



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103180751 A

(43) 申请公布日 2013.06.26

(21) 申请号 201180051904.1

代理人 杨谦 房永峰

(22) 申请日 2011.08.10

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

G01S 3/46 (2006.01)

2010-254011 2010.11.12 JP

(85) PCT申请进入国家阶段日

2013.04.26

(86) PCT申请的申请数据

PCT/JP2011/068281 2011.08.10

(87) PCT申请的公布数据

W02012/063532 JA 2012.05.18

(71) 申请人 阿尔卑斯电气株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 大泷幸夫 高井大辅 种村武

佐野崇

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

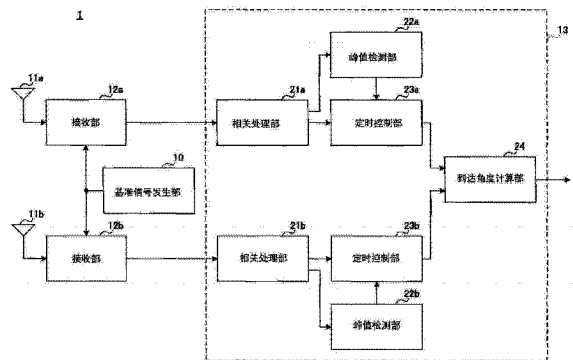
权利要求书2页 说明书14页 附图19页

(54) 发明名称

到达角度计算装置

(57) 摘要

其目的在于提供一种可以高精度地计算到达角度的到达角度计算装置。本发明的到达角度计算装置(1)的特征在于,具备多个天线、多个接收信号处理部、到达角度计算部,各接收信号处理部具备接收部(12A、12b)、相关处理部(21a、21b)、峰值检测部(22a、22a)、定时控制部(23a、23b),定时控制部(23a、23b),如果与信息单位相当的期间中的峰值期间的电力和除了该峰值期间以外的期间的电力之比大于阈值,则将来自相关处理部(21a、21b)的信号向到达角度计算部24输出。



1. 一种到达角度计算装置,其特征在于,

具备:多个天线,接收从某个位置发送的电波;多个接收信号处理部,与所述各天线对应地设置;以及到达角度计算部,从由所述多个接收信号处理部输出的输出信号取入在接收信号处理部间成为相同信息单位的信号分量从而计算所述电波的到达角度,

所述各接收信号处理部具备:接收部,将由对应的所述天线接收到的电波变换为具有该电波的相位信息的接收信号并输出;相关处理部,将从所述接收部输出的接收信号进行相关处理;峰值检测部,检测进行了所述相关处理的接收信号的峰值;以及定时控制部,以从所述相关处理部的输出信号切出在所述接收信号处理部间成为相同信息单位的信号分量的方式,与由所述峰值检测部检测到的峰值的定时相配合,从而控制从所述相关处理部输出的输出信号的取入定时,

在与所述信息单位相当的期间中的峰值期间的电力与除了该峰值期间以外的期间的电力之比大于阈值的情况下,所述定时控制部将来自所述相关处理部的信号向所述到达角度计算部输出。

2. 如权利要求 1 所述的到达角度计算装置,其特征在于,

将 ΣP_1 和 ΣP_2 之比 $\Sigma P_1 / \Sigma P_2$ 与阈值进行比较,在所述比 $\Sigma P_1 / \Sigma P_2$ 大于所述阈值的情况下,所述定时控制部将来自所述相关处理部的信号向所述到达角度计算部输出,其中上述 ΣP_1 是与所述信息单位相当的期间中的峰值期间的电力之和,上述 ΣP_2 是与所述信息单位相当的期间中除了所述峰值期间以外的期间中的电力之和。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的到达角度计算装置,其特征在于,

所述到达角度计算部具备:

复共轭部,取来自一方的接收信号处理部的定时控制部的信号的复共轭,该一方的接收信号处理部与一方的天线对应;

复数乘法部,将所述复共轭部的输出和来自另一方的接收信号处理部的定时控制部的信号相乘,该另一方的接收信号处理部与另一方的天线对应;

反正切部,使用所述复数乘法部的输出来进行反正切运算,计算所述天线间的所述接收电波的相位差;

平均化部,对所述反正切部的输出进行平均化;以及

到达角度变换部,使用所述平均化部的输出来进行反三角函数运算,从而变换为到达角度。

4. 如权利要求 3 所述的到达角度计算装置,其特征在于,

在计算出的所述相位差分布在 I-Q 平面上的 $+180^\circ$ 及 / 或 -180° 附近的情况下,所述到达角度计算部在使各相位差旋转规定角度后进行平均化,从该平均值减去所述规定角度后进行反三角函数运算,从而变换为到达角度。

5. 如权利要求 4 所述的到达角度计算装置,其特征在于,

在所述 I-Q 平面上,在大于 $+90^\circ$ 或小于 -90° 的相位差的数量比小于 $+90^\circ$ 且大于 -90° 的相位差的数量多的情况下,判断为分布在所述 I-Q 平面上的 $+180^\circ$ 及 / 或 -180° 附近。

6. 如权利要求 4 或 5 所述的到达角度计算装置,其特征在于,

所述规定角度为 $+90^\circ$ 、 -90° 、 $+180^\circ$ 或 -180° 的任一个角度。

7. 如权利要求 3 所述的到达角度计算装置,其特征在于,

在所述复数乘法部的输出的 I 分量为负、且所述复数乘法部的输出的 I 分量的绝对值与 Q 分量的绝对值相比充分大的情况下,通过在反转了所述 Q 分量的符号后进行调换了 I 分量与 Q 分量的关系的反正切运算,来计算校正后的相位差,对所述校正后的相位差进行平均化,从该平均值减去 90° 后进行反三角函数运算,从而变换为到达角度。

8. 如权利要求 3 所述的到达角度计算装置,其特征在于,

在所述复数乘法部的输出的 I 分量为负、且所述复数乘法部的输出的 I 分量的绝对值与 Q 分量的绝对值相比充分大的情况下,通过在反转了所述 I 分量的符号后进行调换了 I 分量与 Q 分量的关系的反正切运算,来计算校正后的相位差,对所述校正后的相位差进行平均化,对该平均值加上 90° 后进行反三角函数运算,从而变换为到达角度。

9. 如权利要求 3 所述的到达角度计算装置,其特征在于,

在所述复数乘法部的输出的 I 分量为负、且所述复数乘法部的输出的 I 分量的绝对值与 Q 分量的绝对值相比充分大的情况下,通过在反转了所述 I 分量的符号和 Q 分量的符号后进行反正切运算来计算校正后的相位差,对所述校正后的相位差进行平均化,从该平均值减去 180° 后进行反三角函数运算,从而变换为到达角度。

到达角度计算装置

技术领域

[0001] 本发明涉及检测到达的电波的相位而用于电波到达角度的计算的到达角度计算装置。

背景技术

[0002] 在以往的到达方向估计装置中,使用互相关系数的计算、逆矩阵运算等运算量大的运算,需要几百符号量的运算。因此,希望得到可以通过简便的运算来估计到达方向的到达方向估计装置。

[0003] 在专利文献 1 中提出了缩小了运算规模的到达方向估计装置。在专利文献 1 所记载的到达方向估计装置中,对由两个天线接收到的接收信号,由复共轭电路和乘法电路来计算到达方向的系数,通过在到达方向检测电路中进行反正切运算和反余弦运算,而估计了接收波的到达方向。

[0004] 现有技术文献

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献 1 :日本特开平 10-177064 号公报

发明内容

[0007] 发明要解决的课题

[0008] 但是,在专利文献 1 中,采用了比较 1 隙缝间的到达方向矢量的功率与阈值、并在比阈值大的情况下更新到达方向的构成,因此,有可能不能够准确地检测接收波中的期望波来更新到达方向。例如,在接收波的背景值高的情况下,与期望波的信号电平无关地,接收波的功率往往比阈值大。在这种情况下,在背景值下到达方向也被计算、更新,因此不能够正确估计到达方向。

[0009] 本发明是鉴于这样的点而进行的,其目的在于提供一种可以抑制接收波的背景值的影响、并能够以高精度计算到达角度的到达角度计算装置。

[0010] 用于解决课题的手段

[0011] 本发明的到达角度计算装置的特征在于,具备 :多个天线,接收从某个位置发送的电波 ;多个接收信号处理部,与所述各天线对应地设置 ;以及到达角度计算部,从由所述多个接收信号处理部输出的输出信号取入在接收信号处理部间成为相同信息单位的信号分量从而计算所述电波的到达角度,所述各接收信号处理部具备 :接收部,将由对应的所述天线接收到的电波变换为具有该电波的相位信息的接收信号并输出 ;相关处理部,将从所述接收部输出的接收信号进行相关处理 ;峰值检测部,检测进行了所述相关处理的接收信号的峰值 ;以及定时控制部,以从所述相关处理部的输出信号切出在所述接收信号处理部间成为相同信息单位的信号分量的方式,与由所述峰值检测部检测到的峰值的定时相配合,从而控制从所述相关处理部输出的输出信号的取入定时,在与所述信息单位相当的期间中的峰值期间的电力与除了该峰值期间以外的期间的电力之比大于阈值的情况下,所述定时

控制部将来自所述相关处理部的信号向所述到达角度计算部输出。

[0012] 根据该构成,将峰值期间的电力和其以外的期间的电力之比与阈值相比较,在比大于阈值的情况下计算到达角度,因此即使在接收波的期望波以外的信号电平高的情况下,也可以准确地检测期望波的峰值,并计算到达角度。即,没有根据期望波以外的部分计算到达角度,因此可以提高到达角度的计算精度。

[0013] 在本发明的到达角度计算装置中,也可以为,将 ΣP_1 和 ΣP_2 之比 $\Sigma P_1 / \Sigma P_2$ 与阈值进行比较,在所述比 $\Sigma P_1 / \Sigma P_2$ 大于所述阈值的情况下,所述定时控制部将来自所述相关处理部的信号向所述到达角度计算部输出,其中上述 ΣP_1 是与所述信息单位相当的期间中的峰值期间的电力之和,上述 ΣP_2 是与所述信息单位相当的期间中除了所述峰值期间以外的期间中的电力之和。

[0014] 在本发明的到达角度计算装置中,也可以为,所述到达角度计算部具备:复共轭部,取来自一方的接收信号处理部的定时控制部的信号的复共轭,该一方的接收信号处理部与一方的天线对应;复数乘法部,将所述复共轭部的输出和来自另一方的接收信号处理部的定时控制部的信号相乘,该另一方的接收信号处理部与另一方的天线对应;反正切部,使用所述复数乘法部的输出来进行反正切运算,计算所述天线间的所述接收电波的相位差;平均化部,对所述反正切部的输出进行平均化;以及到达角度变换部,使用所述平均化部的输出来进行反三角函数运算,从而变换为到达角度。根据该构成,可以不使用互相关系数的计算、逆矩阵运算等而计算到达角度,因此可以缩小到达角度计算装置的规模。

[0015] 在本发明的到达角度计算装置中,也可以为,在计算出的所述相位差分布在I-Q平面上的 $+180^\circ$ 及/或 -180° 附近的情况下,所述到达角度计算部在使各相位差旋转规定角度后进行平均化,从该平均值减去所述规定角度后进行反三角函数运算,从而变换为到达角度。根据该构成,在相位差分布在到达角度的计算精度处于降低的倾向的相位差区域的情况下,使相位差仅旋转规定角度而进行到达角度计算的运算,因此到达角度的计算精度才没有降低。结果,可以充分提高到达角度的计算精度。

[0016] 在本发明的到达角度计算装置中,也可以为,在所述I-Q平面上,在大于 $+90^\circ$ 或小于 -90° 的相位差的数量比小于 $+90^\circ$ 且大于 -90° 的相位差的数量多的情况下,判断为分布在所述I-Q平面上的 $+180^\circ$ 及/或 -180° 附近。

[0017] 在本发明的到达角度计算装置中,也可以为,使所述规定角度为 $+90^\circ$ 、 -90° 、 $+180^\circ$ 或 -180° 的任一个角度。

[0018] 在本发明的到达角度计算装置中,也可以为,在所述复数乘法部的输出的I分量为负、且所述复数乘法部的输出的I分量的绝对值与Q分量的绝对值相比充分大的情况下,通过在反转了所述Q分量的符号后进行调换了I分量与Q分量的关系的反正切运算,来计算校正后的相位差,对所述校正后的相位差进行平均化,从该平均值减去 90° 后进行反三角函数运算,从而变换为到达角度。根据该构成,在相位差分布在到达角度的计算精度处于降低的倾向的相位差区域的情况下,使相位差旋转规定角度的量而进行到达角度计算的运算,因此到达角度的计算精度才没有降低。结果,可以充分提高到达角度的计算精度。

[0019] 在本发明的到达角度计算装置中,也可以为,在所述复数乘法部的输出的I分量为负、且所述复数乘法部的输出的I分量的绝对值与Q分量的绝对值相比充分大的情况下,通过在反转了所述I分量的符号后进行调换了I分量与Q分量的关系的反正切运算,来计

算校正后的相位差,对所述校正后的相位差进行平均化,对该平均值加上 90° 后进行反三角函数运算,从而变换为到达角度。根据该构成,在相位差分布在到达角度的计算精度处于降低的倾向的相位差区域的情况下,使相位差旋转规定角度的量而进行到达角度计算的运算,因此到达角度的计算精度才没有降低。结果,可以充分提高到达角度的计算精度。

[0020] 在本发明的到达角度计算装置中,也可以为,在所述复数乘法部的输出的 I 分量为负、且所述复数乘法部的输出的 I 分量的绝对值与 Q 分量的绝对值相比充分大的情况下,通过在反转了所述 I 分量的符号和 Q 分量的符号后进行反正切运算来计算校正后的相位差,对所述校正后的相位差进行平均化,从该平均值减去 180° 后进行反三角函数运算,从而变换为到达角度。根据该构成,在相位差分布在到达角度的计算精度处于降低的倾向的相位差区域的情况下,使相位差旋转规定角度的量而进行到达角度计算的运算,因此到达角度的计算精度才没有降低。结果,可以充分提高到达角度的计算精度。

[0021] 发明效果

[0022] 根据本发明的到达角度计算装置,求出峰值期间的电力与峰值期间以外的剩余的期间中的电力的比,对该求出的比和阈值进行比较,在比大于阈值的情况下计算到达角度,因此即使在接收波的期望波以外的信号电平高的情况下,也可以准确地检测期望波的峰值,并计算到达角度。即,没有根据期望波以外的部分计算到达角度,因此可以提高到达角度的计算精度。

附图说明

[0023] 图 1 是表示实施方式涉及的到达角度计算装置的构成例的框图。

[0024] 图 2 是表示实施方式涉及的到达角度计算装置的具体构成(DSSS)的框图。

[0025] 图 3 是表示加法器的输出波形的例的图。

[0026] 图 4 (a) 是表示反正切部的输出波形的例的图,(b) 是表示电力计算部的输出波形的例的图。

[0027] 图 5 是表示到达天线的电波的几何学关系的示意图。

[0028] 图 6 是表示包括到达角度计算装置的位置检测系统的例的示意图。

[0029] 图 7 是到达角度计算装置中的到达角度计算的流程图。

[0030] 图 8 是向峰值检测部输入的信号的示意图。

[0031] 图 9 是表示作为调制方式而使用 DSSS 的情况下向峰值检测部输入的信号的例的示意图。

[0032] 图 10 是表示向使用 AD 变换器而取入了接收信号的情况下的峰值检测部输入的信号的例的示意图。

[0033] 图 11 是表示到达角度计算部的其它例的框图。

[0034] 图 12 是表示相位差的计算范围的示意图。

[0035] 图 13 是表示计算的相位差数据的例的示意图。

[0036] 图 14 是表示相位差成为 $+180^\circ$ 或 -180° 附近的情况下的到达角度计算的概略的示意图。

[0037] 图 15 是相位差成为 $+180^\circ$ 或 -180° 附近的情况下的到达角度计算的流程图。

[0038] 图 16 是表示到达角度计算部的其它例的框图。

[0039] 图 17 是表示实施方式涉及的到达角度计算装置的具体的构成(OFDM)的框图。

[0040] 图 18 (a)是表示 OFDM 中的符号的构成的示意图,(b)是表示 OFDM 符号串的相关处理的情况的示意图。

[0041] 图 19 (a)(b)是表示来自电力计算部的输出波形的例的图,(c)是表示来自加法部的输出波形的例的图,(d)是表示来自反正切部的各部分的输出波形的例的图。

