



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 118566943 B

(45) 授权公告日 2024. 11. 01

(21) 申请号 202411044964.6

G01S 7/483 (2006.01)

(22) 申请日 2024.08.01

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 105005054 A, 2015.10.28

申请公布号 CN 118566943 A

李光福, 南钢洋, 潘冬阳, 白雪, 刘帅, 孙志慧. 激光雷达测风系统信号采集处理研究. 红外与激光工程. 2021, 全文.

(43) 申请公布日 2024.08.30

(73) 专利权人 山东省科学院激光研究所

审查员 赵杨

地址 272073 山东省济南市高新区海川路

46号山东省科学院激光研究所综合楼

(72) 发明人 祁海峰 曲海鑫 王锦涛 张恩硕

姜鹏波 郭健 宋志强

(74) 专利代理机构 济南泉城专利商标事务所

37218

专利代理师 吕雪营

(51) Int. Cl.

G01S 17/95 (2006.01)

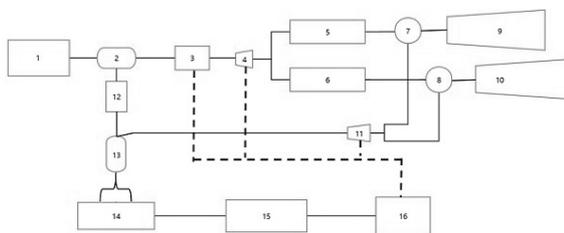
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

一种无盲区的相干测风激光雷达系统

(57) 摘要

本发明涉及激光雷达技术领域, 特别涉及一种无盲区的相干测风激光雷达系统, 连续单频窄线宽激光器连接5/95耦合器, 5/95耦合器连接声光调制器和衰减器, 声光调制器连接第一光开关, 第一光开关连接两个光纤放大器, 两个光纤放大器分别通过环形器连接有望远镜, 两个环形器连接第二光开关, 衰减器和第二光开关连接2*2耦合器, 2*2耦合器连接平衡探测器, 平衡探测器连接A/D采集装置, A/D采集装置信号处理控制单元, 信号处理控制单元控制连接声光调制器、第一光开关和第二光开关。本发明的有益效果是: 本发明可以实现从近到远的无盲区覆盖, 即在雷达系统的探测范围内, 无论距离远近都能实现精确的风场探测。



1. 一种无盲区的相干测风激光雷达系统,包括连续单频窄线宽激光器(1),其特征在于:

所述连续单频窄线宽激光器(1)连接5/95耦合器(2),5/95耦合器(2)连接声光调制器(3)和衰减器(12),声光调制器(3)连接第一光开关(4),第一光开关(4)连接两个光纤放大器,两个光纤放大器分别通过环形器连接有望远镜,两个环形器连接第二光开关(11),第二光开关(11)和衰减器(12)连接2*2耦合器(13),2*2耦合器(13)连接平衡探测器(14),平衡探测器(14)连接A/D采集装置(15),A/D采集装置(15)信号处理控制单元(16),信号处理控制单元(16)控制连接声光调制器(3)、第一光开关(4)和第二光开关(11);无盲区的相干测风激光雷达系统包括两个雷达模式,分别为脉冲模式和连续模式,由信号处理控制单元(16)控制光开关的切换,通过对光开关施加电压或驱动信号来实现模式切换,并控制声光调制器(3)的工作模式,连续模式时声光调制器(3)只移频不调制,脉冲模式时声光调制器(3)移频并且调制;所述连续模式下,信号处理控制单元(16)控制第一光开关(4)和第二光开关(11)分别连通第一光纤放大器(5)和第一环形器(7),适用于近距离测量,光信号通过第一光开关(4)进入第一光纤放大器(5),然后进入第一环形器(7),最终通过第一望远镜(9)发射激光和接收散射光信号,接收的散射光信号经过第一环形器(7)和第二光开关(11)进入2*2耦合器(13);所述脉冲模式下,信号处理控制单元(16)控制第一光开关(4)和第二光开关(11)分别连通第二光纤放大器(6)和第二环形器(8),适用于远距离测量,光信号通过第一光开关(4)进入第二光纤放大器(6),然后进入第二环形器(8),最终通过第二望远镜(10)发射激光和接收散射光信号,接收的散射光信号经过第一环形器(7)和第二光开关(11)进入2*2耦合器(13)。

2. 根据权利要求1所述的无盲区的相干测风激光雷达系统,其特征在于:

