(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 119001735 A
(43)申请公布日 2024.11.22

(21)申请号 202411277299.5

(22)申请日 2018.11.05

(30)优先权数据
15/835374 2017.12.07 US

(62)分案原申请数据
201880078830.2 2018.11.05

(71)申请人 威力登激光雷达美国有限公司
地址 美国加利福尼亚

(72)发明人 K·K·刚纳姆 K·高 N·S·巴罗 A·戈帕兰 D·霍尔

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001
专利代理师 李雪娜 陈岚

(51)Int.Cl.
G01S 17/10(2020.01)
G01S 7/481(2006.01)
G01S 7/484(2006.01)
G01S 7/487(2006.01)
G01S 7/489(2006.01)
G01S 17/06(2006.01)

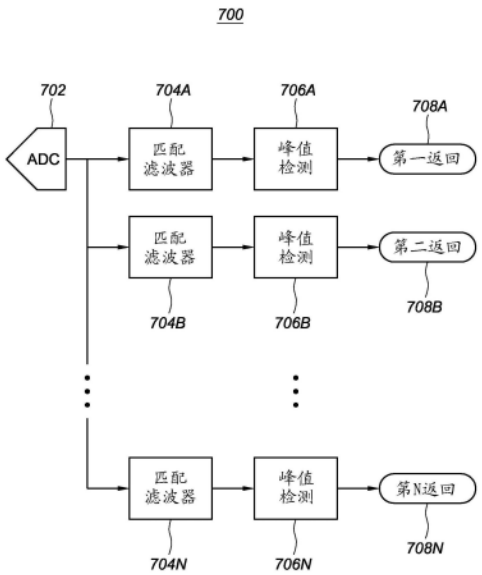
权利要求书3页 说明书14页 附图14页

(54)发明名称

用于高效多返回光检测器的系统和方法

(57)摘要

本文中所描述的是可以高效地检测多返回光信号的系统和方法。诸如LIDAR系统之类的光检测和测距系统可以发射激光光束,所述激光光束可以在一条线上以不同距离击中多个物体,从而使得多返回光信号由系统接收。多返回检测器可以能够分析返回信号中的多个峰值的峰值幅度,并且确定多个峰值,诸如第一峰值、最后峰值以及最大峰值。检测多返回光信号的一个实施例可以是多返回递归匹配滤波器检测器。该检测器包括匹配滤波器、峰值检测器、质心计算以及归零功能。



CN 119001735 A

1.一种用于光检测和测距(LIDAR)系统的多返回光信号检测方法,所述方法包括:

接收在时间段内具有多个峰值的多返回信号;

至少部分地基于发射激光束的脉冲形状对多返回信号进行滤波,以产生经滤波的信号;

识别所述时间段中经滤波的信号的两个或更多个峰值的序列;以及

从序列中识别以下中的至少两个:

序列中的最大峰值;

序列中时间上第一峰值;以及

序列中时间上最后峰值。

2.根据权利要求1所述的方法,其中,对多返回信号进行滤波包括将多返回信号与具有发射激光束的脉冲形状的信号相关。

3.根据权利要求1所述的方法,其中,对多返回信号进行滤波包括将多返回信号与具有发射激光束的脉冲形状的信号进行卷积。

4.根据权利要求1所述的方法,其中,对多返回信号进行滤波包括使用一个或多个匹配滤波器来产生经滤波的信号。

5.根据权利要求4所述的方法,其中,使用一个或多个匹配滤波器产生经滤波的信号优化经滤波的信号的信噪比。

6.根据权利要求1所述的方法,其中识别所述时间段中的经滤波的信号的两个或更多个峰值的序列包括识别具有超过预设阈值的相应幅度的经滤波的信号的每个峰值。

7.根据权利要求6所述的方法,还包括基于目标速率误差或操作噪声环境中的至少一个来调整预设阈值。

8.根据权利要求1所述的方法,其中识别经滤波的信号的两个或更多个峰值的序列包括导出序列中两个或更多个峰值中的每一个的时间位置和相对幅度。

9.根据权利要求8所述的方法,其中对于两个或更多个峰值中的每一个,导出相应峰值的时间位置包括确定相应峰值的质心。

10.根据权利要求8所述的方法,其中,导出序列中两个或更多个峰值中的每一个的时间位置和相对幅度包括迭代地执行操作,所述操作包括:

由峰值检测器检测经滤波的信号的当前最大峰值;

基于当前最大峰值的质心导出当前最大峰值的时间位置;以及

从经滤波的信号中消除当前最大峰值。

11.根据权利要求1所述的方法,还包括在接收多返回信号之前发射激光束。

12.一种用于光检测和测距(LIDAR)系统的多返回光信号检测方法,所述方法包括:

接收在时间段内具有多个峰值的多返回信号;

至少部分地基于发射激光束的脉冲形状对多返回信号进行滤波,以产生经滤波的信号;

识别所述时间段中经滤波的信号的最大峰值;

从经滤波的信号中消除最大峰值;

以及检测隐藏在时间上出现在最大峰值之后的炫目点中的峰值。

13.根据权利要求12所述的方法,还包括在接收多返回信号之前发射激光束。

14.根据权利要求12所述的方法,其中,对多返回信号进行滤波包括将多返回信号与具有发射激光束的脉冲形状的信号进行卷积。

15.根据权利要求12所述的方法,其中检测隐藏在炫目点中的峰值包括:

针对时间段中的两个或更多个峰值的序列选择和存储多个感兴趣区域的样本;以及

使用感兴趣区域的样本将最大峰值的波形的贡献归零。

16.一种光检测和测距(LIDAR)系统,包括:

一个或多个信号处理组件,被配置为:

接收在时间段内具有多个峰值的多返回信号;

至少部分地基于发射激光束的脉冲形状来对多返回信号进行滤波,以产生经滤波的信号;

识别所述时间段中经滤波的信号的最大峰值;

从经滤波的信号中消除最大峰值;以及

检测隐藏在时间上出现在最大峰值之后的炫目点中的峰值。

17.根据权利要求16所述的系统,还包括发射器,其被配置为在接收多返回信号之前发射激光束。

18.根据权利要求16所述的系统,其中对多返回信号进行滤波包括将多返回信号与具有发射激光束的脉冲形状的信号进行卷积。

19.根据权利要求16所述的系统,其中,检测隐藏在炫目点中的峰值包括:

针对时间段中的两个或更多个峰值的序列选择和存储多个感兴趣区域的样本;以及

使用感兴趣区域的样本将最大峰值的波形的贡献归零。

20.一种用于光检测和测距(LIDAR)系统的多返回光信号检测方法,所述方法包括:

接收在时间段内具有多个峰值的多返回信号;

至少部分地基于发射激光束的脉冲形状对多返回信号进行滤波,以产生经滤波的信号;

识别所述时间段中经滤波的信号的两个或更多个峰值的序列;

从两个或更多个峰值的序列中选择至少一个峰值;以

识别以至少一个所选择的峰值中的每一个为中心的多个样本。

21.根据权利要求20所述的方法,其中,对多返回信号进行滤波包括将多返回信号与具有发射激光束的脉冲形状的信号进行卷积。

22.根据权利要求20所述的方法,还包括:

针对每个所选择的峰值,至少部分基于以所选择的峰值为中心的样本确定所选择的峰值的质心;以及

针对每个所选择的峰值,基于所选择的峰值的质心确定到达时间和强度饱和计数。

23.根据权利要求20所述的方法,其中识别所述时间段中经滤波的信号的两个或更多个峰值的序列包括识别具有超过预设阈值的相应幅度的经滤波的信号的每个峰值,并且其中误警报的概率取决于所述预设阈值。

24.根据权利要求20所述的方法,其中,对多返回信号进行滤波是由以每时钟8个样本的速率操作的匹配滤波器执行的。

25.根据权利要求20所述的方法,其中至少部分基于均值和方差噪声统计来识别两个

或更多个峰值的序列。

26.根据权利要求20所述的方法,其中,所选择的峰值是最大峰值和第二大峰值中的至少一个。

27.根据权利要求20所述的方法,其中,所选择的峰值是第一到达峰值和最后到达峰值中的至少一个。

28.根据权利要求20所述的方法,其中围绕两个或更多个峰值的序列中的两个或更多个峰值的每一个识别样本。

29.一种光检测和测距(LIDAR)系统,包括:

发射器,其被配置为发射激光束;

光检测器,其被配置为接收在时间段内具有多个峰值的多返回信号;

匹配滤波器电路,其被配置为至少部分地基于发射激光束的脉冲形状对多返回信号进行滤波,以产生经滤波的信号;以及

峰值滤波器电路,其被配置为:

识别所述时间段中经滤波的信号的两个或更多个峰值的序列;

从两个或更多个峰值的序列中选择至少一个峰值;以及

使缓冲器存储以至少一个所选择的峰值中的每一个为中心的多个样本。

30.根据权利要求29所述的系统,其中对多返回信号进行滤波包括将多返回信号与具有发射激光束的脉冲形状的信号进行卷积。

31.根据权利要求29所述的系统,其中选择至少一个峰值包括:

确定所述时间段内两个或更多个峰值中的每一个的峰值幅度;以及基于到达时间从两个或更多个峰值中选择至少一个峰值。

32.根据权利要求29所述的系统,其中质心计算电路:

针对每个所选择的峰值,至少部分基于围绕所选择的峰值识别的样本,确定所选择的峰值的质心;以及

针对每个所选择的峰值,基于所选择的峰值的质心,确定到达时间和强度饱和计数。

33.根据权利要求32所述的系统,其中匹配滤波器以每时钟8个样本的速率操作。

34.根据权利要求29所述的系统,其中所述缓冲器存储围绕所选择的峰值的10个样本。

35.根据权利要求29所述的系统,其中至少部分基于均值和方差噪声统计来确定两个或更多个峰值的序列。

36.根据权利要求29所述的系统,其中,所选择的峰值是最大峰值和第二大峰值中的至少一个。

37.根据权利要求29所述的系统,其中,所选择的峰值是第一到达峰值和最后到达峰值中的至少一个。

38.根据权利要求29所述的系统,其中,识别所述时间段中经滤波的信号的两个或更多个峰值的序列包括识别具有超过预设阈值的相应幅度的经滤波的信号的每个峰值,并且其中,误警报的概率取决于所述预设阈值。

39.根据权利要求29所述的系统,其中,存储围绕两个或更多个峰值的序列中的两个或更多个峰值的每一个的样本。

用于高效多返回光检测器的系统和方法

[0001] 本申请为分案申请,其母案的发明名称为“用于高效多返回光检测器的系统和方法”,申请日为2018年11月5日,申请号为201880078830.2。

[0002] 相关专利申请的交叉引用

[0003] 本专利申请要求在2017年12月7日提交的题为“用于高效多返回光检测器的系统和方法”(“SYSTEMS AND METHODS FOR EFFICIENT MULTI-RETURN LIGHT DETECTORS”)的共同拥有的美国专利申请号15/835,374(概要号20151-2159)的优先权,其列出K.K.刚纳姆、K.高、N.S.巴罗、A.戈帕兰以及D.霍尔为发明人,该专利文件以其整体并且为了所有目的通过引用合并在本文中。

技术领域

[0004] 本公开一般涉及用于检测多返回光信号的系统和方法。更特别地,本公开可以涉及LIDAR(光检测和测距)系统。

背景技术

[0005] 诸如LIDAR系统之类的光检测和测距系统可以采用光脉冲来基于每个光脉冲的飞行时间(TOF)而测量到物体的距离。从光检测和测距系统的光源发射的光脉冲与远端物体相互作用。光的一部分从物体反射并且返回到光检测和测距系统的检测器。基于光脉冲的发射和返回光脉冲的检测之间过去的时间,可以估计到物体的距离。在一些实施例中,可以由激光发射器生成光脉冲。光脉冲可以通过透镜或透镜组件来聚焦。光脉冲可以击中多个物体,每个具有与激光不同的距离,这导致多返回信号由光检测和测距系统检测器接收。多返回信号可以提供环境的更多信息以改进映射或重建。可能需要专用检测器来精确地识别具有其关联的时间延迟信息的每个返回。

[0006] 一般而言,光检测和测距系统检测器基于峰值检测技术,并且可以仅检测和记录一个或最多两个返回。在一个实施例中,与峰值检测器相关联的匹配滤波器可以仅检测一个返回。这样的检测器方法可能限制映射或重建的准确性。

[0007] 因此,所需要的是可以在光检测和测距系统(诸如LIDAR系统)中高效检测多返回光信号的系统和方法。

附图说明

[0008] 将参考本发明的实施例,所述实施例的示例可以在附图中图示。这些附图意图是说明性的,而不是限制性的。尽管本发明一般在这些实施例的上下文中描述,但是应当理解,其不意图将本发明的范围限制到这些特定的实施例。附图中的项目没有按照比例。

[0009] 图(“FIG.”)1描绘了根据本文件的实施例的光检测和测距系统的操作。

[0010] 图2图示了根据本文件的实施例的光检测和测距系统以及多返回光信号的操作。

[0011] 图3描绘了根据本文件的实施例的具有旋转镜的LIDAR系统。

[0012] 图4A描绘了根据当前公开的实施例的峰值检测器。

[0013] 图4B描绘了根据当前公开的实施例的基于操作噪声环境和目标错误率(误警报)的阈值检测。

[0014] 图4C图形地图示了根据当前公开的实施例的用于峰值检测器的阈值推导。

[0015] 图4D图形地图示了在“晴朗”噪声环境中设置阈值。

[0016] 图4E图形地图示了在“雾”噪声环境中设置阈值。

[0017] 图5描绘了根据本公开的实施例的匹配滤波器。

[0018] 图6描绘了根据本公开的实施例的基于匹配滤波器和峰值检测器的光检测器。

[0019] 图7描绘了根据本文件的实施例的多返回匹配滤波器检测器。

[0020] 图8描绘了根据本文件的实施例的多返回递归匹配滤波器检测器。

[0021] 图9图形地图示了根据本文件的实施例的由多返回递归信号检测器对各种多返回信号序列的最大峰值的选择。

[0022] 图10描绘了根据本文件的实施例的用于检测多返回光信号的流程图。

[0023] 图11A描绘了根据本文件的实施例的包括匹配滤波器和最大值寻找器的多返回检测器。

[0024] 图11B描绘了根据本文件的实施例的包括匹配滤波器和最大值寻找器的另一多返回检测器。

[0025] 图11C描绘了根据本文件的实施例的包括匹配滤波器和最大值寻找器的又另一多返回检测器。

[0026] 图11D描绘了根据本文件的实施例的包括匹配滤波器和最大值寻找器的又另一多返回检测器。

[0027] 图12A图形地图示了根据本文件的实施例的包括重叠波形1200的返回信号的波形。

[0028] 图12B图形地图示了根据本文件的实施例的图12A的两个重叠峰值的原始波形1220。

[0029] 图13A描绘了根据本文件的实施例的包括匹配滤波器、最大值寻找器和反炫目处理的多返回检测器。

[0030] 图13B描绘了根据本文件的实施例的包括匹配滤波器、最大值寻找器和反炫目处理的另一多返回检测器。

[0031] 图14描绘了根据本文件的实施例的计算设备/信息处置系统的简化框图。

具体实施方式

[0032] 在以下描述中,为了解释的目的,阐述了特定细节以便提供本发明的理解。然而,对于本领域技术人员来说将显而易见的是,可以在没有这些细节的情况下实践本发明。另外,本领域技术人员将认识到,下面所描述的本发明的实施例可以以各种方式实现,诸如在有形计算机可读介质上的过程、装置、系统、设备或方法。

