



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102525552 B

(45) 授权公告日 2015. 07. 15

(21) 申请号 201110374965. 3

(22) 申请日 2011. 11. 16

(30) 优先权数据

2010-255541 2010. 11. 16 JP

(73) 专利权人 日立阿洛卡医疗株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 村下贤

(74) 专利代理机构 北京金信知识产权代理有限公司

公司 11225

代理人 黄威 宋少华

(51) Int. Cl.

A61B 8/00(2006. 01)

审查员 李陆美

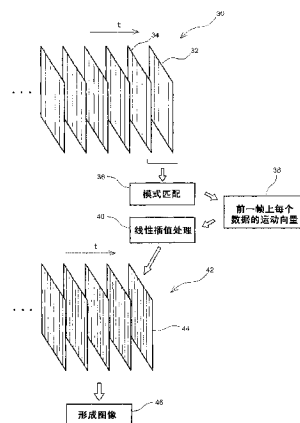
权利要求书2页 说明书12页 附图27页

(54) 发明名称

超声波图像处理装置

(57) 摘要

本发明提供了一种超声波图像处理装置,其能够以较高的分辨率显示超声波图像。对于前一帧上的每个关注像素,在前一帧和当前帧之间应用模式匹配处理,以计算每个关注像素在当前帧上的映射地址,以此作为运动目的地或二维运动向量。映射地址包括整数值和小数值。基于当前帧的原始像素组和由前一帧上每个关注像素的像素值和映射地址限定的附加像素组,将当前帧重构为包括多个插值行的高密度帧。在生成映射地址时,应用子像素处理。



1. 一种超声波图像处理装置,包括:

帧间处理器,其在通过发射和接收超声波所获取的第一帧和第二帧之间应用处理,并且计算第一帧中的每个关注像素在第二帧上的运动目的地,所述运动目的地是在所述第二帧上映射通过复制所述关注像素所生成的附加像素的位置;以及

重构单元,其包括线性插值单元,所述线性插值单元通过基于所述第二帧的原始像素组以及通过复制所述第一帧的原始像素组所生成的附加像素组对所述第二帧执行增加多个插值行的加行插值处理,而将第二帧重构为高密度帧,

其中通过在第一帧和第二帧之间对每个所述关注像素应用模式匹配处理,所述帧间处理器计算每个所述关注像素的运动目的地,

其中所述超声波图像处理装置还包括坐标转换器,所述坐标转换器基于行数增加了的第二帧来生成显示帧。

2. 根据权利要求 1 所述的超声波图像处理装置,其中
第二帧是时间上迟于第一帧的帧。

3. 根据权利要求 1 所述的超声波图像处理装置,其中
所述帧间处理器包括:

相关值曲线生成单元,其生成作为第一帧中每个关注像素的模式匹配处理的结果的相关值曲线;以及

对应地址计算单元,其基于第一帧中每个关注像素的相关值曲线,计算第二帧上的对应地址作为运动目的地。

4. 根据权利要求 3 所述的超声波图像处理装置,其中

对应地址为含有小数值的对应地址,其包括对应于第二帧中原始像素间隔的整数倍的整数部分和小于原始像素间隔的小数值。

5. 根据权利要求 4 所述的超声波图像处理装置,其中

通过基于第二帧的所述原始像素组及由每个关注像素的像素值和含有小数值的对应地址所限定的所述附加像素组的插值处理,所述重构单元重构高密度帧。

6. 根据权利要求 1 所述的超声波图像处理装置,其中

在第一帧的局部区域中选择关注像素,并且

所述高密度帧是其中的一部分密度增加的帧。

7. 根据权利要求 1 所述的超声波图像处理装置,其中

通过在通过发射和接收超声波所获取的第二帧和第三帧之间的处理,所述帧间处理器计算第三帧中的每个关注像素在第二帧上的运动目的地,并且

通过使用为第一帧中的每个关注像素计算出的运动目的地和为第三帧中的每个关注像素计算出的运动目的地,所述重构单元将第二帧重构为高密度帧。

8. 根据权利要求 1 所述的超声波图像处理装置,其中

第一帧和第二帧中的每个都包括径向扩展的超声波束阵列,并且

高密度帧包括至少被添加到帧的深部中的多个插值行。

9. 根据权利要求 1 所述的超声波图像处理装置,其中

第一帧和第二帧中的每个都是实时获取的帧或者是从电影存储器中读取的帧。

10. 根据权利要求 1 所述的超声波图像处理装置,进一步包括:

在第一帧和第二帧被输入到帧间处理器之前进行预处理,以增加第一帧和第二帧的密度的单元。

11. 根据权利要求 1 所述的超声波图像处理装置,进一步包括:

用于应用后处理以进一步增加高密度帧的密度,或者进一步增加基于高密度帧获取的显示帧的密度的单元。

12. 一种由信息处理装置执行的超声波图像处理方法,所述超声波图像处理方法包括如下步骤:

在通过发射和接收超声波所获取的第一帧和第二帧之间应用处理,并且计算第一帧中每个关注像素在第二帧上的运动目的地,所述运动目的地是在所述第二帧上映射通过复制所述关注像素所生成的附加像素的位置;以及

通过基于所述第二帧的原始像素组以及通过复制所述第一帧的原始像素组所生成的附加像素组对所述第二帧执行增加多个插值行的加行插值处理,而将第二帧重构为高密度帧,

其中通过在第一帧和第二帧之间对每个所述关注像素应用模式匹配处理,计算每个所述关注像素的运动目的地,

其中基于行数增加了的第二帧来生成显示帧。

超声波图像处理装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种超声波图像处理装置,特别是涉及一种用于提高超声波图像的分辨率或质量的技术。