[0042] 图 20 是表示使用了到达角度计算装置的胶囊内窥镜系统的构成例的示意图。

具体实施方式

[0043] 图 1 是表示本发明的一实施方式涉及的到达角度计算装置的构成例的框图。本实施方式涉及的到达角度计算装置 1 具备:基准信号发生部 10,能够以规定的振荡频率振荡基准信号;接收用天线 11a、11b,隔开规定间隔地配置;接收部 12a、12b,使用从基准信号发生部 10 输出的基准信号而将由接收用天线 11a、11b 接受的电波变换为接收信号并输出;以及运算部 13,根据从接收部 12a、12b 输出的接收信号来进行用于到达角度计算的各种运算处理。另外,到达角度计算装置 1,根据由电波的传播延迟引起的相位滞后来计算到达角度,因此需要在隔开规定间隔的二个点(或二个以上的点)接收具有相同的信息的电波。因此,需要具备与接收电波对应的两个(或其以上)的天线及接收系统。另外,只要可以在隔开规定间隔的二个以上的位置接收相同的到达电波(相同的信息单位),到达角度计算装置 1 并不限定于具备二个以上的接收系统的构成。

[0044] 接收部 12a、12b 构成为包括低噪声放大器、混频器、带通滤波器等,并构成为能够接收规定频率的电波。运算部 13 构成为包括:相关处理部 21a、21b,进行接收信号的相关处理;峰值检测部 22a、22b,检测进行了相关处理的接收信号的峰值;定时控制部 23a、23b,配合由峰值检测部 22a、22b 检测到的峰值的定时而输出来自相关处理部 21a、21b 的信号;以及到达角度计算部 24,根据来自定时控制部 23a、23b 的信号,来进行到达角度的计算。另外,运算部 13 的构成、功能可以由硬件实现,也可以由软件实现。

[0045] 相关处理部 21a、21b 将来自接收部 12a、12b 的接收信号和与该接收信号相关高的信号相乘并输出。在相关处理部 21a、21b 中被乘的信号与接收信号的相关高,因此从相关处理部 21a、21b 输出的信号在相关区间成为峰值。峰值检测部 22a、22b 计算来自相关处理部 21a、21b 的输出信号的电力,并检测输出信号的电力峰值。定时控制部 23a、23b 配合在峰值检测部 22a、22b 中检测到的峰值定时,而将来自相关处理部 21a、21b 的输出信号向到达角度计算部 24 输出。具体地,基于根据所检测的峰值期间的电力而计算的信息,来决定是否将来自相关处理部 21a、21b 的输出信号向到达角度计算部 24 输出。

[0046] 图 2 表示作为调制方式而使用直接频谱扩展(DSSS)的情况下的到达角度计算装置的具体的构成例的框图。另外,在图 2 中仅表示了与图 1 中的运算部 13 相当的构成。

[0047] 在图 2 中,相关处理部 21a 具备:发生扩散码的扩散码发生器 31;将接收信号和扩散码相乘的乘法器 32a 及 32b;以及将乘法器 32a 及 32b 的输出合计 1 位(bit)期间量并向峰值检测部 22a 及定时控制部 23a 输出的加法器 33a 及 33b。峰值检测部 22a 具备:计算从加法器 33a 及 33b 输出的信号的电力的电力计算部 34a;以及检测其电力峰值并向定时控制部 23a 输出的峰值电力检测部 35a。定时控制部 23a 具备缓存部 36a,基于来自峰值电力检测部 35a 的信号来控制来自加法器 33a 及 33b 的信号可否向到达角度计算部 24 输

出。同样,相关处理部 21b 具备扩散码发生器 31、乘法器 32c 及 32d、加法器 33c 及 33d,峰值检测部 22b 具备电力计算部 34b、峰值电力检测部 35b,定时控制部 23b 具备缓存部 36b。到达角度计算部 24 具备:取缓存部 36a 的输出的复共轭的复共轭部 41;将复共轭部 41 的输出和缓存部 36b 的输出复数相乘的复数乘法部 42;使用复数乘法部 42 的输出来进行反正切运算的反正切部 43;根据复数乘法部 42 的输出信号来计算每个码片(chip)区间的电力的电力计算部 44;根据来自电力计算部 44 的信息将反正切部 43 的输出平均化的平均化部 45;以及使用平均化部 45 的输出来变换为到达角度的到达角度变换部 46。

[0048] 扩散码发生器 31 发生用于将通过 DSSS 扩展到频率轴上的信号解扩的扩散码。该扩散码与在发送侧码调制(扩展)时使用的扩散码对应。乘法器 32a 及 32b 将接收信号乘上上述扩散码而进行解扩。向乘法器 32a 输入来自接收部 12a 的接收信号中的同相分量 I1。此外,向乘法器 32b 输入来自接收部 12a 的接收信号中的正交分量 Q1。加法器 33a 及 33b 在与 1 位相当的期间(位区间)内相加乘法器 32a 及 32b 的每个码片区间的输出并输出。图 3 (a) 表示来自加法器 33a 的输出波形的例。图 3 (b) 是图 3 (a) 所示的输出波形的部分放大图。此外,图 3 (c) 表示来自加法器 33b 的输出波形的例。图 3 (d) 是图 3 (c) 所示的输出波形的部分放大图。

[0049] 将加法器 33a 的输出信号及加法器 33b 的输出信号向峰值检测部 22a 的电力计算部 34a 及定时控制部 23a 的缓存部 36a 输入。电力计算部 34a 根据加法器 33a 及 33b 的输出信号来计算每个码片区间的电力。具体地,电力计算部 34a 将与同相分量相当的加法器 33a 的输出信号的绝对值和与正交分量相当的加法器 33b 的输出信号的绝对值相加,作为每个码片区间的电力信息而向峰值电力检测部 35a 输出。峰值电力检测部 35a,当接受每个码片区间的电力信息时,检测接收信号中的电力峰值,作为电力峰值信息而向定时控制部 23a 的缓存部 36a 输出。另外,也可以将加法器 33a 的输出信号的平方值和加法器 33b 的输出信号的平方值相加而向峰值电力检测部 35a 输出。

[0050] 从峰值检测部 22a (峰值电力检测部 35a) 输出的电力峰值信息为,判定接收信号的峰值的有无的信息。具体地,电力峰值信息为,表示接收信号的峰值点附近的期间(峰值期间)内的电力之和 ΣP_1 与从成为 DSSS 中的信息单位的 1 位期间除去了峰值期间以外的期间中的电力之和 ΣP_2 的比 $R (= \Sigma P_1 / \Sigma P_2)$ 是否大于阈值 R_{th} 的信息。在电力峰值信息中,在 R 大于 R_{th} 的情况下,定时控制部 23a (缓存部 36a) 认为在该定时接收信号具有峰值,而将 1 位量的信号 Ia1 及信号 Qa1 向到达角度计算部 24 输出。另一方面,在 R 小于 R_{th} 的情况下,定时控制部 23a (缓存部 36a) 认为在该定时接收信号不具有峰值,而停止向到达角度计算部 24 的输出。另外,此处,峰值检测部 22a 进行了与电力峰值信息有关的运算处理,但也可以在定时控制部 23a 中进行与电力峰值信息有关的运算处理。

[0051] 相关处理部 21b (扩散码发生器 31、乘法器 32c 及 32d、加法器 33c 及 33d)、峰值检测部 22b (电力计算部 34b、峰值电力检测部 35b)、定时控制部 23b (缓存部 36b) 的动作、功能,与上述相关处理部 21a (扩散码发生器 31、乘法器 32a 及 32b、加法器 33a 及 33b)、峰值检测部 22a (电力计算部 34a、峰值电力检测部 35a)、定时控制部 23a (缓存部 36a) 的动作、功能同样。只是,向相关处理部 21b 输入接收信号与向相关处理部 21a 输入接收信号,由于在隔开规定间隔的二点接收相同电波,因此相位稍微不同。因此,从定时控制部 23b 输出的信号与从定时控制部 23a 输出的信号的相位稍微不同。当将与同相分量相当的信号

作为实部、将与正交分量相当的信号作为虚部而由复数来表现定时控制部 23a 的输出 O_{a1} 、及定时控制部 23b 的输出 O_{a2} 时,成为下述式(1)、(2)那样。另外, Φ_1 及 Φ_2 表示各信号的相位。

[0052] 【式 1】

$$[0053] \quad O_{a1} = Ia1 + iQa1 = Ae^{i\phi_1} = A \cos \phi_1 + iA \sin \phi_1 \quad \cdots (1)$$

[0054] 【式 2】

$$[0055] \quad O_{a2} = Ia2 + iQa2 = Ae^{i\phi_2} = A \cos \phi_2 + iA \sin \phi_2 \quad \cdots (2)$$

[0056] 定时控制部 23a 的输出 O_{a1} 被输入到达角度计算部 24 的复共轭部 41。复共轭部 41 将定时控制部 23a 的输出 O_{a1} 的复共轭向复数乘法部 42 输出。即,从复共轭部 41 输出信号 $Ia1$ 和将信号 $Qa1$ 的符号反转了的信号。当用复数表示复共轭部 41 的输出 $O_{a1'}$ 时,成为下述式(3)那样。

[0057] 【式 3】

$$[0058] \quad O_{a1'} = Ia1 - iQa1 = Ae^{-i\phi_1} = A \cos \phi_1 - iA \sin \phi_1 \quad \cdots (3)$$

[0059] 复数乘法部 42 将复共轭部 41 的输出 $O_{a1'}$ 与定时控制部 23b 的输出 O_{a2} 复数相乘,并将作为相乘结果的信号 Ib 及信号 Qb 向反正切部 43 及电力计算部 44 输出。复数乘法部 42 的输出 O_b 、输出 O_b 的同相分量 Ib 及正交分量 Qb 表示为如下述式(4)~(6)那样。

[0060] 【式 4】

$$[0061] \quad O_b = Ae^{-i\phi_1} \cdot Ae^{i\phi_2} (= Be^{i(\phi_2 - \phi_1)})$$

$$[0062] \quad = (Ia1 \times Ia2 + Qa1 \times Qa2) + i(Qa1 \times Ia2 - Ia1 \times Qa2) \quad \cdots (4)$$

[0063] 【式 5】

$$[0064] \quad Ib = Ia1 \times Ia2 + Qa1 \times Qa2 \quad \cdots (5)$$

[0065] 【式 6】

$$[0066] \quad Qb = Qa1 \times Ia2 - Ia1 \times Qa2 \quad \cdots (6)$$

[0067] 反正切部 43 使用复数乘法部 42 的输出来进行反正切运算。具体地,进行以复数乘法部 42 的输出信号 Ib 为分母、以输出信号 Qb 为分子的值的反正切运算。图 4 (a)表示来自反正切部 43 的输出波形的例。反正切部 43 的输出 O_{\arctan} 与相位差 $\Phi_2 - \Phi_1$ 相当,由下述式(7)表示。

[0068] 【式 7】

$$[0069] \quad O_{\arctan} = \tan^{-1} \frac{Qb}{Ib} = \phi_2 - \phi_1 \quad \cdots (7)$$

[0070] 电力计算部 44 根据复数乘法部 42 的输出信号来计算每个码片区间的电力。具体地,电力计算部 44 将 Ib 的绝对值和 Qb 的绝对值相加,并作为每个码片区间的电力信息而向平均化部 45 输出。另外,也可以将 Ib 的平方值和 Qb 的平方值相加而向平均化部 45 输出。图 4 (b)表示来自电力计算部 44 的输出波形的例。平均化部 45,当接受每个码片区间的电力信息时,根据该信息来将反正切部 43 的输出 O_{\arctan} 平均化而向到达角度变换部 46 输出。另外,电力计算部 44 及平均化部 45 也可以适当省略。

[0071] 到达角度变换部 46 使用平均化部 45 的输出(在不具有平均化部 45 的情况下,使用反正切部 43 的输出)并通过反三角函数运算来变换为到达角度。作为反三角函数运算,例如,可以应用反正弦运算。由该运算求出的值、即到达角度变换部 46 的输出与到达角度 θ (rad) 相当。到达角度变换部 46 的输出 O_{\arcsin} 由下述式(8)表示。另外,在下述式中, λ (m) 为接收波的波长, d (m) 为接收用天线间的距离。

[0072] 【式 8】

$$[0073] \quad O_{\arcsin} = \sin^{-1} \frac{O_{43}}{2\pi} \cdot \frac{\lambda}{d} = \theta \quad \dots (8)$$

[0074] 由上述处理得到到达角度,是由于图 5 所示那样的几何学关系成立。设到达以规定的方向为基准而隔开间隔 d (m) 配置的两个接收用天线 11a、11b 的电波所成的角度为 θ (rad)。到达接收用天线 11b 的电波的传播距离,与到达接收用天线 11a 的电波的传播距离相比长 Δ (m),产生相位延迟(相位差 $\Phi_2 - \Phi_1$ (rad))。当用接收波的波长 λ (m) 来表示在该模型中产生的传播距离的差分 Δ 与相位差 $\Phi_2 - \Phi_1$ 的关系时,成为下述式(9)那样。另外,在下述式中, $\Delta < \lambda$ 。

[0075] 【式 9】

$$[0076] \quad \Delta = \lambda \cdot \frac{\phi_2 - \phi_1}{2\pi} \quad \dots (9)$$

[0077] 此外,根据上述模型中的传播距离的差分 Δ 、天线间隔 d 、到达角度 θ 的几何学关系,下述式(10)成立。

[0078] 【式 10】

$$[0079] \quad \Delta = d \sin \theta \quad \dots (10)$$

[0080] 即,到达角度 θ 就会表示为下述式(11)那样。另外,式(11)与到达角度变换部 46 中的处理相当。这样可知,能够由本实施方式的到达角度计算装置来计算到达角度。

[0081] 【式 11】

$$[0082] \quad \theta = \sin^{-1} \frac{\phi_2 - \phi_1}{2\pi} \cdot \frac{\lambda}{d} \quad \dots (11)$$

[0083] 接着,对使用了到达角度计算装置的位置检测系统的例进行说明。图 6 所示的位置检测系统 101 构成为包括到达角度计算装置 1a、与到达角度计算装置 1a 隔开规定距离 D 而配置的其它到达角度计算装置 1b、接入点 2 或用户终端 3。接入点 2 及用户终端 3 构成为,分别具备发送系统及接收系统(未图示),能够进行双向的信息传输(通信)。此外,接入点 2 及用户终端 3 构成为,可以通过各自具备的发送系统而向到达角度计算装置 1a 及到达角度计算装置 1b 发送到达角度计算用的电波。位置检测的对象为接入点 2 或用户终端 3 的任一个均可。

[0084] 到达角度计算装置 1a 通过接收用天线 11aa 及 11ab 来接收从接入点 2 的发送用天线发送的电波,从而计算以到达角度计算装置 1a 为基准的到达角度。此外,到达角度计算装置 1b 通过接收用天线 11ba 及 11bb 来接收从接入点 2 的发送用天线发送的电波,从而计算以到达角度计算装置 1b 为基准的到达角度。如果到达角度计算装置 1a 和到达角度计算装置 1b 的位置关系已知,则可以根据以各自为基准的到达角度来决定接入点 2 的位置。