所述两个光纤放大器包括第一光纤放大器(5)和第二光纤放大器(6),所述第一光纤放大器(5)连接第一环形器(7),第一环形器(7)连接第一望远镜(9),所述第二光纤放大器(6)连接第二环形器(8),第二环形器(8)连接第二望远镜(10),所述第一环形器(7)和第二环形器(8)还连接第二光开关(11),第二光开关(11)连接2*2耦合器(13)。

一种无盲区的相干测风激光雷达系统

技术领域

[0001] 本发明涉及激光雷达技术领域,特别涉及一种无盲区的相干测风激光雷达系统。

背景技术

[0002] 现有的激光测风雷达分为两类,一类是连续波激光测风雷达,另一类是脉冲式激光测风雷达。

[0003] 连续波激光测风雷达工作时,通过改变光学聚焦位置实现距离的分辨,随着聚焦位置向远处移动,聚焦光束的焦深增加,距离分辨率会下降,导致连续波激光测风雷达在远距离上无法聚焦,只限于近距离的测量。

[0004] 脉冲式激光测风雷达工作时,可不通过光学聚焦直接实现探测距离的分辨,不存在远距离聚焦的技术瓶颈,但由于激光发射脉宽时间宽度内存在近距离的探测盲区,所以只适用于远距离的探测。

[0005] 专利CN111398993A中所公开的一种无盲区脉冲相干测风激光雷达系统,通过使用反射镜,将激光雷达的光学收发装置接收到的大气后向散射的激光信号分成两部分:一部分通过中间通孔传输至远距离测量传输模块,形成远距离测量通道信号;另一部分经环形界面反射至近距离测量传输模块,形成近距离测量通道信号,从而实现无盲区的探测。但反射镜引入了额外的光学元件和光路,这导致光学路径更加复杂,增加光信号的损耗。特别是在长距离测量时,光学损耗可能会影响到信号的强度和质量,进而影响测量精度。

[0006] 专利CN105158770A中所公开的一种距离分辨率可调的相干测风激光雷达系统,虽然实现了相干测风激光雷达的距离分辨率可调,提高了相干测风激光雷达在不同分辨率要求场合下和不同天气情况下的适用程度,但是只适合远距离的探测。

[0007] 专利CN220381290U中所公开了一种基于偏振分束的无盲区相干测风激光雷达望远镜系统,利用偏振消光避免了盲区,但该系统中的偏振分束系统对环境条件敏感,例如温度变化和机械振动,这可能影响系统的稳定性和性能。

[0008] 专利CN116931003A中所公开的一种相干激光测风雷达装置通过发射多波长激光探测信号,能够提高激光雷达中激光信号的输出功率,从而能够提高激光雷达的探测性能。但是也没有解决存在探测盲区的问题。

[0009] 为此,本申请设计了一种无盲区的相干测风激光雷达系统,以解决上述问题。

发明内容

[0010] 本发明为了弥补现有技术中的不足,提供了一种无盲区的相干测风激光雷达系统。

[0011] 一种无盲区的相干测风激光雷达系统,包括连续单频窄线宽激光器,其特征在于:

[0012] 所述连续单频窄线宽激光器连接5/95耦合器,5/95耦合器连接声光调制器和衰减器,声光调制器连接第一光开关,第一光开关连接两个光纤放大器,两个光纤放大器分别通过环形器连接有望远镜,两个环形器连接第二光开关,第二光开关和衰减器连接2*2耦合

器,2*2耦合器连接平衡探测器,平衡探测器连接A/D采集装置,A/D采集装置信号处理控制单元,信号处理控制单元控制连接声光调制器、第一光开关和第二光开关。

[0013] 进一步地,为了更好的实现本发明,所述两个光纤放大器包括第一光纤放大器和第二光纤放大器,所述第一光纤放大器连接第一环形器,第一环形器连接第一望远镜,所述第二光纤放大器连接第二环形器,第二环形器连接第二望远镜,所述第一环形器和第二环形器还连接第二光开关。

[0014] 进一步地,为了更好的实现本发明,无盲区的相干测风激光雷达系统包括两个雷达模式,分别为脉冲模式和连续模式,由信号处理控制单元控制光开关的切换,通过对光开关施加电压或驱动信号来实现模式切换;同时信号处理控制单元控制声光调制器的工作模式,通过改变施加在声光调制器上的信号波形来改变其工作模式,例如声光调制器上施加方波脉冲信号,则声光调制器工作于脉冲模式,对激光产生移频和调制,如声光调制器上施加固定连续电压信号,则声光调制器工作于连续模式,对激光只产生移频没有调制。

