



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111596312 B

(45) 授权公告日 2022.05.17

(21) 申请号 202010547886.7

CN 110703278 A, 2020.01.17

(22) 申请日 2020.06.16

CN 110165708 A, 2019.08.23

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 110082772 A, 2019.08.02

申请公布号 CN 111596312 A

CN 201464659 U, 2010.05.12

(43) 申请公布日 2020.08.28

CN 201607407 U, 2010.10.13

(73) 专利权人 南京晓庄学院

CN 109313328 A, 2019.02.05

地址 211171 江苏省南京市江宁区弘景大道3601号

CN 204009074 U, 2014.12.10

CN 110261864 A, 2019.09.20

US 2019146090 A1, 2019.05.16

(72) 发明人 夏媛 李亚娟 张磊

Yajuan Li, et al. A Combined Rotational

(74) 专利代理机构 南京苏高专利商标事务所

Raman-Rayleigh Lidar for Atmospheric

(普通合伙) 32204

Temperature Measurements Over 5-80 km

专利代理师 徐红梅

With Self-Calibration.《IEEE TRANSACTIONS

(51) Int. Cl.

ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING》.2016, 全文.

G01S 17/95 (2006.01)

丁宇星 等. 基于InGaAs探测器的日光条件

G01S 7/481 (2006.01)

光子计数实验.《中国激光》.2018, 第45卷(第11

期), 全文.

(56) 对比文件

审查员 马雪洁

CN 108562910 A, 2018.09.21

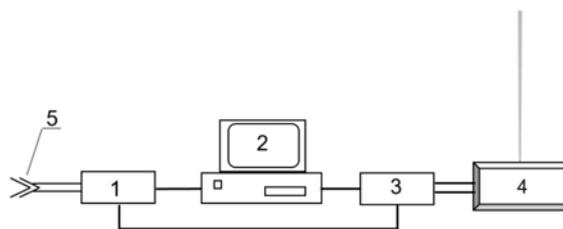
权利要求书2页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

一种共振荧光散射激光雷达激光发射功率优化控制装置及控制方法

(57) 摘要

本发明公开了一种共振荧光散射激光雷达激光发射功率优化控制装置及控制方法,方法包括,获取被探测金属层的共振荧光激发饱和和激光功率阈值 P_0 ,采集晴空时激光雷达在输出功率为 P_0 时对应的回波信号,获得低空参考高度 Z_0 上单脉冲光子计数信号临界值 PC_0 ;将实时采集的参考高度 Z_0 上单脉冲光子计数信号 PC_1 与临界值 PC_0 进行比较,判断当前激光发射功率是否会引起金属层荧光激发饱和效应或低效率激发;根据激光发射功率是否引起金属层荧光激发饱和效应或低效率激发的判断结果,输出激光发射功率控制信号。本发明可根据实时天气情况下低空大气对发射激光的不同衰减程度,优化激光发射功率,能够实现高效、精确的金属层探测。



CN 111596312 B

1. 一种共振荧光散射激光雷达激光发射功率优化控制方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1、获取被探测金属层的共振荧光激发饱和激光功率阈值 P_0 ,并利用光子计数卡采集晴空时激光雷达在激光发射功率为 P_0 时对应的回波信号实时存储到工控机,获得低空不受气溶胶影响的参考高度 Z_0 上单脉冲光子计数信号临界值 PC_0 ;

获得参考高度 Z_0 上单脉冲光子计数信号临界值 PC_0 的计算方法为:

S11、计算步骤S1中采集的晴空时激光雷达在激光发射功率为 P_0 时对应的回波信号150~160km高度段的平均光子数作为第一背景本底噪声 N_0 ;

S12、将步骤S1中采集的晴空时激光雷达在激光发射功率为 P_0 时对应的回波信号减去第一背景本底噪声 N_0 ,以扣除第一背景本底噪声;

S13、计算扣除背景本底噪声后的回波信号在参考高度 Z_0 范围内光子计数值的单脉冲平均值,即为临界值 PC_0 ;