[0085] 此外,在用户终端 3 的位置检测的情况下,到达角度计算装置 1a 及到达角度计算装置 1b 计算从用户终端 3 发送的电波的到达角度。

[0086] 图 7 是本实施方式涉及的到达角度计算装置 1 中的到达角度计算的流程图。当到达角度计算装置 1 接收到到达角度计算对象的电波时,接收部 12a、12b 向相关处理部 21a、21b 输出接收信号。此后,相关处理部 21a、21b 在步骤 201 中进行接收信号的相关处理及加法处理。

[0087] 此后,峰值检测部 22a、22b 在步骤 202 中根据相关处理部 21a、21b 的输出信号来检测电力的峰值 P_{peak} 。此后,计算峰值点附近的期间(峰值期间)内的电力之和 ΣP_1 与从 1 位期间(信息单位的期间)除去了峰值期间以外的期间中的电力之和 ΣP_2 ,并计算它们的比 $R (= \Sigma P_1 / \Sigma P_2)$ 。图 8 (a)示意地表示向峰值检测部 22a、22b 输入的信号。峰值电力 P_{peak} 为图 8 (a)中的峰值点 P 上的电力, ΣP_1 为峰值期间 t_1 中的电力之和, ΣP_2 为从 1 位期间除去了峰值期间 t_1 的期间 t_2 中的电力之和。此处,峰值期间 t_1 为包括峰值的升降区间的期间。例如,如图 9 所示,在作为调制方式而使用 DSSS 的情况下,能够形成扩散码的周期 t_c 的 2 倍的升降区间。因此,可以设该 $2 \cdot t_c$ 的期间为峰值期间 t_1 。另外,在图 9 中,期间 t_2 使用 1 位期间 t_b 而表示为 $t_b - 2 \cdot t_c$ 。

[0088] 图 10 表示向使用 AD 变换器而取入了接收信号的情况下的峰值检测部 22a、22b 输入的信号的例。图 10 的横轴 t 表示样本编码, t 取离散的值。在作为调制方式而使用 DSSS 的情况下,例如,如果扩散码为 11 码片、1 位期间为 $1 \mu\text{s}$,则扩散码的 1 码片期间为 $0.091 \mu\text{s}$ 。如果设 AD 变换为 1 码片期间的 4 倍的过采样,则升降区间扩展 1 码片量,成为 $i_p = i_p - 3$ 、 $i_p = i_p + 3$ 。在这种情况下, R 表示为下述式(12)那样。

[0089] 【数 12】

$$[0090] \quad R = \frac{\sum_{i_p-3}^{i_p+3} P_i}{\sum_{i_1}^{i_2} P_i - \sum_{i_p-3}^{i_p+3} P_i} \quad \dots \quad (12)$$

[0091] 在步骤 203 中,峰值检测部 22a、22b 将所计算的比 $R (= \Sigma P_1 / \Sigma P_2)$ 与规定的阈值 R_{th} 相比较。在 R 比 R_{th} 大的情况下,峰值检测部 22a、22b 将该内容的信号向定时控制部 23a、23b 输出。定时控制部 23a,当接受 R 比 R_{th} 大的内容的信号时,认为接收信号存在峰值,而将到达角度的计算所需的信号向到达角度计算部 24 输出。此后,在步骤 204 中,到达角度计算部 24 计算到达角度。另一方面,在 R 为 R_{th} 以下的情况下,峰值检测部 22a、22b 将该内容的信号向定时控制部 23a、23b 输出,定时控制部 23a,认为接收信号不存在峰值,而停止向到达角度计算部 24 的输出。此后,到达角度计算装置 1 再次执行从步骤 201 开始的流程。 R_{th} 为任意的值。例如,可以将通过与 R 的比较来判定峰值的有无的程度的值设定为 R_{th} 。

[0092] 这样,通过将所检测的峰值有关的指标(R)与阈值(R_{th})相比较来判定峰值的有无,能够准确地判定峰值的有无。

[0093] 此处,单纯对将功率(电力)与功率的阈值相比较来判定峰值的有无的方法进行考察。图 8 (b)示意地表示背景值高的信号(实线)和背景值低的信号(虚线)。在图 8 (b)中,在如虚线所示那样背景值低的情况下,可以通过将功率的峰值与功率的阈值 P_{th} 相比较,来检测峰值。但是,在图 8 (b)中,当如实线所示那样背景值高到超过 P_{th} 的程度时,即使将功

率的峰值与 P_{th} 相比较也不能够检测峰值。这是因为,在功率的峰值与功率的阈值的单纯的比较中,不能考虑背景值。所以,如本实施方式所示那样,通过在峰值的检测中使用考虑了背景值的指标,可以准确地判定峰值的有无。

[0094] 如以上所示那样,本实施方式涉及的到达角度计算装置,通过求出峰值期间的电力与峰值期间以外的剩余的期间中的电力的比、并比较该求出的比与阈值来判定峰值的有无,即使在接收波的背景值高的情况下也可以准确地检测期望波的峰值并用于到达角度的计算。即,没有根据期望波以外的信号分量来计算到达角度,因此可以提高到达角度的计算精度。

[0095] 图 11 是说明到达角度计算装置 1 中的到达角度计算部 24 的另一形态的框图。图 11 所示的到达角度计算部 24 具备:取定时控制部 23a 的输出 O_{a1} 的复共轭的复共轭部 51;将复共轭部 51 的输出 $O_{a1'}$ 与定时控制部 23b 的输出 O_{a2} 复数相乘的复数乘法部 52;以及使用复数乘法部 52 的输出来进行反正切运算的反正切部 53。复共轭部 51、复数乘法部 52、反正切部 53 的动作、功能,与上述的复共轭部 41、复数乘法部 42、反正切部 43 的动作、功能同样。此外具备:基于反正切部 53 的运算结果(相位差)来校正运算结果的相位差校正部 54;将相位差校正部 54 的输出平均化的平均化部 55;在相位差校正部 54 中进行了校正的情况下校正平均化部 55 的运算结果(平均值)的相位差再校正部 56;以及使用相位差再校正部 56 的输出而变换为到达角度的到达角度变换部 57。到达角度变换部 57 的动作、功能,与上述的到达角度变换部 46 的动作、功能同样。

[0096] 相位差校正部 54,在作为反正切部 53 的运算结果的相位差成为 $+180^\circ$ ($+\pi$) 附近、 -180° ($-\pi$) 附近的值的情况下,进行在反正切部的运算结果中加上规定的角度(相位差)的处理。如图 12 的 I-Q 平面所示,本实施方式的到达角度计算部 24 将相位差投影到 $-180^\circ \sim +180^\circ$ ($-\pi \sim +\pi$) 的相位差范围的坐标上。因此,例如,如图 13(a) 所示,在由反正切部 53 计算的相位差不成为 $+180^\circ$ 及 -180° 附近的值的情况下,通过将其平均化,而可以适当地计算到达角度。但是,如图 13(b) 所示,在由反正切部 53 计算的相位差成为 $+180^\circ$ 及 -180° 附近的值的情况下,所计算的相位差的少许误差就会对角度计算施加大的影响。此处,假定为作为相位差数据而得到 -178° 及 $+178^\circ$ 的两个值,作为一方的值的 $+178^\circ$ 是基于作为本来的值的 -178° 产生 -4° 的误差后而成为 $+178^\circ$ 的。它们的差实际上仅为 4° 。但是,在平均化处理中,当作为 -178° 和 $+178^\circ$ 而平均化时,平均值成为 0° 。尽管实际上存在约 180° 的相位差,但通过平均化处理会作为 0° 来处理。这样,当所平均化的相位差从本来的相位差大幅度偏离时,适当的到达角度计算变得困难。

[0097] 所以,图 11 所示的到达角度计算部 24,在由反正切部 53 计算的相位差成为 $+180^\circ$ 及 -180° 附近的值的情况下,相位差校正部 54 进行在反正切部 53 的运算结果中加上规定的角度(相位差)的校正处理,而进行适当的平均化。反正切部 53 的运算结果是否为 $+180^\circ$ 或 -180° 附近的值,可以基于作为反正切部 53 的运算结果而得到的多个相位差的分布来判定。例如,在大于 $+90^\circ$ ($+\pi/2$) 或小于 -90° ($-\pi/2$) 的相位差的数量、比小于 $+90^\circ$ 并且大于 -90° 的相位差的数量的情况下,可以判定为反正切部 53 的运算结果为 $+180^\circ$ 及 -180° 附近的值。可以使相位差校正部 54 所加上的角度(相位差)例如为 $+90^\circ$,但只要是能够进行适当的平均化处理的角度的,并非限定于此。优选地,也可以为 -90° 、 $+180^\circ$ 或 -180° 的任一个。

[0098] 平均化部 55 将相位差校正部 54 的输出平均化。本实施方式的到达角度计算部 24, 在计算不适于平均化的相位差的情况下进行加上相位差的校正, 因此能够在平均化部 55 中进行适当的平均化处理。相位差再校正部 56, 在相位差校正部 54 中进行了相位差的校正的情况下, 校正平均化部 55 的输出。具体地, 进行减去在相位差校正部 54 中作为校正正值而加上了的角度(相位差)的校正。

[0099] 图 14 示意地表示相位差成为 $+180^\circ$ 及 -180° 附近的情况下的到达角度计算的概略。在由反正切部 53 计算的相位差在 I-Q 平面中为 $+180^\circ$ 及 -180° 附近的情况下, 相位差校正部 54 在相位差中加上校正值 ($+90^\circ$) 而使坐标轴旋转, 并变换为平均值计算用的坐标轴。平均化部 55 基于该数据来计算平均值 (-92°)。相位差再校正部 56 进行从相位差校正部 54 的输出数据减去校正值 ($+90^\circ$) 的校正, 并向反正弦部 57 输出所校正后的数据 ($+178^\circ$)。

[0100] 图 15 是上述到达角度计算部 24 中的处理流程图。到达角度计算部 24 的复共轭部 51 在步骤 301 中计算定时控制部 23a 的输出 O_{a1} 的复共轭。此外, 复数乘法部 52 在步骤 302 中将定时控制部 23b 的输出 O_{a2} 和复共轭部 51 的输出 O_{a1} 相乘。此后, 反正切部 53 在步骤 303 中使用复数乘法部 52 的输出来进行反正切运算, 计算接收信号间的相位差。

[0101] 在步骤 304 中, 相位差校正部 54 判定所计算的相位差在 I-Q 平面中是否为 $+180^\circ$ 及 -180° 附近的值。在所计算的相位差并非 $+180^\circ$ 及 -180° 附近的值的情况下, 进入步骤 305, 到达角度计算部 24 不校正相位差而计算到达角度。在所计算的相位差为 $+180^\circ$ 附近或 -180° 附近的值的情况下, 进入步骤 306。该判定, 如上述那样, 可以以大于 $+90^\circ$ 或小于 -90° 的相位差的数量是否比小于 $+90^\circ$ 并且大于 -90° 的相位差的数量多为基准来进行。

[0102] 在步骤 306 中, 相位差校正部 54 进行在作为反正切部 53 的运算结果的相位差中加上 90° 的处理。在步骤 307 中, 平均化部 55 将相位差校正部 54 的输出平均化。此后, 在步骤 308 中, 相位差再校正部 56 进行从作为平均化部 55 的运算结果的平均值减去 90° 的处理。此后, 在步骤 309 中, 到达角度变换部 57 根据相位差再校正部 56 的输出来计算到达角度。这样, 在图 11 所示的到达角度计算部 24 中, 通过在加上规定的相位差并平均化之后减去规定的相位差的一系列的处理而计算适当的平均值, 因此到达角度的计算精度才没有降低。结果, 可以充分提高到达角度的计算精度。

[0103] 另外, 此处, 相位差校正部 54 进行在反正切部 53 的运算结果中加上规定的角度的处理, 但只要可以实现适当的平均化处理, 并非限于于此。例如, 也可以使用图 16 所示那样的构成的到达角度计算部 24。图 16 所示的到达角度计算部 24 具备: 取定时控制部 23a 的输出 O_{a1} 的复共轭的复共轭部 61; 以及将复共轭部 61 的输出 O_{a1} 与定时控制部 23b 的输出 O_{a2} 复数相乘的复数乘法部 62。复共轭部 61、复数乘法部 62 的动作、功能, 与上述的复共轭部 41、复数乘法部 42 的动作、功能同样。此外具备: 将复数乘法部 62 的输出的同相分量(I 分量)的绝对值与正交分量(Q 分量)的绝对值相比较的 IQ 比较部 63; 以及使用复数乘法部 62 的输出, 根据 IQ 比较部 63 的输出来选择、变更运算方法, 而进行反正切运算的反正切部 64。此外具备: 将作为反正切部 64 的运算结果的相位差平均化的平均化部 65; 根据反正切部 64 的运算方法来校正作为平均化部 65 的运算结果的平均值的相位差再校正部 66; 以及使用相位差再校正部 66 的输出而变换为到达角度的到达角度变换部 67。到达角度变换部

67 的动作、功能,与上述的到达角度变换部 46 的动作、功能同样。

[0104] IQ 比较部 63 判定复数乘法部的输出的同相分量(I 分量)是否为负,并且比较复数乘法部 62 的输出的同相分量(I 分量)的绝对值与正交分量(Q 分量)的绝对值。具体地, IQ 比较部 63 判定同相分量 I_b 的符号,并且判定同相分量的绝对值 $|I_b|$ 与正交分量的绝对值 $|Q_b|$ 相比是否充分大(正交分量的绝对值 $|Q_b|$ 与同相分量的绝对值 $|I_b|$ 相比是否充分小)。在接收信号的相位差在 I-Q 平面中取 $+180^\circ$ 及 -180° 附近的值的情况下,同相分量 I_b 为负($I_b < 0$),同相分量的绝对值 $|I_b|$ 与正交分量的绝对值 $|Q_b|$ 相比充分大。因此,通过判定同相分量 I_b 的符号、并判定同相分量的绝对值 $|I_b|$ 与正交分量的绝对值 $|Q_b|$ 相比是否充分大,可以判定相位差是否取 $+180^\circ$ 及 -180° 附近的值。

[0105] 反正切部 64 使用复数乘法部 62 的输出,根据 IQ 比较部 63 的输出来选择运算方法而进行反正切运算。在同相分量为正的情况下、同相分量为负并且同相分量的绝对值 $|I_b|$ 与正交分量的绝对值 $|Q_b|$ 为相同程度或比其小的情况下,进行以复数乘法部 62 的输出 I_b 为分母、以输出 Q_b 为分子的值的反正切运算。在同相分量为负并且同相分量的绝对值 $|I_b|$ 与正交分量的绝对值 $|Q_b|$ 相比充分大的情况下,例如,进行以使复数乘法部 62 的输出 Q_b 的符号反转了的一 Q_b 为分母、以输出 I_b 为分子的值的反正切运算。另外,在同相分量的绝对值 $|I_b|$ 与正交分量的绝对值 $|Q_b|$ 相比充分大的情况下的上述处理,与使坐标轴旋转 $+90^\circ$ 而进行反正切运算的处理相当。即,由该处理得到的相位差为在原来的相位差中加上了 $+90^\circ$ 的值。