背景技术

[0002] 超声波图像处理装置被形成为如超声波诊断装置或信息处理装置。在信息处理装置中,处理由超声波诊断装置提供的图像数据。下面将对超声波诊断装置进行描述。超声波诊断装置是一种向活体发射超声波并从活体接收超声波,然后基于通过发射和接收超声波所获取的接收信息形成超声波图像的装置。已知的超声波图像包括二维层析图像、二维血流图像、三维图像等。

[0003] 更具体地,通过在活体中超声波束的电子扫描来形成虚构扫描平面。借助于此处理,可获取对应于波束扫描平面的接收帧(接收帧数据)。所述接收帧包括沿波束扫描方向布置的多个波束数据集,而每个波束数据集包括沿深度方向布置的多个回波数据集。换言之,接收帧包括二维放置的回波数据组(回波数据阵列)。各回波数据点是接收帧的元素,并通常被称为“像素”。后文中要描述的显示帧的元素通常也称为像素。

[0004] 接收帧的每个像素均具有与发射/接收坐标系(在电子扇形扫描的情况下为极坐标系)相符的地址。为了将接收帧转换为显示帧,即为了从发射/接收坐标系转换为显示坐标系(正交坐标系),超声波诊断装置配备有扫描转换器(JP 2003-299651A)。除了坐标转换功能外,所述扫描转换器还具有插值处理功能、帧率调整功能等。

[0005] 为了提高超声波图像的质量,可以期望增加接收帧的分辨率或密度。但是,如果增加一个接收帧的波束数据集的数量(回波数据密度),则会降低接收帧率。为了增加像素密度或行密度,可以对接收帧应用帧间插值处理或行间(inter-line)插值处理。然而,在相关技术中,简单的线性插值处理已被用作这种插值处理,因此,尽管表现为数据量增加,但是不能够充分提高超声波图像的质量。

[0006] 在波束扫描方法中,如扇形扫描、凸面扫描、径向扫描等,形成扇形或径向形状的波束阵列,并且对于较深的部位波束间隔被加宽。在上述扫描转换器中,通过插值计算生成了显示帧所需的大量像素。因此,大量插值像素嵌置在显示帧的深部中。因此,在这种深部中,尽管不会出现像素不足,但是存在图像模糊的问题。更具体地,在波束扫描方向存在图像移位或变形的问题。当形成三维图像时,也会出现相似的问题。

发明内容

[0007] 本发明的优点是增加超声波图像的密度,从而提高图像质量。

[0008] 本发明的另一优点是,当执行在其中形成扇形或径向形状的超声波束阵列的扫描方法时,在超声波图像中,特别是在图像的深部,图像质量得到提高。

[0009] 根据本发明的一个方案,提供了一种超声波图像处理装置,包括:帧间处理器,其在通过发射和接收超声波所获取的第一帧和第二帧之间应用处理,并且计算第一帧中的每

个关注像素在第二帧上的运动目的地；以及重构单元，其使用为每个关注像素计算出的运动目的地，将第二帧重构为高密度帧。

[0010] 借助于上述构造，能够使用第一帧中的信息将第二帧重构为高密度帧。换言之，特定帧上存在的结构很可能存在于与该帧相邻的另一帧中，因此，前一帧的数据可用于改善后一帧。特别地，该处理优选应用于时间上相邻的两个帧之间。更具体地，首先，帧间处理用于计算第一帧中的各像素在第二帧上的运动目的地（或对应位置）。借助于此处理，可以在第二帧上限定或考虑虚构映射或实际映射的附加像素组。换言之，借助于附加像素组，可以增加第二帧的像素密度。只需将附加像素组添加到形成第二帧的原始像素组，即可重构高密度帧；或者通过使用原始像素组和附加像素组来重新计算插值像素组，并且基于原始像素组和插值像素组，也可重构高密度帧。在前者的情况下，可以按相同方式处理原始像素组和附加像素组，或者，可选择地，考虑到数据处理的方便性，可以分别管理原始像素组和附加像素组。例如，在第二帧的扫描转换中，除了第二帧外，还可以考虑第一帧的多个像素的像素值和运动目的地。

[0011] 第一帧和第二帧在时间和空间上彼此不同，优选地，第一帧和第二帧之间的关系为在时间和空间上彼此相邻。在特别优选的构造中，第一帧和第二帧对应于同一波束扫描平面（在空间上彼此匹配），只有帧的获取时间彼此不同。借助于上述构造，可以通过线性插值处理创建仿佛实际像素增加的效果，用于取代像素表观（apparent）数量简单增加的效果，或者创建在插值处理前增加插值处理所涉及的像素的数量或密度的效果。因此，能够形成具有高分辨率的高质量图像，并能够有效解决或减少如图像模糊等问题。

[0012] 例如，上述超声波图像处理装置是对活体执行实时超声波诊断的超声波诊断装置，或是处理从所述超声波诊断装置中获取的数据的信息处理装置。每帧上的像素是帧元素并含有回波密度、多普勒信息等。优选地，在从发射 / 接收坐标系转换为显示坐标系之前，应用上述处理。

[0013] 根据本发明的另一方案，优选地，第二帧在时间上迟于第一帧。通常，第一帧和第二帧之间的关系为时间上相邻。可选择地，第一帧和第二帧在时间上的相邻关系为它们之间相隔一帧或多帧。

