

· 光电探测技术 ·

连续波激光相干探测技术研究

任 莹, 王昌龙

(东北电子技术研究所, 辽宁 锦州 121000)

摘 要:介绍了基于法布里-珀罗(F-P)标准具对连续波激光源进行探测的作用机理,使用时间相干探测方法,将连续波激光信息从背景噪声或其他非连续光谱中区分开来.提出了对激光源时间相干调制的接收原理、调制特性、技术构成和光电信息处理流程,重点阐述了低频调制技术和高频调制技术的特征以及实现连续波激光相干探测的关键技术,并预见激光探测技术的发展趋势和可行性.

关键词:连续波激光;时间相干;鉴别

中图分类号:TN215

文献标识码:A

文章编号:1673-1255(2009)02-0033-04

Continuous Wave Laser Coherent Detection Technology

REN Ying, WANG Chang-long

(Northeast Research Institute of Electronics Technology, Jinzhou 121000, China)

Abstract: The principle of detecting continuous wave laser based on Fabry-Perrot etalon is introduced. Temporal coherence detection technology is applied to discriminate continuous wave laser from background noises and from other non continuous spectrum. The receiving principle of modulating laser source temporal coherence, the property of modulation, the technique structure and the EO information process are put forward, the features of low-high frequencies modulation and the key technology to make continuous wave laser coherent detection are described. Lastly, the development trend and feasibility of laser detection technology are predicted.

Key words: CW-laser; temporal coherence; discriminator

1 连续波激光相干探测

激光的相干探测包括时间相干探测和空间相干探测,这两个探测手段彼此独立.通常利用空间相干特性来鉴别脉冲激光,但由于激光的空间相干特性在大气中传播会降低,而且可见光也具有高度的空间相干性,这样很容易使激光探测出现误差.而激光时间相干特性在大气传输中受的影响较小.因此,多采用时间相干特性将连续波激光从背景噪声和其他光谱中鉴别出来^[1].

时间相干探测分为法布里-珀罗(F-P)型、迈克逊干涉仪型、光栅衍射型和傅里叶变换光谱型.在

这里,提出一种基于单一法布里-珀罗(F-P)型识别连续波激光辐射的方法,主要思路是利用F-P标准具接收辐射源信号,对其进行时间相干调制处理,得到相应的调制信号,给光学接收处理,进行放大,将输出的激光信号进行必要的信息处理(解调、积分、比较)得到宽视场、高分辨率的检测信号.其相干探测的原理框图见图1.

1.1 F-P 标准具及调制特性

应用法布里-珀罗标准具对连续波激光实现时间相干探测的原理如图2所示,它包含有一个或多个F-P标准具.其中,F-P标准具由步进电机沿平行其表面的轴转动,入射激光的透射率随旋转角

的变化而变化,当 F-P 标准具旋转时,激光辐射的入射角 θ 为不同特定值时或产生相干干涉,或产生相消干涉.因此造成透射光强信号是一个调频波,由其频率最低点可求出入射激光的角度,从而确定出激光照射的方位.不同波长激光对应调频波周期间隔不同,由此可确定激光波长.采用此类激光探测技术可有效地屏蔽直流背景信号,从而消除背景光的干扰,并且具有视场大、虚警率低、角度分辨率高等优点^[2].