[0106] 另外,在同相分量的绝对值 $|I_b|$ 与正交分量的绝对值 $|Q_b|$ 相比充分大的情况下的处理,并非限定于上述的处理。例如,也可以进行以复数乘法部 62 的输出 Q_b 为分母、以使输出 I_b 的符号反转了的一 I_b 为分子的值的反正切运算。该处理,与使坐标轴旋转 -90° 而进行反正切运算的处理相当。即,由该处理得到的相位差为在原来的相位差中加上了 -90° 的值(减去了 $+90^\circ$ 的值)。此外,例如也可以使复数乘法部 62 的输出 I_b 的符号和输出 Q_b 的符号反转而进行反正切运算。该处理,与使坐标轴旋转 $+180^\circ$ (或 -180°) 而进行反正切运算的处理相当。即,由该处理得到的相位差为在原来的相位差中加上了 $+180^\circ$ (或 -180°) 的值。通过这种处理,也可以计算适当的平均值。

[0107] 平均化部 65 将反正切部 64 的输出平均化。本实施方式的到达角度计算部 24 在计算不适于平均化的相位差的情况下进行实质上加上(或减去)相位差的校正,因此能够在平均化部 65 中进行适当的平均化处理。相位差再校正部 66 在反正切部 64 进行了使坐标轴旋转 $+90^\circ$ 的处理的的情况下,校正平均化部 65 的输出。具体地,进行减去 $+90^\circ$ 的校正。另外,在反正切部 64 进行了使坐标轴旋转 -90° 的处理的的情况下,进行减去 -90° 的校正(即加上 $+90^\circ$ 的校正)。同样,在反正切部 64 进行了使坐标轴旋转 $+180^\circ$ (或 -180°) 的处理的的情况下,进行减去 $+180^\circ$ (或 -180°) 的校正。

[0108] 这样,图 16 所示的到达角度计算部 24 也可以与图 11 所示的到达角度计算部 24 同样地计算适当的平均值,因此到达角度的计算精度才没有降低。结果,可以充分提高到达角度的计算精度。

[0109] 图 17 是表示作为调制方式而使用正交频分复用(OFDM)的情况下的到达角度计算装置的具体的构成例的框图。另外,在图 17 中,仅示出了与图 1 中的运算部 13 相当的构成。

[0110] 在图 17 中,相关处理部 21a 具备:取接收部 12a 的输出的复共轭的复共轭部 71a;

使接收部 12a 的输出延迟规定期间的量并输出的延迟部 72a ;将复共轭部 71a 的输出和延迟部 72a 的输出复数相乘的复数乘法部 73a ;以及仅在 GI (保护间隔)期间相加复数乘法部 73a 的输出并输出的加法器 74a、74b。峰值检测部 22a 具备 :计算从加法器 74a、74b 输出的信号的电力部 75a ;以及检测其电力峰值并向定时控制部 23a 输出的峰值电力检测部 76a。定时控制部 23a 具备基于来自峰值电力检测部 76a 的信号来控制来自接收部 12a 的信号向到达角度计算部 24 的输出定时的延迟部 77a。同样,相关处理部 21b 具备复共轭部 71b、延迟部 72b、复数乘法部 73b、加法器 74c、74d,峰值检测部 22b 具备电力计算部 75b、峰值电力检测部 76b,定时控制部 23b 具备延迟部 77b。到达角度计算部 24 具备 :取延迟部 77a 的输出的复共轭的复共轭部 81 ;将复共轭部 81 的输出和延迟部 77b 的输出复数相乘的复数乘法部 82 ;仅在 GI (保护间隔)期间相加复数乘法部 42 的输出并输出的加法部 83a、83b ;使用加法部 83a、83b 的输出来进行反正切运算的反正切部 84 ;将反正切部 84 的输出平均化的平均化部 85 ;以及使用平均化部 85 的输出来变换为到达角度的到达角度变换部 86。

[0111] 延迟部 72a、72b 取 OFDM 符号串的自相关,因此使接收部 12a 的输出延迟规定期间的量并输出。具体地,延迟部 72a、72b,为了将复共轭部 71a 输出的 OFDM 符号的尾部与延迟部 72a、72b 输出的 GI (保护间隔)在相同的定时向复数乘法部 73a 输入,而使接收部 12a 的输出延迟规定期间的量并输出。复数乘法部 73a 将复共轭部 71a 的输出和延迟部 72a 的输出复数相乘。加法器 74a 及 74b 仅在 GI 期间相加复数乘法部 73a 的每个码片区间的输出并输出。

[0112] 图 18 (a) 是表示 OFDM 符号串的构成的示意图。如图 18 (a) 所示,OFDM 符号串由作为数据部的 OFDM 符号和配置在 OFDM 符号的起始的 GI 构成。GI 为拷贝了 OFDM 符号尾部的数据,为了防止 OFDM 符号间的干扰而被插入。图 18 (b) 是表示相关处理部 21a 中的 OFDM 符号串的相关处理(自相关处理)的情况的示意图。如图 18 (a) 所示,延迟部 72a 的输出相对复共轭部 71a 的输出延迟了 OFDM 符号长度的量。因此,在复数乘法部 73a 中,可以通过复共轭部 71a 的输出和延迟部 72a 的输出相乘而取自相关。自相关值(GI 相关值)在复共轭部 71a 的输出和延迟部 72a 的输出中出现与 GI 相同的数据时示出峰值,因此通过使用这一点,而可以检测作为数据部的 OFDM 符号的起始。

[0113] 加法器 74a 及 74b 的输出信号被输入峰值检测部 22a 的电力计算部 75a。电力计算部 75a 根据加法器 74a 及 74b 的输出信号来计算每个码片区间的电力。具体地,电力计算部 34a 将与同相分量相当的输出信号的绝对值和与正交分量相当的输出信号的绝对值相加,作为每个码片区间的电力信息而向峰值电力检测部 76a 输出。另外,也可以将与同相分量相当的输出信号的平方值和与正交分量相当的输出信号的平方值相加并向峰值电力检测部 76a 输出。图 19 (a)表示来自电力计算部 75a 的输出波形的例。图 19 (b)是图 19 (a)所示的输出波形的部分放大图。峰值电力检测部 76a 当接受每个码片区间的电力信息时,检测接收信号中的电力峰值,作为电力峰值信息而向定时控制部 23a 的延迟部 77a 输出。

[0114] 从峰值检测部 22a (峰值电力检测部 35a)输出的电力峰值信息为判定接收信号的峰值的有无的信息。具体地,电力峰值信息为,表示接收信号的峰值点附近的期间(峰值期间)内的电力之和 ΣP_1 与从成为 OFDM 中的信息单位的 1 符号期间除去了峰值期间以外的期

间中的电力之和 ΣP_2 的比 $R (= \Sigma P_1 / \Sigma P_2)$ 是否大于阈值 R_{th} 大的信息。在作为调制方式而使用 OFDM 的情况下, 峰值期间与 GI 期间相等。此外, 所谓 1 符号期间, 与合计了 GI 期间和数据期间 (OFDM 符号期间) 的期间相当。在电力峰值信息中, 在 R 大于 R_{th} 的情况下, 定时控制部 23a (延迟部 77a) 认为在该定时接收信号具有峰值, 而将来自接收部 12a 的接收信号向到达角度计算部 24。另一方面, 在 R 小于 R_{th} 的情况下, 定时控制部 23a (延迟部 77a) 认为在该定时接收信号不具有峰值, 而停止向到达角度计算部 24 的输出。另外, 此处, 峰值检测部 22a 进行了与电力峰值信息有关的运算处理, 但也可以在定时控制部 23a 中进行与电力峰值信息有关的运算处理。

[0115] 相关处理部 21b (复共轭部 71b、延迟部 72b、复数乘法部 73b、加法器 74c、74d)、峰值检测部 22b (电力计算部 75b、峰值电力检测部 76b)、定时控制部 23b (延迟部 77b) 的动作、功能, 与相关处理部 21a (复共轭部 71a、延迟部 72a、复数乘法部 73a、加法器 74a、74b)、峰值检测部 22a (电力计算部 75a、峰值电力检测部 76a)、定时控制部 23a (延迟部 77a) 的动作、功能同样。只是, 向相关处理部 21b 输入的接收信号和向相关处理部 21a 输入的接收信号, 由于在隔开规定间隔的二点接收了相同电波, 因此相位稍微不同。因此, 在从定时控制部 23b 输出的信号与从定时控制部 23a 输出的信号中, 相位稍微不同。

[0116] 定时控制部 23a 的输出被输入到达角度计算部 24 的复共轭部 81。复共轭部 81 将定时控制部 23a 的输出的复共轭向复数乘法部 82 输出。复数乘法部 82 将复共轭部 81 的输出和定时控制部 23b 的输出复数相乘, 并将运算结果向加法部 83a 及 83b 输出。加法部 83a 及 83b 在 GI 期间相加复数乘法部 82 的每个码片区间的输出并向反正切部 84 输出。图 19 (c) 表示来自加法部 83a 及 83b 的输出波形的例。在图中, 加法部 83a 的输出波形由 I 表示, 加法部 83b 的输出波形由 Q 表示。

[0117] 反正切部 84 使用加法部 83a 及 83b 的输出来进行反正切运算, 计算接收信号的相位差。图 19 (d) 表示来自反正切部 84 的输出波形的例。平均化部 85 将反正切部 84 的输出平均化并向到达角度变换部 86 输出。另外, 平均化部 85 也可以适当省略。到达角度变换部 86 使用平均化部 85 的输出 (在不具有平均化部 85 的情况下, 反正切部 84 的输出) 并通过反三角函数运算来变换为到达角度。由该运算求出的值、即到达角度变换部 86 的输出与到达角度相当。

[0118] 这样, 在具有图 17 的运算部 13 的到达角度计算装置 1 中, 也通过求出峰值期间的电力与峰值期间以外的剩余的期间中的电力的比、并比较该求出的比与阈值来判定峰值的有无, 即使在接收波的背景值高的情况下也可以准确地检测期望波的峰值并用于到达角度的计算。即, 没有根据期望波以外的信号分量来计算到达角度, 因此可以提高到达角度的计算精度。

[0119] 图 20 是表示将到达角度计算装置 1 应用于胶囊内窥镜的位置特定的胶囊内窥镜系统的示意图。图 20 所示的胶囊内窥镜系统具备多个传感器阵列 401、记录来自传感器阵列 401 的数据的数据记录器 402。传感器阵列 401 具备与到达角度计算装置 1 的接收用天线相当的天线, 并构成为可以接收来自患者吞下的胶囊内窥镜的电波。数据记录器 402 根据传感器阵列 401 中接收到的电波具有的相位信息, 来确定患者吞下的胶囊内窥镜的位置。

[0120] 患者吞下的胶囊内窥镜通过消化道的蠕动运动而移动。胶囊内窥镜的位置被监视, 可以确认是否到达了诊察部位。当胶囊内窥镜到达诊察部位时, 胶囊内窥镜将诊察部位

的情况摄影并向数据记录器 402 发送,数据记录器 402 记录图像信息。这样,通过监视胶囊内窥镜的位置,而可以不看漏诊察部位而进行摄影。此外,能够在胶囊内窥镜到达了诊察部位的定时接通照相机等的电源,并在脱离了诊察部位的情况下切断照相机等的电源,因此可以减小电池容量。此外,能够削减传感器(天线)的数量。此外,如果电池容量相同,与以往类型的胶囊内窥镜相比较可以发送大量的图像,可以得到鲜明的图像。

[0121] 这样,通过将到达角度计算装置 1 应用于胶囊内窥镜的位置确定,可以构筑优良的胶囊内窥镜系统。

[0122] 如以上那样,根据本发明的到达角度计算装置,求出峰值期间的电力与峰值期间以外的剩余的期间中的电力的比,并比较该求出的比和阈值,在比大于阈值的情况下计算到达角度,因此即使在接收波的期望波以外的信号电平高的情况下,也可以准确地检测期望波的峰值,并计算到达角度。即,没有根据期望波以外的部分计算到达角度,因此可以提高到达角度的计算精度。

[0123] 另外,本发明并非限定于上述实施方式的记载,可以以发挥其效果的方式适当变更。例如,在上述实施方式中,将峰值期间的电力之和与除了峰值期间以外的期间的电力之和的比、与阈值相比较,但只要能够进行考虑了期望波以外的信号的电平的到达角度计算,并不限定于此。例如,也可以使用峰值期间的某个定时的电力和除了峰值期间以外的期间的某个定时的电力作为参数。