[0014] 根据本发明的另一方案，优选地，通过在第一帧和第二帧之间应用模式匹配处理，帧间处理器计算关注像素的运动目的地。通常，应用二维模式匹配处理，但是，也可以使用的其它模式匹配处理包括一维模式匹配处理和三维模式匹配处理。

[0015] 根据本发明的另一方案，优选地，帧间处理器包括：相关值曲线生成单元，其生成作为第一帧中每个关注像素的模式匹配处理的结果的相关值曲线；以及对应地址计算单元，其基于第一帧中每个关注像素的相关值曲线，计算第二帧上的对应地址作为运动目的地。通过使用相关值曲线，可以基于该曲线的形状或类似要素来估算真实最佳值，并且可以将具有真实最佳值的位置确定为对应地址。根据本发明的另一方案，优选地，对应地址为含有小数值的对应地址，其包括对应于第二帧中原始像素间隔的整数倍的整数部分和小于原始像素间隔的小数值。为了计算小数值，例如，可以采用子像素处理。

[0016] 根据本发明的另一方案，优选地，通过基于第二帧的原始像素组及由每个关注像素的像素值和含有小数值的对应地址所限定的附加像素组的插值处理，所述重构单元重构高密度帧。原始像素组包括真实像素，而附加像素组包括不同时间的真实像素。通过将附

加像素组的每个像素分别映射到最优位置,能够提高分辨率或像素密度。

[0017] 根据本发明的另一方案,优选地,重构单元将一个或多个插值行插入第二帧的行列中的相邻行之间,而每个插值行包括多个插值像素。借助于此构造,可以统一数据阵列中的间距(特别是波束扫描方向上的间距),并且能够减少后续计算量。可以同时应用第二帧插值处理和扫描转换。具体地,基于第二帧的像素组及第一帧的多个像素的像素值和对应地址,可以通过一次计算来形成显示帧。但是,在这种情况下,扫描转换过程中的计算变得复杂,因此,优选地,在生成高密度帧之后,扫描转换处理应用到生成的高密度帧。

[0018] 根据本发明的另一方案,优选地,在第一帧的局部区域中选择关注像素,而高密度帧是其中的一部分密度增加的帧。借助于此构造,密度增加处理可应用于分辨率降低的部分或需要以高分辨率进行观察的部分,从而能够缩短计算时间或者能够减少计算量。

[0019] 根据本发明的另一方案,优选地,通过在通过发射和接收超声波所获取的第二帧和第三帧之间应用处理,帧间处理器计算第三帧中的每个关注像素在第二帧上的运动目的地;并且通过使用为第一帧中的每个关注像素计算出的运动目的地和为第三帧中的每个关注像素计算出的运动目的地,重构单元将第二帧重构为高密度帧。借助于此构造,可以将真实像素从前面和后面的帧虚构映射或实际映射到中间帧,从而能够提高中间帧的质量。

[0020] 根据本发明的另一方案,优选地,第一帧、第二帧和高密度帧是指与发射/接收坐标系相符的帧,并且还设置有转换单元,其根据高密度帧生成与显示坐标系相符的显示帧。根据本发明的另一方案,优选地,第一帧和第二帧中的每个都包括径向扩展的超声波束阵列,高密度帧包括至少被添加到帧的深部中的多个插值行。

[0021] 根据本发明的另一方案,优选地,第一帧和第二帧中的每个都是实时获取的帧或者是从电影存储器(cine memory)中读取的帧。电影存储器通常是按时间顺序存储大量帧的大容量存储器,优选地,电影存储器包括环形缓冲区结构。当对实时数据应用密度增加处理时,能够提高实时显示的超声波图像的质量。当对从电影存储器读取的存储数据应用密度增加处理时,能够提高重放图像的质量。

[0022] 根据本发明的另一方案,优选地,超声波图像处理装置进一步包括在第一帧和第二帧被输入到帧间处理器之前进行预处理,以增加第一帧和第二帧的密度的单元。根据本发明的另一方案,优选地,超声波图像处理装置进一步包括用于应用后处理以进一步增加高密度帧的密度,或者进一步增加基于高密度帧获取的显示帧的密度的单元。

[0023] 根据本发明的另一方案,提供了一种超声波图像处理装置,包括:帧间处理器,其在通过发射和接收超声波所获取的与发射/接收坐标系相符的第一帧和第二帧之间应用处理,并且计算第一帧中每个关注像素在第二帧上的运动目的地;以及转换单元,其在参照每个关注像素的像素值和每个关注像素的运动目的地的同时根据第二帧生成与显示坐标系相符的显示帧。

[0024] 根据本发明的另一方案,提供了一种超声波图像处理程序,包括:在通过发射和接收超声波所获取的第一帧和第二帧之间应用处理,并且计算第一帧中每个关注像素在第二帧上的运动目的地的模块;以及使用为每个关注像素计算出的运动目的地,将第二帧重构为高密度帧的模块。超声波图像处理程序在超声波诊断装置或信息处理装置(如计算机)上执行。每个模块对应于所述图像处理程序的功能单元。上述程序存储在诸如存储器、CD-ROM等存储介质中。