S2、利用光子计数卡实时采集激光雷达回波信号并存储到工控机,工控机将回波信号在参考高度 Z_0 上的单脉冲光子计数值 PC_1 与临界值 PC_0 进行比较,判断当前天气条件下激光发射功率是否会引起金属层荧光激发饱和效应或者低激发效率;

获得实时采集的参考高度 Z_0 上单脉冲光子计数值 PC_1 的计算方法为:

S21、计算步骤S2中获得的激光雷达回波信号150~160km高度段的平均光子数作为第二背景本底噪声 N_1 ;

S22、将步骤S2中获得的激光雷达回波信号减去第二背景本底噪声 N_1 ,以扣除第二背景本底噪声;

S23、计算扣除第二背景本底噪声后的回波信号在参考高度 Z_0 范围内光子计数值的单脉冲平均值,即为 PC_1 ;

S3、根据步骤S2激光发射功率是否引起金属层荧光激发饱和效应或者低激发效率的判断结果,工控机输出激光发射功率控制信号给激光器控制模块,实时控制工作激光器的激光发射功率。

2. 根据权利要求1所述的共振荧光散射激光雷达激光发射功率优化控制方法,其特征在于,步骤S1中参考高度 Z_0 设定为不受低空气溶胶散射影响且激光雷达回波信号信噪比较高的30~35km高度段。

3. 根据权利要求1所述的共振荧光散射激光雷达激光发射功率优化控制方法,其特征在于,步骤S2中判断当前天气条件下激光发射功率是否引起金属层荧光激发饱和效应或者低激发效率的方法为:当 $PC_1/PC_0 > 1.1$ 时,则判定此时激光发射功率经过低层大气衰减后激发高空金属层时会产生显著的饱和效应;当 $PC_1/PC_0 < 0.7$ 时,则判定此时激光发射功率经过低层大气衰减后激发高空金属层时没有产生饱和效应的风险,但激发功率偏低;当 $0.7 \leq PC_1/PC_0 \leq 1.1$ 时,则判定此时激光发射功率经过低层大气衰减后激发高空金属层不会产生严重的饱和效应,且激发效率较高,能保证较好的回波信号探测信噪比。

4. 根据权利要求1所述的共振荧光散射激光雷达激光发射功率优化控制方法,其特征在于,步骤S3中输出激光发射功率控制信号的方法为:当 $PC_1/PC_0 > 1.1$ 或 $PC_1/PC_0 < 0.7$ 时,工控机向激光器控制模块发出指令,将工作激光器的控制电流调整为当前值的 PC_0/PC_1 倍;当 $0.7 \leq PC_1/PC_0 \leq 1.1$ 时,工控机不输出激光发射功率控制信号,维持当前工作激光器输出

功率不变。

5. 根据权利要求1所述的共振荧光散射激光雷达激光发射功率优化控制方法,其特征
在于,该方法采用的控制装置,包括光子计数卡(1)、工控机(2)、激光器控制模块(3)和工作
激光器(4),光子计数卡(1)的输入端一方面接收激光雷达回波信号,另一方面接收激光器
控制模块(3)输出的同步时序信号,光子计数卡(1)输出端与工控机(2)连接,使光子计数数
据实时读取并保存到工控机(2)上,工控机(2)与激光器控制模块(3)的输入端连接,激光器
控制模块(3)接收工控机(2)发出的控制信号,然后输出激光器功率控制信号至工作激光器
(4),控制工作激光器(4)的激光发射功率。

6. 根据权利要求5所述的共振荧光散射激光雷达激光发射功率优化控制方法,其特征
在于,激光器控制模块(3)是由高性能的DSP芯片构成,用于接受工控机(2)发出的控制信
号,并对接受的信号进行数模转换和放大,输出信号用于控制工作激光器(4)的工作电流,
进一步控制工作激光器(4)的激光发射功率。

一种共振荧光散射激光雷达激光发射功率优化控制装置及控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及激光雷达大气探测技术,具体涉及一种共振荧光散射激光雷达激光发射功率优化控制装置及控制方法。