[0124] 此外,在上述实施方式中,附图所示的构成等并非限定于此,能够在发挥本发明的效果的范围内适当变更。

[0125] 产业上的可利用性

[0126] 本发明的到达角度计算装置可以用于确定对象的位置的系统、及其它各种用途。

[0127] 本申请是基于 2010 年 11 月 12 日提出的日本特愿 2010-254011 号,并包含了其全部内容。

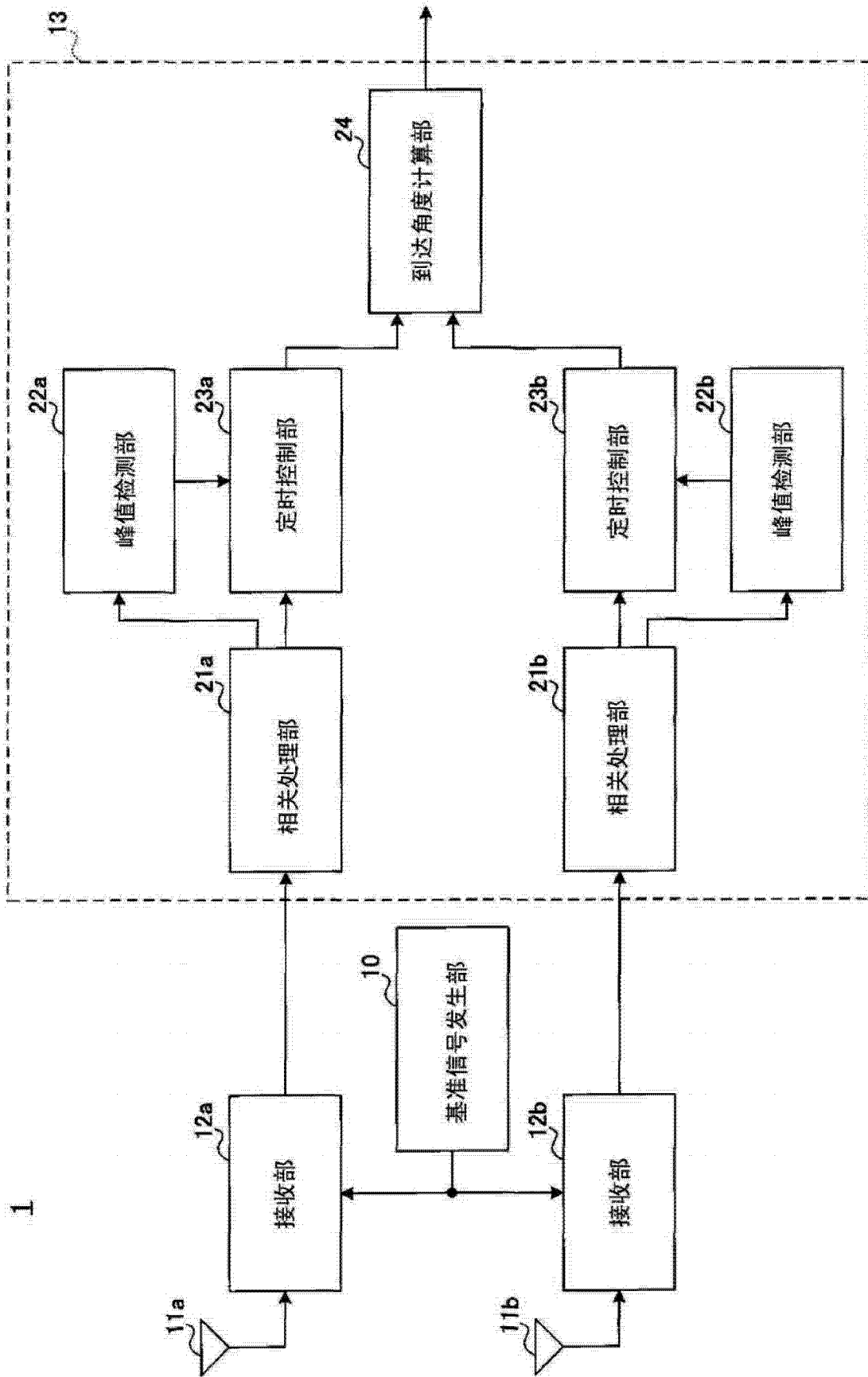


图 1

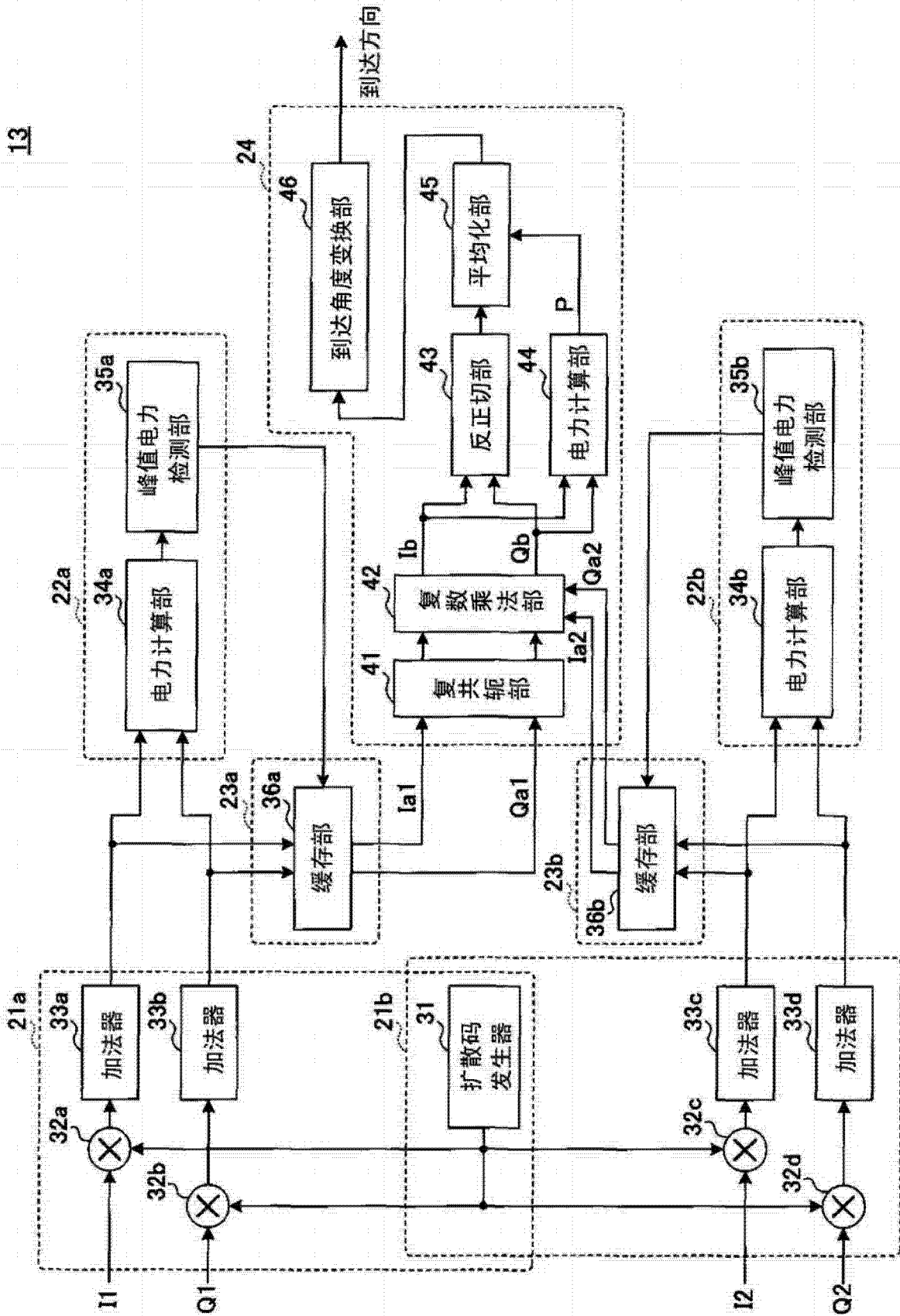


图 2