[0015] 进一步地,为了更好的实现本发明,所述连续模式下,适用于近距离测量,光信号通过第一光开关进入第一光纤放大器,然后进入第一环形器,最终通过第一望远镜发射激光并同时接收散射光信号,接收的散射光信号通过第一环形器和第二光开关进入2*2耦合器。

[0016] 进一步地,为了更好的实现本发明,所述脉冲模式下,适用于远距离测量,光信号通过第一光开关进入第二光纤放大器,然后进入第二环形器,最终通过第二望远镜发射激光并同时接收散射光信号,接收的散射光信号通过第二环形器和第二光开关进入2*2耦合器。

[0017] 本发明的有益效果是:

[0018] 连续多普勒测风雷达通常适合近距离的高精度探测,而脉冲测风雷达则适合远距离的大范围扫描,结合两者可以实现从近到远的无盲区覆盖,即在雷达系统的探测范围内,无论距离远近都能实现精确的风场探测。将两种雷达结合使用可以根据具体需求动态选择不同的工作模式。例如,当需要详细高分辨率的近距离风速测量时,可以使用连续多普勒雷达;而在需要远距离大范围覆盖时,则可以切换到脉冲雷达模式。这种灵活性可以根据不同应用场景最大化雷达系统的性能。结合两种雷达的数据可以提供更全面和准确的风场信息,连续多普勒雷达提供高时间分辨率的局部测量数据,而脉冲雷达则提供高空间分辨率的远距离数据。结合连续波激光测风雷达和脉冲式激光测风雷达的特点,使用一套窄线宽激光种子源和双级声光调制器及探测处理系统,通过控制单元同步控制声光调制器和第一、第二光开关适时进行近距和远距测风,实现对风场的无盲区探测。综合利用两者的数据,可以优化信号处理算法,提升风速和风向的测量精度。虽然结合两种雷达会增加系统复杂性和成本,但相比分别建立两套独立雷达系统,整体成本更为合理,特别是对于需要覆盖广泛距离并要求高精度测量的应用,这种综合使用可以明显降低总体成本、精简所占空间。

附图说明

[0019] 图1为本发明的结构示意图。

[0020] 图中,

[0021] 1、连续单频窄线宽激光器,2、5/95耦合器,3、声光调制器,4、第一光开关,5、第一

光纤放大器,6、第二光纤放大器,7、第一环形器,8、第二环形器,9、第一望远镜,10、第二望远镜,11、第二光开关,12、衰减器,13、2*2耦合器,14、平衡探测器,15、A/D采集装置,16、信号处理控制单元。

具体实施方式

[0022] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述。显然,所描述的实施例仅仅是本发明的一部分实施例,而不是全部的实施例。通常在此处附图中描述和示出的本发明实施例的组件可以以各种不同的配置来布置和设计。

[0023] 因此,以下对在附图中提供的本发明的实施例的详细描述并非旨在限制要求保护的本发明的范围,而是仅仅表示本发明的选定实施例。基于本发明的实施例,本领域技术人员在没有做出创造性劳动的前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0024] 图1为本发明的一种具体实施例,图中连续单频窄线宽激光器1的波长为 $1.5\mu\text{m}$ 波段(其他波长如 $1.0\mu\text{m}$ 和 $2.0\mu\text{m}$ 均可)可以输出mW级功率的单频窄线宽激光,线宽 $<3\text{kHz}$,其与5/95耦合器2相连接,发出的光进入5/95耦合器2后将功率较小的光经衰减器12至合适功率作为本振光,功率较大的进入声光调制器3,根据测量距离的不同,声光调制器3将连续光调制成脉冲光并移频或仅对光进行移频不产生调制,这里的声光调制器3移频量为80MHz(其他移频量也可以,该值决定了测风雷达系统可测量的最大风速值,该值越大可测风速越大),经过调制或移频后的光通过第一光开关4进入不同的光纤放大器进行功率放大,最后通过环形器和望远镜发射到待测风场中。经过不同望远镜收到的信号光经过第二光开关11的控制与本振光在2*2耦合器13内进行拍频差分,作为正负两路接入平衡探测器14,平衡探测器14连接A/D采集装置15,A/D采集装置15将平衡探测器14输出的混频信号进行A/D转换后进行数据处理,信号处理控制单元16通过同步触发信号控制声光调制器3、第一光开关4和第二光开关11使系统工作于不同状态适于不同距离的测风,信号处理控制单元16同时进行信号分析处理获取风场信息。