背景技术

[0002] 共振荧光散射激光雷达是开展高层大气金属层高时空分辨探测的重要手段。随着激光技术的进步,使得获得大功率高性能的荧光激光雷达发射激光源日趋便捷。采用较大激光发射功率进行探测可以获得较高的回波信号信噪比,有助于开展高时空分辨的大气金属层快速变化过程研究。然而,大气透射率是影响激光雷达回波信号最重要的不确定因素,而低空存在的云、气溶胶是影响大气透射率的重要来源。低空大气条件变化时,激光发射功率被衰减的程度不同,激发高空金属层的激光功率也会产生变化,如在低空云、气溶胶较少时,此时大气透射率高,过高的激光发射功率易导致金属层荧光激发饱和效应,给探测结果带来较大的误差甚至使结果失真;在低空云、气溶胶较多时,此时大气透射率低,使得穿透低层大气到达高空金属层的激光功率被大大衰减,探测信噪比降低,导致探测结果的随机误差增大,甚至使得数据不可用,降低了探测结果的连续性。

[0003] 目前,金属层荧光激光雷达均采用恒定激光功率发射,在低空有间接性云层等情况下时,激发金属层的激光功率降低,回波信号信噪比大大降低,而采用较强的单脉冲激光发射能量时需要使用较大的激光发散角来避免饱和效应的产生,而在不改变接收视场的前提下采用大的激光发散角容易使发射和接收视场不完全匹配,导致高空或者低空信号部分损失,对探测结果产生较大误差。

发明内容

[0004] 发明目的:本发明的一个目的是提供一种共振荧光散射激光雷达激光发射功率优化控制装置。

[0005] 本发明的另一个目的是提供一种可以根据低空大气对激光发射功率的不同衰减情况,控制最佳激光发射功率,能够实现高效、准确的金属层探测的共振荧光散射激光雷达激光发射功率优化控制方法。

[0006] 技术方案:本发明的共振荧光散射激光雷达激光发射功率优化控制装置,包括光子计数卡、工控机、激光器控制模块和工作激光器,光子计数卡的输入端一方面接收激光雷达回波信号,另一方面接收激光器控制模块输出的同步时序信号,光子计数卡输出端与工控机连接,使光子计数数据实时读取并保存到工控机上,工控机与激光器控制模块的输入端连接,激光器控制模块接收工控机发出的控制信号,然后输出激光器功率控制信号至工作激光器,控制工作激光器的激光发射功率。

[0007] 优选的,激光器控制模块是由高性能的DSP芯片构成,用于接受工控机发出的控制信号,并对接受的信号进行数模转换和放大,输出信号用于控制工作激光器的工作电流,进

一步控制工作激光器的激光发射功率。

[0008] 一种共振荧光散射激光雷达激光发射功率优化控制方法,包括以下步骤:

[0009] S1、获取被探测金属层的共振荧光激发饱和和激光功率阈值 P_0 ,并采集晴空时激光雷达在激光发射功率为 P_0 时对应的回波信号,获得低空不受气溶胶影响的参考高度 Z_0 上单脉冲光子计数信号临界值 PC_0 ;

[0010] S2、利用光子计数卡实时采集激光雷达工作时的回波信号并存储到工控机,工控机将实时采集的回波信号在参考高度 Z_0 上的单脉冲光子计数值 PC_1 与临界值 PC_0 进行比较,判断当前天气条件下激光发射功率是否会引起金属层荧光激发饱和效应或者低激发效率;

[0011] S3、根据步骤S2激光发射功率是否引起金属层荧光激发饱和效应或者低激发效率的判断结果,工控机输出激光发射功率控制信号给激光器控制模块,实时控制工作激光器的激光发射功率。

[0012] 进一步的,步骤S1中参考高度 Z_0 设定为不受低空气溶胶散射影响且激光雷达回波信号信噪比较高的30~35km高度段。

[0013] 进一步的,步骤S1中获得参考高度 Z_0 上单脉冲光子计数信号临界值 PC_0 的计算方法为:

[0014] S11、计算步骤S1中采集的晴空时激光雷达在激光发射功率为 P_0 时对应的回波信号150~160km高度段的平均光子数作为第一背景本底噪声 N_0 ;