附图说明

[0025] 图 1 为示出具有密度增加功能的超声波图像处理装置（超声波诊断装置）的基本结构的框图。

[0026] 图 2 为说明图 1 所示的帧间处理类型密度增加单元的运行的概念图。

[0027] 图 3 为示出帧间组织的运动的概念图。

[0028] 图 4 为示出帧间模式匹配处理的步骤的顺序的流程图。

[0029] 图 5 为示出帧间模式匹配处理的概念图。

[0030] 图 6 为示出相关值曲线的示例的图。

[0031] 图 7 为示出子像素处理的第一示例的图。

[0032] 图 8 为示出子像素处理的第二示例的图。

[0033] 图 9 为示出二维映射地址（运动目的地）的概念图。

[0034] 图 10 为示出帧间虚构映射处理结果的概念图。

[0035] 图 11 为示出通过线性插值处理生成的插值像素地址的概念图。

[0036] 图 12 为示出插值处理之后密度增加的帧的概念图。

[0037] 图 13 为示出针对径向扩展的波束数据阵列的波束插值处理的概念图。

[0038] 图 14 为示出局部波束插值处理的概念图。

[0039] 图 15 为示出图 1 所示的密度增加单元的第一示例结构的框图。

[0040] 图 16 为示出图 1 所示的密度增加单元的第二示例结构的框图。

[0041] 图 17 为示出图 1 所示的密度增加单元的第三示例结构的框图。

[0042] 图 18 为示出图 1 所示的基本结构的第一可选构造的框图。

[0043] 图 19 为示出图 1 所示的基本结构的第二可选构造的框图。

[0044] 图 20 为示出具有另一密度增加功能的超声波图像处理装置（超声波诊断装置）的基本结构的框图。

[0045] 图 21 为示出波束数据阵列的图。

[0046] 图 22 为说明与图 20 所示的超声波图像处理装置相关的帧内处理类型密度增加单元运行的概念图。

[0047] 图 23 为示出帧内模式匹配处理的步骤的顺序的流程图。

[0048] 图 24 为示出帧内模式匹配处理的概念图。

[0049] 图 25 为示出一维映射地址（运动目的地）的概念图。

[0050] 图 26 为示出各行之间虚构映射处理结果的概念图。

[0051] 图 27 为示出插值处理之后密度增加的像素阵列（行）的概念图。

[0052] 图 28 为示出图 20 所示的密度增加单元的示例构造的框图。

[0053] 图 29 为说明通过密度增加实现的边界突出显示的概念图。

[0054] 图 30 为示出两种类型的密度增加处理的示例组合的框图。

[0055] 图 31 为示出两种类型的密度增加处理的另一示例构造的框图。

具体实施方式

[0056] 下面将参照附图说明本发明的优选实施例。

[0057] (1) 使用帧间模式匹配处理增加密度

[0058] 图 1 为示出作为超声波图像处理装置的超声波诊断装置的框图。所述超声波诊断装置用于医疗领域,并且是一种基于接收信号来形成超声波图像的装置,所述接收信号是通过向活体发射超声波并从活体接收超声波所获取的。已知的超声波图像包括二维层析图像、二维血流图像、三维图像等。

[0059] 在图 1 的示例构造中,探头 10 包括一维 (1D) 阵列传感器。1D 阵列传感器包括以直线形状或弧线形状布置的多个传感器元件。超声波束 B 由 1D 阵列传感器形成,并且超声波束 B 经过电扫描。在本实施例中,探头 10 是凸面型探头,并且超声波束经过凸面扫描。可选择地,既可以采用扇形扫描方法,也可以采用其他电子扫描方法,如径向扫描和线性扫描。当沿径向形成多个超声波束时,下文所述的“密度增加处理”是尤其优选的。在图 1 的示例构造中,探头 10 在使用时接触体表。可选择地,探头 10 可以是体腔插入型探头。

[0060] 发射单元 12 是发射波束形成器。也就是,在发射期间,发射单元 12 向探头 10 提供多个相互并行的发射信号。借助于此处理,1D 阵列传感器形成发射波束;即,超声波辐射到活体中。在接收期间,1D 阵列传感器接收来自活体内部的反射波。多个接收信号被从 1D 阵列传感器相互并行地输出到接收单元 14。接收单元 14 是接收波束形成器,其对多个接收信号应用整相求和处理以生成对应于接收波束的波束数据。作为波束数据的接收信号被输出到信号处理器 16。信号处理器 16 包括诸如波检测单元、对数转换单元等模块。波检测单元是用于将 RF 接收信号转换为基带范围内的接收信号的模块。

[0061] 下面将详细说明,帧间处理类型密度增加单元 18 为用于在时间上彼此相邻的各帧之间应用模式匹配处理以增加每帧的密度或分辨率的单元。在本实施例中,密度增加处理被应用于经过波检测后的帧(帧数据)。可选择地,密度增加处理可以应用于 RF 信号。一个帧(帧数据)包括多个波束数据集,而每个波束数据集包括多个数据集(帧元素)。在本说明书中,各帧元素被称为“像素”。每个像素是表示回波亮度的数据。可选择地,每个像素可以表示多普勒信息。由密度增加单元 18 形成的高密度帧被输出到数字扫描转换器(DSC) 20。

