



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109642949 A

(43)申请公布日 2019.04.16

(21)申请号 201780050747.X

(22)申请日 2017.07.13

(30)优先权数据

15/208,948 2016.07.13 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2019.02.18

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2017/041977 2017.07.13

(87)PCT国际申请的公布数据

W02018/013839 EN 2018.01.18

(71)申请人 德克萨斯仪器股份有限公司

地址 美国德克萨斯州

(72)发明人 N·C·沃克 D·P·麦吉

(74)专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司 11245

代理人 徐东升 王爽

(51)Int.Cl.

G01S 17/08(2006.01)

G01S 13/08(2006.01)

G01S 15/08(2006.01)

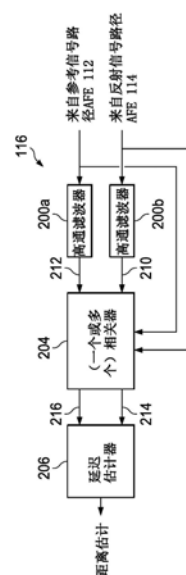
权利要求书2页 说明书11页 附图10页

(54)发明名称

用于窄带测距系统的方法和装置

(57)摘要

在描述的示例中,方法和装置使用基于窄带发射信号的粗略和精细延迟估计来确定到目标的距离。示例装置包括:换能器,其用于接收参考信号和反射信号,反射信号是被目标反射后的参考信号;滤波器(200a、200b),其通过对(A)与参考信号相关联的参考信号样本和(B)与反射信号相关联的反射信号样本进行滤波来产生带通参考信号(212)和带通反射信号(210);相关器(204),其通过将参考信号样本与反射信号样本相关产生第一相关性(214),并通过将带通参考信号(212)与带通反射信号(210)相关产生第二相关性(216);延迟估计器(206),其基于第一相关性(粗略延迟)(214)和第二相关性(精细延迟)(216)确定到目标的距离并输出包括到目标的距离的信号。



1. 一种方法,其包括:

接收参考信号和反射信号,所述反射信号为被目标反射后的所述参考信号;

通过对 (A) 与所述参考信号相关联的参考信号样本和 (B) 与所述反射信号相关联的反射信号样本进行滤波,产生带通参考信号和带通反射信号;

通过使所述参考信号样本与所述反射信号样本相关来产生第一相关性,并通过将所述带通参考信号与所述带通反射信号相关来产生第二相关性;

基于所述第一相关性和所述第二相关性确定到所述目标的距离;以及
输出包括到所述目标的所述距离的信号。

2. 根据权利要求1所述的方法,还包括:

确定所述第一相关性的第一峰值的第一时间样本;以及

基于所述第一时间样本确定所述第二相关性的第二峰值的第二时间样本。

3. 根据权利要求2所述的方法,其中所述第二相关性包括多个峰值,所述第二峰值是所述多个峰值中最接近所述第一峰值的所述第一时间样本的峰值。

4. 根据权利要求3所述的方法,其中确定到所述目标的所述距离基于所述第二时间样本,所述第二时间样本与所述距离相关。

5. 根据权利要求1所述的方法,其中所述第一相关性是粗略相关性,并且所述第二相关性是精细相关性。

6. 根据权利要求5所述的方法,其中所述粗略相关性对应于高准确度低精度距离估计,并且所述精细相关性对应于低准确度高精度距离估计。

7. 根据权利要求1所述的方法,其中在所述第一相关性之前对所述参考信号和所述反射信号进行低通滤波。

8. 根据权利要求1所述的方法,其中在所述第二相关性之前对所述参考信号和所述反射信号进行低通滤波,并且然后进行高通滤波。

9. 根据权利要求1所述的方法,其中在所述第一相关性之前对所述参考信号样本和所述反射信号样本进行窗口化,以增加与所述距离的确定相关联的准确度。

10. 根据权利要求1所述的方法,其中:

所述参考信号是窄带信号;以及

所述窄带信号的滤波使所述窄带信号的信噪比最大化。

11. 一种装置,其包括:

换能器,其用于接收参考信号和反射信号,所述反射信号是被目标反射后的所述参考信号;

滤波器,其用于通过对 (A) 与所述参考信号相关联的参考信号样本和 (B) 与所述反射信号相关联的反射信号样本进行滤波来产生带通参考信号和带通反射信号;

相关器,其通过将所述参考信号样本与所述反射信号样本相关来产生第一相关性,并通过将所述带通参考信号与所述带通反射信号相关来产生第二相关性;以及

延迟估计器,其用于基于所述第一相关性和所述第二相关性确定到所述目标的距离,并输出包括到所述目标的所述距离的信号。

12. 根据权利要求11所述的装置,其中所述延迟估计器被构造为:

确定所述第一相关性的第一峰值的第一时间样本;以及

基于所述第一时间样本确定所述第二相关性的第二峰值的第二时间样本。

13. 根据权利要求12所述的装置, 其中所述第二相关性包括多个峰值, 所述第二峰值是所述多个峰值中最接近所述第一峰值的所述第一时间样本的峰值。

14. 根据权利要求13所述的装置, 其中所述延迟估计器被构造成基于所述第二时间样本确定到所述目标的所述距离, 所述第二时间样本与所述距离相关。

15. 根据权利要求11所述的装置, 其中所述第一相关性是粗略相关性, 并且所述第二相关性是精细相关性。

16. 根据权利要求15所述的装置, 其中所述粗略相关性对应于高准确度低精度距离估计, 并且所述精细相关性对应于低准确度高精度距离估计。

17. 根据权利要求11所述的装置, 其中在所述第一相关性之前对所述参考信号和所述反射信号进行低通滤波。

18. 根据权利要求11所述的装置, 其中所述滤波器被构造成在所述第二相关性之前对所述参考信号样本和所述反射信号样本进行低通滤波, 并且然后进行高通滤波。

19. 根据权利要求11所述的装置, 还包括窗口化器, 以在所述第一相关性之前对所述参考信号样本和所述反射信号样本进行窗口化, 所述窗口化增加了与所述距离的确定相关联的准确度。

20. 根据权利要求11所述的装置, 其中:

所述参考信号是窄带信号; 以及

所述窄带信号的所述滤波使所述窄带信号的信噪比最大化。

用于窄带测距系统的方法和装置

技术领域

[0001] 本公开总体涉及测距系统,并且更具体地涉及用于使用粗略和精细延迟估计的窄带测距系统的方法和装置。

背景技术

[0002] 测距系统(例如,RADAR、LIDAR、SONAR等)通过在目标处发射信号(例如,无线电信号、光信号、声信号等)来确定到目标的距离。发射信号从目标反射回到测距系统。测距系统将接收信号与发射信号进行比较,以确定何时接收到反射信号。这种测距系统基于发射信号时与接收反射信号时之间的时间量来测量到目标的距离。

发明内容

[0003] 所描述的示例使用基于窄带发射信号的粗略和精细延迟估计来确定到目标的距离。示例方法包括用于接收参考信号和反射信号的换能器,反射信号是被目标反射之后的参考信号。这种装置还包括滤波器,以用于通过对(A)与参考信号相关联的参考信号样本和(B)与反射信号相关联的反射信号样本来产生带通参考信号和带通反射信号。这种装置还包括相关器,以用于通过将带通参考信号与带通反射信号相关来产生第一相关性,并通过将参考信号样本与反射信号样本相关来产生第二相关性。这种装置还包括延迟估计器,以用于基于第一相关性和第二相关性确定到目标的距离,并输出包括到目标的距离的信号。

附图说明

[0004] 图1是确定到示例目标的距离的示例测距系统的图示。

[0005] 图2是图1的示例距离估计器的框图。

[0006] 图3是表示可以被执行以实现图2的示例距离估计器从而确定到图1的示例目标的距离的示例机器可读指令的流程图。

[0007] 图5示出了由图1的示例发射换能器发射的示例参考信号的曲线图。

[0008] 图6示出了图2的示例窗口化反射信号和示例窗口化参考信号的曲线图。

[0009] 图7示出了图2的示例带通反射信号和示例带通参考信号的曲线图。

[0010] 图8A和图8B是示出图2的示例相关性的曲线图。

[0011] 图9是被构造为执行图4的示例机器可读指令以控制图1和图2的示例距离估计器的处理器平台的框图。

具体实施方式

[0012] 附图未按比例绘制。只要有可能,在整个附图和附带的文字描述中使用相同的附图标记来表示相同或相似的部分。

[0013] 用于确定到各种物体的距离的测距系统随着机器人技术、汽车技术等进步而变得越来越流行。测距系统通过将信号发射到物体(例如,目标)来确定距离。发射的信号从物

体反射并返回测距系统。测距系统确定何时已经接收到反射信号,并基于发射信号时与接收反射信号时之间的持续时间确定目标的距离。示例测距系统包括无线电检测和测距(RADAR)系统、光检测和测距(LIDAR)系统、声检测和测距(SONAR)系统。测距系统可以用于帮助机器人与物体交互、运输到各个位置等。此外,测距系统可以用在汽车中以提供安全特征和自动驾驶系统。来自这种测距系统的距离估计需要高准确度和高精度才能正常运行。随着测距系统变得越来越流行,非常需要测距系统的低成本、低复杂、节省功率的实施方式。

[0014] 通过发射信号以从目标反射并返回到测距系统来实现测距系统。这种测距系统基于信号到达目标、从目标反射并返回到测距系统所花费的时间量(例如,反射信号的渡越时间)来计算到目标的距离。