[0033] 图中所示出的组件或模块说明本发明的示例性实施例,并且旨在避免模糊本发明。还应当理解,贯穿该讨论,所述组件可以描述为独立的功能单元,其可以包括子单元,但是本领域技术人员将认识到,各种组件或其部分可以被划分成单独的组件或可以集成在一起,其包括集成在单个系统或组件内。应当注意,本文中所讨论的功能或操作可以实现为组

件。组件可以以软件、硬件或其组合来实现。

[0034] 另外,附图内组件或系统之间的连接不意图限于直接连接。而是,这些组件之间的数据可以被修改、重新格式化或由中间组件以其它方式改变。还可以使用附加或较少的连接。还应当注意,术语“耦合”、“连接”或“通信耦合”应当被理解为包括直接连接、通过一个或多个中间设备的间接连接以及无线连接。

[0035] 说明书中对“一个实施例”、“优选的实施例”、“实施例”或“多个实施例”的引用意味着结合实施例描述的特定特征、结构、特性或功能包括在本发明的至少一个实施例中,并且可以在多于一个实施例中。说明书中各种地方中上述短语的出现也不一定全部指相同的(一个或多个)实施例。

[0036] 说明书中各种地方中的某些术语的使用是为了说明,而不应该被解释为限制性的。服务、功能或资源不限于单个服务、功能或资源;这些术语的使用可以指相关服务、功能或资源的分组,所述分组可以是分布式的或聚合的。

[0037] 术语“包括(include)”、“包括(including)”、“包含(comprise)”以及“包含(comprising)”应当理解为开放术语,并且以下任何列表是示例,而不意为限于所列出的项目。本文中所使用的任何标题是仅为了组织目的,而不应当被用于限制说明书或权利要求书的范围。该专利文件中所提到的每个参考文献以其整体通过引用合并在本文中。

[0038] 另外,本领域技术人员应当认识到:(1)可以可选地施行某些步骤;(2)步骤可以不限于本文中阐述的特定次序;(3)可以以不同的次序来施行某些步骤;以及(4)某些步骤可以同时进行。

[0039] A.光检测和测距系统

[0040] 诸如LIDAR系统之类的光检测和测距系统可以是测量系统周围环境的形状和轮廓的工具。LIDAR系统可以应用于多个应用,其包括表面的自主导航和航空映射二者。LIDAR系统发射光脉冲,其随后反射离开其中系统操作的环境内的物体。可以测量每个脉冲从发射到接收的行进时间(即飞行时间“TOF”),以确定物体和LIDAR系统之间的距离。该科学基于光物理学和光学。

[0041] 在LIDAR系统中,可以从迅速发射的激光发射光。激光行进通过介质并且反射离开环境中事物(比如,建筑、树枝和车辆)的点。经反射的光能量返回到LIDAR接收器(检测器),其中所述经反射的光能量被记录并且用于映射环境。

[0042] 图1描绘了根据本文件的实施例的光检测和测距系统102的操作100。光检测和测距系统102可以包括传输发射的光信号110的发射器104、包括检测器的接收器106以及系统控制和数据获取108。发射的光信号110传播通过介质并且反射离开物体112。返回光信号114传播通过介质并且由接收器106接收。系统控制和数据获取108可以控制由发射器104的光发射,并且数据获取可以记录由接收器106检测到的返回光信号114。数据分析和解释109可以接收来自系统控制和数据获取108的输出,并且施行数据分析功能。发射器104和接收器106可以包括光学透镜(未示出)。光检测和测距系统102可以是LIDAR系统,并且发射器104可以发射具有以特定序列的多个脉冲的激光光束。

[0043] 图2图示了根据本文件的实施例的光检测和测距系统202的操作200,所述光检测和测距系统202包括多返回光信号:(1)返回信号203以及(2)返回信号205。光检测和测距系统202可以是LIDAR系统。由于激光的光束发散,因此单个激光发射通常击中多个物体,从而

产生多个返回。光检测和测距系统202可以分析多个返回,并且可以报告最强返回、最后返回或两个返回。根据图2,光检测和测距系统202以近壁204和远壁208的方向发射激光。如所图示的,光束的大部分在区域206处击中近壁204,从而得到返回信号203,并且光束的另一部分在区域210处击中远壁208,从而得到返回信号205。与返回信号205相比,返回信号203可以具有较短的TOF以及较强的接收信号强度。只有两个物体之间的距离大于最小距离,光检测和测距系统202才可以记录两个返回。在单和多返回LIDAR系统二者中,重要的是,返回信号与发射的光信号准确地相关联,使得计算准确的TOF。

[0044] LIDAR系统的一些实施例可以以2-D(即单个平面)点云的方式来捕获距离数据。这些LIDAR系统通常可以用于工业应用中,并且通常可以重新目的化以用于调查、映射、自主导航以及其它用途。这些设备的一些实施例依赖于结合某种类型的移动镜的单个激光发射器/检测器对的使用来实现跨至少一个平面扫描。该镜不仅从二极管反射发射的光,而且可以将返回光反射到检测器。本申请中旋转镜的使用可以是实现90-180-360度的方位角视图而同时简化了系统设计和可制造性二者的手段。

[0045] 图3描绘了根据本文件的实施例的具有旋转镜的LIDAR系统300。LIDAR系统300采用结合旋转镜的单个激光发射器/检测器来有效地跨平面扫描。由这样的系统施行的距离测量实际上是二维的(即平面的),并且所捕获的距离点被渲染为2-D(即单个平面)点云。在一些实施例中,但是没有限制,旋转镜以非常快速的速度(例如,每分钟数千转)旋转。旋转镜也可以称为自旋(spinning)镜。

[0046] LIDAR系统300包括激光电子器件302,其包括单个光发射器和光检测器。发射的激光信号301可以被引导到固定镜304,其将发射的激光信号301反射到旋转镜306。当旋转镜306“旋转”时,发射的激光信号301可以在其传播路径中反射离开物体308。反射的信号303可以经由旋转镜306和固定镜304耦合到激光电子器件302中的检测器。

[0047] 如先前所述,飞行时间或TOF是LIDAR系统用来映射环境并且提供用于检测目标物体的可行且被证明的技术的方法。同时,当激光发射时,LIDAR系统内的固件可能正在分析和测量接收数据。LIDAR系统内的光学接收透镜表现得像望远镜一样,其聚集从环境返回的光子的碎片。系统中采用的激光越多,可以聚集关于环境的信息越多。与具有多个激光器的系统相比,单激光器LIDAR系统可能处于劣势,因为可以检索较少的光子,因此可以获取较少的信息。LIDAR系统的一些实施例(但是没有限制)已经用8个、16个、32个以及64个激光器来实现。一些LIDAR实施例(但是没有限制)也可以具有30-40°的垂直视场(FOV),其中激光光束间距紧至0.3°,并且可以具有每秒5-20转的旋转速度。

[0048] 旋转镜功能也可以用诸如MEMS之类的固态技术来实现。

[0049] B.多返回匹配滤波器检测器

[0050] 如先前所述,LIDAR系统的一个目的是多返回光信号的高效检测。实现该目的的一个方法可以是多返回匹配滤波器检测器。

[0051] 对于LIDAR传感器,如相对于图2所讨论的,一个激光发射可能在一条线上以不同的距离击中多个物体,从而使得多个返回信号被接收。在一些实施例中,可能需要专用检测器来精确地识别具有时间延迟信息的每个返回。多返回感知提供了环境的更多信息以用于映射或重建。许多当前LIDAR检测器基于峰值检测,并且可以仅检测和记录一个或最多两个返回。该架构可能限制映射或重建的准确率。

[0052] 1.峰值检测器

[0053] 简单而言,峰值检测器可以是其输出电压近似施加信号的真实峰值的检测器。峰值检测器在采样模式下跟踪信号,并且在保持模式下保留最高输入信号。图4A描绘了根据当前公开的实施例的峰值检测器400。输入信号402可以耦合到阈值比较器404,所述阈值比较器404继而可以耦合到缓冲器406,所述缓冲器406继而可以耦合到最大值寻找器408。最大值寻找器408的输出可以是峰值信号410。峰值检测器400的操作步骤可以包括:(1)阈值比较器404:将输入信号402与预设阈值进行比较,并且生成可能大于预设阈值的输出信号样本;(2)缓冲器406:对从阈值比较器404接收的输出采样器进行缓冲;以及(3)最大值寻找器408:确定缓冲器406中的样本之中的最大输出信号样本,并且生成峰值信号410。在一个实施例中,最大值寻找器确定最大峰值。在另一实施例中,最大值寻找器确定最大峰值和第二大峰值。操作步骤可以在特定时间段中执行。通过示例的方式,但是没有限制,检测器可以以每个时钟周期8个样本操作。因此,对于1000个样本,特定时间段可以是1000/8或125个时钟周期。时钟周期可以是毫秒。有关峰值检测器的挑战可能是,其可能需要以其最高(信噪)S/N比来操作,以便将信号与噪声区分。这可能意味着在阈值比较器404中设置高阈值。

[0054] 图4B描绘了根据当前公开的实施例的基于操作噪声环境和目标错误率(误警报)的阈值检测421的实施例420。操作噪声422和目标错误率424可以输入到阈值检测421中,其可以确定阈值426。当操作噪声422和/或目标错误率变化时,可以调整阈值426。阈值426可以限定峰值检测器400的阈值比较器404的预设阈值。

[0055] 峰值检测可以基于阈值检测或斜率检测。对于阈值检测的情况,如图4C中所图示的,可以利用峰值检测器440的阈值推导来实现误警报(P_{fa})的某个概率。目标可以是实现误警报P_{fa}(即,错误率)的某个级别。阈值推导的条件可以包括:没有信号并且仅加性白高斯噪声(AWGN)。可以在图4C中查看接收信号的分布,其图形地图示了根据当前公开的实施例的峰值检测器的阈值推导。在图4C中,y轴表示概率,并且x轴表示高斯分布中显示的接收信号的位置。更特别地,图4C图示了误警报和噪声特性之间的关系。P_{fa}的值可以计算如下:

[0056] $$P_{fa}=\int_{x_{thres}}^{\infty}\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma}e^{\frac{x^2}{2\sigma^2}}=Q(x_{thres})$$

[0057] 其中,

[0058] σ=AWGN的标准差,

[0059] $x_{thres}=Q^{-1}(P_{fa})$

[0060] 对于噪声统计,可以通过排除高于信号的峰值的阈值的样本来计算输入信号的噪声的平均值和RMS值。

[0061] 逆Q函数可以独立于噪声环境。可以基于操作噪声环境和目标误警报P_{fa}来动态地确定第一阈值。可以施行分析以利用匹配滤波器来确定操作噪声环境。可以基于匹配滤波器噪声分析和目标误警报(错误率)来调整阈值。根据图4C,阈值用2.73(或273)的值来指示。阴影的区域指示误警报P_{fa}的操作条件。距离d表示其中可能发生误警报P_{fa}的位置范围(4-2.73=1.27)。对于噪声统计,可以通过排除高于信号的峰值的阈值的峰值样本来计算输入信号的噪声的平均值和RMS值。

[0062] 图4D和图4E也图示了经由实施例450和实施例460的基于操作噪声和目标误警报(错误率)的阈值调整的概念。在图4D和图4E中,y轴表示信号强度,并且x轴表示时间。在图

4D中,接收信号452可以在“晴朗”环境中传播,并且具有噪声级别456。为了实现目标错误率(误警报P_{fa}),阈值454可以被设置高于噪声级别456。类似地,在图4E中,与接收信号452具有相同的形状和幅度的接收信号462可以在“雾”环境中传播,并且具有噪声级别466。为了实现与图4D中相同的目标错误率(误警报P_{fa}),阈值464可以被设置高于噪声级别466。因为噪声级别456可能低于噪声级别466,所以阈值454可能低于阈值464。“晴朗”环境可以支持200米的范围,并且“雾”环境可以支持100米的范围。

[0063] 2.匹配滤波器检测器解决方案

[0064] 在电信和其它应用中,匹配滤波器可以是用于在存在加性随机噪声的情况下最大化已知信号的信噪比(SNR)的最优线性滤波器。匹配滤波器可以通常用于信号检测,以将已知信号或模板与未知信号相关,以检测未知信号中模板的存在。更特别地,匹配滤波器可以是滤波器的框架,所述匹配滤波器通过与已知模板(即滤波器)相关来处理接收信号,以最大化信噪比(SNR)。图5描绘了根据本公开的实施例的匹配滤波器500。根据图5,在加性白高斯噪声(AWGN)的条件下,当信号的值(s(t))等于滤波器的值(h(t))时,可以实现最优匹配滤波器。

[0065] 图6描绘了根据本公开的实施例的基于匹配滤波器604和峰值检测606的光检测器600。光检测器600包括ADC 602,其可以将多返回信号601转换成输入信号603。输入信号603可以由匹配滤波器604处理,以便优化输入信号603的S/N比。经优化的信号605可以耦合到峰值检测606,其生成峰值返回信号608。光检测器600可以限于检测返回信号中的单个峰值。

[0066] 图7描绘了根据本文件的实施例的多返回匹配滤波器检测器700。多返回匹配滤波器检测器700可以能够检测多返回信号中的多个峰值。多返回匹配滤波器检测器700可以包括N个平行匹配滤波器(704A、704B・・・704N)和N个平行峰值检测检测器(706A、706B・・・706N)。ADC 702可以将多返回信号转换成N个平行匹配滤波器的输入信号。如相对于图6匹配滤波器604和峰值检测606所讨论的,N个平行匹配滤波器(704A、704B・・・704N)中的每一个可以优化输入信号的S/N比,并且将经优化的信号耦合到对应的N个平行峰值检测检测器(706A、706B・・・706N)。N个平行峰值检测检测器(706A、706B、706N)中的每一个可以用不同的阈值操作,以便识别不同值的信号峰值。N个平行峰值检测检测器(706A、706B・・・706N)均生成对应的峰值返回信号第1、第2・・・第N(708A、708B・・・708N)。从峰值返回信号708A、708B・・・708N,可以确定第一/最后以及最大峰值。

[0067] 3.递归匹配滤波器检测器解决方案

[0068] 平行结构和单独的阈值可能限制多返回匹配滤波器检测器700的效率。图8描绘了根据本文档的实施例的多返回递归匹配滤波器检测器800的示例性示例。多返回递归匹配滤波器检测器800可以包括ADC 802,其将多返回信号801转换成输入信号803。多返回信号801在时间段T中可以包括N个峰值的序列。输入信号803可以由匹配滤波器804处理以对发射的激光信号的脉冲形状进行卷积,以便优化输入信号803的S/N比。匹配滤波器804的输出可以是匹配滤波器信号805。匹配滤波器信号805可以耦合到峰值检测806,其确定了特定时间段中的峰值检测信号807。峰值检测806可以耦合到质心计算808,其用质心计算算法导出序列中最大峰值的位置。质心计算808的质心输出2811可以耦合到归零810,其通过将峰值设置为零或DC水平来移除当前所计算的峰值。归零输出813可以耦合到峰值检测806,其生