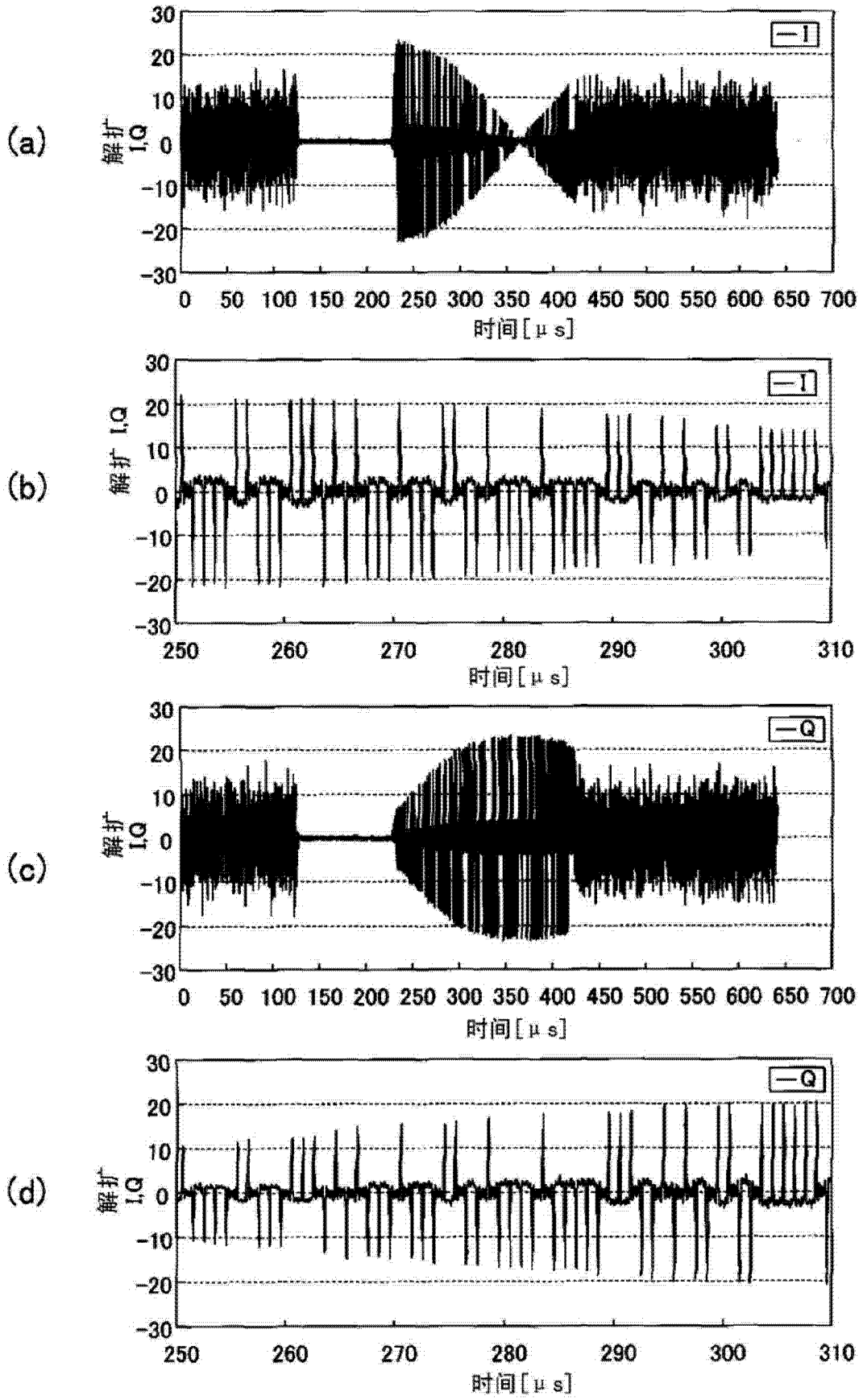


图 3

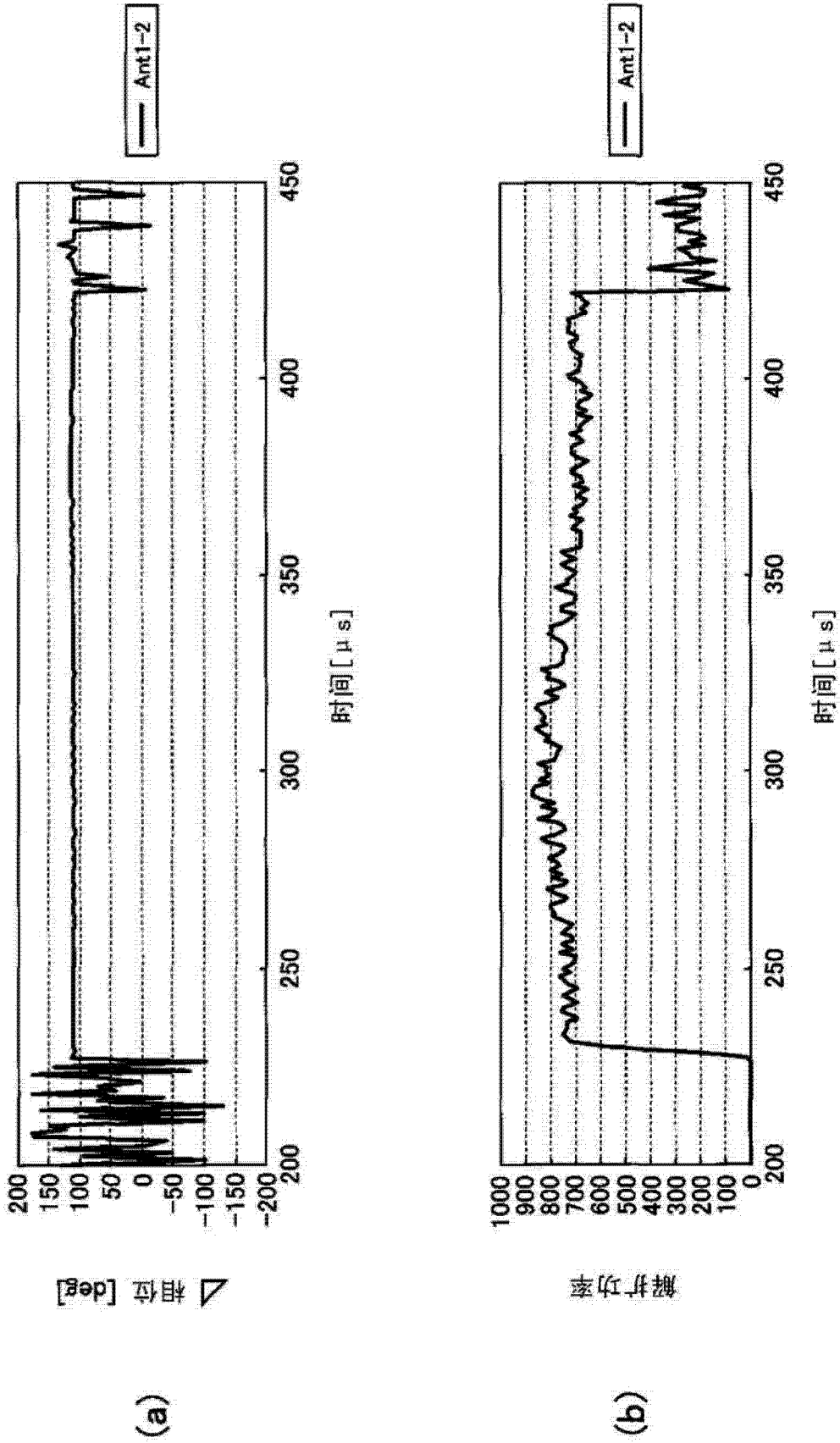


图 4

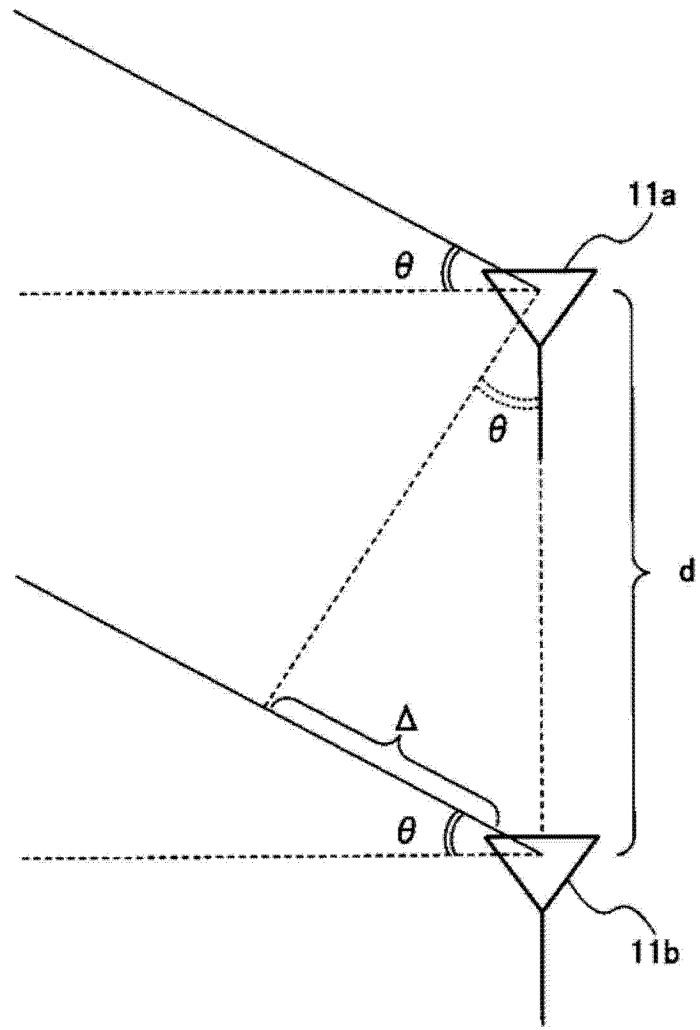


图 5

101

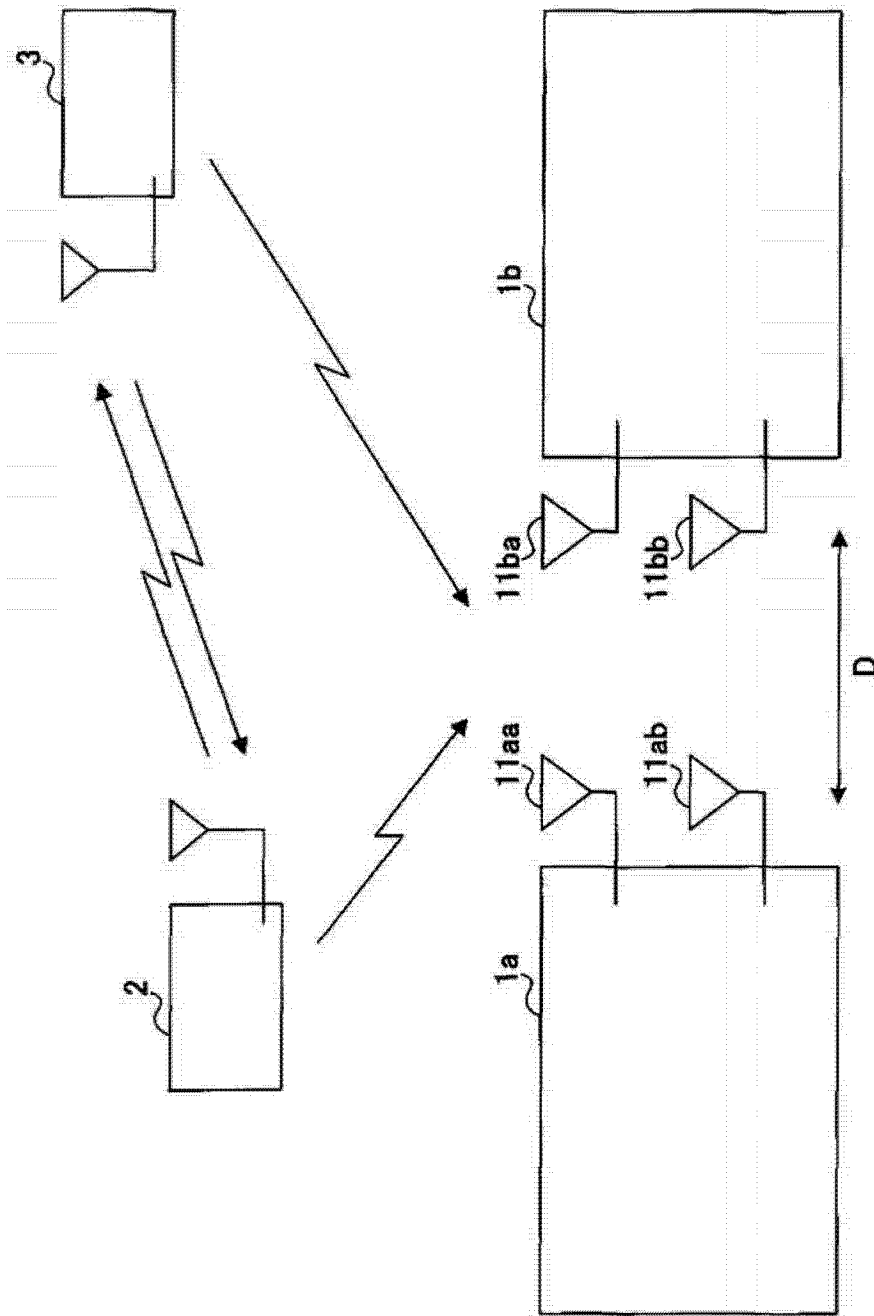


图 6

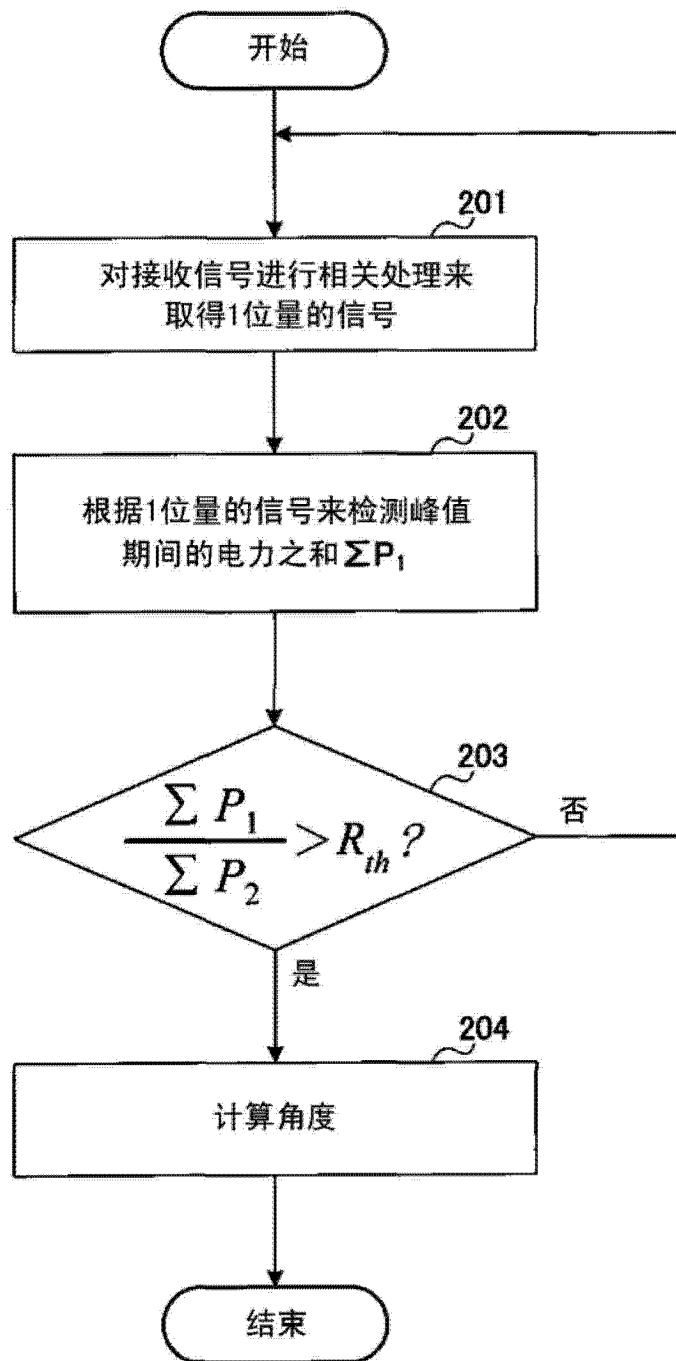


图 7

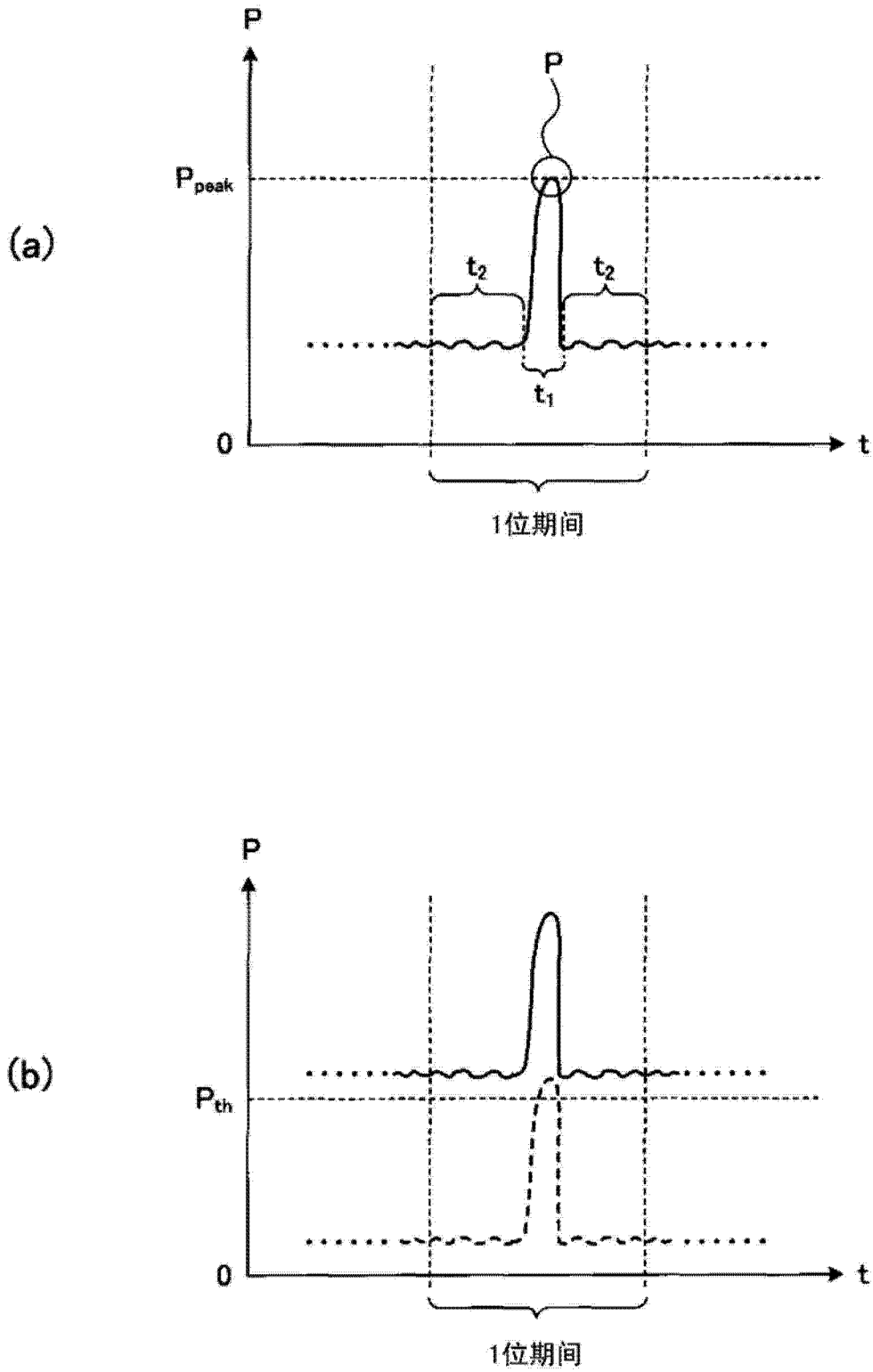


图 8