[0025] 光开关部分的设计主要是为了实现在不同雷达模式之间的切换,即在脉冲模式和连续模式之间动态转换,以达到不同距离范围上多普勒测风的目的。光开关在这里起到关键作用,它可以控制光的传输路径,使得雷达系统能够根据需要快速切换到不同的工作模式,因为连续光放大和脉冲光放大所使用的放大器参数不同,而且对应的光学镜头不同。光开关的切换由信号处理控制单元16控制,通过对光开关施加电压或驱动信号来实现快速切换,信号处理控制单元16能够根据雷达系统的工作状态和输入信号,自动地选择合适的工作模式。在相干激光测风雷达的应用场景中,对于近距离测量(如1m-200m),连续波模式的激光测风雷达尤为适用。在这种模式下,光信号通过第一光开关4进入第一光纤放大器5,然后进入第一环形器7,最终通过第一望远镜9收集风场信息,第一望远镜9发射激光和接收散射光信号,接收的散射光信号经过第一环形器7和第二光开关11进入2*2耦合器13。而对于远距离测量(例如100m-5000m),则需要切换至脉冲模式。此时,光信号通过第一光开关4进入第二光纤放大器6,随后进入第二环形器8,并通过第二望远镜10完成风场数据的采集,第二望远镜10发射激光和接收散射光信号,接收的散射光信号经过第一环形器7和第二光开关11进入2*2耦合器13。

[0026] 结合连续波激光测风雷达和脉冲式激光测风雷达的特点,本实施例使用一套窄线

宽激光种子源和双级声光调制器(AOM)及探测系统,通过控制单元同步控制声光调制器和两个光开关,适时进行近距和远距测风,实现对风场的无盲区探测。

[0027] 在本实施例中,激光测风雷达工作模式的切换也可以利用集成的智能传感器,例如具有自适应功能的传感器组件,可以根据环境条件或预设的参数自动调整雷达的工作模式,从而实现更高效的数据采集和处理,只要是能自动的切换雷达的工作模式都可以。

[0028] 最后说明的是,以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非限制,本领域普通技术人员对本发明的技术方案所做的其他修改或者等同替换,只要不脱离本发明技术方案的精神和范围,均应涵盖在本发明的权利要求范围当中。

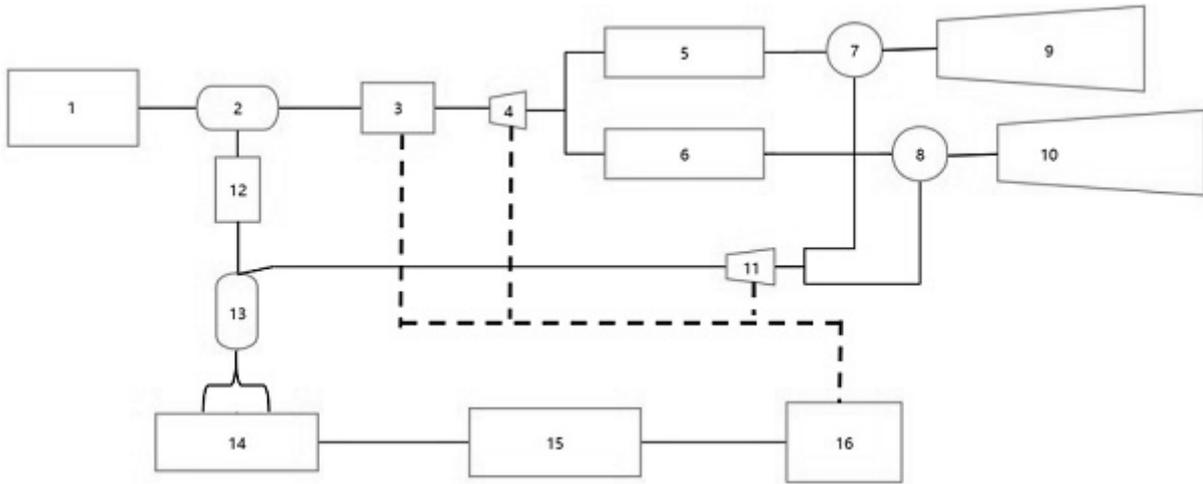


图1