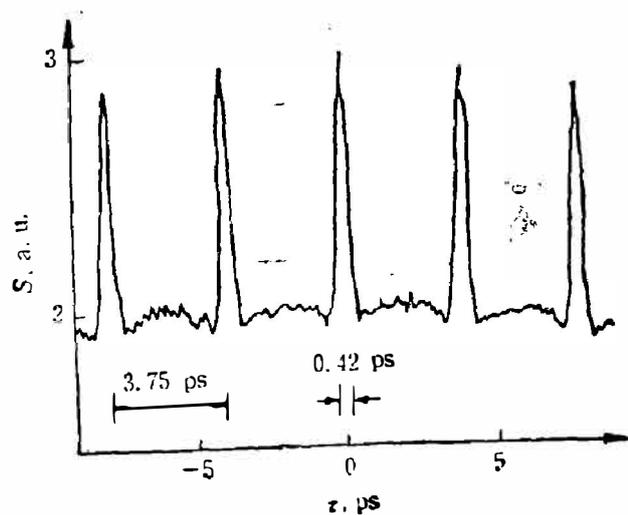


图 4 图 3 曲线中部几个尖冲信号的放大图
Fig. 4 Magnified spikes at the center of the intensity auto-correlation trace in Fig. 3.

为了获得尽可能窄的光脉冲, 直流偏置电流和射频调制电流应达到最佳匹配条件. 但我们实验中所用信号源是简易信号源, 输出功率低且没有经过放大, 所以直流偏置电流和射频调制电流没有达到最佳匹配条件. 在直流偏置较低时, 尤其显得信号源功率不够. 如果提高射频信号功率, 预计能得到更好的结果.

4. 结 语

我们在有直流偏置电流的条件下, 用射频信号进行强调制, 获得了重复率为 2.1 GHz、脉冲宽度为 25~60 ps, 波长为 1.3 μm 的超短光脉冲. 脉冲宽度是以假设光脉冲是高斯型为前提, 用强度自相关曲线获得的.

参 考 文 献

- [1] Au Yeung J., *Appl. Phys. Lett.*, **38**(1981), 5: 308.
- [2] Ito H. et al., *IEEE, J. Quant. Electron.*, **QE-17** (1981), 5: 663.
- [3] 肖建伟等, *半导体学报*, **9**(1988), 6: 665.

2.1 GHz PICOSECOND OPTICAL PULSE GENERATION FROM SEMICONDUCTOR LASER AT 1.3 μm WAVELENGTH BY DIRECT MODULATION

JIA GANG, SUN WEI, YI MAOBIN, GAO DINGSAN

(*Department of Electronic Science, Jilin University, Changchun, Jilin, 130023, China*)

ABSTRACT

The generation of picosecond optical pulses by direct modulation of InGaAsP diode laser is reported. Pulse width of 25~60 ps is achieved at repetition frequency of 2.1 GHz.