[0062] DSC 20 具有坐标转换功能、像素插值功能、帧率调整功能等。借助于 DSC 20,与发射/接收坐标系相符的接收帧被转换为与显示坐标系相符的显示帧。在本实施例中,显示帧是基于高密度接收帧形成的。因此,能够显著提高屏幕上显示的超声波图像的质量。显示处理器 22 具有在 DSC 20 形成的图像数据上结合图形数据或类似数据的功能,并且由显示处理器 22 形成的显示数据被输出到显示单元 24。控制器 26 包括 CPU 和运行程序,并用于控制图 1 所示元件的运行。在图 1 所示的示例构造中,输入单元 28 形成有操作面板。可选择地,可以使用软件来实现图 1 所示的密度增加单元 18 的功能。尽管在图 1 中未示出,但是在信号处理器 16 和密度增加单元 18 之间设置有电影存储器。电影存储器是按时间顺序临时存储多个帧的存储器,并具有环形缓冲区结构。密度增加单元 18 对实时获取的帧应用处理,类似地处理从电影存储器读取的帧。可选择地,电影存储器可以设置在密度增加单元 18 和 DSC 20 或 DSC 20 的下游之间。在用于处理从超声波诊断装置输出的数据的超声波图像处理装置中,执行对应于图 1 所示的密度增加单元 18 的程序。

[0063] 图 2 示出了图 1 所示的密度增加单元 18 运行的概念图。在图 2 中,示出在上面部分的帧阵列 30 是密度增加处理之前的帧阵列,其包括按时间顺序布置的多个帧。在图 2 的

示例构造中,每帧均是在活体中给定扫描平面位置处获取的二维数据阵列。可选择地,可以在移动扫描平面的同时获取所述帧阵列。所述密度增加单元在帧间应用模式匹配处理(参见附图标记 36)。具体地,在前一帧 34 和当前帧 32 之间,对前一帧 34 上的每个关注像素(成为复制源的像素)应用模式匹配处理。借助于此处理,为前一帧 34 上的每个数据点确定二维运动向量(参见附图标记 38)。二维运动向量显示关注像素的运动目的地,即当前帧 32 上的对应地址或映射地址。

[0064] 对于前一帧 34 上的每个像素,执行到当前帧 32 的虚构映射或实际映射,并且基于映射结果来重构当前帧 32,以使当前帧 32 成为高密度帧。更具体地,如下面所述,基于当前帧 32 的像素组和映射后的像素组来应用线性插值处理,以便形成高密度帧(参见附图标记 40)。一组高密度帧 42 显示在图 2 的下面部分。该组高密度帧 42 包括多个高密度帧 44。每个高密度帧 44 形成有多个原有的波束行和多个添加的插值行。也就是说,增加了分辨率或密度。上述 DSC 对每个高密度帧 44 上的显示帧应用转换(参见附图标记 46)。在图 1 所示的示例构造中,在坐标转换之前应用密度增加处理。

[0065] 在相关技术的线性插值处理中,在两个波束行之间简单地生成插值行,当应用这种处理时,存在如沿电扫描方向图像模糊或图像移位等问题。借助于上述处理,以增加方式将前一帧上的实际像素用作当前帧的像素的一部分,以使当前帧能够成为高密度帧。特别地,当沿径向设定多个波束行时,在纵深区域中波束间隔会增加,并且存在在纵深区域处图像质量下降的问题,但是经过上述处理,大量实际像素能够直接或间接嵌入行之间,因此,能够显著提高对应于体内深部的图像质量。此处,实际像素为通过发射和接收超声波所获取的原始像素(在坐标转换之前),它是与在坐标转换期间的计算中生成的虚构像素相对而言的。

[0066] 现在将参照图 3 和后续附图更加详细地说明密度增加处理。

[0067] 图 3 示出了帧间的组织运动。在(A1)中,示出了在真实空间中概念化的波束数据阵列。波束数据阵列包括多个波束数据集 48,每个波束数据集 48 具有多个数据点(即像素)。参数 r 表示深度方向,而参数 θ 表示波束扫描方向。附图标记 52 表示体内存在的具体组织。在(A2)中,示出了在信号处理空间中概念化的波束数据阵列。多个波束数据集 48 布置在 θ 方向上。白色圆圈 50 和黑色圆圈 58 分别表示像素,特别地,黑色圆圈 58 表示组织内的像素。换言之,在信号处理空间中由附图标记 56 所示的一组黑色圆圈 58 对应于真实空间中的组织 52。

[0068] 在(B1)中,示出了在后一时间相位获取的波束数据阵列。附图标记 54 表示此时间相位中的组织,而附图标记 52A 表示前一时间相位中的组织(另请参见(A1)中的附图标记 52)。在(B2)中,黑色圆圈表示组织内的像素,附图标记 60 指定了一组黑色圆圈。通过比较组 56 和组 60 可以清楚了解,帧之间的组织运动非常小,因而允许在当前帧上映射过去的像素。借助于这种映射处理,能够显著提高当前帧的分辨率。可选择地,关注像素可以设定在当前帧中,并且关注像素可以映射到过去帧上。

[0069] 图 4 为示出在图 1 所示的密度增加单元中应用的模式匹配处理的流程图。首先,在 S10 中,在前一帧上设定关注像素,在 S12 中,在前一帧上设定模板。具体地,图 5 在(A)中显示了前一帧,前一帧中的各像素被按顺序设定为关注像素 62,并且为每个关注像素 62 设定模板 64 作为以关注像素 62 为中心的预定区域。在图 4 的 S14 中,在当前帧上设定搜

索区域,在 S16 中,在搜索区域内设定参考区域。具体地,图 5 在 (B) 中显示了当前帧,附图标记 62A 表示对应于关注像素 62 的对应点。搜索区域 66 被设定为具有预定大小并以对应点 62A 为中心。在搜索区域 66 内设定参考区域 68。参考区域 68 与模板 64 具有相同的形状和相同的大小。虽然参考区域 68 的位置会连续移位,但还是对每个位置应用下面所述的模式匹配处理。