[0015] 实现测距系统的一种常规技术包括对反射信号进行低通滤波并将反射的低通滤波信号转换为低通滤波的反射样本。将低通滤波的反射样本与低通滤波的发射信号样本(例如,对应于从目标反射之前的信号)进行比较(例如,相关联),以基于相关的峰值强度值(例如,最高强度值)确定反射信号样本何时与发射信号样本匹配。峰值对应于识别发射信号在被目标反射并返回到测距系统(例如,反射信号)之后的渡越时间的时间样本。反射信号的渡越时间对应于目标的距离。然而,将低通滤波的参考信号与低通滤波的反射信号相关以确定目标的距离是准确的(例如,具有低模糊性)但不精确。因为反射信号受到噪声的影响,所以低通滤波的反射信号样本和低通滤波的反射信号样本的相关性可能包括影响距离估计(例如,降低其准确度)的尖峰。

[0016] 实现测距系统的另一种常规技术包括对接收的反射信号进行带通滤波,并将接收的反射带通滤波信号转换为带通滤波的反射样本。将带通滤波的反射样本与带通滤波的发射参考信号样本进行比较(例如,相关),以基于相关性的峰值强度值确定接收的反射信号样本何时与发射参考信号样本匹配。峰值对应于识别反射信号的渡越时间的时间样本。反射信号的渡越时间对应于目标的距离。然而,将带通滤波的参考信号与带通滤波的反射信号相关以确定目标的距离是精确的但不准确。当两个带通滤波信号相关时,相关性包括主峰值外的多个局部峰值。最靠近主峰值的局部峰值在本文中称为旁瓣,并且主峰值(例如,相关性的最高强度值)在本文中称为峰值。因为反射信号受到噪声的影响,所以带通滤波的反射信号样本和带通滤波的参考信号样本的相关性可能包括旁瓣上的尖峰,从而导致旁瓣的强度值增加高于主峰值到强度值。由于噪声而意外地将旁瓣识别为主峰值在本文中称为周跳(cycle slip)。这种常规技术具有周跳的高可能性,导致不准确的距离估计。本文描述的示例提供了具有低通相关性的准确度和带通相关性的精度的测距系统。

[0017] 本文描述的示例包括(A)在低通滤波的参考信号样本与低通滤波的反射信号样本之间应用粗略相关性以确定粗略(例如,准确但不精确)的时间延迟估计,(B)在带通滤波的参考信号样本与带通滤波的反射信号样本之间应用精细相关性以确定精细(例如,精确但不准确)的时间延迟估计,以及(C)基于将粗略时间延迟估计和精细时间延迟估计相结合来确定到目标的距离。使用本文描述的示例,优化了准确度和精度两者,并且大大减少了周跳的可能性。本文描述的示例将测距误差标准偏差减小18%。因此,本文描述的示例允许测距系统将信号发射功率降低大约20%而不影响测距误差标准偏差。

[0018] 在一些示例中,低通窄带参考信号和低通窄带反射信号在应用粗略相关性之前被

窗口化以减小峰值与旁瓣的比率并降低与估计到目标的距离相关联的模糊性(例如,增加准确度并降低周跳的可能性)。对低通信号窗口化降低了低通信号的粗略相关性的旁瓣,代价是进一步降低了粗略相关性的精度。然而,因为粗略相关性仅用于确定粗略时间延迟并且基于粗略时间延迟使用精细相关性来确定优化时间延迟,所以可以使用窗口化来进一步提高距离估计的准确度。

[0019] 如本文所使用的,“参考信号”被定义为在由接收器换能器接收之后由发射换能器发射的信号,并且“反射信号”被定义为在被物体反射并由接收器换能器接收之后的发射信号。尽管参考信号和反射信号基于相同的发射信号,但是在发射时测量参考信号并且在反射和返回之后测量反射信号。因此,反射信号必须行进更远的距离并且可能受到额外的噪声影响并且可能以不同的相位振荡和/或可能具有与参考信号不同的幅度。如本文所使用的,时间延迟在本文中被定义为反射信号的渡越时间。如本文所使用的,低通滤波信号可与低通信号互换使用,并且带通滤波信号可与带通信号互换使用。

[0020] 图1的图示示出了用于确定到示例目标102的距离的示例测距系统100。示例测距系统100包括示例发射信号发生器104、示例发射换能器106、示例发射信号107、示例接收器参考信号换能器108、示例反射信号109、示例接收器反射信号换能器110、示例参考信号路径模拟前端设备(AFE)112、示例反射信号路径AFE 114和示例距离估计器116。

[0021] 图1的示例测距系统100是将信号发射到示例目标102并接收反射信号109(例如,从示例目标102反射的发射信号107)以确定示例目标102的距离的系统。示例测距系统100可以是RADAR系统、LIDAR系统、SONAR系统、超声系统、混合系统和/或任何其他类型的测距系统。如上所述,RADAR系统使用无线电信号(例如,电磁波),LIDAR系统使用光信号,并且SONAR系统和/或超声系统使用声信号,并且混合系统使用利用无线电信号调制的光信号。

[0022] 图1的示例发射信号发生器104产生要从示例目标102反射的信号。如上所述,信号可以是光信号、声信号、无线电信号、混合信号和/或任何其他类型的信号。在一些示例中,发射信号发生器104产生脉冲、正弦波、方波、三角波和/或任何类型的信号。在图1的示例中,因为带通滤波窄带信号使信噪比(SNR)最大化(例如,导致增加的精度),所以示例发射信号发生器104产生窄带信号。可替代地,示例发射信号发生器104可以产生任何类型的信号。示例发射信号发生器104将所产生的信号发射到示例发射换能器106以发射所产生的信号(例如,发射信号107)。

[0023] 图1的示例发射换能器106是输出来自示例发射信号发生器104的所产生的信号的设备。在一些示例中,发射换能器106是用于将信号(例如,光信号、无线电信号和/或声信号)发射到示例目标102的天线(例如,波束形式天线)。可替代地,发射换能器106可以是二极管(例如发光二极管、激光二极管等)和/或能够输出光信号、无线电信号和/或声信号的任何设备。

[0024] 图1的示例接收器参考信号换能器108接收没有被示例目标102反射的发射信号107,并处理发射信号107以产生参考信号。由于前端系统延迟和/或其他非理想性,接收的发射信号107可以与示例发射信号发生器104产生的信号不同。在一些示例中,发射信号107是由示例发射信号发生器104产生的理想信号。接收器参考信号换能器108包括低通滤波器,以滤除发射信号107的高频噪声。示例接收器参考信号换能器108是用于从示例发射换能器106接收信号(例如,光信号、无线电信号和/或声信号)的天线(例如,波束形成天

线)和/或二极管(例如光电二极管)。可替代地,示例接收器参考信号换能器108可以是能够接收光信号、无线电信号和/或声信号的任何设备。

[0025] 图1的示例接收器反射信号换能器110接收反射信号109(例如,在从示例目标102反射之后的发射信号107)。从示例目标102反射的接收信号在本文中被定义为反射信号。因为反射信号109不是直接从示例发射换能器106接收的(例如,发射信号107从示例目标102反射并且行进长距离),所以反射信号109受到额外噪声的影响并且可能具有比参考信号更小的SNR比率。接收器反射信号换能器110包括低通滤波器以从反射信号109中去除高频噪声。在一些示例中,示例反射信号换能器110是接收来自示例发射换能器106的示例目标102反射之后的信号(例如,光信号、无线电信号和/或声信号)的天线(例如,波束形成天线)和/或二极管(例如,光电二极管)。示例接收器反射信号换能器110可以是能够接收光信号、无线电信号和/或声信号的任何设备。在一些示例中,接收器反射信号换能器110包括低通滤波器和带限滤波器,以对参考信号进行频带限制。

[0026] 图1的示例参考信号路径AFE 112和示例反射信号路径AFE 114是包括模数转换器的设备,模数转换器将模拟参考和反射信号109和参考信号转换成数字样本。低通参考信号和低通反射信号的数字样本是模拟信号的数字表示。在一些示例中,参考信号AFE 112和反射信号AFE 114可以组合成为包括一个或多个模数转换器的一个AFE,该一个或多个模数转换器将反射信号109和参考信号转换为数字样本。在一些示例中,参考信号AFE 112和/或反射信号AFE 114的部件可以在参考信号路径和反射信号路径之间共享。低通参考信号和低通反射信号的数字样本被发射到示例距离估计器116以进行进一步处理。

[0027] 图1的示例距离估计器116接收低通参考信号样本和低通反射信号样本并产生两个相关性。第一相关性是用于确定与具有高模糊性的示例目标102的距离相对应的粗略延迟估计的粗略相关性,并且第二相关性是用于确定与具有低模糊性的示例目标102的距离相对应的精细延迟估计的精细相关性。如上所述,粗略估计用于确定时间样本范围,并且精细估计用于确定时间样本范围内的优选时间样本。优选时间对应于示例目标102的距离。如结合图2进一步描述的,粗略相关性是低通反射信号样本与低通参考信号样本的相关性。在一些示例中,距离估计器116在粗略相关性之前对低通样本窗口化(例如,应用汉明(Hamming)窗),以进一步减少粗略估计的模糊性。而且,低通反射信号样本和低通参考信号样本被高通滤波以产生带通反射信号和带通参考信号。如结合图2进一步描述的,精细相关性是带通反射信号样本和带通参考信号样本的相关性。在一些示例中,距离估计器116将包括到示例目标102的距离的距离估计信号输出到示例测距系统100内和/或耦合到示例测距系统100的电路和/或处理器。

[0028] 图2是用于确定到图1的示例目标102的距离的本文描述的图1的距离估计器116的示例实施方式的框图。虽然结合图1的示例测距系统100和示例目标102描述了示例距离估计器116,但是示例距离估计器116可以用于使用任何测距系统确定到任何目标的距离。示例距离估计器116包括示例高通滤波器200a、200b、(一个或多个)示例相关器204、示例延迟估计器206、示例带通反射信号样本210、示例带通参考信号样本212、示例粗略相关性214和示例精细相关性216。

[0029] 图2的示例高通滤波器200a接收来自图1的参考信号路径AFE 112的低通参考信号样本,并且高通滤波器200b接收来自图1的反射信号路径AFE 114的低通反射信号样本。示