成另一峰值检测信号807。由于移除当前所计算的峰值(即之前的最大峰值)的归零810,另一峰值检测信号807具有少一个峰值。可以重复该过程,直到期望数量(N)的返回峰值已经由峰值检测806、质心计算808以及归零810处理为止。来自质心计算808的返回输出1812可以确定N个返回峰值中的每一个的位置和幅度。从该确定,可以识别多返回信号801的第一、最后以及最大峰值。对于一些实施例,N可以具有四的值。对于其它实施例,其可能需要更准确的结果,N可以是大于四(例如,十个返回峰值)的值。

[0069] 图9图形地图示了根据本文件的实施例的由多返回递归信号检测器对各种多返回信号序列900的最大峰值的选择。对于图9,Y轴表示多返回信号序列901-904的幅度,并且X轴表示用于处理多返回信号序列901-904的时间段(T)。多返回信号序列901-904可以是来自图8的峰值检测806的输出的示例,并且可能已经由包括在多返回信号801中的多个反射信号引起。图2图示了两个反射信号(返回信号203和返回信号205)的示例,其指示N=2。图8图示了四个显著反射信号(N=4)的示例以及识别时间段T中四个峰值的过程。本申请可以期望在时间段T中识别更多数量的峰值。

[0070] 如图9中所图示的,多返回信号序列901可以包括四个显著峰值。质心计算808选择时间段(T)中的最高峰值,并且将该峰值分配为第1峰值位置。质心输出2811可以耦合到归零810,其中第1峰值位置处的峰值可以在序列中设置为零或DC级别。该处理导致生成多返回信号序列902,其在时间段(T)中包括三个峰值的序列。由峰值检测806和质心计算808进行的类似处理识别了多返回信号序列902中的最高峰值,并且将该峰值分配为第2峰值位置。

[0071] 多返回信号序列902可以经由质心计算808而耦合到归零810,其中第2峰值位置处的峰值可以设置为零或DC级别。该处理导致生成多返回信号序列903,其在时间段(T)中包括两个峰值的序列。由峰值检测806和质心计算808进行的类似处理识别了多返回信号序列903中的最高峰值,并且将该峰值分配为第3峰值位置。

[0072] 类似地,多返回信号序列903可以经由质心计算808而耦合到归零810,其中第3峰值位置处的峰值可以设置为零或DC级别。该处理导致生成多返回信号序列904,其在时间段(T)中包括一个峰值的序列。由峰值检测806和质心计算808进行的类似处理识别了多返回信号序列904中的最高峰值,并且将该峰值分配为第4峰值位置。在该点处,诸如多返回递归匹配滤波器检测器800之类的检测器已经处理了四个峰值,即N=4。从前述处理,可以识别第一返回(第2峰值位置)、最后返回(第4峰值位置)以及最大峰值(第1峰值位置)。

[0073] 存在峰值识别的若干协议。这些包括:(1)最大返回:来自所提出的检测器的第一峰值输出;(2)M个输出或N个返回:直截了当地,N个检测到的峰值的前M个输出峰值是M个最大有效返回;(3)第一/最后返回:根据位置对M个输出峰值进行排序,第一和最后峰值分别对应于第一和最后返回;(4)代替从N个检测到的峰值中选出M个输出,将N个检测到的峰值按位置进行排序,然后第一峰值和最后峰值分别是前锋和后峰。

[0074] 图10描绘了根据本文件的实施例的用于基于多返回递归信号检测器而检测多返回光信号的流程图1000。流程图1000包括以下步骤:

[0075] 针对包括多个反射信号的多返回光信号确定在时间段(T)中要分析的峰值(N)的数量。每个峰值可以表示由单个光发射(例如,激光发射)产生的返回光的信号。(步骤1002)

[0076] 在光检测和测距系统的检测器处接收多返回信号。(步骤1004)

[0077] 用匹配滤波器处理多返回信号以与光发射的信号的脉冲形状卷积,以优化信噪比(SNR)。将匹配滤波器输出耦合到峰值检测器。(步骤1006)

[0078] 用峰值检测器基于匹配滤波器输出和归零输出针对多返回信号序列确定时间段(T)中的N-Z个峰值的值,其中Z基于归零输出,其中对于第一次确定,Z=0。(步骤1008)

[0079] 利用质心计算算法导出多返回信号序列中的N-Z个峰值之中的最大峰值的位置。(步骤1010)

[0080] 如果N-Z等于一(步骤1012),则确定具有第一返回、最后返回以及最大返回的峰值。(步骤1014)

[0081] 如果N-Z不等于一(步骤1012),则通过将该峰值级别设置为零或DC级别来移除当前计算的最大峰值;将Z增加1;以及基于N-Z个峰值而生成另一多返回信号序列。(归零)。(步骤1016)

[0082] 基于包括N-Z个峰值的另一多返回峰值序列而重复步骤1008。

[0083] 作为总结,多返回检测器可以包括匹配滤波器,其可操作以接收在时间段中包括N个峰值的多返回信号;峰值检测器,其被耦合为接收匹配滤波器的输出,并且可操作以确定在时间段中多返回信号的第一最大峰值;质心计算,其可操作以导出在时间段中多返回信号的第一最大峰值的位置;以及归零功能,其从多返回信号删除第一最大峰值,以允许峰值检测器确定第二最大峰值,并且质心计算导出在时间段中第二最大峰值的位置。峰值检测器、质心计算以及归零功能确定随后的最大峰值,直到在时间段中在多返回信号中检测到N个峰值中的M个峰值为止。质心计算确定在时间段中在多返回信号中的第一峰值、最后峰值以及最大峰值。

[0084] C.最大值寻找器解决方案

[0085] 为了多返回检测的高效,根据本文件的另一实施例将最大值寻找功能与匹配滤波器功能以及峰值检测器功能合并。图11A-11D和13描绘了根据本文件的实施例的包括匹配滤波器检测器、峰值检测器以及最大值寻找器的多返回检测器1100-1160和1300。每个实施例可以包括以下元件:(1)噪声统计1101(其包括平均值和方差噪声统计),(2)阈值计算1102,(3)匹配滤波器1103以及(4)峰值检测器1104。多返回信号1111可以耦合到模拟到数字转换(ADC),所述模拟到数字转换(ADC)生成输入信号1112,所述输入信号1112继而可以耦合到噪声统计1101和匹配滤波器1103。噪声统计1101可以定义如本文中先前所描述的均值和RMS噪声环境。输入信号1112的噪声的均值和RMS值可以通过排除高于输入信号1112的峰值的阈值的样本来计算。噪声统计1101的输出可以耦合到阈值计算1102。阈值计算1102基于噪声统计1101(即噪声方差)的输出以及基于P_{fa}的预计算恒定错误率来计算阈值而确定峰值检测器阈值。阈值可以耦合到峰值检测器1104的输入。

[0086] 多返回信号1111可以包括如图9中所图示的时间段T中N个峰值的序列。如先前所讨论的,ADC生成可以由匹配滤波器1103处理以卷积发射激光信号的脉冲形状,以便优化输入信号1112的S/N比。匹配滤波器1103的输出(匹配滤波器信号1113)可以包括N个峰值的序列,像输入信号1112一样,但是具有优化的S/N比和轻微的时间延迟。匹配滤波器信号1113可以耦合到峰值检测器1104,其确定了时间段T中序列N个峰值的峰值的峰值幅度和有效信号索引。在一个实施例中,匹配滤波器1103以每个时钟8个样本的速率操作。

[0087] 如本文中所讨论的,术语“最大峰值”可以指示峰值具有比在峰值的序列中比较的

其它峰值更大的幅度。术语“第二最大峰值”可以指示与N个峰值的序列中的第一最大峰值相比,峰值是第二最大幅度。前述描述可以可应用于如图11A-11D和13A中所描绘的多返回检测器1100-1160和1300。

[0088] 相对于图11A和多返回检测器1100,峰值检测器1104的输出(峰值检测器输出1114)可以耦合到最大值寻找器1106和最后峰值1108。最大值寻找器1106可以分析峰值检测器输出1114的时间段T中的N个峰值的序列,以确定序列中的最大峰值。最大值寻找器1106可以生成最大值寻找器输出1115,其包括最大峰值的幅度和位置。该信息可以存储在最大峰值1107中。单独地,最后峰值1108可以监视峰值检测器输出1114,并且存储序列中的最后峰值的幅度和位置。

[0089] 缓冲器1109可以存储基于序列的感兴趣区域的样本。对于多返回检测器1100,感兴趣区域可以包括最大峰值和最后到达的峰值。缓冲器1109可以从峰值检测器1104接收触发信号1116,其发起缓冲来自最大峰值1107和最后峰值1108的样本的动作。缓冲器1109可以存储围绕最大峰值为中心的S个样本,以及以最后到达的峰值为中心的R个样本。在一些实施例中,S可以等于10以及R可以等于10。缓冲器1109的输出可以耦合到质心计算1105,其继而可以确定最大峰值和最后峰值的到达时间和强度饱和计数。

[0090] 相对于图11B和多返回检测器1120,峰值检测器1104的输出(峰值检测器输出1114)可以耦合到最大值寻找器1126和最后峰值1128。最大值寻找器1126可以分析峰值检测器输出1114的时间段T中的N个峰值的序列,以确定序列中的最大峰值。最大值寻找器1126可以生成最大值寻找器输出1115,其包括最大峰值和第二最大峰值的幅度和位置。该信息可以存储在最大峰值/第2最大峰值1127中。单独地,最后峰值1128可以监视峰值检测器输出1114,并且存储序列中的最后峰值的幅度和位置。

[0091] 缓冲器1129可以存储基于序列的感兴趣区域的样本。对于多返回检测器1120,感兴趣区域可以包括最大峰值、第二最大峰值和最后到达的峰值。缓冲器1129可以从峰值检测器1104接收触发信号1116,其发起缓冲来自最大峰值/第2最大峰值1127和最后峰值1128的样本的动作。缓冲器1129可以存储围绕最大峰值为中心的S个样本、围绕第二最大峰值为中心的Q个样本以及以最后到达的峰值为中心的R个样本。在一些实施例中,S可以等于10、Q可以等于10以及R可以等于10。缓冲器1129的输出可以耦合到质心计算1125,其继而可以确定最大峰值、第2最大峰值以及最后峰值的到达时间和强度饱和计数。

[0092] 相对于图11C和多返回检测器1140,峰值检测器1104的输出(峰值检测器输出1114)可以耦合到最大值寻找器1146和第1峰值/最后峰值1148。最大值寻找器1146可以分析峰值检测器输出1114的时间段T中的N个峰值的序列,以确定序列中的最大峰值和第2最大峰值。最大值寻找器1146可以生成最大值寻找器输出1115,其包括最大峰值和第2最大峰值的幅度和位置。该信息可以存储在最大峰值/第2最大峰值1147中。单独地,第1峰值/最后峰值1148可以监视峰值检测器输出1114,并且存储序列中的第1峰值和最后峰值的幅度和位置。

[0093] 缓冲器1149可以存储基于序列的感兴趣区域的样本。对于多返回检测器1140,感兴趣区域可以包括最大峰值、第2最大峰值、第1到达的峰值和最后到达的峰值。缓冲器1149可以从峰值检测器1104接收触发信号1116,其发起缓冲来自最大峰值/第2最大峰值1147和第1峰值/最后峰值1148的样本的动作。缓冲器1149可以存储围绕最大峰值为中心的S个样

本、围绕第2最大峰值为中心的Q个样本、围绕第1到达的峰值为中心的P个样本以及以最后到达的峰值为中心的R个样本。在一些实施例中,S可以等于10、Q可以等于10、P可以等于10以及R可以等于10。缓冲器1149的输出可以耦合到质心计算1145,其继而可以确定最大峰值、第2最大峰值、第1到达的峰值以及最后峰值的到达时间和强度饱和计数。

[0094] 相对于图11D和多返回检测器1160,峰值检测器1104的输出(峰值检测器输出1114)可以耦合到最大值寻找器1166和第1峰值/最后峰值1168。最大值寻找器1166可以分析峰值检测器输出1114的时间段T中的N个峰值的序列,以确定序列中的最大峰值、第2最大峰值和K个其它潜在的峰值。最大值寻找器1166可以生成最大值寻找器输出1115,其包括最大峰值、第2最大峰值以及K个其它潜在的峰值的幅度和位置。该信息可以存储在最大峰值/第2最大峰值1167以及K个其它峰值1170中。单独地,第1峰值/最后峰值1168可以监视峰值检测器输出1114,并且存储序列中的第1峰值和最后峰值的幅度和位置。

[0095] 缓冲器1169可以存储基于序列的感兴趣区域的样本。对于多返回检测器1160,感兴趣区域可以包括最大峰值、第2最大峰值、第1到达的峰值、最后到达的峰值以及K个其它潜在的峰值。缓冲器1169可以从峰值检测器1104接收触发信号1116,其发起缓冲来自最大峰值/第2最大峰值1167、第1峰值/最后峰值1168以及K个其它峰值1170的样本的动作。缓冲器1169可以存储围绕最大峰值为中心的S个样本、围绕第2最大峰值为中心的Q个样本、围绕第1到达的峰值为中心的P个样本、以最后到达的峰值和K个其它峰值为中心的R个样本。在一些实施例中,S可以等于10、Q可以等于10、P可以等于10、R可以等于10以及K可以等于4。缓冲器1169的输出可以耦合到质心计算1165,其继而可以确定最大峰值、第2最大峰值、第1到达的峰值、最后峰值以及K个其它峰值的到达时间和强度饱和计数。

[0096] 作为总结,多返回检测器可以包括匹配滤波器,其可操作以过滤在时间段中包括N个峰值的序列的多返回信号;峰值检测器,其被耦合以接收匹配滤波器的输出,并且可操作以确定在时间段中N个峰值的序列中的每一个峰值的峰值幅度;最大值寻找器,其可操作以从时间段中的N个峰值的序列选择一个或多个最大峰值;寄存器,其可操作以基于到达时间而选择一个或多个峰值;以及缓冲器,其可操作以生成围绕所选择的峰值中的每一个为中心的多个样本。

[0097] D.最大峰值的炫目点(隐藏峰值)

[0098] 在其中返回信号中的多个峰值在时间上紧密接近彼此的环境中,诸如在炫目环境中,将最大值寻找功能与匹配滤波器和峰值检测器合并的多返回检测器1100-1160可能受到挑战。可能期望的是识别最大峰值的炫目点中的峰值。

[0099] 例如,基于激光的夜视系统可能无法克服与高反射物体相关联的炫目效应。许多标志具有反射(诸如从车辆前灯发射的)白炽光的高反射表面,以便于由车辆操作者直接查看。标志通常覆盖有反光涂料,其可以反射大量的光并且导致图像饱和。饱和的图像一般可能不清楚并且不可读。诸如卡车、公共汽车以及货车上的大平表面也可能导致图像饱和。

[0100] 对于基于激光的检测器,诸如LIDAR系统,炫目可能由于雪崩光电二极管(APD)的反向偏置条件而发生。当APD处于反向二极管恢复时,APD可能对光不敏感。该情况可能防止针对光检测系统的进一步检测,直到APD恢复为止。在一些实施例中,但是没有限制,恢复时间可以是若干纳秒,并且可能导致几米的炫目点。