[0070] 具体地,在图 4 的 S18 中,在设定在前一帧上的模板和设定在当前帧上的参考区域之间应用模式匹配处理。更具体地,模式匹配处理是相关性处理。例如,使用下面等式 (1) 或等式 (2) 来计算相关值。此处,等式 (1) 计算平方差之和 (SSD) 作为相关值,等式 (2) 计算绝对差之和 (SAD) 作为相关值。

$$[0071] \quad R_{SSD} = \sum_{j=0}^{N-1} \sum_{i=0}^{M-1} (I(i,j) - T(i,j))^2 \quad \dots(1)$$

$$[0072] \quad R_{SAD} = \sum_{j=0}^{N-1} \sum_{i=0}^{M-1} |I(i,j) - T(i,j)| \quad \dots(2)$$

[0073] 在上述等式中,M 和 N 表示模板的大小。也就是说,M 和 N 表示模板中像素的数量。 $T(i, j)$ 表示模板中每个像素的像素值。 $I(i, j)$ 表示参考区域中像素的像素值。

[0074] 在搜索区域内的每个区域位置上设定参考区域的同时,重复应用上述模式匹配处理,并且在图 4 的 S20 中判定出已为所有区域位置设定参考区域时,执行 S22。在 S22 中,基于表示通过模式匹配处理为区域位置获取的相关值的二维相关值曲线,为关注像素计算含有小数值的映射地址 (运动目的地)。在本实施例中,在 S22 中应用下面所述的子像素处理,借助于此处理,能够确定小于单位地址 (即,单位像素) 的小数值 (小数值地址)。

[0075] 下面将参照图 6 说明此处理。图 6 示出了二维相关值曲线。每个单元格中的数字表示相关值。在多个相关值中,Q1 (80) 所示的数值是最小值,并且是表观最小相关值 (即,表观最佳相关值)。然而,从图 6 的相关值曲线中能够推理出,实际最小相关值 Q2 并不必然位于 Q1 所示的位置,而且在许多情况下,是偏离此位置的。考虑到这点,在本实施例中,为了提高映射精确度进而提高图像质量,子像素处理被应用于二维相关值曲线。具体地,整数地址和小数值地址的组合被指定为映射地址。此处,整数地址的基本单位对应于像素或像素之间的间距。小数值地址是小于单位像素的更精确的地址。下面将参照图 7 和图 8 说明子像素处理。

[0076] 在图 4 的 S24 中,判定是否已经对当前帧的所有像素应用了上述处理,并且当判定出未对所有像素完成上述处理时,将重复应用从 S10 开始的处理。换言之,下一个像素被设定为关注像素 (更新关注像素),上述匹配处理或类似处理被应用于新的关注像素。在图 4 的示例处理中,当前帧的所有像素被设定为关注像素。可选择地,只有前一帧中局部区域的像素可以被设定为关注像素。例如,只有存在于纵深区域中的像素可以被设定为关注像素,并且线性插值处理可以仅应用于该纵深区域。

[0077] 图 7 示出了子像素处理的第一示例,而图 8 示出了子像素处理的第二示例。图 7 和图 8 示出了一维子像素处理,但是,实际上应用的是二维子像素处理。

[0078] 图 7 所示的子像素处理基于等角线拟合方法。附图标记 136 表示最小值 (最佳值),附图标记 142 表示第二最小值,附图标记 138 表示第三最小值。水平轴表示以一个像素为单位的位移。垂直轴表示相关值。在等角线拟合方法中,首先限定经过最小值 136 和

第三最小值 138 的直线 140。接下来,限定直线 144,其是直线 140 的斜率被倒置的反斜率直线,反斜率直线经过第二最小值 142。然后,确定两条直线 140 和 144 的交点 146。子像素估算值 148 被确定为交点 146 所在的位置。除了正常的整数地址外,子像素估算值 148 还具有小数值地址。

[0079] 在图 8 所示的抛物线拟合方法中,首先限定一个二阶函数(抛物线曲线),其经过最小值 136、第二最小值 142 和第三最小值 138。然后,在二阶函数中,确定对称轴的位置 151。位置 151 被设定为子像素估算值 152。这些子像素估算方法仅作示范目的,可以选择性地通过其他方法来确定子像素估算值。

[0080] 下面将参照图 9 至图 12 说明在继模式匹配处理之后应用的线性插值处理。

[0081] 图 9 示出了像素的对应关系。前一帧示出在 (A) 中,当前帧示出在 (B) 中。通过为上述每个像素计算含有小数值的映射地址,为前一帧的每个像素确定映射位置(复制目的地位置)。在图 9 中,黑色圆圈表示组织内的像素,而白色圆圈表示其他像素。这些像素是波束行上的两个像素。三角形表示映射后的像素的位置(对应位置)。更具体地,前一帧中的像素 70 对应于当前帧中的位置 72,该关系由附图标记 74 示出。同样地,前一帧中的像素 76 对应于当前帧中的位置 78,该对应关系由附图标记 80 示出。前一帧中的像素 82 对应于当前帧中的位置 84,该对应关系由附图标记 86 示出。前一帧上的像素可以实际映射到当前帧上,或者,可选择地,所述对应关系可以被管理并被作为数据引用。在这任一种情况下,通过增加当前帧的像素数量,能够提高线性插值计算的精度。