例高通滤波器200a、200b对来自低通参考信号样本和低通反射信号样本的低通信号进行滤波。在一些示例中,高通滤波器200a、200b可以组合在能够对低通参考信号和低通反射信号两者进行滤波的单个高通滤波器中。对低通信号进行高通滤波产生带通信号。因此,示例高通滤波器200a、200b的输出是示例带通反射信号样本210和示例带通参考信号样本212。示例带通反射信号样本210和示例带通参考信号样本212被发射到(一个或多个)示例相关器204。

[0030] 图2的(一个或多个)示例相关器204将示例带通反射信号样本210与示例带通参考信号样本212相关(例如,使用互相关)以产生示例精细相关性216。此外,(一个或多个)示例相关器204将低通反射信号样本和低通参考信号样本相关以产生示例粗略相关性214。精细相关性识别带通反射信号和带通参考信号之间的相似性,并且粗略相关性识别低通反射信号样本和低通参考信号样本之间的相似性。在一些示例中,(一个或多个)示例相关器204使用以下等式使两个信号互相关:

$$[0031] \quad [S_1 * S_2](t) = \int_{-\infty}^{+\infty} S_1^*(\tau) S_2(\tau + t) d\tau \quad (\text{等式 1})$$

[0032] 其中 S_1^* 是 S_1 的复共轭。

[0033] 如上所述,示例相关性214、216包括与时间样本相关联的峰值强度值和旁瓣值。粗略相关性214包括宽的、不太明显的峰值,并且精细相关性216包括窄的、更明显的峰值。粗略相关性214的峰值对应于与到示例目标102(图1)的距离相关联的粗略延迟估计,并且精细相关性216的峰值对应于与到示例目标102的距离相关联的精细延迟估计。当反射信号109中存在噪声时,粗略延迟估计和精细延迟估计可以对应于与不同远距离估计相对应的不同时间样本。在一些示例中,(一个或多个)相关器204是两个相关器,这两个相关器为用于执行粗略相关性的第一相关器和用于执行精细相关性的第二相关器。(一个或多个)示例相关器204将示例相关性(例如,互相关性)214、216发射到示例延迟估计器206。

[0034] 图2的延迟估计器206接收来自(一个或多个)示例相关器204的示例粗略相关性214和示例精细相关性216。示例延迟估计器206基于粗略相关性214的峰值确定粗略延迟时间样本。如上所述,因为在存在噪声的情况下,粗略相关性214具有更宽、更不明显的峰值,因此与精细相关性216相比,粗略相关性214的粗略延迟时间样本产生到示例目标102的距离的不太准确的估计。因此,示例延迟估计器206还基于(A)精细相关性216的峰值和(B)粗略延迟时间样本确定优选延迟时间样本,如结合图4进一步描述的。优选延迟时间样本对应于发射的反射信号109的渡越时间,并且渡越时间对应于图1的示例目标102的距离。在一些示例中,延迟估计器206基于优选时间样本确定示例目标102的距离。示例延迟估计器206发射距离估计信号,该距离估计信号对应于优选时间样本、渡越时间和/或示例目标102的距离。

[0035] 图3是用于确定到图1的示例目标102的距离的本文描述的图1的距离估计器116的替代示例实施方式的框图。尽管结合图1的示例测距系统100和示例目标102描述了示例距离估计器116,但示例距离估计器116可用于使用任何测距系统确定到任何目标的距离。示例距离估计器116包括图2的示例高通滤波器200a、200b、(一个或多个)示例相关器204、示例延迟估计器206、示例带通反射信号样本210、示例带通参考信号样本212、示例粗略相关性214和示例精细相关性216。示例距离估计器116还包括(一个或多个)示例窗口化器300、

示例窗口化参考信号302和示例窗口化反射信号304,以进一步增加粗略相关性的准确度。

[0036] 图3的(一个或多个)示例窗口化器300接收来自示例参考信号路径AFE 112的低通参考信号样本和来自示例反射信号路径AFE 114的低通反射信号样本。(一个或多个)示例窗口化器300对低通参考信号样本和低通反射信号样本窗口化以产生示例窗口化参考信号302和示例窗口化反射信号304。窗口化产生矩形窗,该矩形窗在振荡区间内是恒定的并且在其他任何地方都是零。当窗口化信号302、304相关时,窗口化信号产生低旁瓣。而且,窗口化产生更宽的粗略峰值范围,如结合图8A进一步描述的。在一些示例中,(一个或多个)示例窗口化器300包括两个窗口化器,即用于对低通参考信号样本窗口化的第一窗口化器和用于对低通反射信号样本窗口化的第二窗口化器。(一个或多个)示例窗口化器300可以使用B样条窗函数、韦尔奇(Welch)窗函数、汉宁(Hanning)窗函数、汉明(Hamming)窗函数和/或其他类型的窗函数来窗口化。可替代地,低通参考信号样本和低通反射信号样本可以直接发射到(一个或多个)示例相关器204,而不被(一个或多个)示例窗口化器300窗口化(例如,(一个或多个)示例窗口化器300可以从示例距离估计器116中移除)。

[0037] 虽然图2和/或图3中示出了实现图1的示例距离估计器116的示例方式,但是可以组合、划分、重新布置、省略、消除和/或以其他方式实现图2和/或图3中示出的元件、过程和/或设备。此外,图2和/或图3的示例高通滤波器200a、200b、(一个或多个)示例相关器204、示例延迟估计器206、(一个或多个)示例窗口化器300,和/或(更一般地)示例距离估计器116可以通过硬件、机器可读指令、软件、固件和/或硬件、机器可读指令、软件和/或固件的任何组合来实现。因此,例如,图2和/或图3的示例高通滤波器200a、200b、(一个或多个)示例相关器204、示例延迟估计器206、(一个或多个)示例窗口化器300,和/或(更一般地)示例距离估计器116中的任何一个可以通过(一个或多个)模拟和/或数字电路、(一个或多个)逻辑电路、(一个或多个)可编程处理器、(一个或多个)专用集成电路(ASIC)、(一个或多个)可编程逻辑器件(PLD)和/或(一个或多个)现场可编程逻辑器件(FPLD)来实现。在本说明书中,当示例实施例的任何装置或系统覆盖纯粹的软件和/或固件实施方式时,图2和/或图3的示例高通滤波器200a、200b、(一个或多个)示例相关器204、示例延迟估计器206、(一个或多个)示例窗口化器300,和/或更一般示例距离估计器116中的至少一个在本文中明确地定义为包括有形计算机可读存储设备或存储盘(例如存储器、数字通用盘(DVD)、光盘(CD)、蓝光光盘等),以用于存储软件和/或固件。而且,图2和/或图3的示例距离估计器116包括附加于或替代图4中示出的那些的元件、过程和/或设备,和/或可以包括任何或所有示出的元件、过程和设备中的不止一个。

[0038] 图4中示出了表示用于实现图2和/或图3的示例距离估计器116的示例机器可读指令的流程图。在示例中,机器可读指令包括用于由处理器(例如在下文结合图9描述的示例处理器平台900中示出的处理器912)执行的程序。该程序可以体现在存储在有形计算机可读存储介质(例如CD-ROM、软盘、硬盘驱动器、数字通用盘(DVD)、蓝光光盘或与处理器912相关联的存储器)上的机器可读指令中,但是整个程序和/或其部分可以替代地由除处理器912之外的设备执行和/或体现在固件或专用硬件中。此外,尽管参考图4中所示的流程图描述了示例程序,但可以替代地使用用于实现图2和/或图3的示例距离估计器116的许多其他方法。例如,可以改变块的执行顺序,和/或可以改变、消除或组合所描述的一些块。

[0039] 如上所述,图4的示例过程可以使用在其中存储信息持续任何持续时间(例如,持

续延长的时间段、永久地、持续短实例、持续临时缓冲和/或持续缓存信息)的存储在有形计算机可读存储介质(例如硬盘驱动器、闪存、只读存储器(ROM)、光盘(CD)、数字通用磁盘(DVD)、高速缓存、随机存取存储器(RAM)和/或任何其他存储设备或存储磁盘)上的编码指令(例如,计算机和/或机器可读指令)来实现。如本文所使用的,术语有形计算机可读存储介质明确地定义为包括任何类型的计算机可读存储设备和/或存储盘,并且排除传播信号并排除传输介质。如本文所使用的,“有形计算机可读存储介质”和“有形机器可读存储介质”可互换使用。附加地或可替代地,可以使用在其中存储信息持续任何持续时间(例如,持续延长的时间段、永久地、持续短实例、持续临时缓冲和/或持续缓存信息)的存储在非暂时性计算机和/或机器可读介质(例如硬盘驱动器、闪存、只读存储器、紧凑型磁盘、数字通用磁盘、高速缓存、随机存取存储器和/或任何其他存储设备或存储磁盘)上的编码指令(例如,计算机和/或机器可读指令)来实现图4的示例过程。如本文所使用的,术语非暂时性计算机可读介质明确地被定义为包括任何类型的计算机可读存储设备和/或存储盘,并且排除传播信号并排除传输介质。如本文所使用的,当短语“至少”被用作权利要求的前序中的过渡项时,它以与术语“包括”是开放式的同样也是开放式的。

[0040] 图4是表示可以由图2和/或图3的示例距离估计器116执行以确定到图1的示例目标102的距离的示例机器可读指令的示例流程图400。如上所述,距离的确定基于发射信号时和接收反射信号109之间的持续时间。示例距离估计器116基于对应于图2的(A)示例粗略相关性214的峰值和(B)示例精细相关性216的峰值的优选延迟时间样本来确定持续时间。优选时间样本对应于到示例目标102的距离的最佳估计。