[0015] S12、将步骤S1中采集的晴空时激光雷达在激光发射功率为 P_0 时对应的回波信号减去第一背景本底噪声 N_0 ,以扣除第一背景本底噪声;

[0016] S13、计算扣除背景本底噪声后的回波信号在参考高度 Z_0 范围内光子计数值的单脉冲平均值,即为临界值 PC_0 。

[0017] 进一步的,步骤S2中获得实时采集的参考高度 Z_0 上单脉冲光子计数值 PC_1 的计算方法为:

[0018] S21、计算步骤S2中获得的激光雷达回波信号150~160km高度段的平均光子数作为第二背景本底噪声 N_1 ;

[0019] S22、将步骤S2中获得的激光雷达回波信号减去第二背景本底噪声 N_1 ,以扣除第二背景本底噪声;

[0020] S23、计算扣除第二背景本底噪声后的激光雷达回波信号在参考高度 Z_0 范围内光子计数值的单脉冲平均值,即为 PC_1 。

[0021] 进一步的,步骤S2中判断当前天气条件下激光发射功率是否引起金属层荧光激发饱和效应或者低激发效率的方法为:当 $PC_1/PC_0 > 1.1$ 时,则判定此时激光发射功率经过低层大气衰减后激发高空金属层时会产生显著的饱和效应;当 $PC_1/PC_0 < 0.7$ 时,则判定此时激光发射功率经过低层大气衰减后激发高空金属层时没有产生饱和效应的风险,但激发功率偏低;当 $0.7 \leq PC_1/PC_0 \leq 1.1$ 时,则判定此时激光发射功率经过低层大气衰减后激发高空金属层不会产生严重的饱和效应,且激发效率较高,能保证较好的回波信号探测信噪比。

[0022] 进一步的,步骤S3中输出激光发射功率控制信号的方法为:当 $PC_1/PC_0 > 1.1$ 或 $PC_1/PC_0 < 0.7$ 时,工控机向激光器控制模块发出指令,将工作激光器的控制电流调整为当前值的 PC_0/PC_1 倍;当 $0.7 \leq PC_1/PC_0 \leq 1.1$ 时,工控机不输出激光发射功率控制信号,维持当前工作激光器输出功率不变。

[0023] 有益效果:与现有技术相比,本发明具有以下优点:

[0024] (1)可以根据低空大气环境的实时变化实现金属层激光雷达在最佳激光发射功率下工作,可获得较高的探测信号信噪比,提高观测数据的连续性,同时避免金属层饱和效应对探测产生的误差;

[0025] (2)采用激光发射功率的动态控制,还可以避免激光器长时间在较大功耗下工作,延长激光器寿命的同时降低了能耗;

[0026] (3)在现有的激光雷达系统上进行改造,实现简单方便,成本低。

附图说明

[0027] 图1是本发明控制装置的结构示意图;

[0028] 图2是本发明控制方法中激光雷达回波信号随高度变化及选取的参考高度和背景噪声范围示意图。

具体实施方式

[0029] 下面结合附图和具体实施方式,进一步阐明本发明。

[0030] 为了高效精确的探测大气金属层,需要根据低空大气条件对激光发射功率进行优化调节,在低空云、气溶胶较多导致激光发射功率衰减较大的情况下,适当提高发射功率,改善探测信号的信噪比,而在低空云、气溶胶较少,激光发射功率衰减较小的情况下,适当降低发射功率,避免金属层荧光激发产生饱和效应。

[0031] 如图1所示,本发明的共振荧光散射激光雷达激光发射功率优化控制装置,包括光子计数卡1、工控机2、激光器控制模块3和工作激光器4,所述光子计数卡1的输入端一方面接收激光雷达回波信号5,另一方面接收激光器控制模块3输出的同步时序信号,光子计数卡1输出端与所述工控机2连接,使光子计数数据实时读取并保存到工控机2上,工控机2上可进行低空单脉冲光子计数阈值设置,工控机2与激光器控制模块3的输入端连接,激光器控制模块3接收工控机发出的控制信号,根据激光功率优化调节方法,输出激光器功率控制信号至工作激光器4,控制工作激光器4的激光发射功率。激光器控制模块3是由高性能的DSP芯片构成,用于接受工控机2发出的控制信号,并对接受的信号进行数模转换和放大,输出信号用于控制工作激光器4的工作电流,实现控制工作激光器4的激光发射功率。