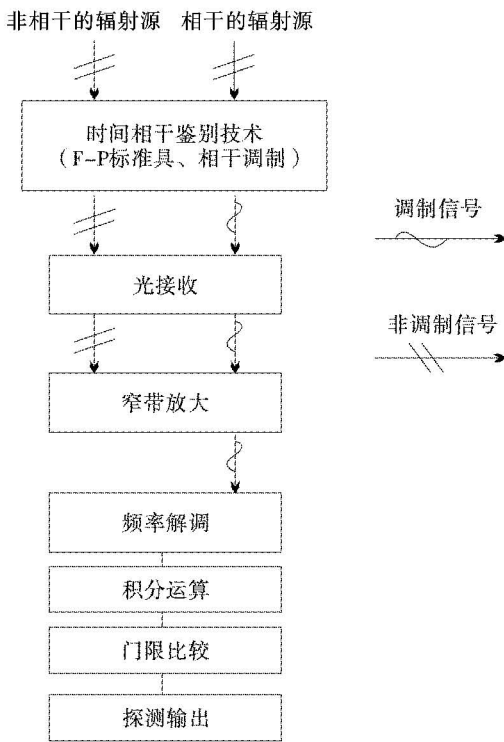


图 1 连续波激光相干探测原理框图

美国 DalmoVictor 公司的多传感警戒接收机就是应用上述原理制作的。

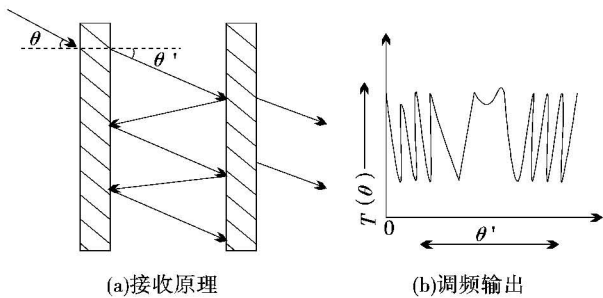


图 2 应用 F-P 标准具的激光探测及调频输出

F-P 标准具的传输特性是辐射频率 ν 的周期光谱函数^[1],如图 3 中的曲线 1 所示.当电场施加在标准具上时,标准具的传输特性将发生变化,如图 3 中的曲线 2 所示.

从图 3 中可以看出,对于相干辐射,其带宽 V_c 比标准具的辐射频率间距 V_{F-P} 窄很多,入射光的传输将是电场的一个函数.对非相干光的宽谱线 V_n 的效果非常小.标准具的辐射频率宽度依赖标准具的光学厚度,这样就可以选用和激光照射频谱相适当的镜片.

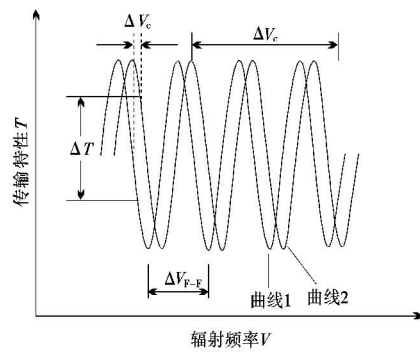


图 3 平行反射镜标准具的传输特性

1.2 相干调制

实现对连续波激光源探测的主要环节是对激光信息的鉴别,将连续波激光信息从背景噪声或其他非连续光谱中区分开来.时间相干调制技术在实现上述功能时起到了核心的作用.

(1) 低频调制技术

对于连续波激光调制技术,F-P 标准具使用薄

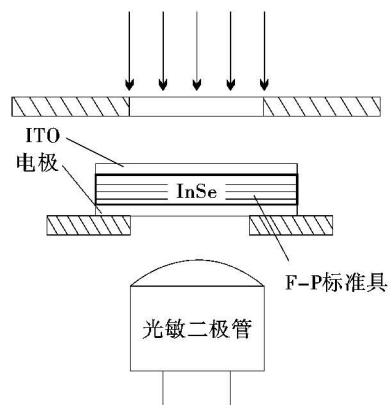


图 4 晶体结构示意图

片层积状半导体晶体 InSe. 电压通过 2 个 ITO 电极 (如图 4 所示) 导入^[1]. 电压周期性改变晶体的折射率并对相干辐射产生周期性调幅, 2 种不同因素会导致折射率变化. 基于 InSe 晶体的相干调制是一种低频处理技术, 仅适用于对连续波激光辐射的鉴别, 其操作频率是 100 Hz. 光电二极管后是带滤波的放大器, 滤波后的信号经过比较器, 并与预先设置的门限电压进行比较, 输出连续波激光探测信息.

(2) 高频调制技术

脉冲波激光源的脉冲一般为几十纳秒, 为探测到这样窄的脉冲, 调制频率应在 100 MHz 以上. 这样, 前面提到的低频鉴别的频率就太低了. 另一种基于 LiNiO₃ 电光晶体的调制可以实现高频鉴别, 操作频率可以达到 1 GHz.

为消除电极带来的误差, 使用了无电极设计. 相干调制器被放置在一个共鸣器中, 如图 5 所示.