[0101] 图12A图形地图示了根据本文件的实施例的包括重叠波形1200的返回信号的波

形。重叠波形1200包括峰值1202和峰值1206,其中峰值1202可以是最大峰值,并且峰值1206可以是隐藏峰值或在最大峰值的炫目点中。潜在地,给定两个峰值的时间接近度,多返回检测器可以仅检测图12A的波形中的一个峰值。

[0102] 检测重叠波形1200中的两个峰值的方法可以包括首先识别最大峰值,然后利用计算缓冲器通过归零最大峰值的波形的贡献来识别紧接在最大峰值之后隐藏的峰值。基本上,该过程涉及重新构建返回信号峰值的原始形状。可以用最大值寻找器功能来识别峰值1202,其是最大峰值。对于感兴趣区域,如图12A中所图示的,针对重叠波形获得20个样本。用该信息,可以确定最大峰值的幅度和位置。

[0103] 图12B图形地图示了根据本文件的实施例的图12A的两个重叠峰值的原始波形1220。如通过与关联于峰值1202的波形的其它部分相结合的波段1214所图示的,可以基于斜率1204来确定峰值1202的波形的原始形状。然后如图12B中所图示的,可以从两个峰值的原始重叠波形减去(归零)峰值1202的波形的原始形状,以获得与峰值1206相关联的波形的形状。见波段1212。与峰值1206相关联的波形的斜率可以是斜率1208,其可以有助于确定波段1212。在一些实施例中,计算缓冲功能可以对峰值1202和峰值1206进行采样,以便获得具有这些相应峰值的原始波形。可能存在以峰值1202(最大峰值)为中心的P个样本。可能存在以峰值1206(隐藏峰值)为中心的Q个样本。在一些实施例中,P和Q可以等于10个样本。

[0104] 图13A描绘了包括匹配滤波、最大值寻找器和计算缓冲器的多返回检测器1300。多返回检测器1300可以可操作以检测最大峰值的炫目点中的隐藏峰值。相对于图13A和多返回检测器1300,噪声统计1101、阈值计算1102、匹配滤波器1103以及峰值检测器1104可以具有与相对于图11A所描述的相同的功能。

[0105] 对于图13A和多返回检测器1300,峰值检测器1104的输出(峰值检测器输出1114)可以耦合到最大值寻找器1306和最后峰值1308。最大值寻找器1306可以分析峰值检测器输出1114的时间段T中的N个峰值的序列,以确定序列中的最大峰值。最大值寻找器1306可以生成最大值寻找器输出1115,其包括最大峰值的幅度和位置。该信息可以存储在最大峰值1307中。单独地,最后峰值1308可以监视峰值检测器输出1114,并且存储序列中的最后峰值的幅度和位置。

[0106] 缓冲器1309可以选择和存储基于序列的感兴趣区域的样本。对于多返回检测器1300,感兴趣区域可以包括最大峰值和最后到达的峰值。缓冲器1309可以从峰值检测器1104接收触发信号1116,其发起缓冲来自最大峰值1307和最后峰值1308的样本的动作。缓冲器1309存储围绕最大峰值为中心的S个样本,以及以最后到达的峰值为中心的R个样本。在一些实施例中,S可以等于20以及R可以等于10。缓冲器1309的输出可以耦合到质心计算1305和计算缓冲器1310。

[0107] 计算缓冲器1310可以接收与感兴趣区域相关联的样本。计算缓冲器1310可以通过归零最大峰值的贡献来识别紧接在最大峰值之后隐藏的潜在峰值。计算缓冲器1310可以生成最大峰值的P个样本以及最大峰值的炫目点中的峰值的Q个样本。在一些实施例中,P和Q等于10个样本。

[0108] 质心计算1305可以从缓冲器1309和计算缓冲器1310接收样本信息,并且可以确定最大峰值、最后峰值以及最大峰值的炫目点中的峰值的到达时间和强度饱和计数。

[0109] 图13B描绘了包括匹配滤波、最大值寻找器和计算缓冲器的另一多返回检测器

1320。多返回检测器1320可以可操作以检测最大峰值的炫目点中的隐藏峰值。相对于图13B和多返回检测器1320,噪声统计1101、阈值计算1102、匹配滤波器1103以及峰值检测器1104可以具有与相对于图11A所描述的相同的功能。

[0110] 对于图13B和多返回检测器1320,峰值检测器1104的输出(峰值检测器输出1114)可以耦合到最大值寻找器1326和第一峰值/最后峰值1328。最大值寻找器1326可以分析峰值检测器输出1114的时间段T中的N个峰值的序列,以确定序列中的最大峰值。最大值寻找器1326可以生成最大值寻找器输出1115,其包括最大峰值、第二最大峰值以及K个其它峰值的幅度和位置。该信息可以存储在最大峰值/第二最大峰值1327以及K个其它峰值1331中。单独地,第一峰值/最后峰值1328可以监视峰值检测器输出1114,并且存储序列中的第一峰值/最后峰值的幅度和位置。

[0111] 缓冲器1329可以选择和存储基于序列的感兴趣区域的样本。对于多返回检测器1320,感兴趣区域可以包括最大峰值、第二最大峰值、第一到达的峰值、最后到达的峰值以及K个其它潜在的峰值。在一些实施例中,K可以等于四。缓冲器1329可以从峰值检测器1104接收触发信号1116,其发起缓冲来自最大峰值/第二最大峰值1327、K个其它峰值1331以及第一峰值/最后峰值1328的样本的动作。缓冲器1329可以存储围绕最大峰值为中心的S个样本、围绕第二最大峰值为中心的P个样本、第一到达的峰值、最后到达的峰值以及K个其它潜在的峰值。在一些实施例中,S可以等于20、P可以等于10以及K可以等于四。缓冲器1329的输出可以耦合到质心计算1325和计算缓冲器1330。

[0112] 计算缓冲器1330可以接收与感兴趣区域相关联的样本。计算缓冲器1330可以通过归零最大峰值的贡献来识别紧接在最大峰值之后隐藏的潜在峰值。计算缓冲器1330可以生成最大峰值的P个样本以及最大峰值的炫目点中的峰值的Q个样本。在一些实施例中,P和Q等于10个样本。

[0113] 质心计算1325可以从缓冲器1329和计算缓冲器1330接收样本信息,并且可以确定最大峰值、第一峰值、最后峰值、K个其它峰值以及最大峰值的炫目点中的峰值的到达时间和强度饱和计数。

[0114] 作为总结,多返回检测器可以包括匹配滤波器,其可操作以过滤在时间段中包括N个峰值的序列的多返回信号;峰值检测器,其被耦合为接收匹配滤波器的输出,并且可操作以确定在时间段中N个峰值的序列中的每一个峰值的峰值幅度;最大值寻找器,其可操作以从时间段中的N个峰值的序列选择最大峰值;寄存器,其可操作以从时间段中的N个峰值的序列选择最后峰值;第一缓冲器,其可操作以生成围绕最大峰值为中心的X个样本以及生成围绕最后峰值为中心的Y个样本;以及第二缓冲器,其可操作以通过归零最大峰值的波形的贡献来检测紧接在最大峰值之后的炫目点中隐藏的峰值;质心计算,其可操作以用于确定最大峰值、最后峰值以及紧接在最大峰值之后的炫目点中的峰值的到达时间、强度饱和计数。

[0115] E.系统实施例

[0116] 在实施例中,本专利文件的方面可以针对信息处置系统/计算系统,或者在信息处置系统/计算系统上实现。为了本公开的目的,计算系统可以包括任何工具或工具的聚合,其可操作以计算、运算、确定、分类、处理、发射、接收、检索、发源、路由、交换、存储、显示、通信、表明、检测、记录、再现、处置或利用用于商业、科学、控制或其它目的的任何形式的信

息、智能或数据。例如,计算系统可以是LIDAR设备、个人计算机(例如,膝上型计算机)、平板计算机、平板手机、个人数字助理(PDA)、智能电话、智能手表、智能包装或任何其它合适的设备,并且可以在大小、形状、性能、功能和价格上变化。计算系统可以包括随机存取存储器(RAM)、诸如中央处理单元(CPU)或者硬件或软件控制逻辑之类的一个或多个处理资源、ROM和/或其它类型的存储器。计算系统的附加组件可以包括一个或多个存储器设备、用于与外部设备通信的一个或多个网络端口以及各种输入和输出(I/O)设备(诸如触摸屏和/或视频显示器)。计算系统还可以包括一个或多个总线,其可操作以在各种硬件组件之间传输通信。

[0117] 图14描绘了根据本公开的实施例的计算设备/信息处置系统(或计算系统)的简化框图。将理解,针对系统1400所示出的功能可以操作以支持信息处置系统的各种实施例——尽管应当理解,信息处置系统可以被不同地配置并且包括不同的组件。

[0118] 如图14中所图示的,系统1400包括一个或多个中央处理单元(CPU)1401,其提供计算资源并且控制计算设备。CPU 1401可以用微处理器等来实现,并且还可以包括一个或多个图形处理单元(GPU)1417和/或用于数学计算的浮点协处理器或任何其它类型的协处理器。系统1400还可以包括系统存储器1402,其可以采取随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)或二者的形式。

[0119] 如图14中所示出的,还可以提供多个控制器和外围设备。输入控制器1403表示各种(一个或多个)输入设备1404(诸如键盘、鼠标或触笔)的接口。还可以存在无线控制器1405,其与无线设备1406通信。系统1400还可以包括存储控制器1407,其用于与一个或多个存储设备1408交互,所述存储设备1408中的每一个包括各种类型的存储介质。根据本发明,(一个或多个)存储设备1408还可以用于存储经处理的数据或要处理的数据。系统1400还可以包括显示控制器1409,以用于将接口提供给显示设备1411。计算系统1400还可以包括汽车信号控制器1412,以用于与一个或多个汽车系统(例如,自主驾驶系统)1413通信。通信控制器1414可以与一个或多个通信设备1415对接,这使得系统1400能够通过各种网络中的任何一个连接到远程设备,所述网络包括互联网、云资源(例如,以太网云、通过以太网的光纤通道(FCoE)/数据中心桥接(DCB)云等)、局域网(LAN)、广域网(WAN)、存储区域网(SAN),或者通过包括红外信号的任何合适的电磁载波信号。

[0120] 在所图示的系统中,所有主要系统组件可以连接到总线1416,其可以表示多于一个物理总线。然而,各种系统组件可能或可能不物理接近彼此。例如,输入数据和/或输出数据可以从一个物理位置远程传输到另一个。此外,可以通过网络从远程位置(例如,服务器)访问实现本发明的各种方面的程序。这样的数据和/或程序可以通过各种机器可读介质中的任何一个来传递,所述机器可读介质包括但不限于:磁性介质,诸如硬盘、软盘和磁带;光学介质,诸如CD-ROM和全息图形设备;磁光介质;以及硬件设备,其被特别地配置为存储或存储和执行程序代码,所述硬件设备诸如专用集成电路(ASIC)、可编程逻辑设备(PLD)、闪速存储器设备以及ROM和RAM设备。

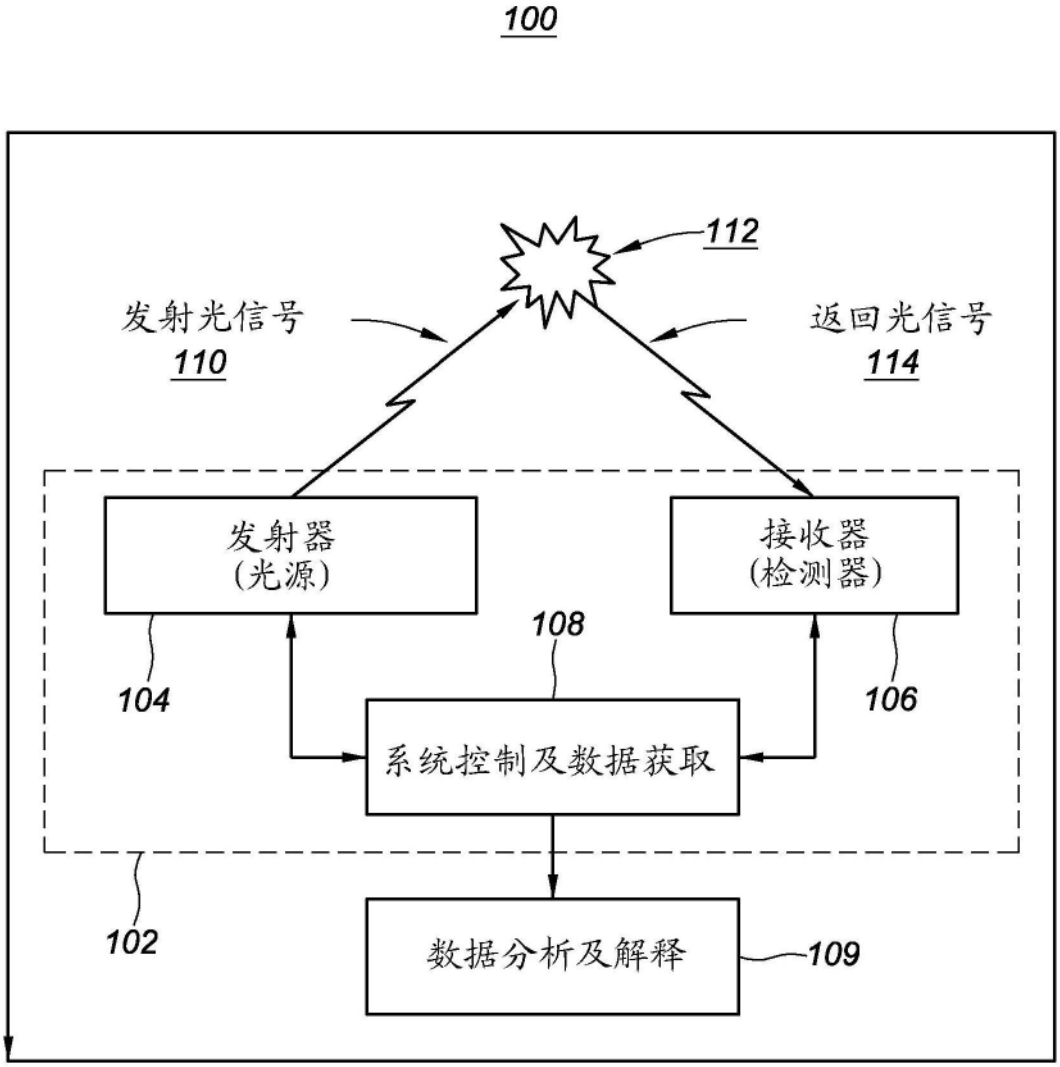
[0121] 本发明的实施例可以被编码在具有指令的一个或多个非暂时性计算机可读介质上,所述指令用于一个或多个处理器或处理单元,以使得步骤被施行。应当注意,一个或多个非暂时性计算机可读介质应该包括易失性和非易失性存储器。应当注意,替代的实施方式是可能的,所述替代的实施方式包括硬件实施方式或软件/硬件实施方式。硬件实现的功

能可以使用(一个或多个)ASIC、可编程阵列、数字信号处理电路等来实现。因此,任何权利要求中的“部件”术语意图覆盖软件和硬件实施方式二者。类似地,如本文中所使用的术语“(一个或多个)计算机可读介质”包括软件和/或具有指令的程序体现在其上的硬件,或其组合。考虑到这些实施方式替代方案,将理解,附图和附带的描述提供了本领域技术人员将需要以编写程序代码(即软件)和/或制造电路(即硬件)来施行所需要的处理的功能信息。