[0041] 示例高通滤波器200a、200b对来自示例参考信号路径AFE 112的低通参考信号样本和来自示例反射信号路径AFE 114的低通反射信号样本进行高通滤波,以产生示例带通参考信号样本212和示例带通反射信号样本210(框402)。图7中示出并进一步描述了带通反射信号的示例。示例窗口化器300对低通参考信号样本和低通反射信号样本进行窗口化(框404)。如上文结合图3所述,对低通参考信号样本和低通反射信号样本进行窗口化使得粗略插值具有更大的SNR,从而进一步降低了确定粗略相关性的峰值的模糊性。窗口化参考信号302和窗口化反射信号304被发射到(一个或多个)示例相关器204。

[0042] (一个或多个)示例相关器204将带通参考信号样本212与带通反射信号样本210相关以产生示例精细相关性216(图2)(框406)。如上文结合图2所述,(一个或多个)相关器204使用等式1来对带通信号进行相关。结合图8B示出并进一步描述了精细相关性216的结果的示例。(一个或多个)示例相关器204将示例精细相关性216(图2)发射到示例延迟估计器206。

[0043] (一个或多个)示例相关器204将带通参考信号样本212与带通反射信号样本210相互关联以产生示例粗略相关性214(图2)(框408)。如上文结合图2所述,(一个或多个)相关器204使用等式1来将带通信号相互关联。结合图8A示出并进一步描述了示例粗略相关性214的结果的示例。(一个或多个)示例相关器204将示例粗略相关性214(图2)发射到示例延迟估计器206。

[0044] 示例延迟估计器206基于示例粗略相关性214的峰值确定粗略延迟估计(框410)。示例延迟估计器206通过确定哪个时间样本对应于示例粗略相关性214的峰值来确定粗略延迟时间样本估计。如上所述,粗略延迟时间样本估计确定与到示例目标102(图1)的距离

相关联的准确但不是非常精确的时间样本。为了优化时间样本估计(例如,使准确估计更精确),示例延迟估计器206基于粗略延迟估计和示例精细相关性216确定优选时间延迟时间样本估计(框412)。在一些示例中,示例延迟估计器206可以基于与最接近粗略延迟时间样本估计的时间样本相关联的峰值来确定优选延迟时间样本。例如,如果粗略延迟样本估计与第3,000个时间样本相关联并且精细延迟相关216的最接近峰值与第3,150个时间样本相关联,则示例延迟估计器206确定优选延迟时间样本估计与第3,150个时间样本相关联。以这种方式,周跳的可能性被最小化,因为粗略相关性确定延迟时间样本范围,并且精细相关性基于与粗略相关性相关联的延迟样本范围确定高度精确的优选延迟时间样本。

[0045] 示例延迟估计器206基于优选的延迟时间样本估计来确定到示例目标102的距离(框414)。如上所述,每个时间样本对应于示例目标102的距离。因此,优选延迟时间样本估计对应于反射信号109的渡越时间和目标102的距离。在一些示例中,示例延迟估计器206直接基于优选延迟时间样本估计来确定目标102的距离。可替代地,示例延迟估计器206通过将优选延迟时间样本估计转换为与反射信号109的渡越时间相关联的时间值(例如,纳秒)来确定目标102的距离,然后使用渡越时间来计算到示例目标102的距离。示例延迟估计器206将距离估计信号中的到示例目标102的距离输出到耦合到图1的示例测距系统100和/或在图1的示例测距系统100内的电路和/或处理器(框416)。

[0046] 图5示出了示例曲线图500、502,示例曲线图500、502示出了被发射(例如,经由图1的示例发射换能器106)到示例目标102(图1)的图1的示例发射信号107和由示例接收器反射信号换能器110接收的图1的示例反射信号109。示例曲线图500、502示出了发射脉冲的一个重复周期。示例发射信号107是窄带连续波调制脉冲,其频率为80兆赫兹并具有DC偏移,其平均功率为75毫瓦,并且其峰值功率为1181毫瓦。可替代地,示例发射信号107可以是处于任何频率以任何振幅振荡的任何类型的信号。示例发射信号107在0纳秒(ns)处开始振荡并且继续振荡直到大约120ns。示例反射信号109是被图1的示例目标102反射之后的示例发射信号107。示例反射信号109是频率为80兆赫兹的具有DC偏移的波调制脉冲,其平均功率为75毫瓦,并且其峰值功率为1181毫瓦。可替代地,示例反射信号109可以是以任何频率以任何振幅振荡的任何类型的信号。示例反射信号109在1000ns处开始振荡并且继续振荡直到大约1120ns(例如,由于渡越时间)。

[0047] 图6包括示例曲线图600、602,示例曲线图600、602示出了图2的示例窗口化参考信号302和示例窗口化反射信号304。示例窗口化信号302、304表示在被图3的(一个或多个)示例窗口化器300窗口化之后的图1的参考信号和反射信号109。示例窗口化参考信号302在大约10ns处增加到大约1.15毫瓦并且在大约120ns处减小回到0毫瓦。示例窗口化反射信号304在大约1020ns处增加到大约1.15毫瓦并且在大约1140ns处减小回到0毫瓦。

[0048] 图7包括示例曲线图700、702,示例曲线图700、702示出了图2的示例带通反射信号样本210和示例带通参考信号样本212。示例带通反射信号样本210表示由示例接收器反射信号换能器110接收并进行低通滤波,并且通过图2的示例高通滤波器200b进行高通滤波的图1的示例反射信号109(例如,被图1的示例目标102反射之后的图5的示例发射信号107)。示例带通反射信号样本210在大约1025ns处开始振荡并且在大约1350ns处终止振荡。示例带通参考信号样本212表示示例参考信号(例如,由用于产生参考信号的示例接收器参考信号换能器108接收并进行低通滤波并且通过图2的示例高通滤波器200a进行高通滤波的发

射信号107)。示例带通反射信号样本210在大约20ns处开始振荡并且在大约200ns处终止振荡。

[0049] 图8A和图8B示出了包括示例粗略相关性214的示例粗略相关性曲线图800和包括图2的示例精细相关性216的示例精细相关性曲线图810。示例粗略相关性曲线图800包括示例粗略峰值802、示例粗略旁瓣804a、804b、示例粗略峰值到旁瓣范围806,以及示例粗略峰值范围808。示例精细相关性曲线图810包括示例精细峰值812、示例精细旁瓣814a、814b、示例精细峰值到旁瓣范围816,以及示例精细峰值范围818。

[0050] 图8A的示例粗略峰值802是具有最高强度值(例如,主瓣)的粗略相关性214的强度值。如示例粗略相关性曲线图800中所示,示例峰值802在第3480个时间样本附近具有1.0的强度值。第3480个时间样本对应于反射信号109的渡越时间,该渡越时间可以用于计算到图1的示例目标102的距离。示例粗略旁瓣804a、804b对应于最接近示例粗略峰值802的局部最大强度值。如示例粗略相关性曲线图800中所示,粗略示例旁瓣804a、804b分别第3440个样本和第3525个样本附近均具有0.88的强度值。如上文结合图2所述,示例粗略相关性214对应于(A)低通参考信号样本与低通反射信号样本的相关性或(B)窗口化参考信号302与窗口化反射信号304的相关性。此外,示例精细相关性216对应于图2的示例带通参考信号样本212与示例带通反射信号样本210的相关性。

[0051] 图8A的示例粗略相关性214包括对应于峰值与旁瓣比率的示例粗略峰值到旁瓣范围806(例如,峰值到旁瓣范围越大,峰值与旁瓣比率越高)。峰值到旁瓣范围和/或峰值与旁瓣比率越高,到示例目标102的距离的估计越准确。如示例粗略相关性曲线图800所示,示例粗略峰值到旁瓣范围806是0.12(例如,1.0-0.88)并且峰值与旁瓣比率是1.14(例如,1.0/0.88)。示例粗略相关性214包括对应于与峰值对应的谷值之间的时间样本的数量的示例粗略峰值范围808。噪声可以在任何时间样本处产生尖峰。因此,粗略峰值范围808越宽,距离的估计将越不精确,因为噪声可以在实际峰值附近的点处产生人为峰值。如示例粗略相关性214中所示,示例粗略峰值范围808是大约45个时间样本。

[0052] 图8B的示例峰值812是具有最高强度值(例如,主瓣)的精细相关性216的强度值。如示例精细相关性曲线图810中所示,示例精细峰值812在第3480个时间样本附近具有1.0的强度值。第3480个时间样本对应于反射信号109的渡越时间,该渡越时间可以用于计算到图1的示例目标102的距离。示例精细旁瓣814a、814b对应于最接近示例精细峰值812的局部最大强度值。如示例精细相关性曲线图810中所示,示例精细旁瓣814a、814b分别第3440个样本和第3525个样本附近均具有0.98的强度值。

[0053] 图8B的示例精细相关性216包括对应于峰值与旁瓣比率的示例精细峰值到旁瓣范围816(例如,峰值到旁瓣范围越大,峰值与旁瓣比率越高)。峰值到旁瓣范围和/或峰值与旁瓣比率越高,到示例目标102的距离的估计越准确。如示例精细相关性曲线图810所示,示例精细峰值到旁瓣范围816是0.02(例如,1.0-0.98)并且峰值与旁瓣比率是1.02(例如,1.0/0.98)。噪声可以在任何时间样本处产生尖峰。因此,峰值到旁瓣范围和/或峰值与旁瓣比率越低,噪声将使精细示例旁瓣814a、814b之一的强度值增加到高于示例精细峰值812的强度的变化越大,导致周跳的可能性增加。示例精细相关性216包括对应于与峰值对应的谷值之间的时间样本的数量的示例精细峰值范围818。如示例精细相关性216所示,示例精细峰值范围818是大约55个时间样本。