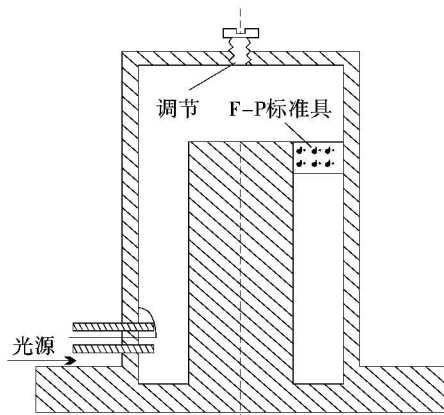


图 5 共鸣器结构示意图

共鸣器通过同轴电缆接收光源. 为了使来袭辐射通过标准具, 打一些 3 mm 的孔在腔体上, 部分信号会从这些孔泄露. 为了降低这种泄露对光电探测器的影响, 标准具和光电探测器之间的光学连接通过光纤实现.

1.3 时间相干调制的信息处理

相干调制允许激光辐射的相干部分通过, 而屏蔽非相干部分. 通过了相干调制的激光辐射信号进入光电探测器和窄带增幅器, 并转化为调制频率. 最后进行校正、信息综合处理, 产生相关的激光探测信息^[3].

连续波激光探测技术对于相干和非相干激光辐

射的处理流程分别如图 6a 和图 6b 所示.

这两种不同的相干调制都应用了 F-P 标准具, 其差别在于选用的材料、频率特性和操作程序.

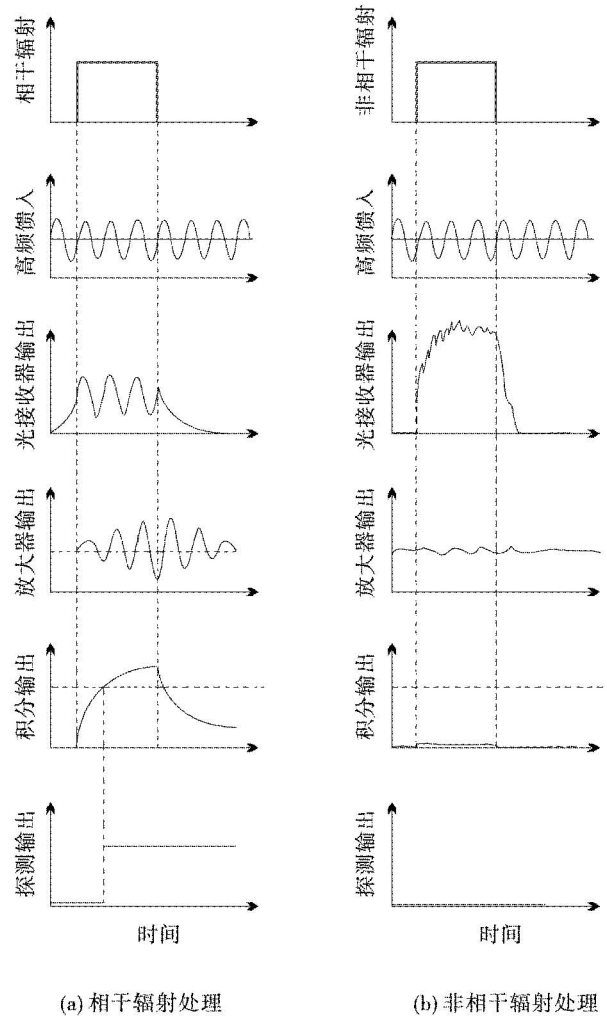


图 6 时间相干技术信息处理流程

2 试验验证

在激光相干探测中, 低频相干调制技术已经广泛应用. 作为对连续波激光相干探测的进一步探讨, 为了确认高频相干调制技术的可行性, 进行了高频相干调制接收的试验验证. 试验设置框图如图 7 所示, 采用 YAG 激光器作为辐射源, 加衰减后经过放大处理的信号进入高频相干调制腔. 激光信号通过相干调制、光电二极管接收, 利用示波器对二极管的输出信号进行监测^[4],