[0122] 应当注意,本发明的实施例还可以涉及具有非暂时性有形计算机可读介质的计算机产品,所述非暂时性有形计算机可读介质具有计算机代码在其上,以用于施行各种计算机实现的操作。介质和计算机代码可以是为了本发明的目的而特别设计和构造的那些,或者它们可以是相关领域技术人员已知或可获得的种类。有形计算机可读介质的示例包括但不限于:磁性介质,诸如硬盘、软盘和磁带;光学介质,诸如CD-ROM和全息图形设备;磁光介质;以及硬件设备,其被特别地配置为存储或存储和执行程序代码,所述硬件设备诸如专用集成电路(ASIC)、可编程逻辑设备(PLD)、闪速存储器设备以及ROM和RAM设备。计算机代码的示例包括诸如由编译器产生的机器代码,以及由计算机使用解释器执行的包含较高级别代码的文件。本发明的实施例可以整体或部分被实现为机器可执行指令,其可以在由处理设备执行的程序模块中。程序模块的示例包括库、程序、例程、对象、组件以及数据结构。在分布式计算环境中,程序模块可以物理地位于本地、远程或二者的设置中。

[0123] 本领域技术人员将认识到,没有计算系统或编程语言对本发明的实践是关键的。本领域技术人员也将认识到,上面所描述的多个元件可以物理地和/或功能地分离成子模块或组合在一起。

[0124] 本领域技术人员将理解,前述示例和实施例是示例性的,而不限于本公开的范围。意图在于,在阅读本说明书并且研究附图时,对于本领域技术人员显而易见的对其所有的置换、增强、等同物、组合以及改进包括在本公开的真实精神和范围内。还应当注意,任何权利要求的元素可以被不同地布置,包括具有多个从属、配置以及组合。



对于LiDAR，光源是激光

图1

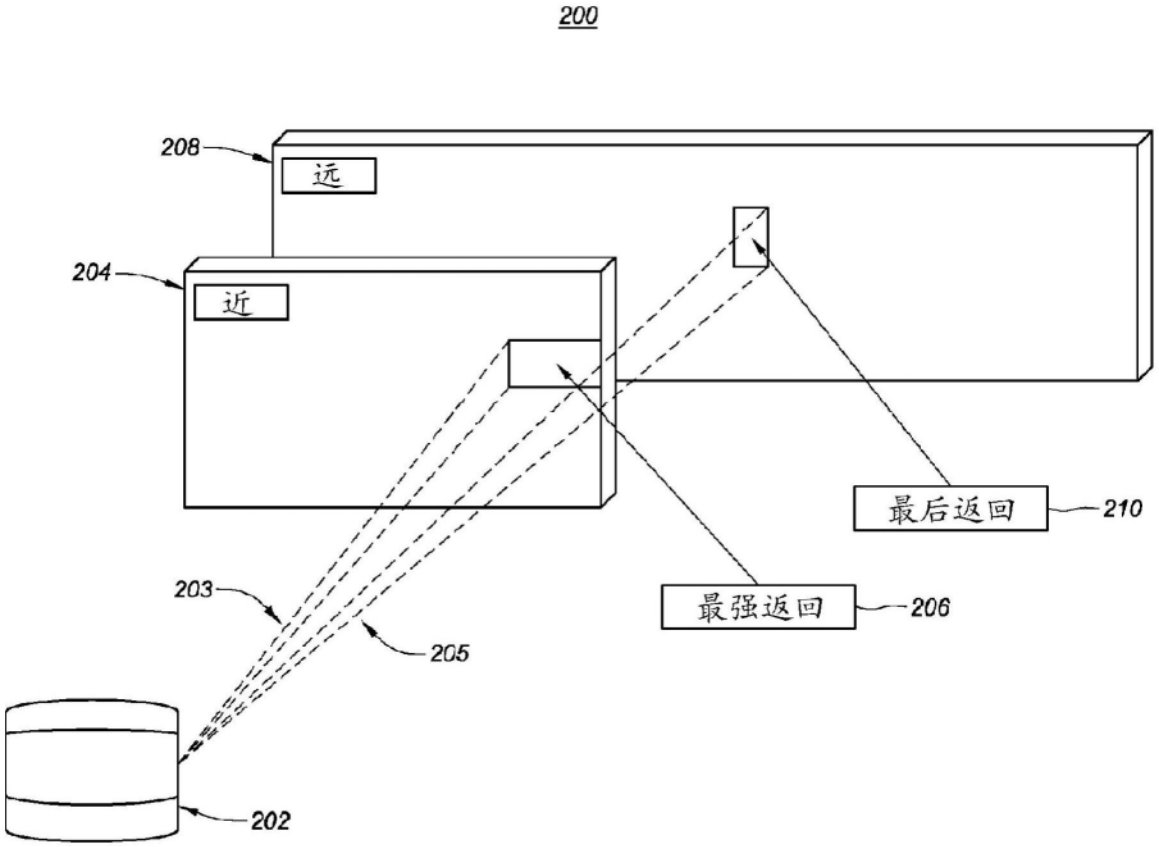


图2

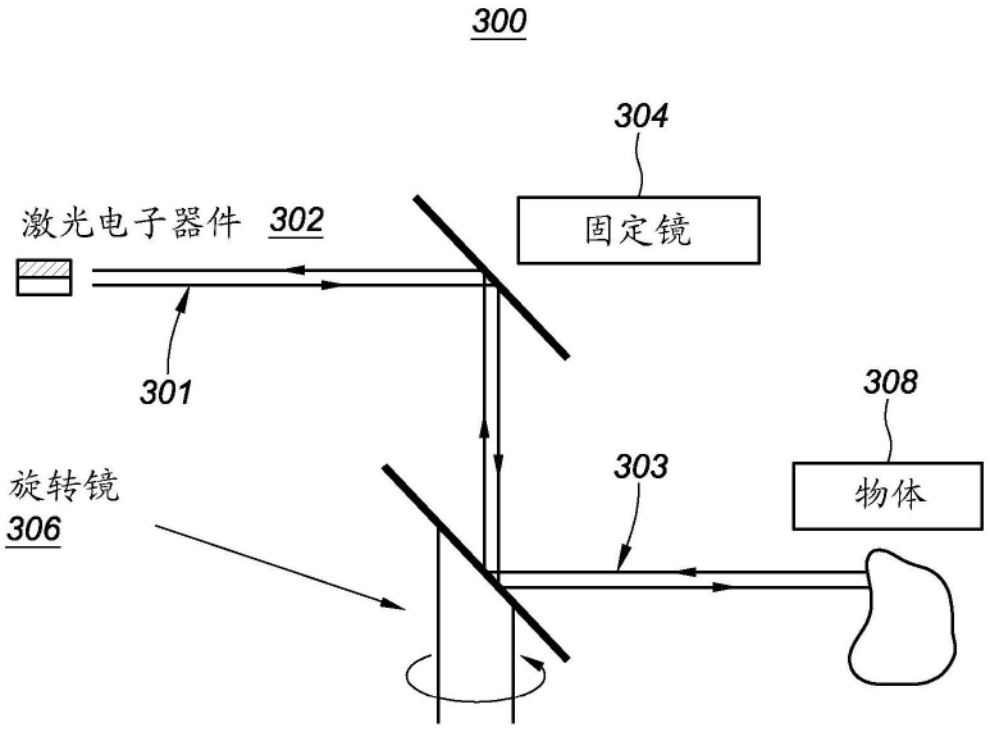

300
304
固定镜
激光电子器件 302
301
308
物体
303
旋转镜
306
单个发射器/检测器对旋转镜lidar设计

图3

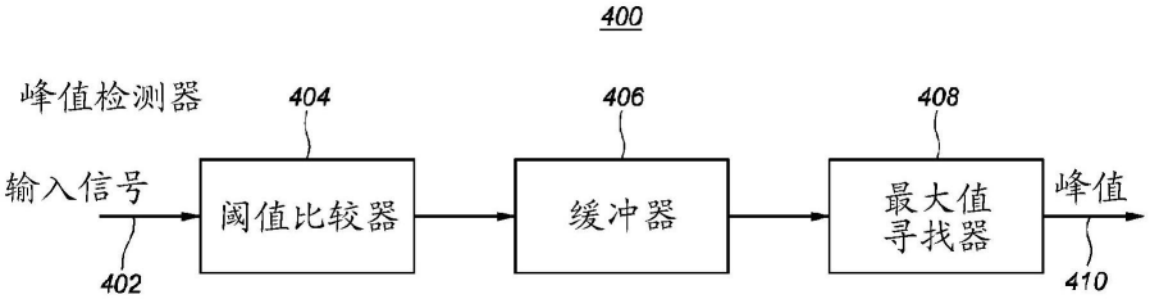

400
峰值检测器
404
406
408
输入信号
阈值比较器
缓冲器
最大值
寻找器
峰值
402
410

图4A

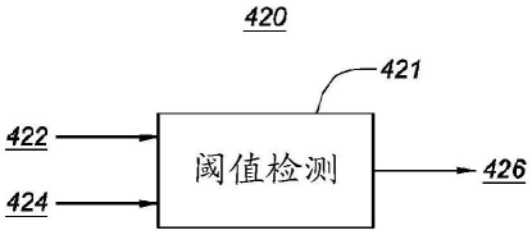

420
421
422
424
阈值检测
426

图4B

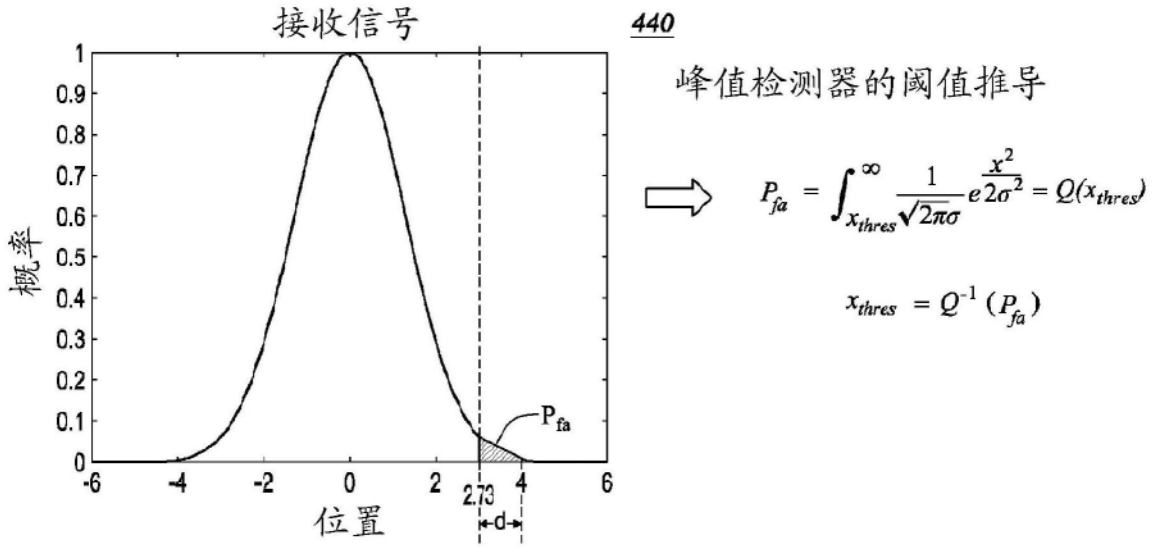

接收信号
概率
位置
Pfa
d
440
峰值检测器的阈值推导
$P_{fa} = \int_{x_{thres}}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{\frac{x^2}{2\sigma^2}} = Q(x_{thres})$
$x_{thres} = Q^{-1}(P_{fa})$

图4C

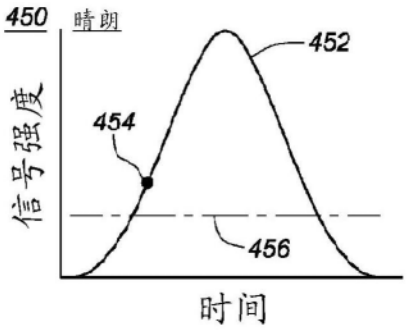

450
晴朗
452
454
456
信号强度
时间

图4D

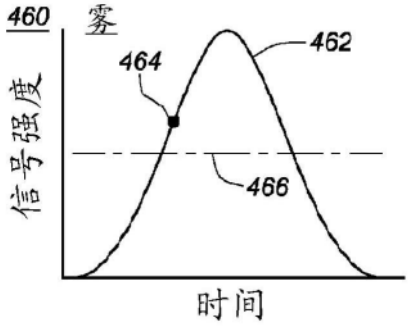
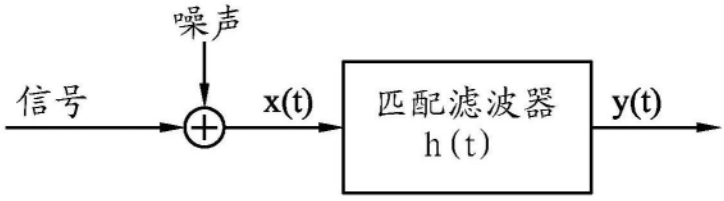