[0054] 如图8A和图8B的示例相关性214、216中所示,由于大的粗略峰值到旁瓣范围806,示例粗略相关性214对于准确度是优选的,并且由于小的精细峰值范围818,示例精细相关性216对于精度是优选的。此外,因为应用于与示例粗略相关性214相关联的反射信号109的噪声可以在示例粗略相关性214中产生尖峰,并且粗略峰值范围808如此大,所以在第3480个时间样本处的尖峰可以导致强度值高于在第3480个样本处的实际粗略峰值802,导致不太精确的估计。同样地,因为施加到与示例精细相关性216相关联的反射信号109的噪声可以在示例精细相关性216中产生尖峰并且精细峰值到旁瓣范围816如此低,所以在第3440个时间样本处的尖峰可能导致强度值高于第3440个时间样本处的实际精细峰值812,导致周跳,从而导致不太准确的估计。图1和图2的示例距离估计器116通过基于与示例粗略相关性214的精确粗略峰值802相关联的时间样本使用示例精细相关性216的精度来识别优选时间样本估计,从而最小化示例粗略相关性214和示例精细相关性216的缺点并最大化其优点。

[0055] 图9是能够执行图4的指令以实现图1、图2和图3的示例距离估计器116的示例处理器平台900的框图。例如,处理器平台900可以是服务器、个人计算机、移动设备(例如,手机、智能电话、诸如iPad™的平板电脑)、个人数字助理(PDA)、互联网电器或任何其他类型的计算设备。

[0056] 该示例的处理器平台900包括处理器912。该示例的处理器912是硬件。例如,处理器912可以由来自任何期望的系列或制造商的集成电路、逻辑电路、微处理器或控制器实现。

[0057] 该示例的处理器912包括本地存储器913(例如,高速缓存)。图9的示例处理器912执行图4的指令以实现图2和/或图3的示例高通滤波器200a、200b、(一个或多个)示例相关器204、示例延迟估计器206和(一个或多个)示例窗口化器300以实现示例距离估计器116。该示例的处理器912经由总线918与包括易失性存储器914和非易失性存储器916的主存储器通信。易失性存储器914可以通过同步动态随机存取存储器(SDRAM)、动态随机存取存储器(DRAM)、RAMBUS动态随机存取存储器(RDRAM)和/或任何其他类型的随机存取存储器设备来实现。非易失性存储器916可以通过闪存和/或任何其他期望类型的存储器设备实现。对主存储器914、916的访问由时钟控制器控制。

[0058] 该示例的处理器平台900还包括接口电路920。接口电路920可以由任何类型的接口标准实现,例如以太网接口、通用串行总线(USB)和/或新型总线(PCI express)接口。

[0059] 在该示例中,一个或多个输入设备922连接到接口电路920。(一个或多个)输入设备922允许用户将数据和命令输入到处理器912中。例如,(一个或多个)输入设备可以通过传感器、麦克风、相机(静止或视频)、键盘、按钮、鼠标、触摸屏、跟踪板、轨迹球、等点和/或语音识别系统来实现。

[0060] 一个或多个输出设备924也连接到该示例的接口电路920。例如,输出装置924可以由显示设备(例如,发光二极管(LED)、有机发光二极管(OLED)、液晶显示器、阴极射线管显示器(CRT)、触摸屏、触觉输出设备和/或扬声器)实现。因此,该示例的接口电路920通常包括图形驱动器卡,图形驱动器芯片或图形驱动器处理器。

[0061] 该示例的接口电路920还包括通信设备,诸如发射器、接收器、收发器、调制解调器和/或网络接口卡,以促进与外部机器(例如,任何类型的计算设备)经由网络926(例如,以太网连接、数字用户线(DSL)、电话线、同轴电缆、蜂窝电话系统等)进行数据交换。

[0062] 该示例的处理器平台900还包括用于存储软件和/或数据的一个或多个大容量存储设备928。这种大容量存储设备928的示例包括软盘驱动器、硬盘驱动器、压缩盘驱动器、蓝光盘驱动器、RAID系统和数字通用盘 (DVD) 驱动器。

[0063] 图4的编码指令932可以存储在大容量存储设备928中、易失性存储器914中、非易失性存储器916中,和/或可移除有形计算机可读存储介质 (例如CD或DVD) 上。

[0064] 上文描述的方法、装置和制品通过基于窄带低通信号的粗略相关性和窄带带通信号的精细相关性确定反射信号的渡越时间来准确地确定目标的距离。本文描述的示例将粗略相关性的准确度与精细相关性的精度相结合,以产生目标的高准确度和高精度的估计。本文描述的示例将测距误差标准偏差减小18%,这相当于发射功率减少20%。而且,本文描述的示例显著地降低了周跳的可能性 (例如,由于与噪声相关联的尖峰而错误地确定旁瓣是峰值)。

[0065] 一些常规技术仅对参考信号和反射信号进行低通滤波。然而,由于低通信号的相关性的峰值周围的噪声导致峰值用于进行距离估计,这种常规技术具有较不精确的距离估计。其他常规技术仅对参考信号和反射信号进行带通滤波。然而,由于低通信号的相关性的旁瓣周围的噪声导致旁瓣用于进行距离估计,这种常规技术具有增加的周跳的可能性。通过使用低通参考信号和低通反射信号的粗略相关性来确定准确的估计范围,并使用带通参考信号和反射信号的带通精细相关性来确定精确的估计范围内的精确估计,本文描述的示例减轻了与这种常规技术相关联的这些问题。