[0082] 图 10 示出了虚构映射的结果。附图标记 90 表示波束行 88 上的真实像素,而附图标记 92 表示通过映射添加的像素。这些像素都用于线性插值处理。更具体地,图 11 示出了为多个波束数据集(波束行)附加设定的多个插值行 94。每个插值行具有多个插值点或插值像素 96。通过基于多个真实像素 90 和多个附加像素 92(前一帧上的真实像素)应用线性插值处理,能够获取如图 12 所示的经过线性插值处理的帧(高密度帧)。真实像素 90 位于波束行 88 上。多个插值像素 98 位于每个插值行 94 上。如果所有真实像素和插值像素都以此方式对齐,即,如果高密度帧具有按顺序的二维布置,则能够快速且容易地应用下一扫描转换处理。可选择地,可以使用图 10 所示的多个映射后的真实像素来应用扫描转换处理。可选择地,也可以不实际执行前一帧的像素复制、参照前一帧的像素的多个像素值和多个映射地址以及在当前帧上应用扫描转换处理。

[0083] 图 13 示出了上述线性插值处理的效果。在 (A) 中,示出了线性插值处理之前的状态;在 (B) 中,示出了线性插值处理之后的状态。附图标记 100 表示显示矩阵,显示矩阵中存在的每个交点 105 表示显示像素的位置。如 (A) 所示,插值处理之前的波束数据阵列 106 包括多个波束数据集 107,其中每个波束数据集都具有多个真实像素 108。随着深度变深,行间隔会变宽。如果应用简单的线性插值处理并嵌入多个插值像素,将会出现图像质量显著下降的问题。另一方面,如 (B) 所示,形成高密度帧的波束数据阵列 110 包括多个插值行 106 以及多个原始波束数据(波束行)107。更具体地,插值行被插入相邻的波束行之间。因此,能够增加在扫描转换处理中参照的像素的密度,特别是在活体中的深部,并且在深部能够显著提高扫描转换处理之后的图像质量。换言之,通过扫描转换处理,能够防止或减少图像沿波束扫描方向移位或图像模糊的问题。

[0084] 图 14 示出了在深度方向上的部分(深部)上应用线性插值处理的结果。换言之,

线性插值处理被应用于深度方向上的局部范围 114。附图标记 111 表示波束行,而附图标记 112 表示插值行。插值行仅在局部范围 114 中生成,借助于此构造,数据仅被有效添加到需要插值的区域中。从不同的角度讲,对于不必需进行插值处理的部分,可以减少数据。借助于此处理,能够执行有效的扫描转换处理。

[0085] 图 15 示出了图 1 所示的密度增加单元的第一示例结构。前一帧(前一帧数据)存储在前一帧存储器 118 中。当前帧(当前帧数据)存储在当前帧存储器 120 中。可选择地,可以不在相邻帧之间应用匹配处理,而是在彼此间隔一帧或多帧的帧之间应用匹配处理。

[0086] 匹配处理器 122 在如上所述的帧之间应用模式匹配处理。借助于此处理,可获取前一帧的每个像素的二维相关值曲线,并且将二维相关值曲线存储在相关值曲线存储器 124 中。子像素处理器 126 对每个关注像素的二维相关值曲线应用子像素处理。借助于此处理,为前一帧的每个像素确定对应于前一帧的像素的当前帧上的地址(含有小数值的映射地址)。该数据被存储在存储器 128 中。

[0087] 通过参照存储器 128 中存储的含有小数值的地址,映射处理器 130 为前一帧的每个像素确定像素待映射的地址,并且将对应地址上的像素的像素值写入到存储器 132。也就是说,在映射数据存储器 132 的二维存储空间中,前一帧的像素被映射成新的布置。基于当前帧存储器 120 中存储的当前帧和映射数据存储器 132 中存储的映射数据,插值处理器 134 应用上述线性插值处理。借助于此处理,生成高密度帧。换言之,当前帧被重构为高密度帧。

[0088] 在图 16 所示的密度增加单元的第二示例结构中,没有实际执行前一帧的像素映射,而是对于前一帧的每个像素参照了像素值和含有小数值的地址,插值处理器 154 基于像素值和含有小数值的地址对当前帧应用线性插值处理。通用元件使用与图 15 中相同的附图标记,并且不再重复说明这些元件。这同样适用于下述各图。

[0089] 在图 17 所示的密度增加单元的第三示例结构中,第一帧存储器 156、第二帧存储器 158 和第三帧存储器 160 串联连接。第一帧存储器 156 存储前一帧,第二帧存储器 158 存储中间帧,第三帧存储器 160 存储后续帧。匹配处理器 162 在前一帧和中间帧之间应用匹配处理,借助于此处理,每个关注像素的二维相关值曲线被存储在相关值曲线存储器 164 中。子像素处理器 166 对每个关注像素应用子像素处理,因而获取的每个关注像素的含有小数值的地址被存储在存储器 168 中。

[0090] 按照类似方式,匹配处理器 170 对后续帧和中间帧之间对于每个关注像素应用匹配处理,因而获取的每个关注像素的二维相关值曲线被存储在存储器 172 中。子像素处理器 174 对每个关注像素应用子像素处理,因而生成的每个关注像素的含有小数值的地址被存储在存储器 176 中。插值处理器 178 使用前一帧的映射结果和后续帧的映射结果在中间帧上应用线性插值处理。借助于此处理,能够重构密度增加的帧。