[0032] 共振荧光散射激光雷达激光发射功率优化控制方法,是通过激光器控制模块3对工作激光器4的激光发射功率进行控制来实现的,根据低空大气条件,控制最佳激光发射功率,能够实现高效、准确的金属层探测,包括以下步骤:

[0033] S1、获取被探测金属层的共振荧光激发饱和激光功率阈值 P_0 ,并利用光子计数卡采集晴空时激光雷达在激光发射功率为 P_0 时对应的回波信号实时存储到工控机,获得低空参考高度 Z_0 上单脉冲光子计数信号临界值 PC_0 ;

[0034] 图2中曲线给出了0-180km高度范围内的激光雷达回波信号,30km以下的信号包含了激光与低空气溶胶、尘埃等相互作用引起的米散射回波信号以及激光激发大气分子产生的瑞利散射回波信号,30-78km高度段的信号主要为激光激发大气分子产生的瑞利散射回波信号,信号强度随高度衰减,78-130km高度段的信号主要为激光激发金属层产生的共振荧光回波信号,130km以上主要为背景噪声信号;参考高度 Z_0 设定为不受低空气溶胶散射影

响且激光雷达回波信号信噪比较高的30~35km高度段,如图2所示;被探测金属层的共振荧光激发饱和和激光功率阈值 P_0 可通过工控机2进行计算得出;激光发射功率 P_0 通过工控机2对激光器控制装置3发出指令控制工作激光器4来实现;低空参考高度 Z_0 上单脉冲光子计数信号临界值 PC_0 通过光子计数卡采集回波信号后传输到工控机3通过计算得到,获得 PC_0 的计算步骤为:

[0035] S11、计算步骤S1中采集的晴空时激光雷达在激光发射功率为 P_0 时对应的回波信号150~160km高度段的平均光子数作为第一背景本底噪声 N_0 ;

[0036] S12、将步骤S1中采集的晴空时激光雷达在激光发射功率为 P_0 时对应的回波信号减去第一背景本底噪声 N_0 ,以扣除第一背景本底噪声;

[0037] S13、计算扣除背景本底噪声后的回波信号在参考高度 Z_0 范围内光子计数值的单脉冲平均值,即为临界值 PC_0 。

[0038] S2、利用光子计数卡实时采集激光雷达回波信号并存储到工控机,工控机将回波信号在参考高度 Z_0 上的单脉冲光子计数值 PC_1 与临界值 PC_0 进行比较,判断当前天气条件下激光发射功率是否会引起金属层荧光激发饱和和效应或者低激发效率。

[0039] 获得实时采集的参考高度 Z_0 上单脉冲光子计数信号 PC_1 的计算步骤为:

[0040] S21、计算步骤S2中获得的激光雷达回波信号150~160km高度段的平均光子数作为第二背景本底噪声 N_1 ;

[0041] S22、将步骤S2中获得的激光雷达回波信号减去第二背景本底噪声 N_1 ,以扣除第二背景本底噪声;

[0042] S23、计算扣除第二背景本底噪声后的回波信号在参考高度 Z_0 范围内光子计数值的单脉冲平均值,即为 PC_1 。

[0043] 判断当前天气条件下激光发射功率是否引起金属层荧光激发饱和和效应或者低激发效率的方法为:当 $PC_1/PC_0 > 1.1$ 时,则判定此时激光发射功率经过低层大气衰减后激发高空金属层时会产生显著的饱和效应;当 $PC_1/PC_0 < 0.7$ 时,则判定此时激光发射功率经过低层大气衰减后激发高空金属层时没有产生明显饱和效应的风险,且激发功率偏低;当 $0.7 \leq PC_1/PC_0 \leq 1.1$ 时,则判定此时激光发射功率经过低层大气衰减后激发高空金属层不会产生严重的饱和效应,且激发效率较高,能保证较好的回波信号探测信噪比。