[0066] 在所描述的实施例中,修改是可能的,并且在权利要求的范围内,其他实施例也是可能的。

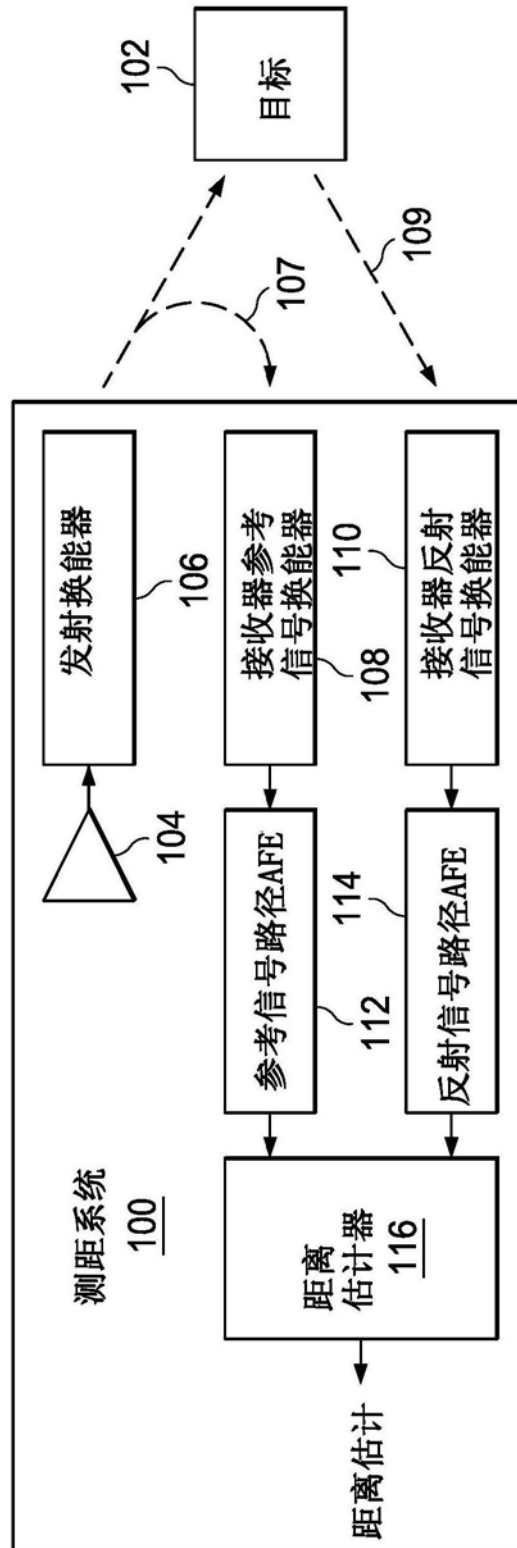


图1

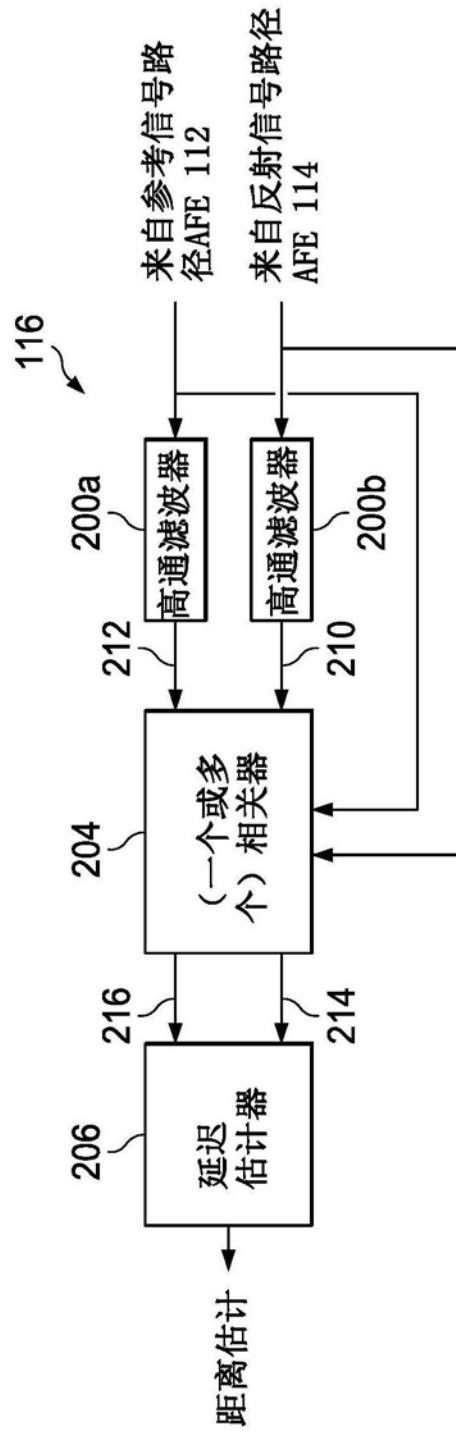


图2

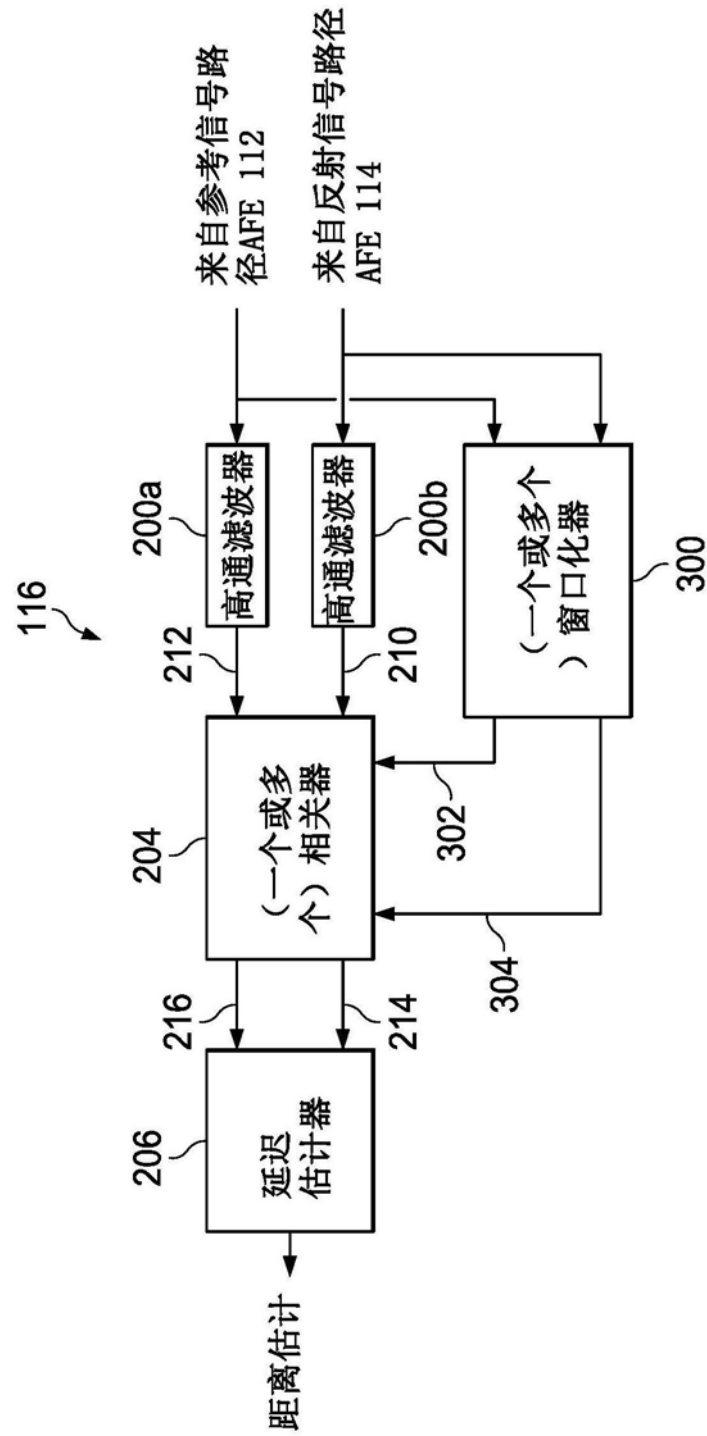