试验结果表明,在高频相干调制试验中,利用高性能的 LiNiO_3 电光晶体可将调制频率提高到 1 GHz,进而实现了对连续波激光辐射源的探测。

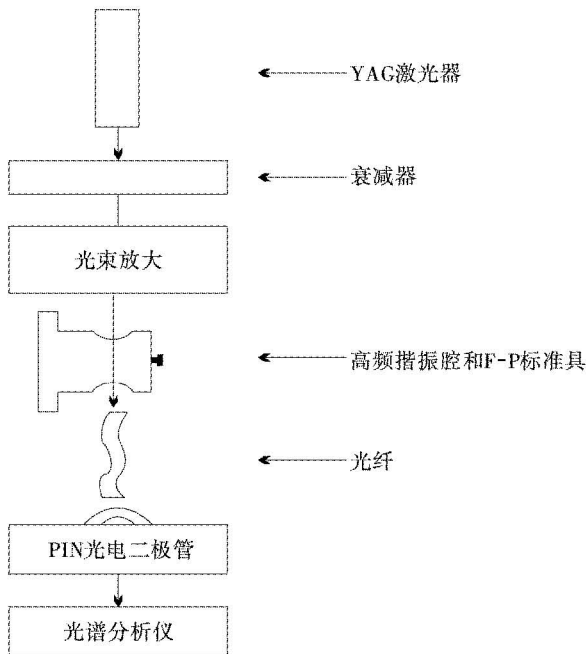


图7 验证设置框图

3 结束语

时间相干调制技术可实现高探测精度、高灵敏度、高信噪比,对强背景光有较强的抑制能力,同时满足波长测量、光谱及入射方向识别,是未来连续波激光相干探测技术的主要发展趋势。

参考文献

- [1] R crane, Jr. Laser detection by coherence discrimination [J]. Optical Engineering, 2003, 18(2): 212 - 217.
- [2] 张记龙,王志斌,李晓,等.光谱识别与相干识别激光告警接收机评述[J].测试技术学报, 2006(2): 95 - 96.
- [3] C J Duffey, D Hickman. An imaging system based temporal coherence differences[J]. Journal of physics D: Applied Physics, 2005, 21: 56 - s58
- [4] 吴瑾.激光脉冲时域特性与探测器响应关系探讨[J].光电技术应用, 2008, 23(5): 24 - 25.

简讯

以色列新型远程红外传感器载荷

以色列航宇公司 Tamam 分部 2009 年 2 月对外公布了其即插式光电载荷 (POP) 家族中的最新成员—POP300 远距观察器 (POP 300 LR)。

POP 300 LR 是先进的观察和瞄准传感器载荷,可用于诸如位置控制、边境安全、沿海监视等许多任务,或者应用于航空器。

POP 300 LR 是两轴、陀螺稳定式载荷,采用了 POP 载荷家族通用的即插概念。由于采用新的日光和红外 (IR) 传感器以及先进的图像处理,具有较高的观察能力。系统已成功地通过了实用试验。

POP 300 LR 标准传感器配置包括一部带有近红外功能的新远距变焦日光彩色摄像机和一部新的连续远距变焦热成像摄像机。另外可配置广角日光摄像机、人眼安全激光测距机、激光照射器和自动视频跟踪器等选装设备。

该系统的万向架和“片”式结构使其比老式设计有着更低的寿命周期成本和更长的平均故障间隔时间 (MTBF)。此外,POP 300 LR 还具有出色的稳定品质,这使其在各类型移

动和振动平台上的使用具有通用性。POP 300 LR 的传感器“片”可替换其他现役的 POP“片”,为用户提供了扩展任务能力的灵活性。

Tamam 分部的 POP 产品适用于无人机、直升机、固定翼飞机、陆地车辆和轻型船只。该传感器系统的主要性能指标如下:

外形尺寸:直径 26.4 cm;高 38 cm

质量:19 kg(依配置而不同)

观察范围:俯仰: +20° ~ -100°;水平: n × 360°

热成像器:带冷却;InSb 3 ~ 5 μm;640 × 480 像素;视场 (FOV) 0.8° ~ 9.7° 连续光学变焦。

日光彩色摄像机: CCD 型;光学变焦 20 倍;FOV 0.46° ~ 9.3° 连续光学变焦。

选装件: 波长 1.54 μm (人眼安全) 激光测距器; 波长 0.83 μm 的激光照射器; 4.6° ~ 45° FOV 的广角日光彩色 TV 摄像机。

(徐世录提供)