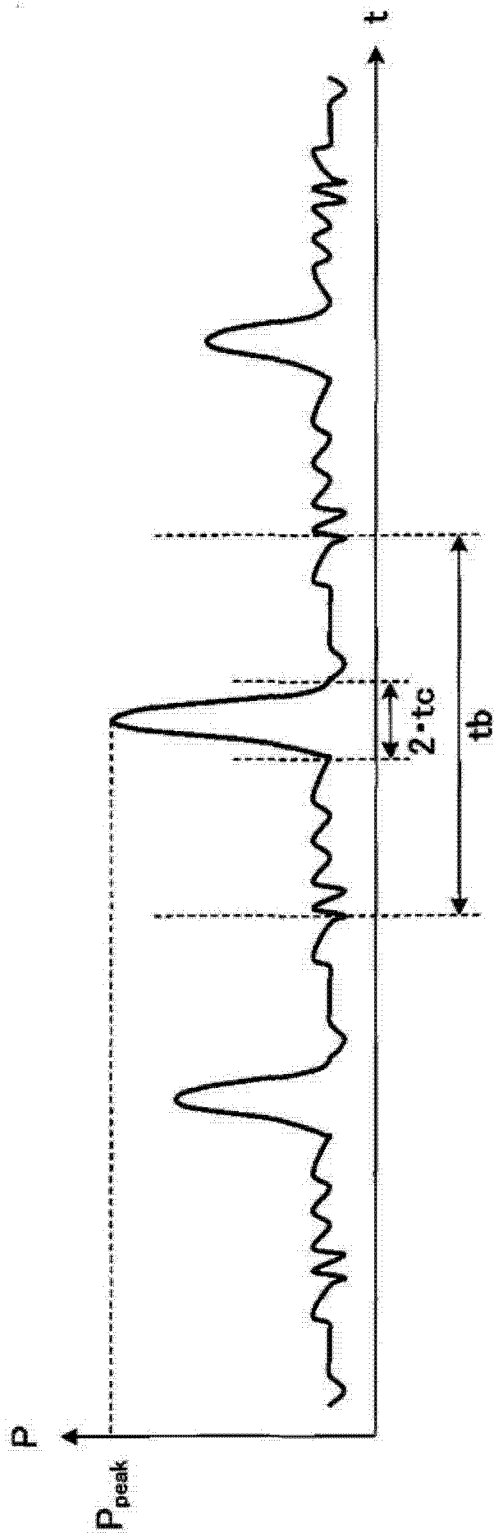


图 9

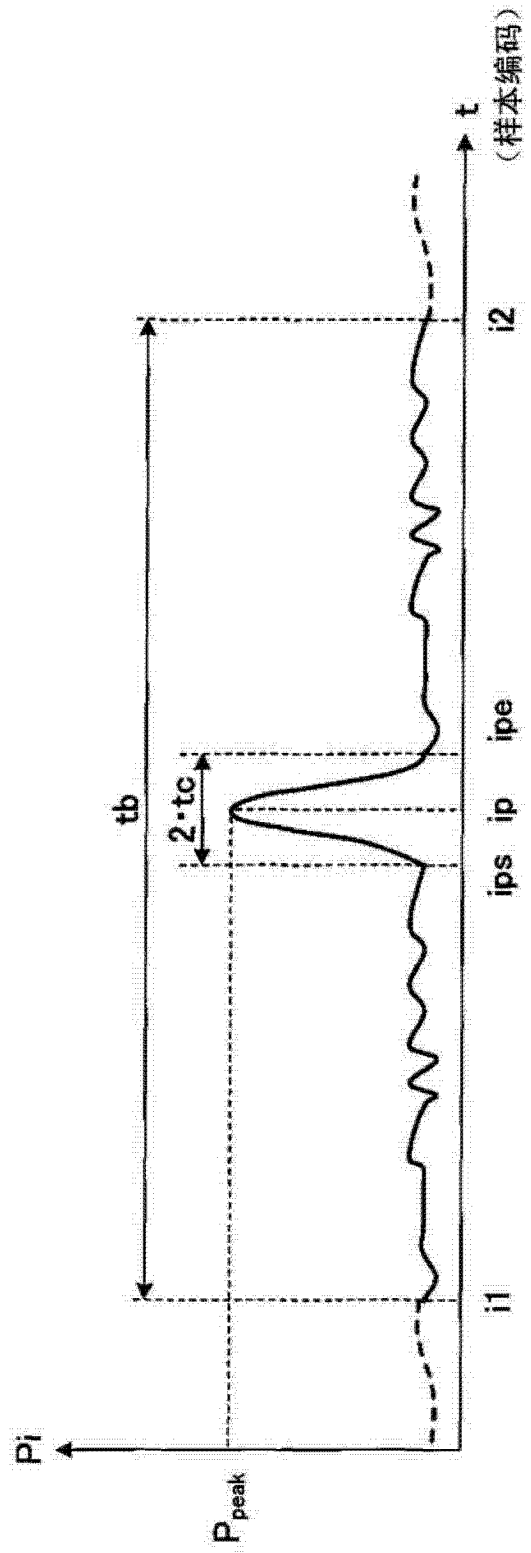


图 10

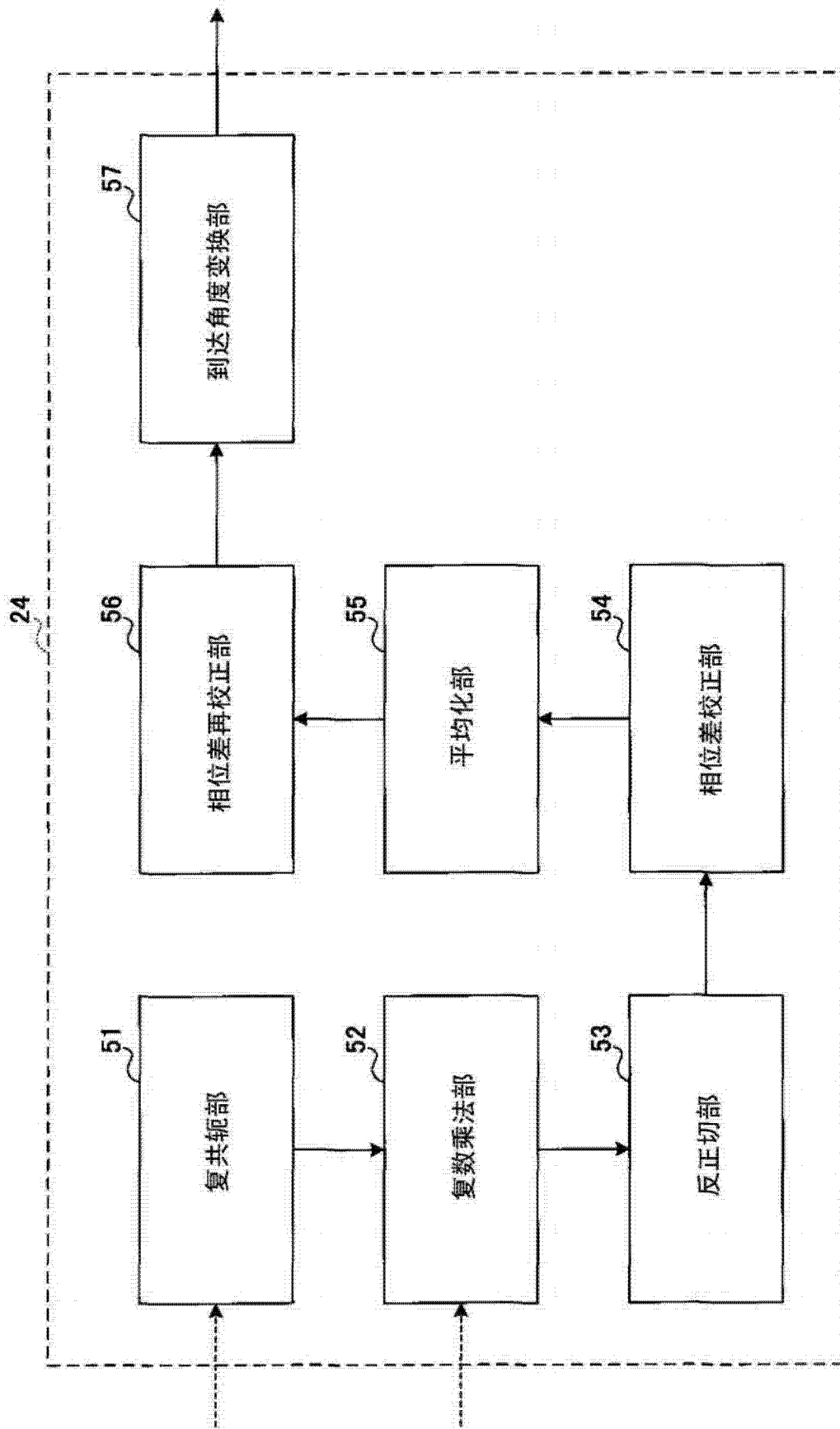


图 11

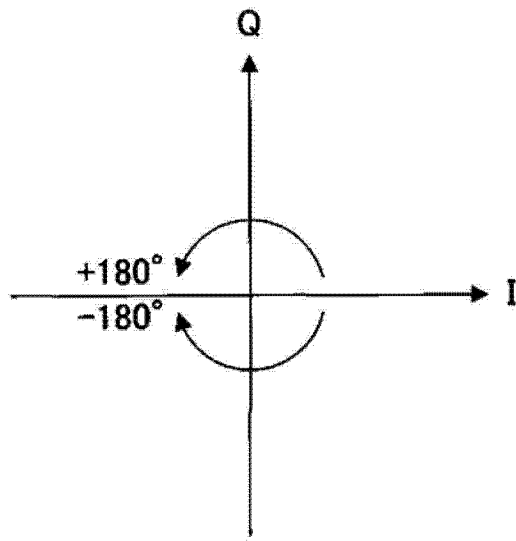


图 12

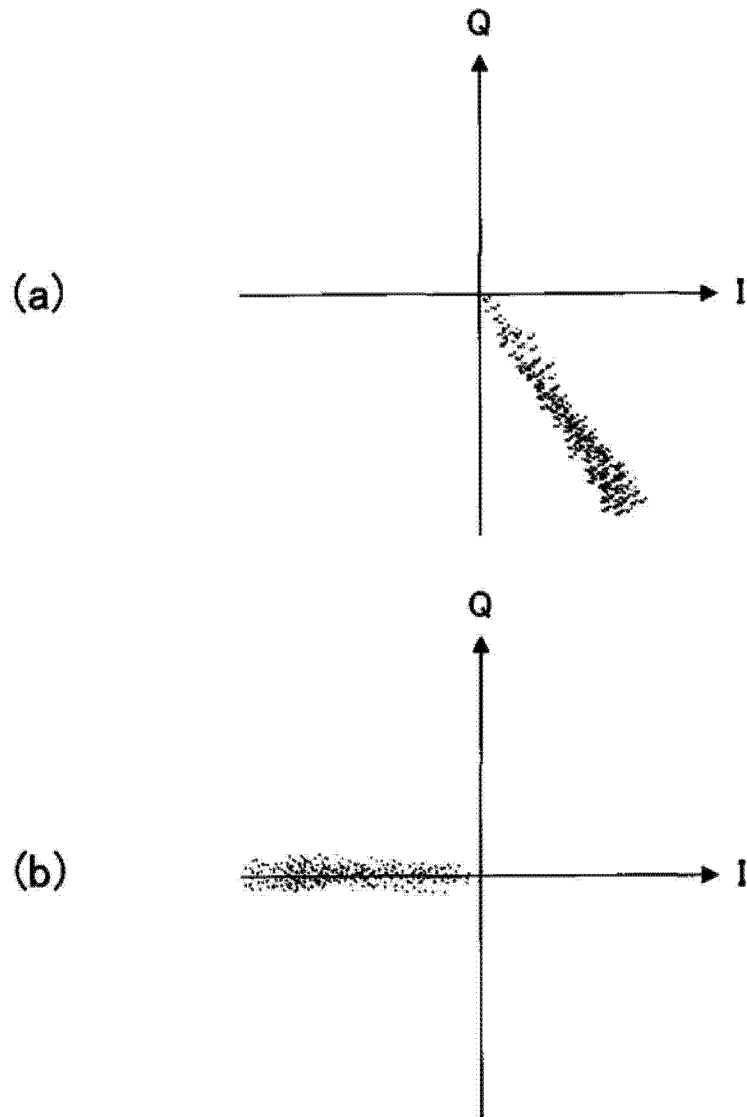


图 13

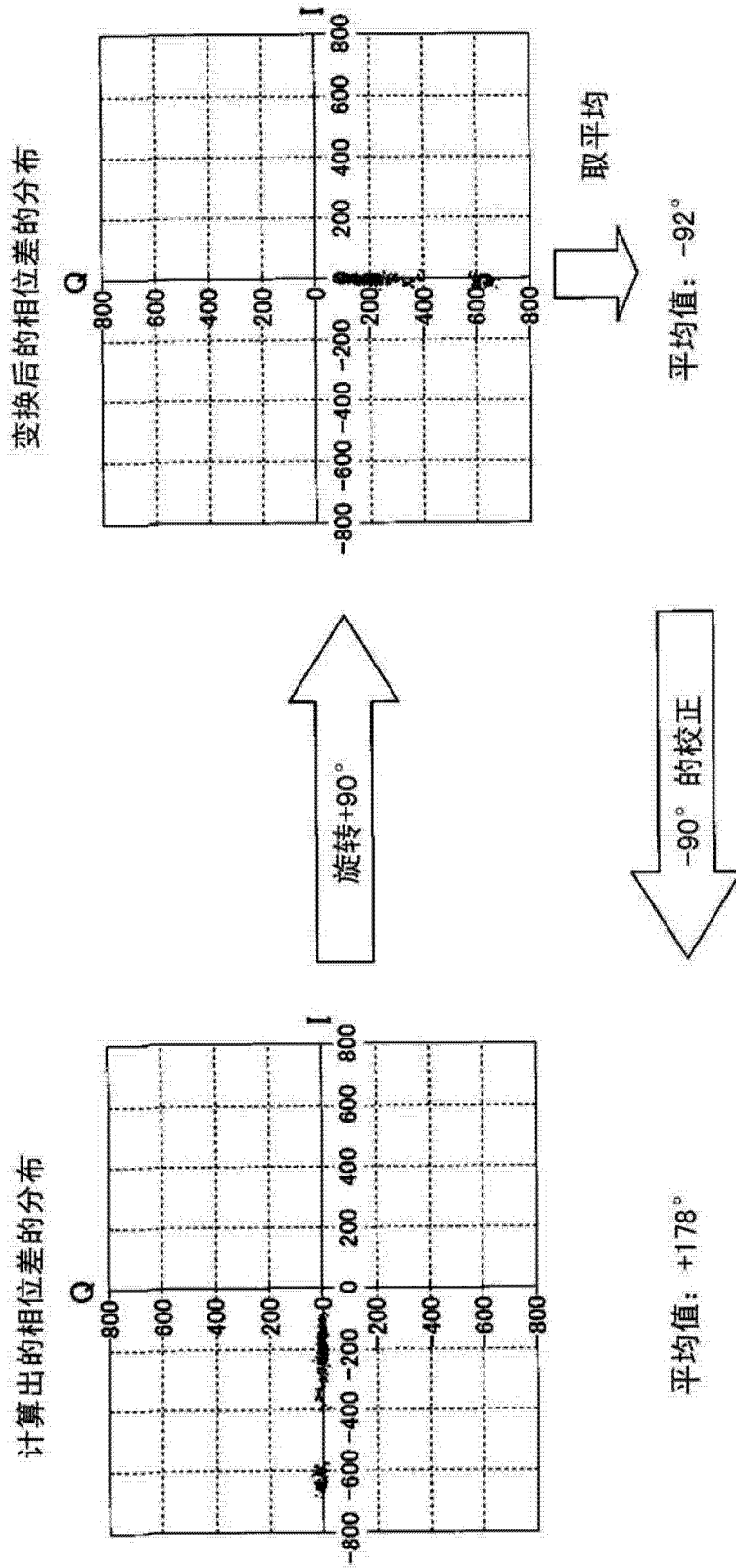


图 14