[0044] S3、根据步骤S2激光发射功率是否产生金属层荧光激发饱和和效应或者较低激发效率的判断结果,工控机输出激光发射功率控制信号给激光器控制模块。输出激光发射功率控制信号方法为:当 $PC_1/PC_0 > 1.1$ 或 $PC_1/PC_0 < 0.7$ 时,计算机向激光器控制模块发出指令,将激光器控制电流调整为当前值的 PC_0/PC_1 倍($PC_0/PC_1 < 1$ 时即为降低电流,从而降低激光发射功率,避免发生严重的金属层饱和效应,反之 $PC_0/PC_1 > 1$ 时即为提高电流,以提高激光发射功率,从而提高荧光激发效率;当 $0.7 \leq PC_1/PC_0 \leq 1.1$ 时,不输出激光发射功率控制信号,维持当前激光器输出功率不变。

[0045] 通过实时采集低空单脉冲回波光子计数信号并与临界值进行比较,输出控制信号动态控制工作激光器输出功率。

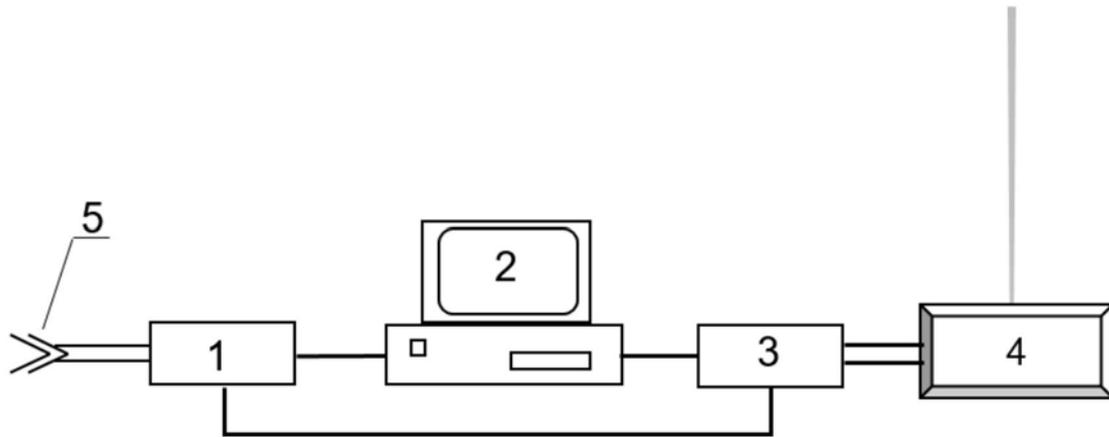


图1

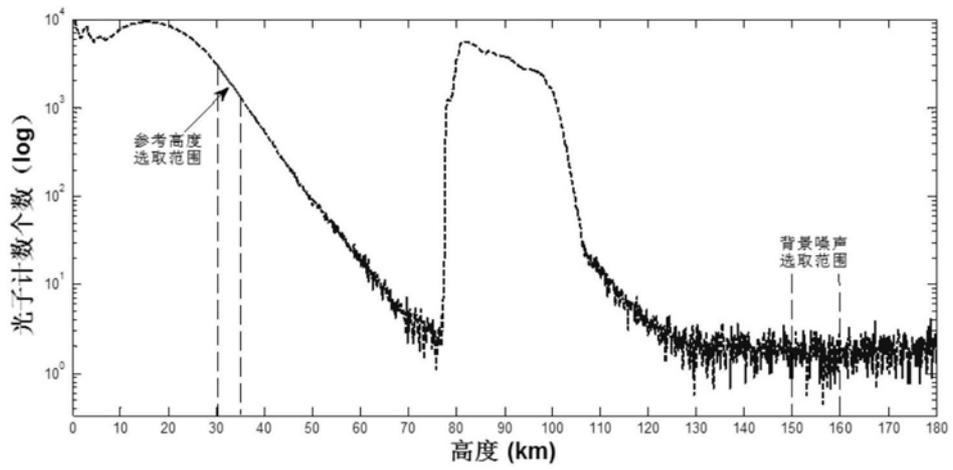


图2