图4E

500



$x(t) = s(t) + n(t)$ $y(t) = x(t) * h(t)$

在AWGN的条件下，最优匹配滤波器是

$$h(t) = s(t)$$

图5

600

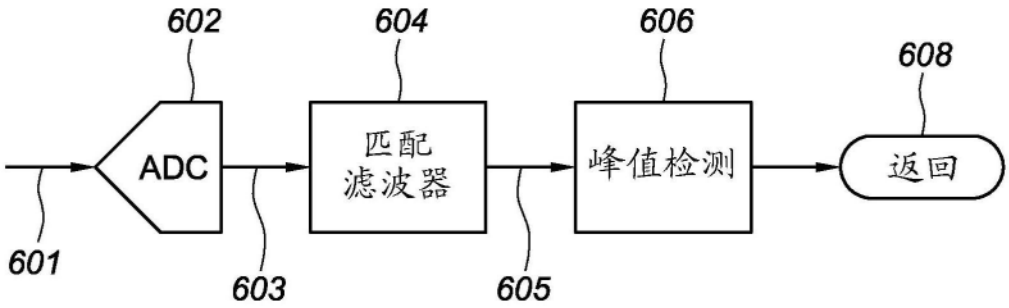


图6

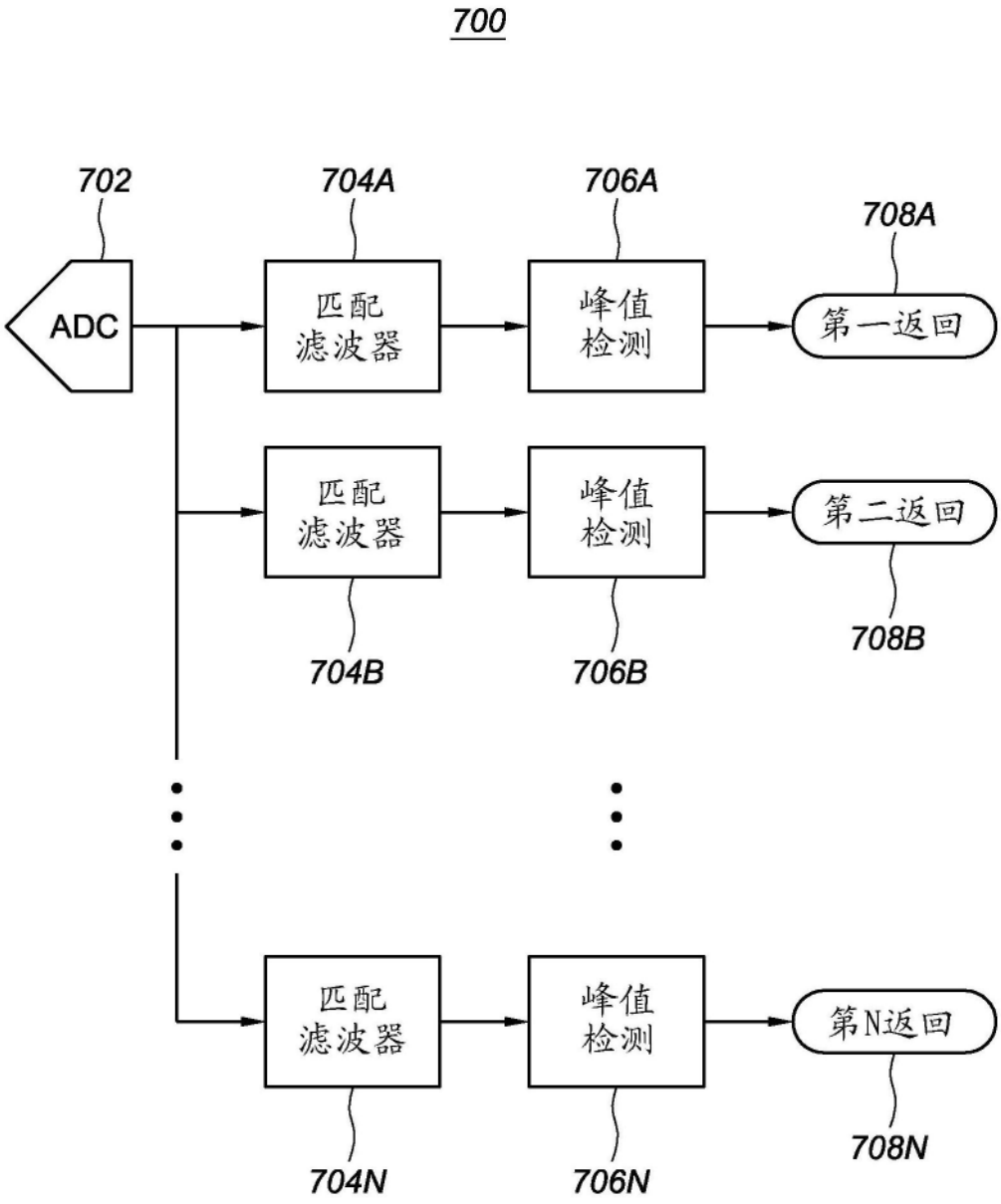

700
702
704A
706A
708A
ADC
匹配
滤波器
峰值
检测
第一返回
匹配
滤波器
峰值
检测
第二返回
704B
706B
708B
匹配
滤波器
峰值
检测
第N返回
704N
706N
708N

图7

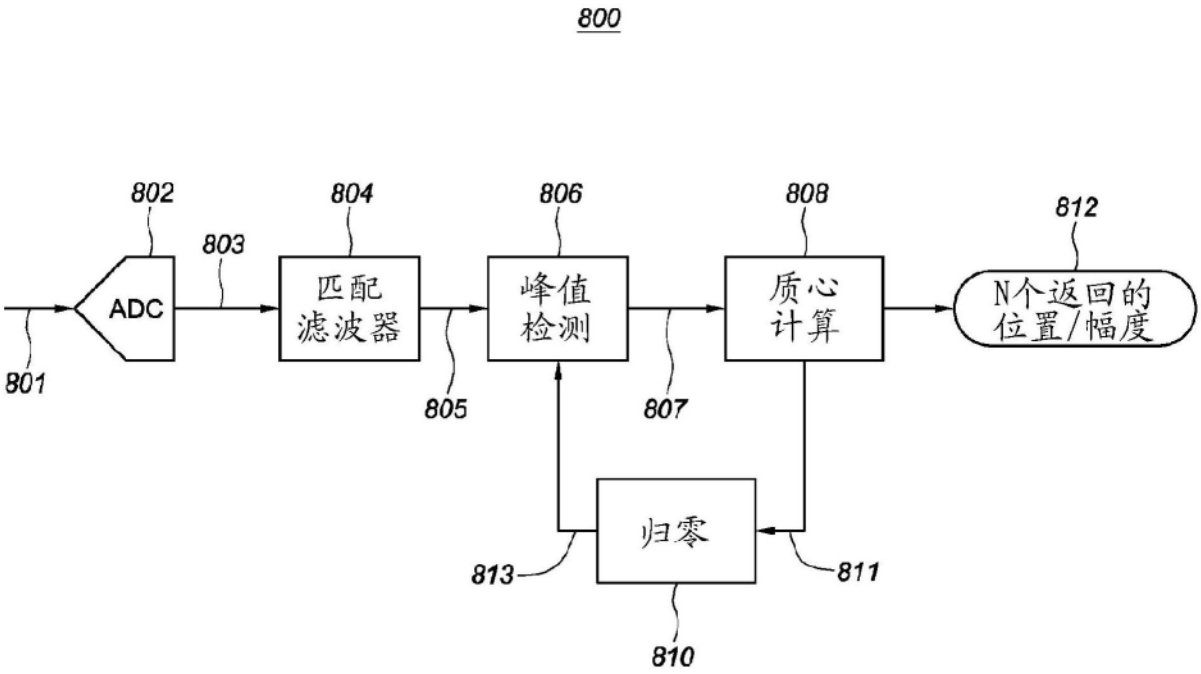

800
802
803
804
806
808
812
ADC
匹配
滤波器
峰值
检测
质心
计算
N个返回的
位置/幅度
801
805
807
归零
813
811
810

图8

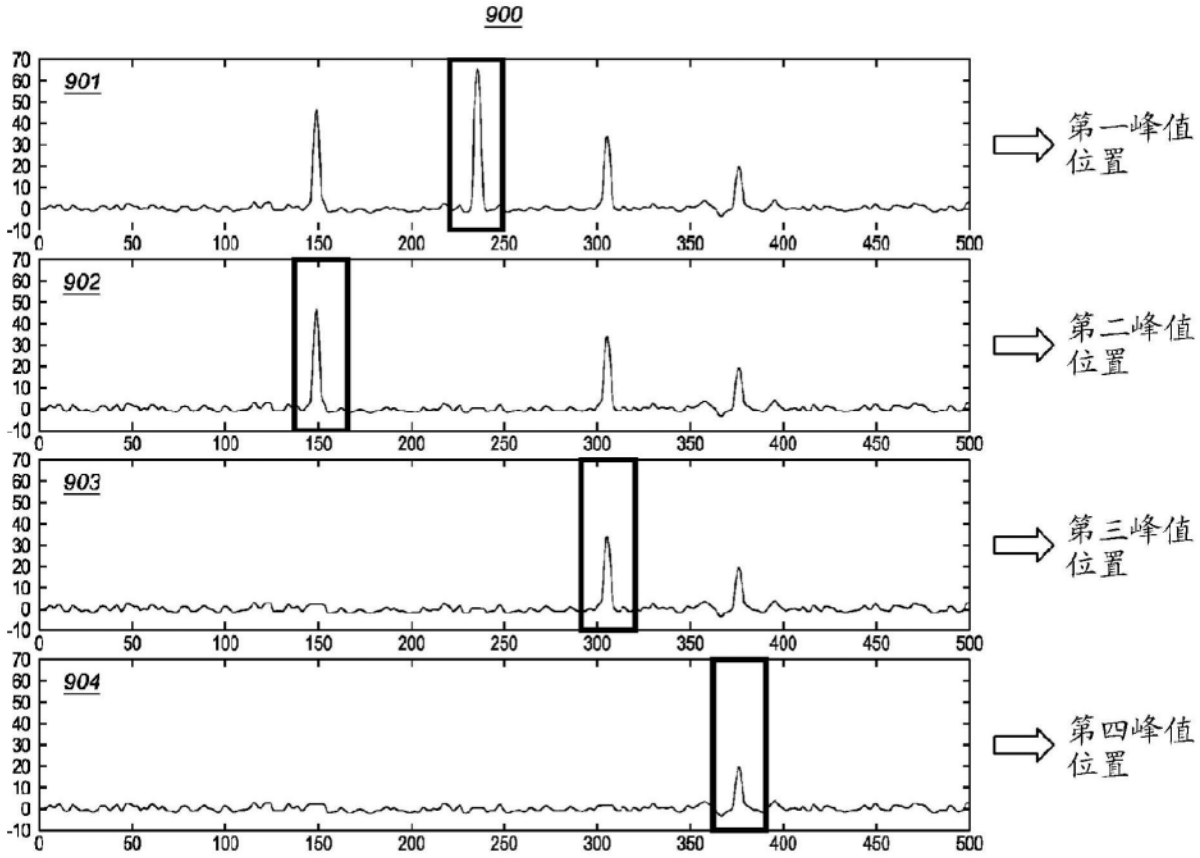

900
901
902
903
904
第一峰值
位置
第二峰值
位置
第三峰值
位置
第四峰值
位置

图9

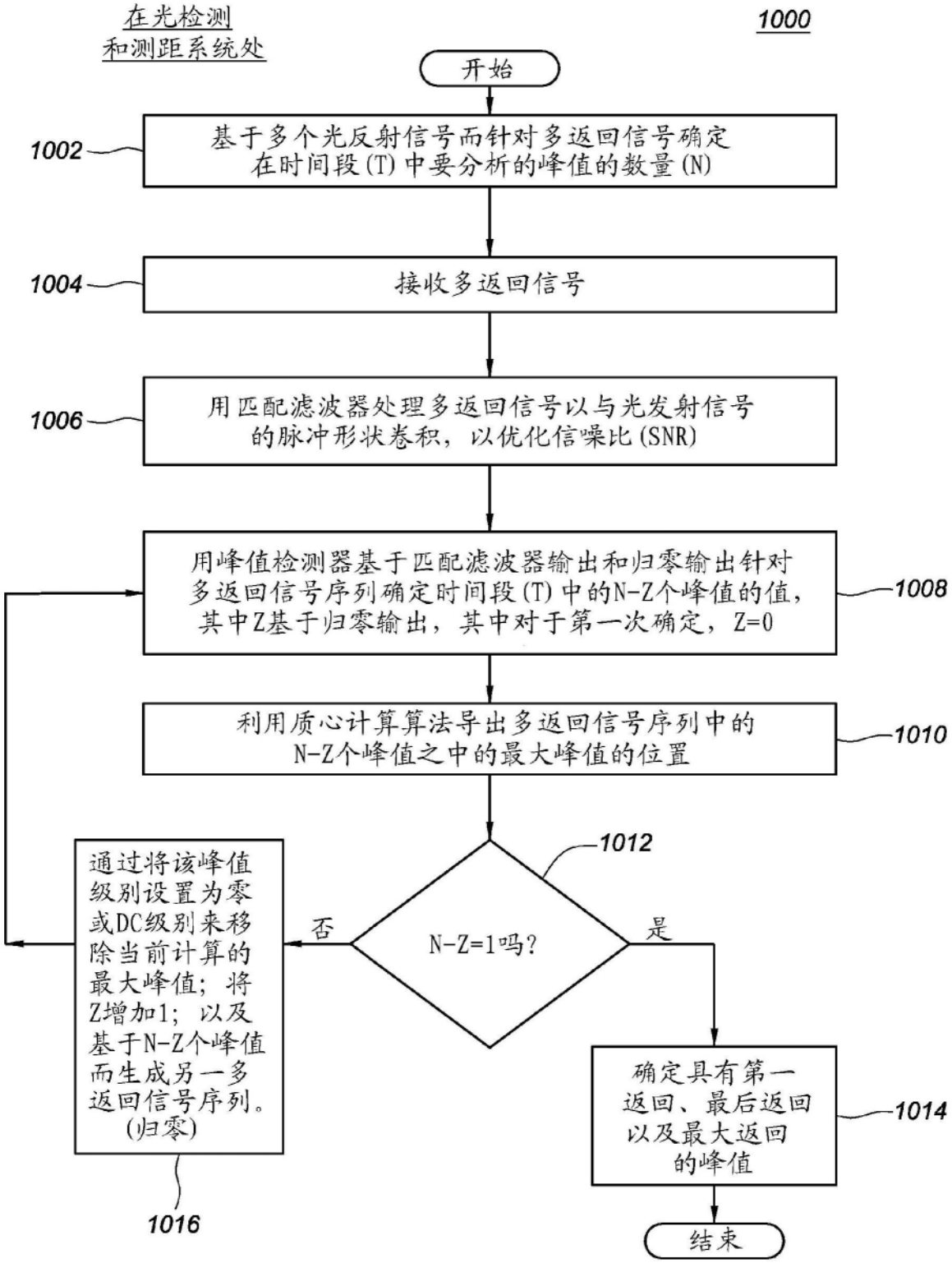

在光检测
和测距系统处
1000
开始
1002
基于多个光反射信号而针对多返回信号确定
在时间段(T)中要分析的峰值的数量(N)
1004
接收多返回信号
1006
用匹配滤波器处理多返回信号以与光发射信号
的脉冲形状卷积，以优化信噪比(SNR)
用峰值检测器基于匹配滤波器输出和归零输出针对
多返回信号序列确定时间段(T)中的N-Z个峰值的值，
其中Z基于归零输出，其中对于第一次确定，Z=0
1008
利用质心计算算法导出多返回信号序列中的
N-Z个峰值之中的最大峰值的位置
1010
1012
N-Z=1吗?
否
是
通过将该峰值
级别设置为零
或DC级别来移
除当前计算的
最大峰值；将
Z增加1；以及
基于N-Z个峰值
而生成另一多
返回信号序列。
(归零)
1016
确定具有第一
返回、最后返回
以及最大返回
的峰值
1014
结束