图3

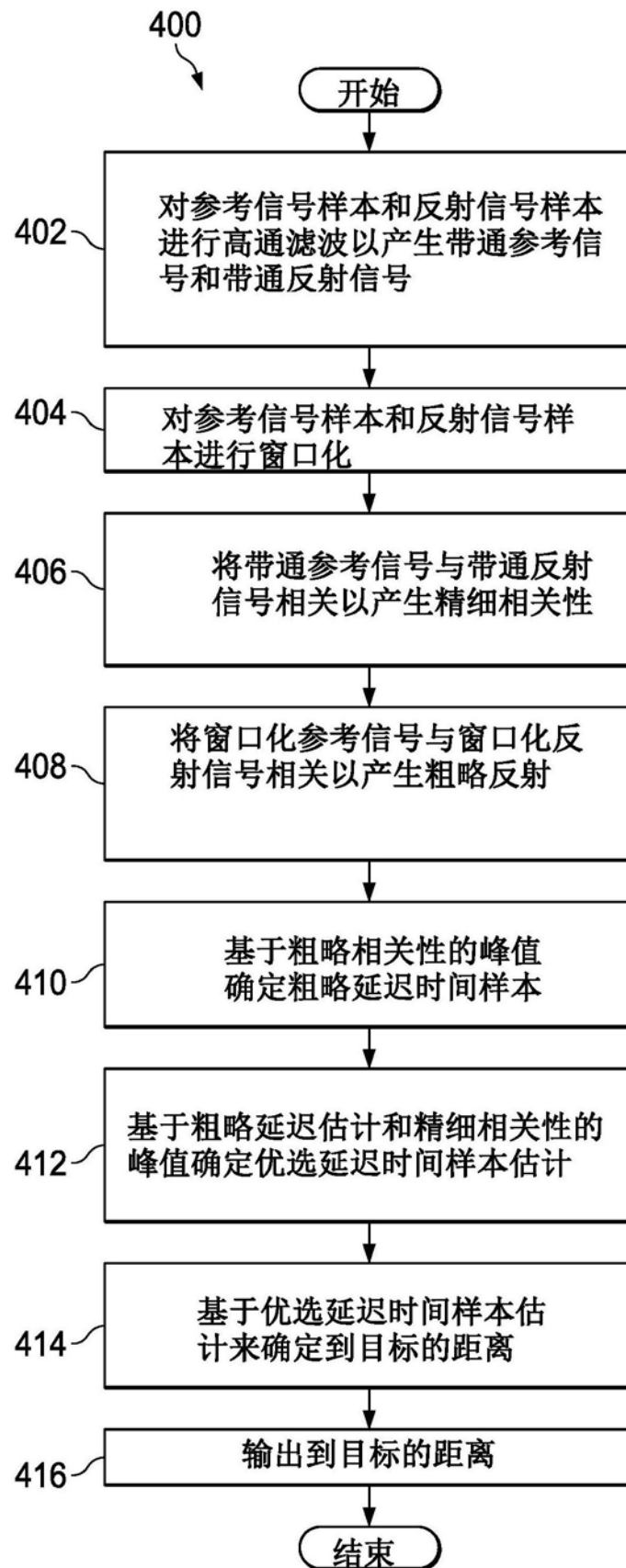


图4

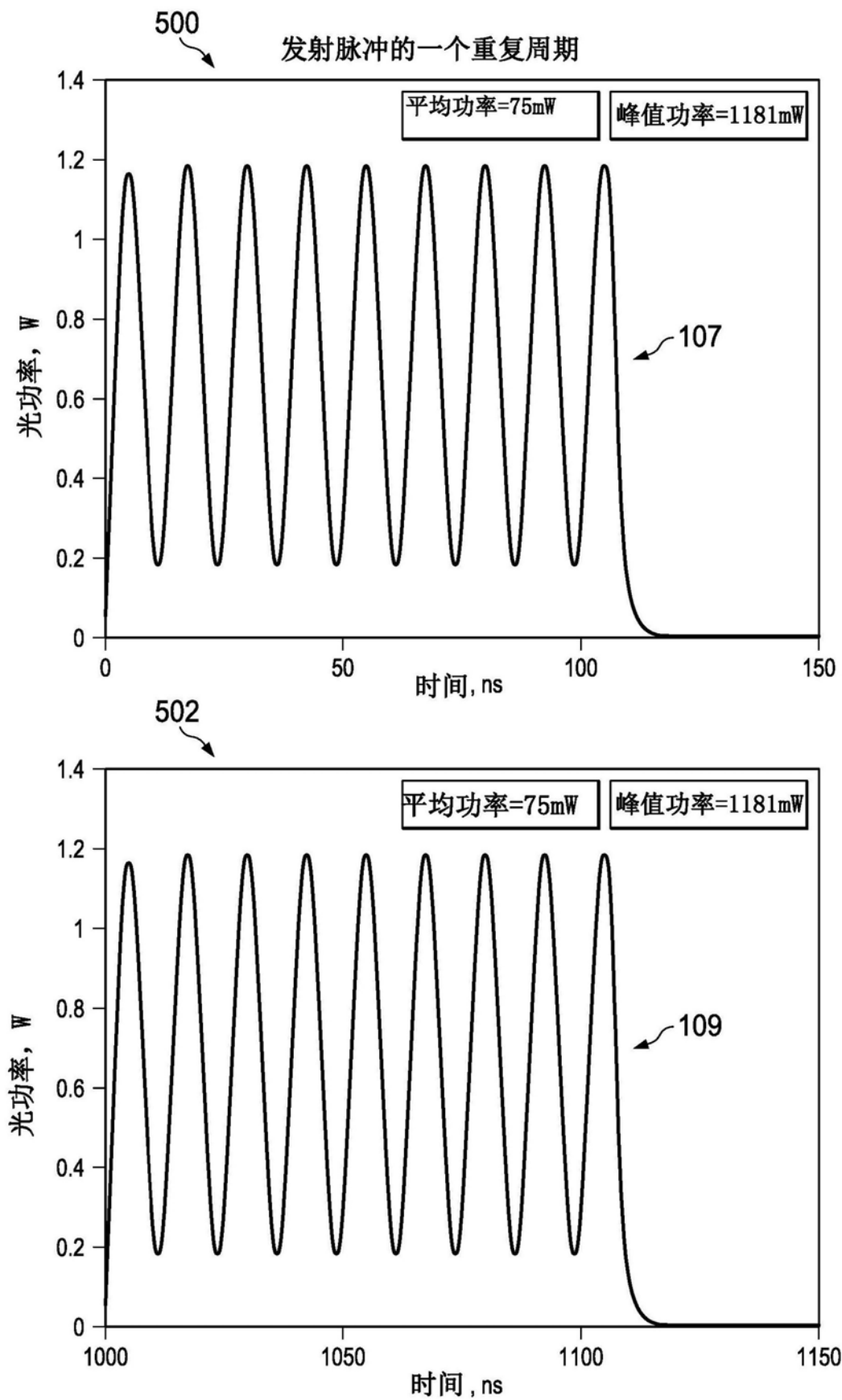


图5

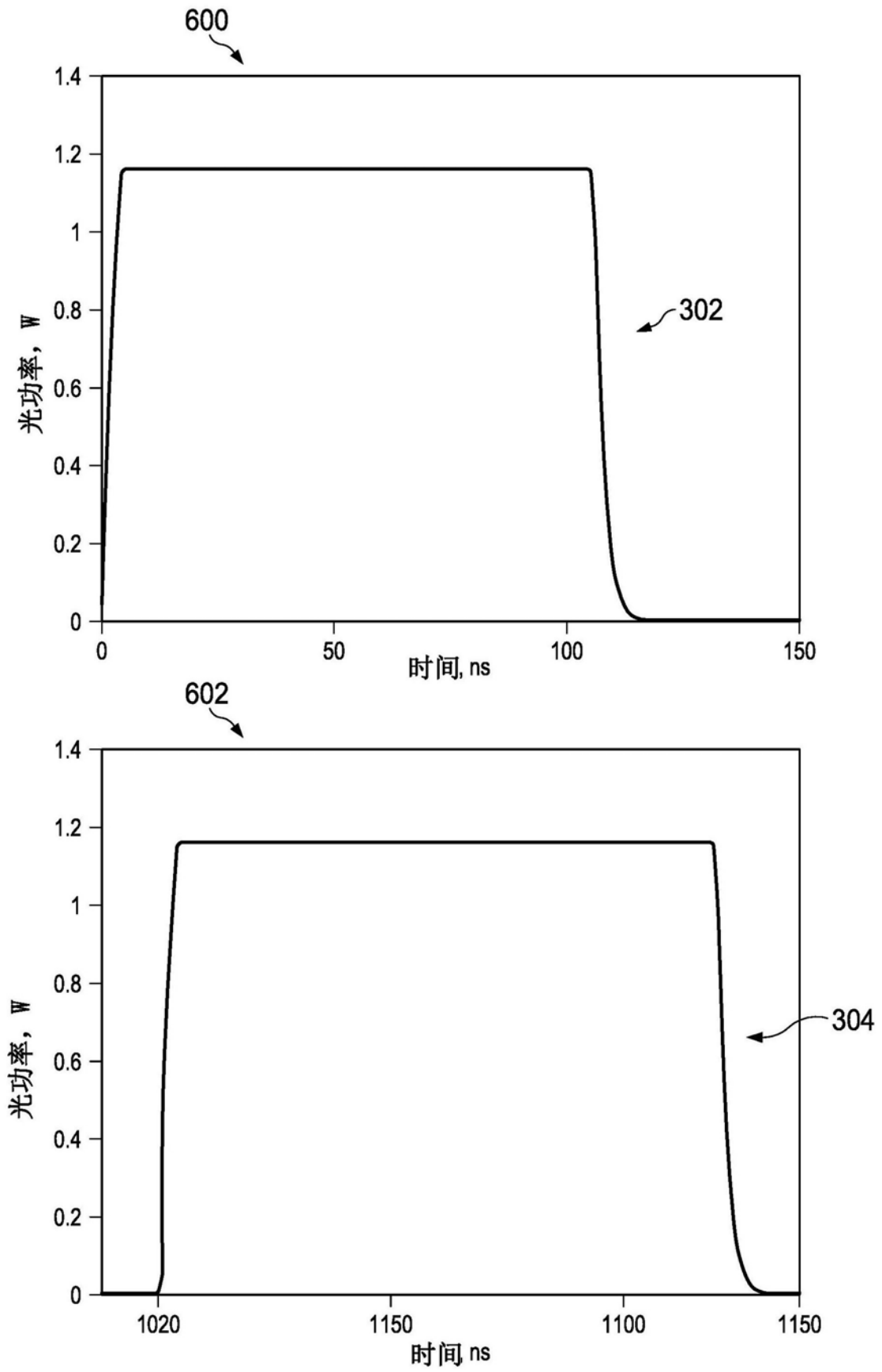


图6