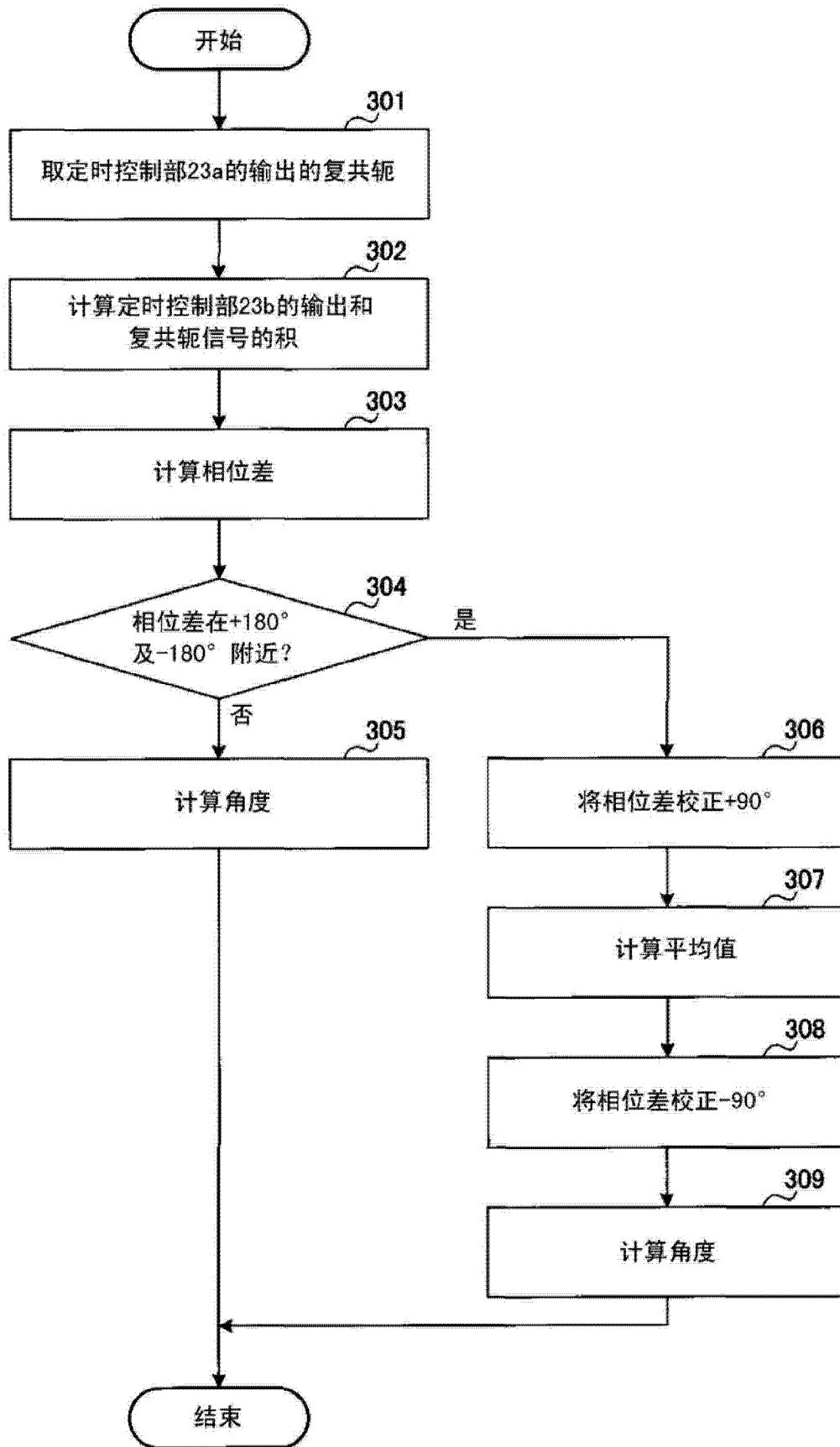


图 15

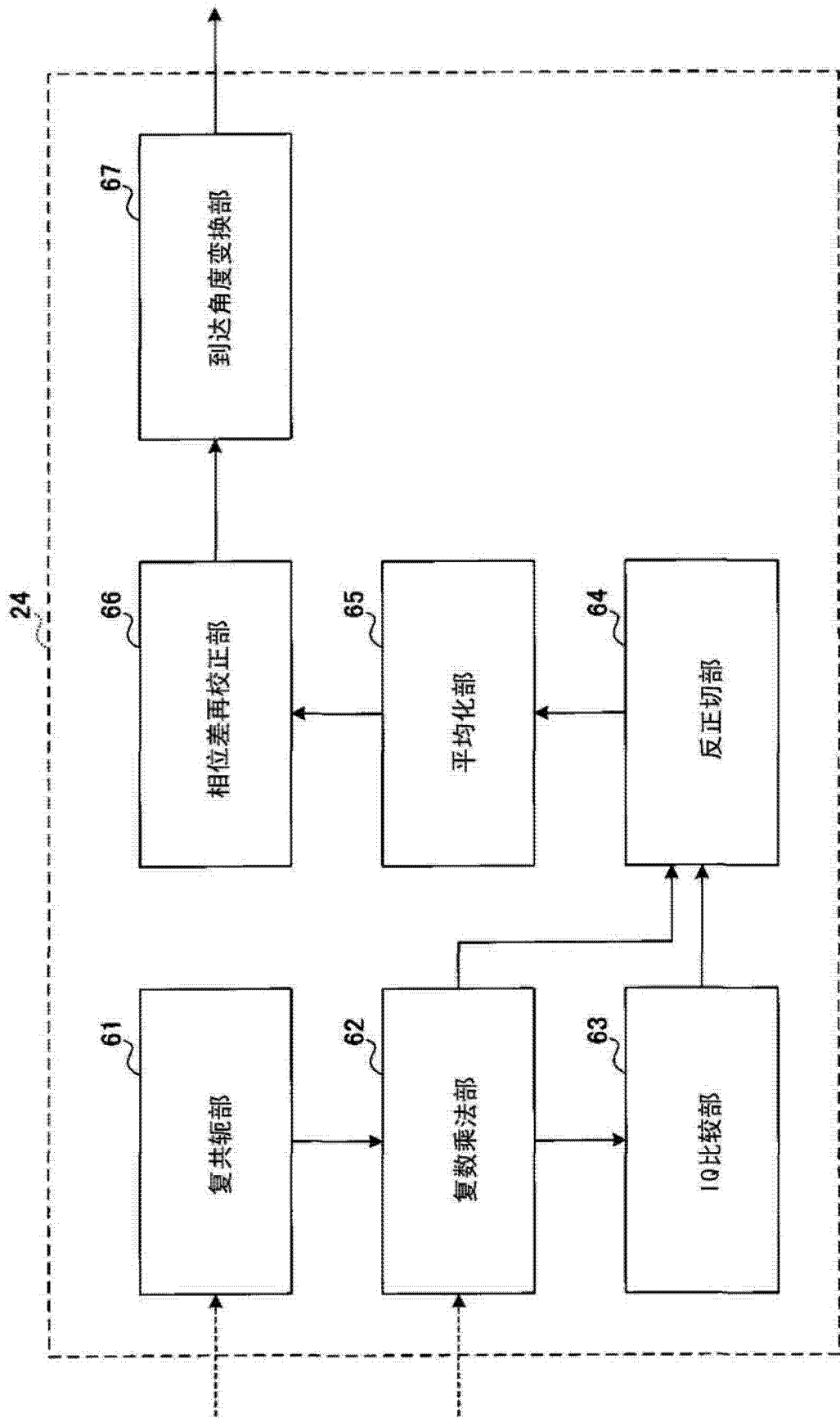


图 16

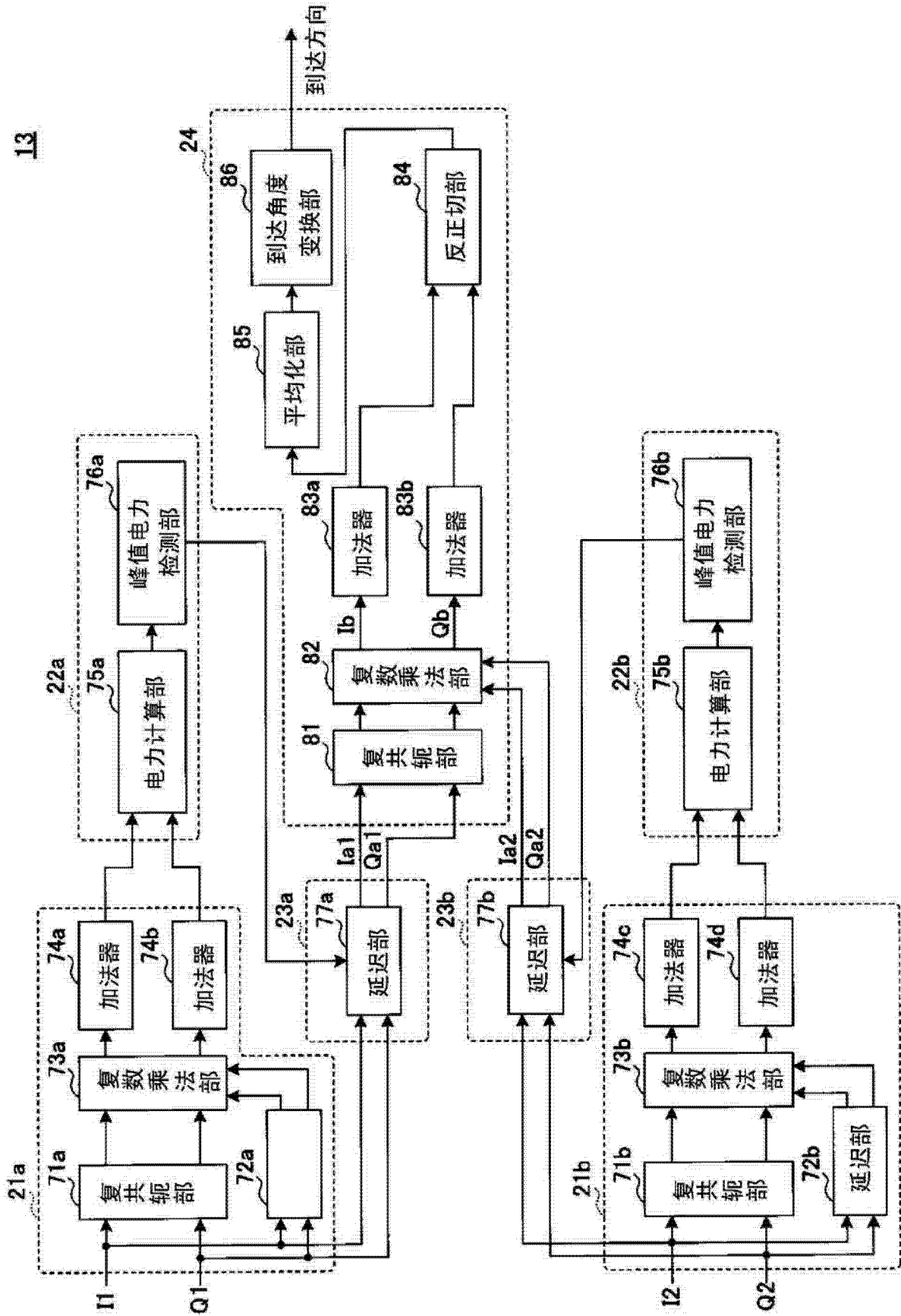


图 17

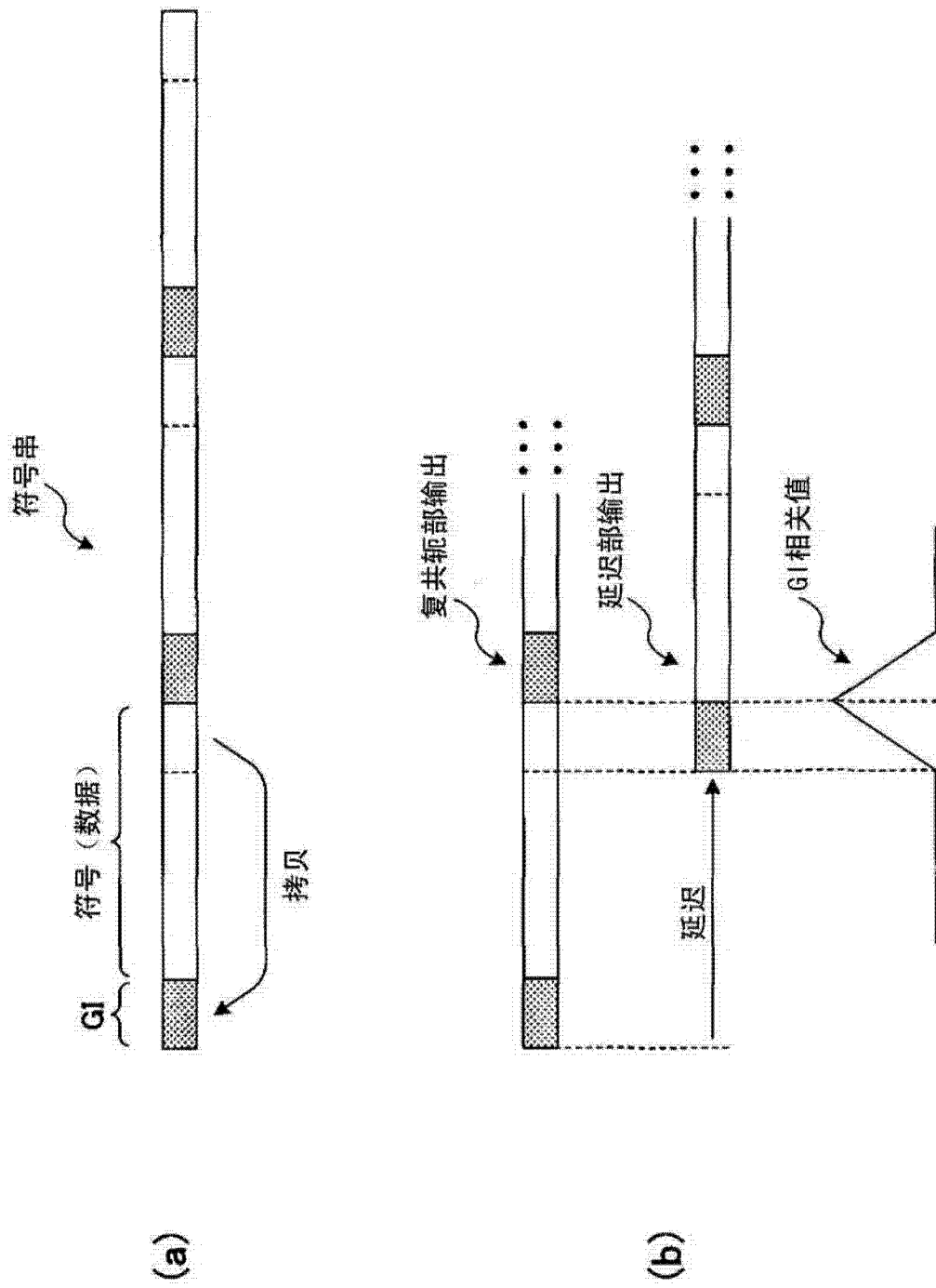


图 18

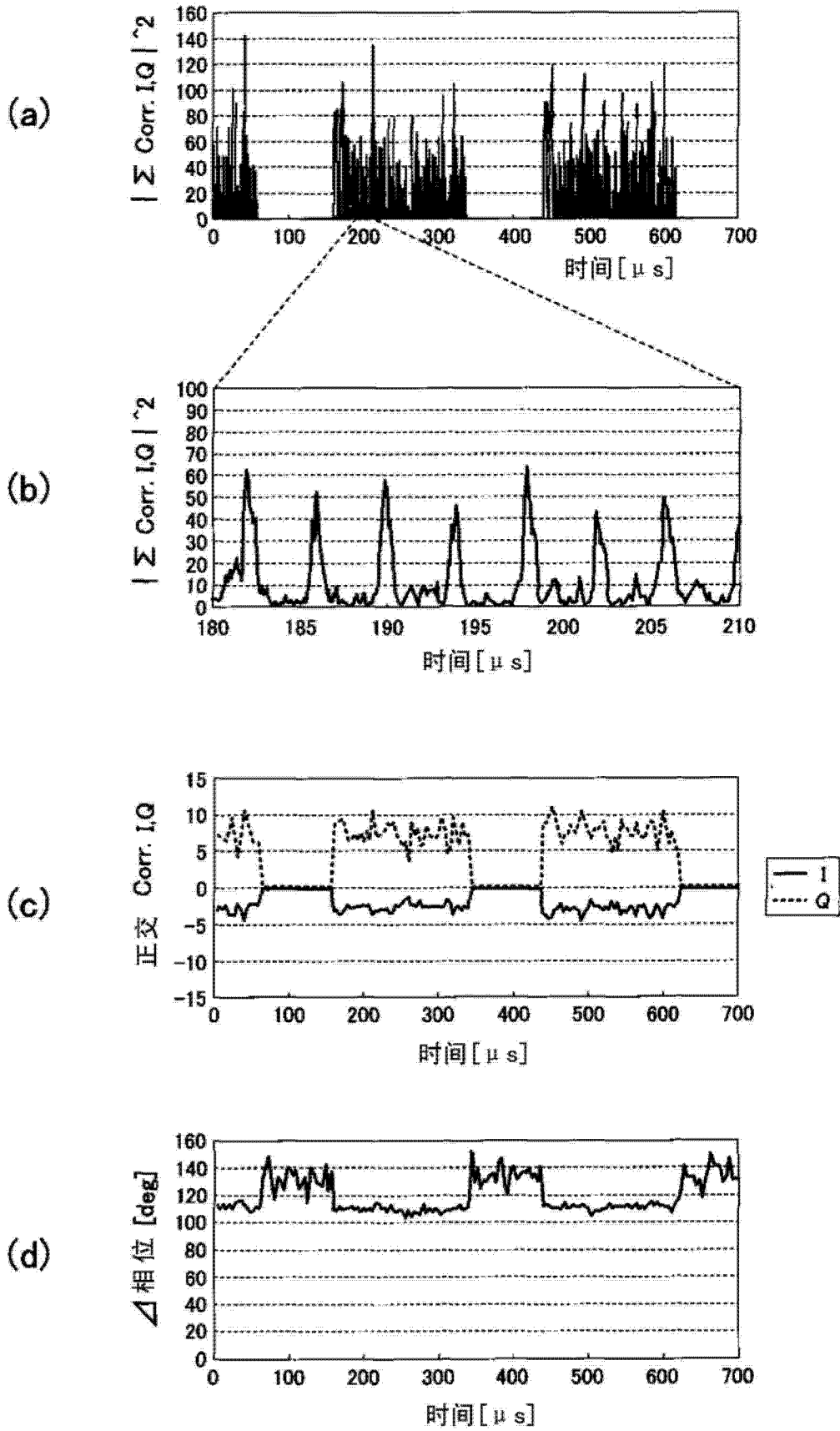


图 19

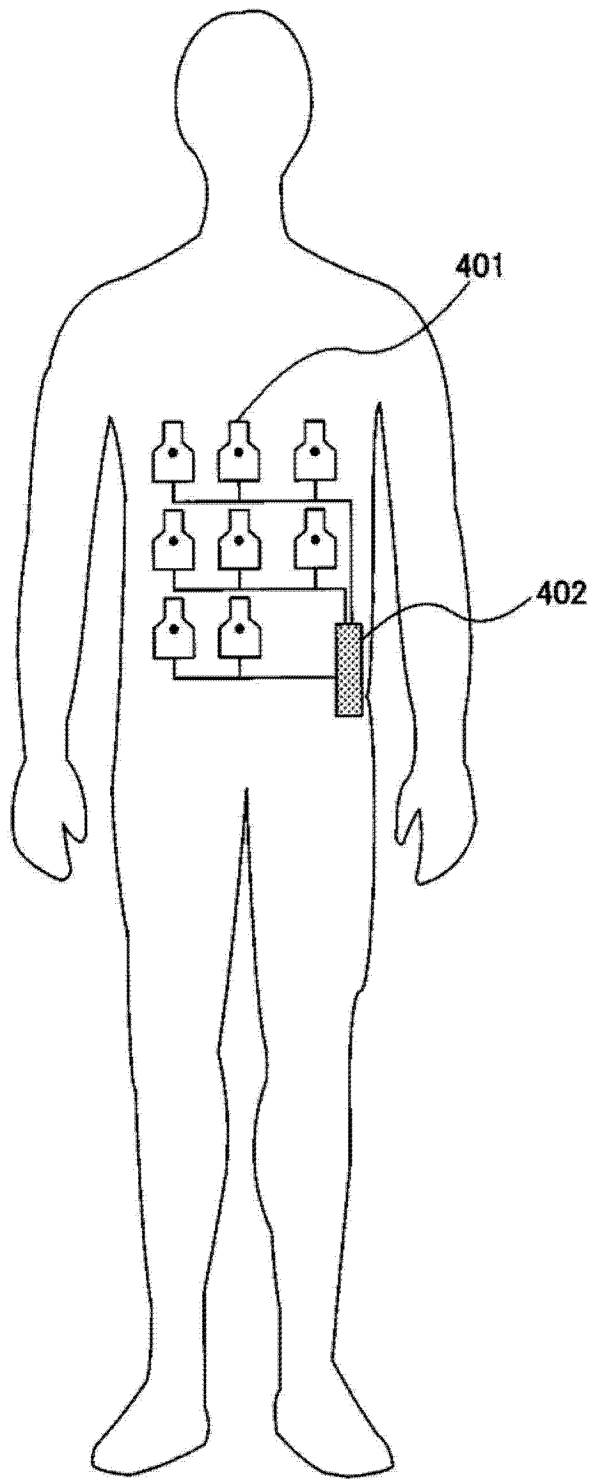


图 20