图10

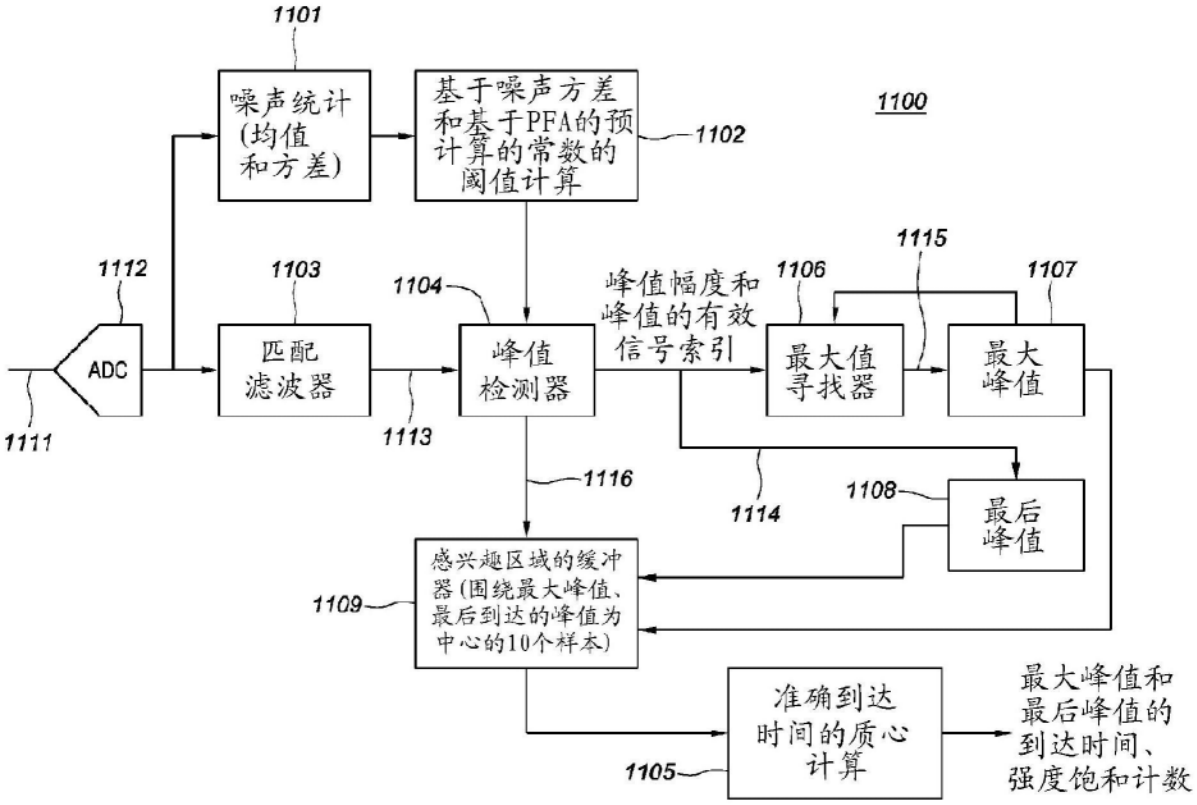

1101
噪声统计(均值和方差)
基于噪声方差和基于PFA的预计算的常数的阈值计算
1102
1100
1112
ADC
1111
1103
匹配滤波器
1113
1104
峰值检测器
峰值幅度和峰值的有效信号索引
1106
最大值寻找器
1115
1107
最大峰值
1114
1116
1108
最后峰值
感兴趣区域的缓冲器(围绕最大峰值、最后到达的峰值为中心的10个样本)
1109
准确到达时间的质心计算
1105
最大峰值和最后峰值的到达时间、强度饱和计数

图11A

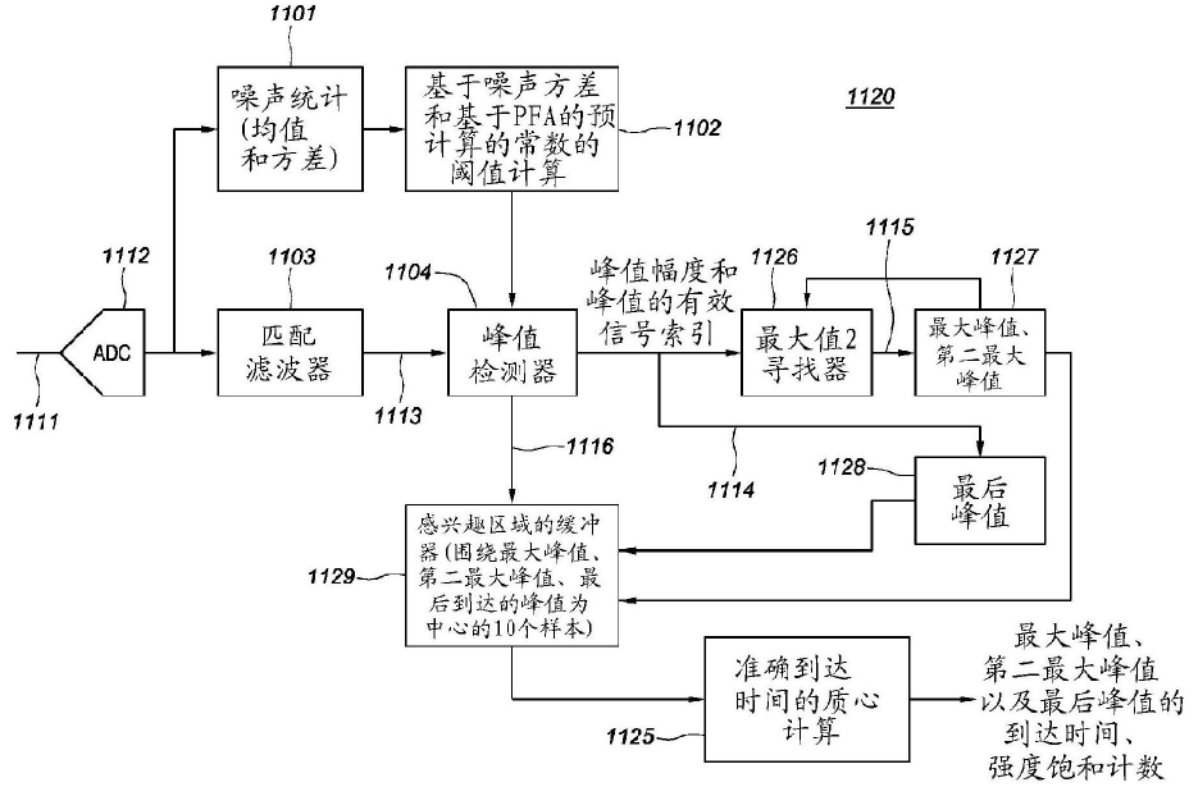

1101
噪声统计(均值和方差)
基于噪声方差和基于PFA的预计算的常数的阈值计算
1102
1120
1112
ADC
1111
1103
匹配滤波器
1113
1104
峰值检测器
峰值幅度和峰值的有效信号索引
1126
最大值2寻找器
1115
1127
最大峰值、第二最大峰值
1114
1116
1128
最后峰值
感兴趣区域的缓冲器(围绕最大峰值、第二最大峰值、最后到达的峰值为中心的10个样本)
1129
准确到达时间的质心计算
1125
最大峰值、第二最大峰值以及最后峰值的到达时间、强度饱和计数

图11B

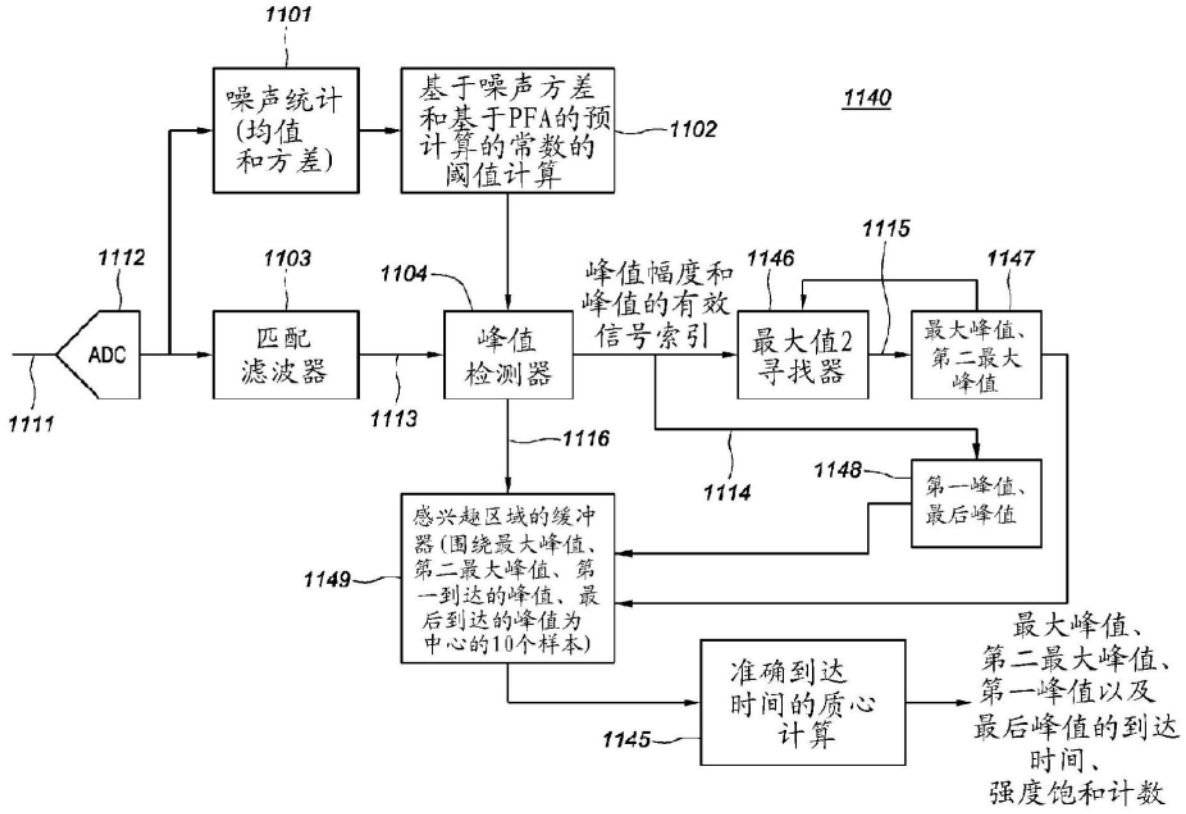

1101
噪声统计(均值和方差)
基于噪声方差和基于PFA的预计算的常数的阈值计算
1102
1140
1112
ADC
1111
1103
匹配滤波器
1113
1104
峰值检测器
峰值幅度和峰值的有效信号索引
1146
1115
最大值2寻找器
1147
最大峰值、第二最大峰值
1116
1114
1148
第一峰值、最后峰值
1149
感兴趣区域的缓冲器(围绕最大峰值、第二最大峰值、第一到达的峰值、最后到达的峰值为中心的10个样本)
1145
准确到达时间的质心计算
最大峰值、第二最大峰值、第一峰值以及最后峰值的到达时间、强度饱和计数

图11C

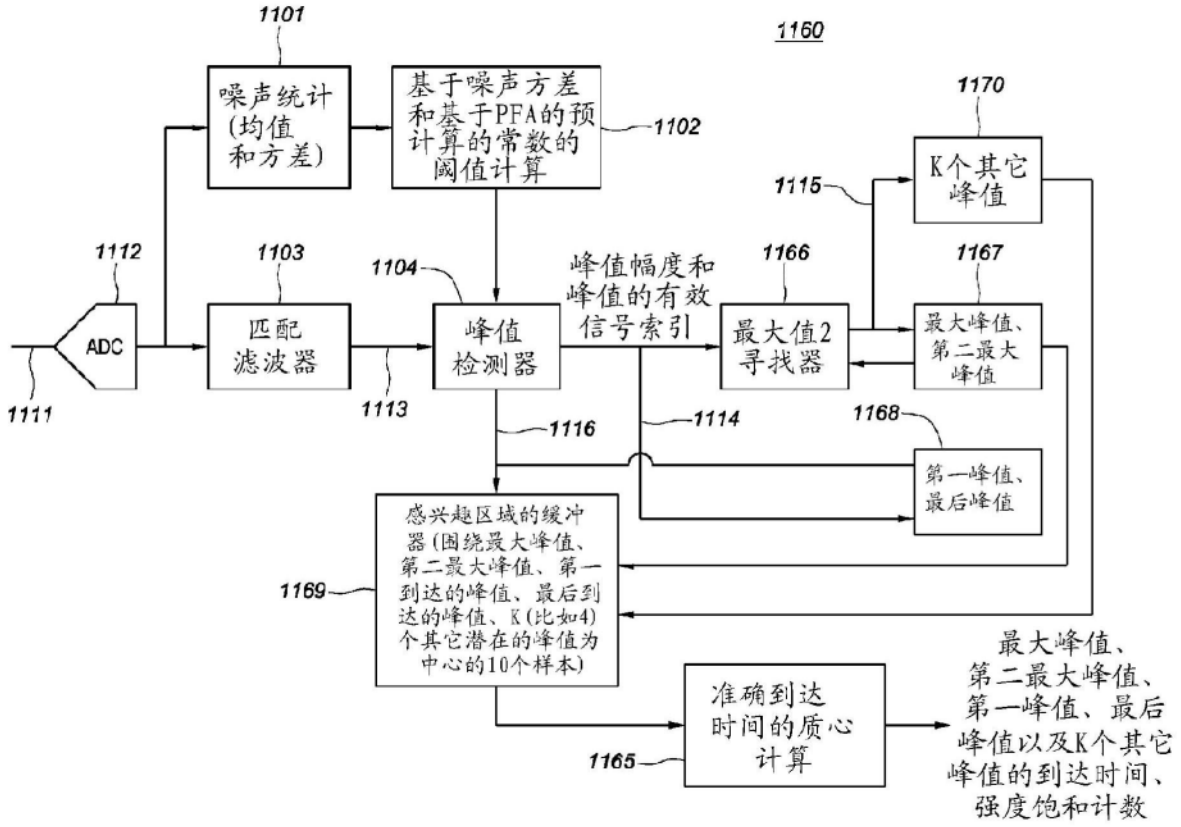

1101
噪声统计(均值和方差)
基于噪声方差和基于PFA的预计算的常数的阈值计算
1102
1160
1170
K个其它峰值
1115
1112
ADC
1111
1103
匹配滤波器
1113
1104
峰值检测器
峰值幅度和峰值的有效信号索引
1166
最大值2寻找器
1167
最大峰值、第二最大峰值
1116
1114
1168
第一峰值、最后峰值
感兴趣区域的缓冲器(围绕最大峰值、第二最大峰值、第一到达的峰值、最后到达的峰值、K(比如4)个其它潜在的峰值为中心的10个样本)
1169
准确到达时间的质心计算
1165
最大峰值、第二最大峰值、第一峰值、最后峰值以及K个其它峰值的到达时间、强度饱和计数