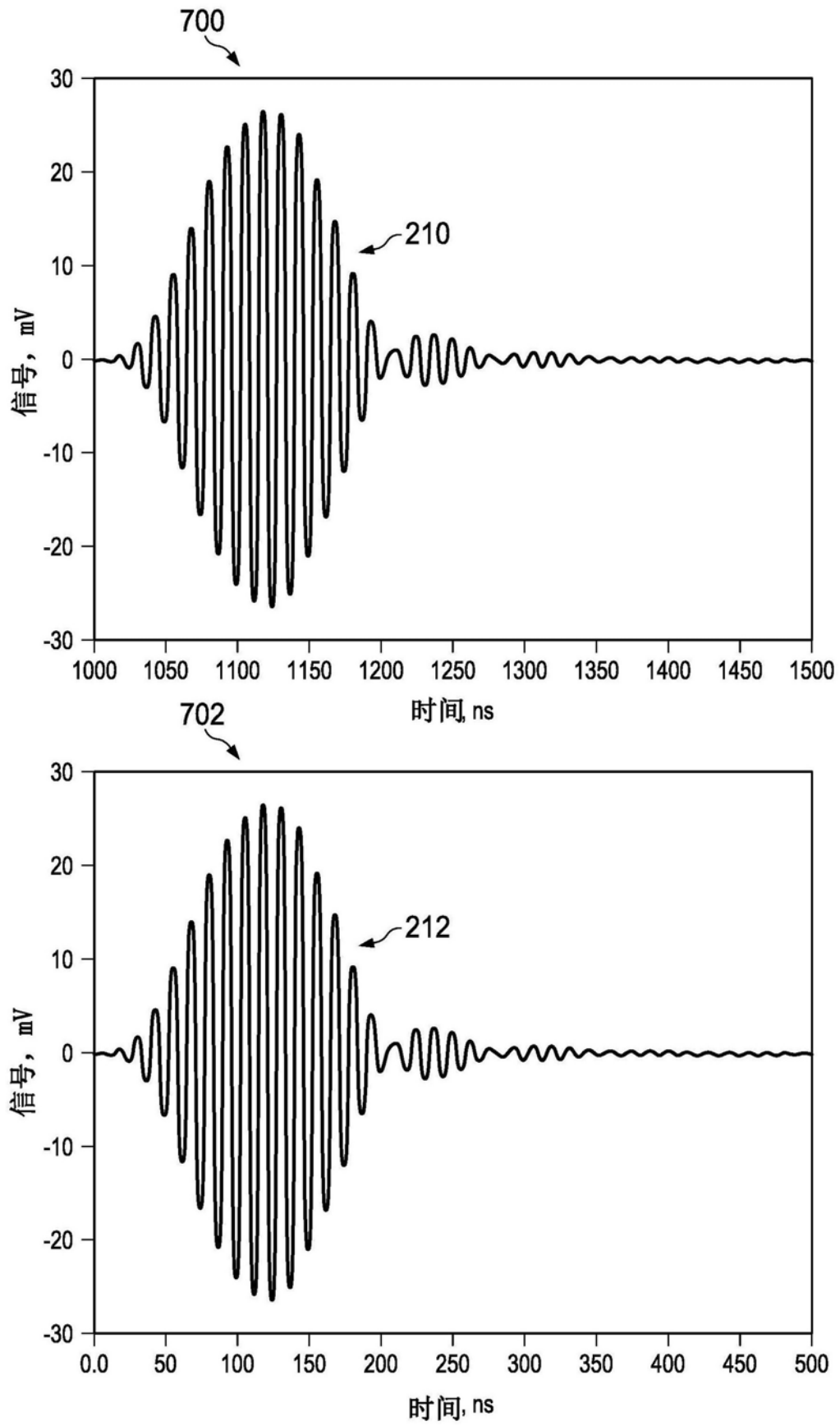


图7

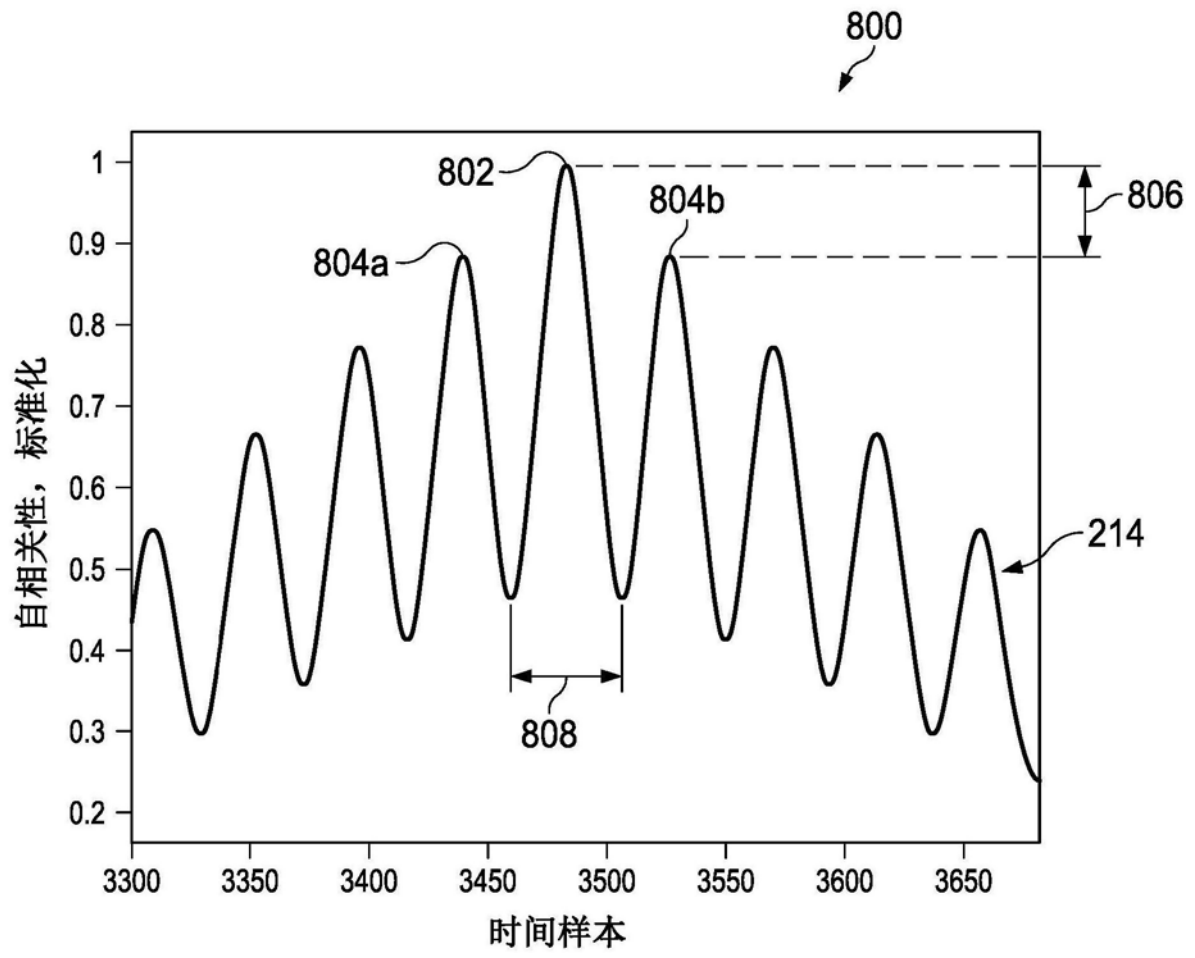


图8A

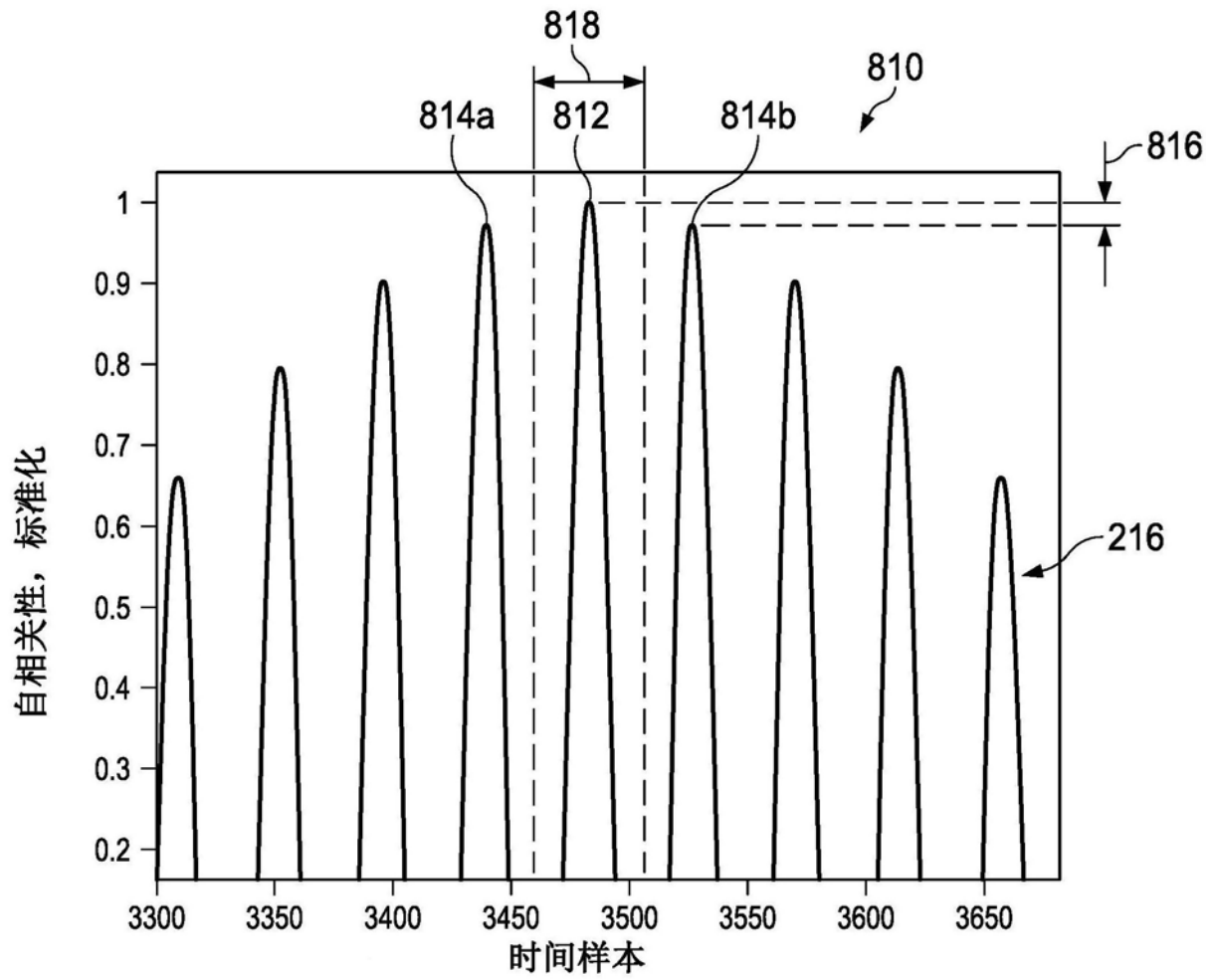


图8B

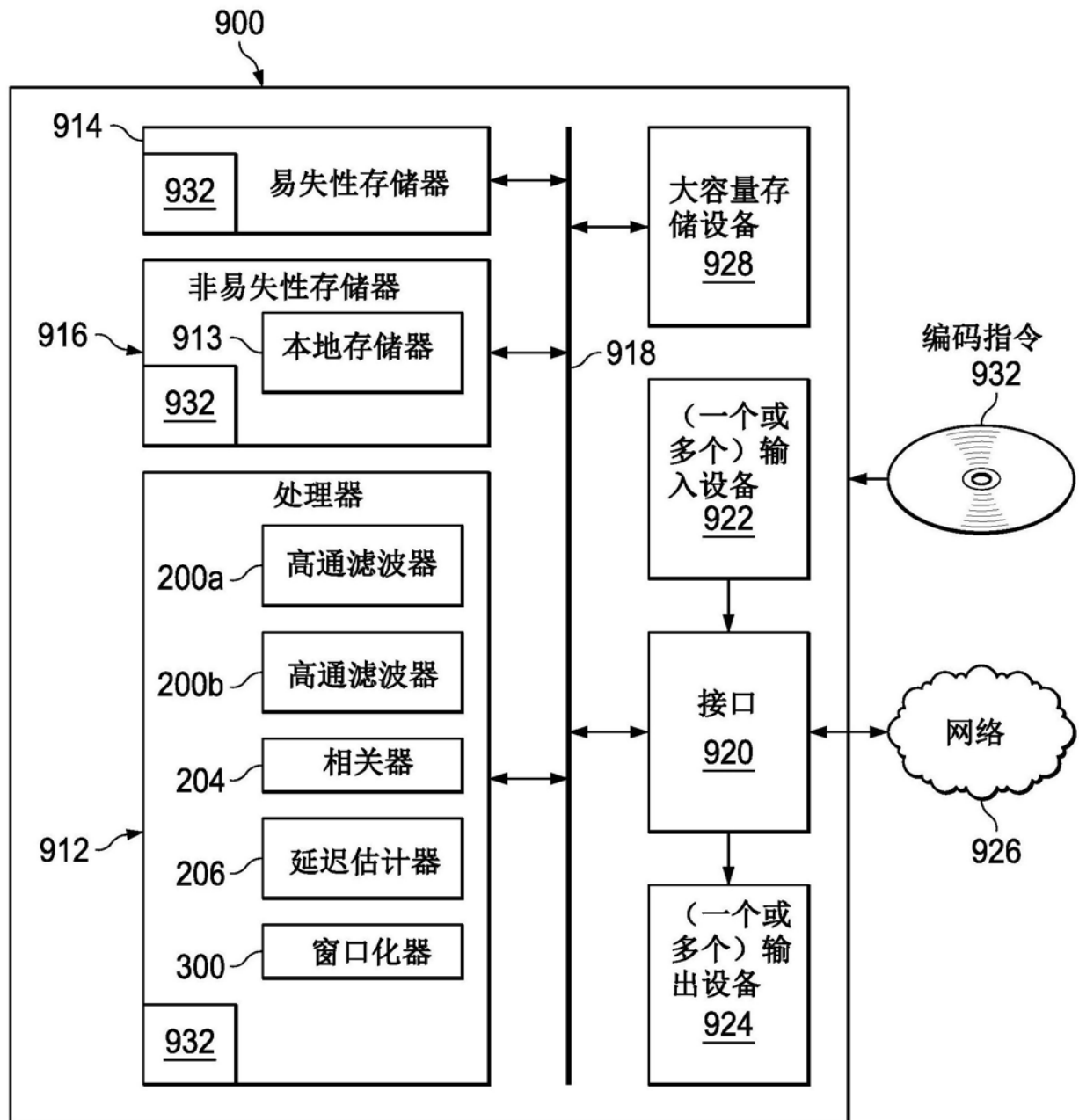


图9