图11D

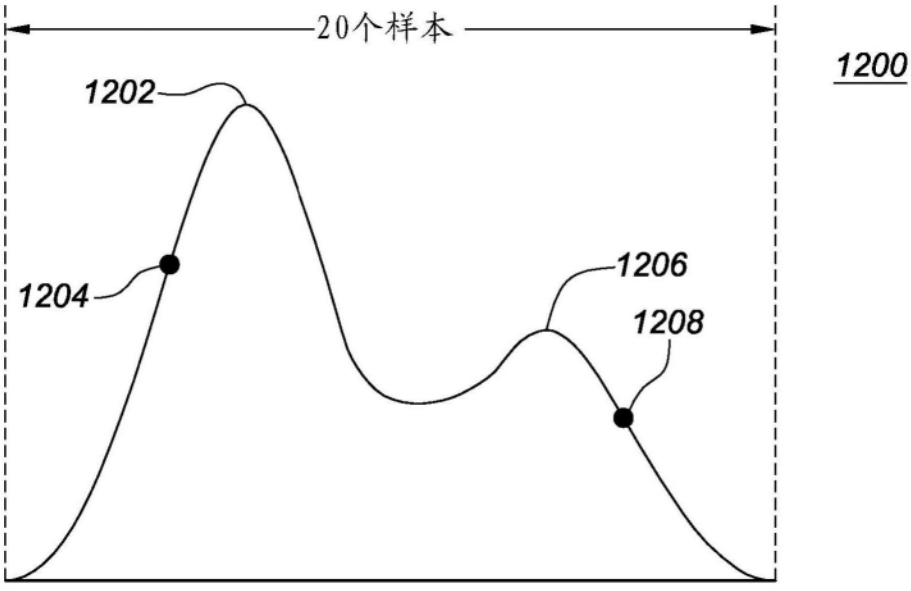

20个样本
1200
1202
1204
1206
1208

图12A

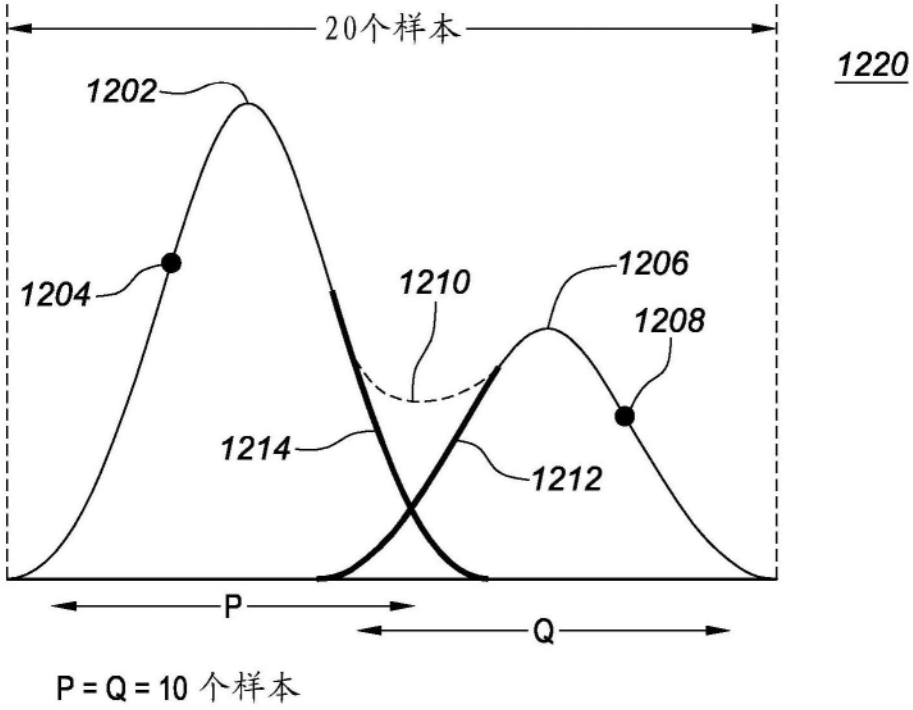

20个样本
1220
1202
1204
1210
1206
1208
1214
1212
P
Q
P = Q = 10 个样本

图12B

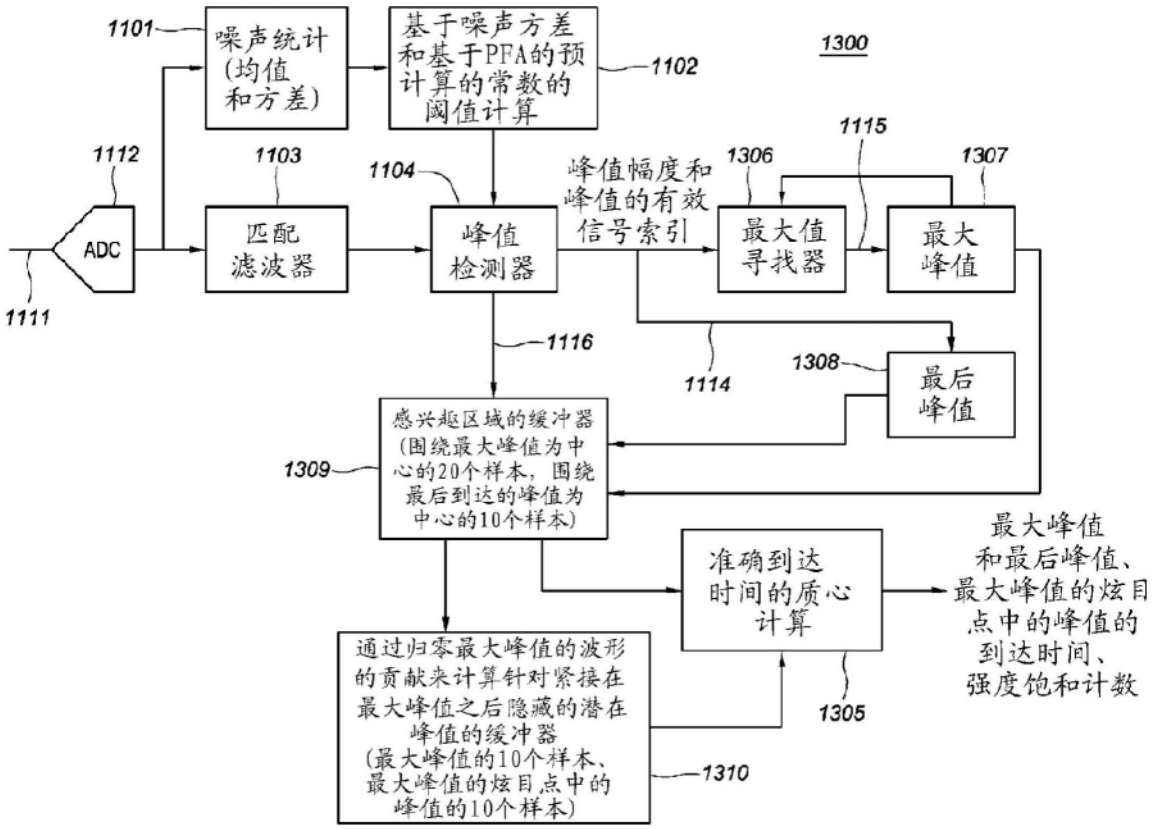

1101
噪声统计
(均值
和方差)
基于噪声方差
和基于PFA的预
计算的常数的
阈值计算
1102
1300
1112
1103
1104
峰值幅度和
峰值的有效
信号索引
1306
1115
1307
ADC
匹配
滤波器
峰值
检测器
最大值
寻找器
最大
峰值
1111
1116
1114
1308
最后
峰值
感兴趣区域的缓冲器
(围绕最大峰值为中
心的20个样本，围绕
最后到达的峰值为
中心的10个样本)
1309
准确到达
时间的质心
计算
最大峰值
和最后峰值、
最大峰值的炫目
点中的峰值的
到达时间、
强度饱和计数
通过归零最大峰值的波形
的贡献来计算针对紧接在
最大峰值之后隐藏的潜在
峰值的缓冲器
(最大峰值的10个样本、
最大峰值的炫目点中的
峰值的10个样本)
1305
1310

图13A

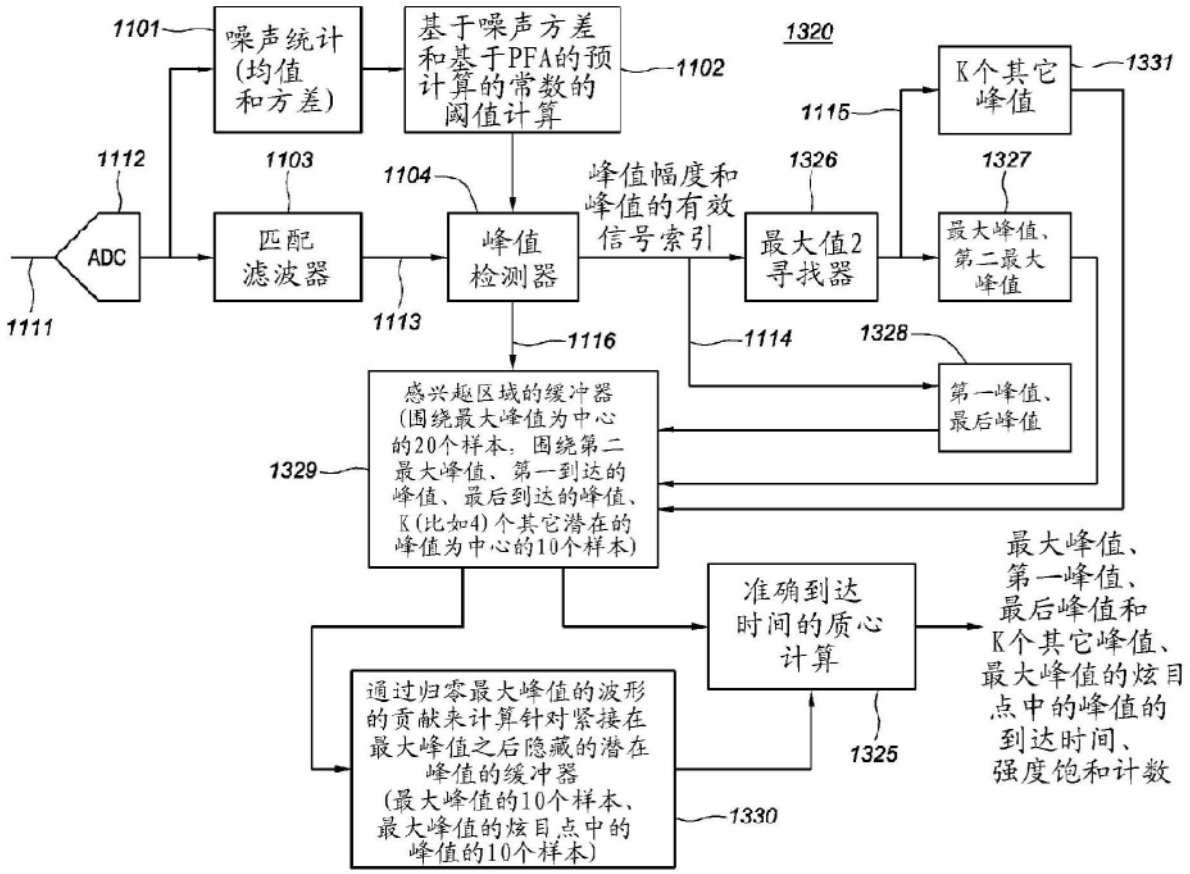

1101
噪声统计
(均值
和方差)
基于噪声方差
和基于PFA的预
计算的常数的
阈值计算
1102
1320
K个其它
峰值
1331
1115
1112
1103
1104
峰值幅度和
峰值的有效
信号索引
1326
1327
ADC
匹配
滤波器
峰值
检测器
最大值2
寻找器
最大峰值、
第二最大
峰值
1111
1113
1116
1114
1328
第一峰值、
最后峰值
感兴趣区域的缓冲器
(围绕最大峰值为中心
的20个样本，围绕第二
最大峰值、第一到达的
峰值、最后到达的峰值、
K(比如4)个其它潜在的
峰值为中心的10个样本)
1329
准确到达
时间的质心
计算
最大峰值、
第一峰值、
最后峰值和
K个其它峰值、
最大峰值的炫目
点中的峰值的
到达时间、
强度饱和计数
通过归零最大峰值的波形
的贡献来计算针对紧接在
最大峰值之后隐藏的潜在
峰值的缓冲器
(最大峰值的10个样本、
最大峰值的炫目点中的
峰值的10个样本)
1325
1330

图13B

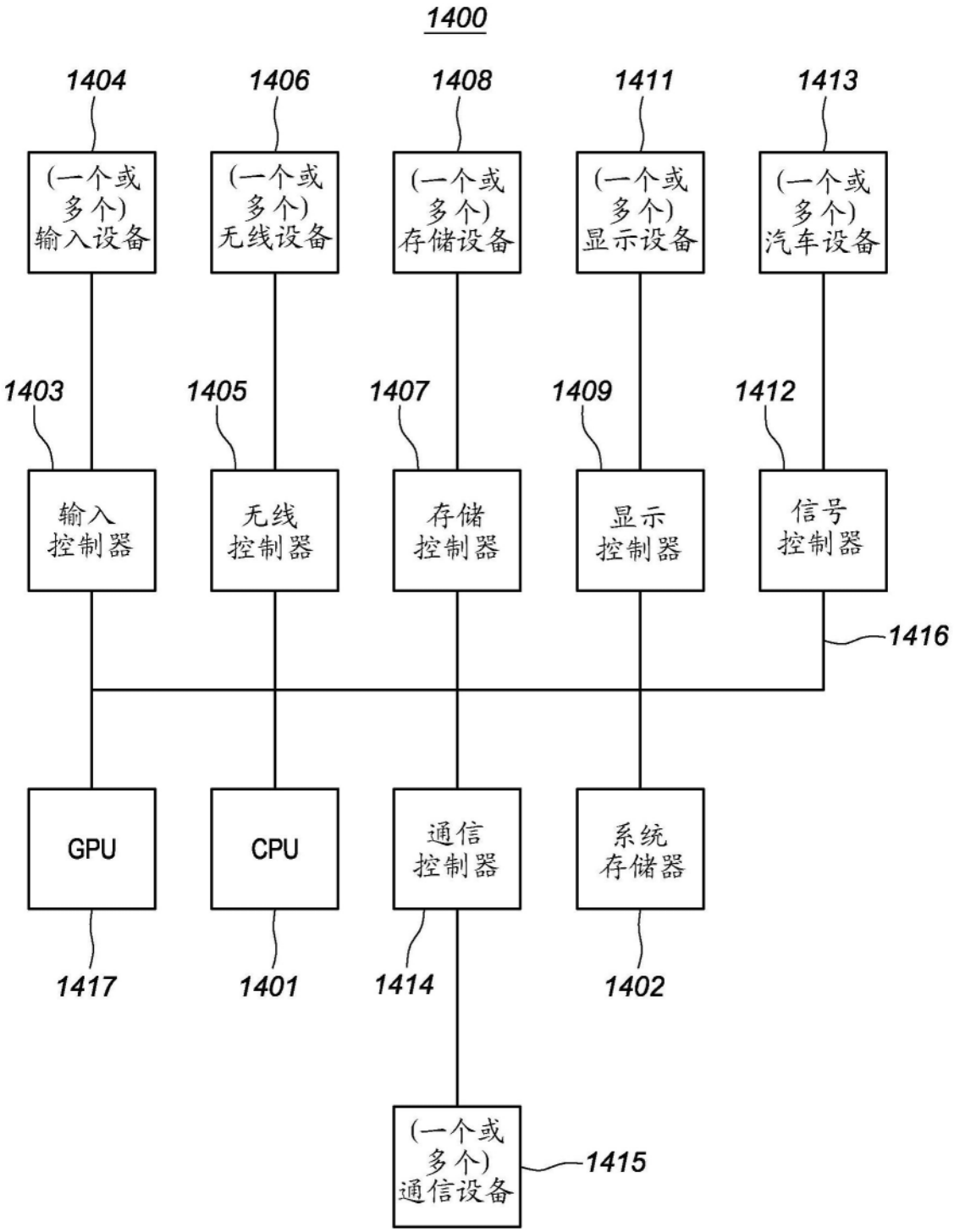

1400
1404
1406
1408
1411
1413
(一个或多个)输入设备
(一个或多个)无线设备
(一个或多个)存储设备
(一个或多个)显示设备
(一个或多个)汽车设备
1403
1405
1407
1409
1412
输入控制器
无线控制器
存储控制器
显示控制器
信号控制器
1416
GPU
CPU
通信控制器
系统存储器
1417
1401
1414
1402
(一个或多个)通信设备
1415

图14