[0091] 图 18 示出了超声波诊断装置的第一可选构造。在图 18 的第一可选构造中,DSC 20A 包括密度增加单元 18A。换言之,密度增加处理和扫描转换处理同时应用。更具体地,模式匹配处理和子像素处理应用于前一帧的每个像素,并基于处理结果应用扫描转换处理,但不会对处理结果单独应用线性插值处理。借助于此构造,可以省略线性插值处理。然而,在扫描转换处理中,将需要复杂的地址计算。此外,在此第一可选构造中,与上述基本结构相似,扫描转换处理是在密度增加处理之后执行的。

[0092] 图 19 示出了超声波诊断装置的第二可选构造。在图 19 中,密度增加单元 18B 设置在 DSC 20B 的下游。具体地,密度增加单元 18B 在显示帧上而非接收帧上应用用来增加密度的处理。换言之,在显示帧之间应用上述模式匹配处理和子像素处理,并基于这些处理的结果应用线性插值处理。然后,在密度增加单元 18B 中或在显示处理器 22 中,根据需要,在高密度显示帧上应用符合显示屏像素密度的细化处理。在如需要记录高分辨率帧时等情况下,优选采用图 19 的结构。

[0093] (2) 使用帧内模式匹配处理增加密度

[0094] 图 20 为示出超声波诊断装置的另一基本结构的框图。通用元件使用与图 1 中相同的附图标记,并且不再重复说明这些元件。

[0095] 在图 20 的示例构造中,帧内处理型密度增加单元 180 设置在信号处理器 16 的下游。也就是说,尽管在图 1 的示例结构中,设置有帧间处理型密度增加单元,而在图 20 的示例结构中,设置有在帧内而非帧间应用密度增加的单元。下面将参照图 21 和图 22 说明该结构的运行情况。

[0096] 图 21 示出了真实空间中的波束数据阵列 182。波束数据阵列 182 包括多个波束数据集 184,每个波束数据集 184 具有多个数据点,即多个像素 186。附图标记 188 表示存在于活体内的组织。如图 21 所示,在波束数据阵列 182 的纵深区域中,波束间隔变宽,而真实像素的密度减小。

[0097] 图 22 示出了帧内密度增加处理的概念图。附图标记 202 表示波束数据阵列,即波束行阵列。更具体地,多个波束数据集 184 在 θ 方向上对齐。白色圆圈和黑色圆圈都表示像素,特别地,黑色圆圈表示组织内的像素 212。附图标记 210 表示组织内的一组像素 212。在本实施例中,在要处理的像素阵列的前后限定了两个参考像素阵列。更具体地,限定了第一像素阵列 204、第二像素阵列 206 和第三像素阵列 208。此处,第二像素阵列 206 是目标像素阵列(关注像素的阵列),第一像素阵列 204 是前一像素阵列(第一参考像素阵列),第三像素阵列 208 是后续像素阵列(第二参考像素阵列)。按顺序选择每个深度的像素阵列作为目标像素阵列。在模式匹配处理 214 中,在第一像素阵列 204 和第二像素阵列 206 之间对第一像素阵列 204 中的关注像素应用一维模式匹配处理,从而确定第二像素阵列 206 上关注像素的映射位置(复制位置)。同样地,在模式匹配处理 216 中,在第三像素阵列 208 和第二像素阵列 206 之间对第三像素阵列 208 中的关注像素应用一维模式匹配处理,从而确定第三像素阵列 208 上关注像素的映射位置(复制位置)。然后,基于第二像素阵列 206 的多个原始、真实像素以及虚构或实际映射到第二像素阵列上的多个复制像素(其他行上的真实像素),应用插值处理 218,从而构建高密度像素阵列 220。高密度像素阵列 220 包括第二像素阵列 206 的多个原始真实像素 222,以及后来添加到第二像素阵列 206 的多个插值像素 224 和 226。插值像素 224 是组织内的像素,而插值像素 226 是组织外部的像素。多个插值像素 224 和 226 被设定在两个相邻的真实像素 222 之间,各像素沿波束扫描方向等间隔布置。当对每个深度的每个像素阵列应用这种处理时,可以使用帧本身的像素来增加帧的密度,即,可以构建密度增加的重构帧 227。然后,如附图标记 228 所示,扫描转换处理被应用于重构帧 227,从而生成显示帧。

[0098] 在图 22 中,像素阵列 204、206 和 208 中的每个在深度方向上均具有一个像素的厚度。可选择地,像素阵列可以具有对应于多个像素的厚度。然而,在模式匹配处理 214 和

216 中,期望在波束扫描方向上应用一维模式匹配处理。现在将参照图 23 和后续附图详细说明帧内密度增加处理。

[0099] 图 23 示出了图 22 所示的模式匹配处理 214 和 216 的具体处理的流程图。在 S30 中,在前一行上设定关注像素,而在 S32 中,在前一行上设定一维模板。在 S34 中,在当前行上设定一维搜索区域,而在 S36 中,在一维搜索区域内设定一维参考区域。下面将参照图 24 说明这些处理。在图 24 中,沿与波束垂直(相交)的方向延伸的多个像素阵列 204、206 和 208 被限定在波束数据阵列 202 中,而每个像素阵列包括位于相同深度处的多个像素。换言之,各像素阵列 204、206 和 208 包括在波束扫描方向上对齐的多个像素。特别地,在图 24 中,示出了在第一像素阵列 204 和第二像素阵列 206 之间的模式匹配处理。第一像素阵列 204 对应于前一行,该像素阵列中的每个像素被确定为关注像素 230。模板 232 被设定为以关注像素 230 为中心,并具有沿波束扫描方向的宽度。模板 232 是一维(1D)模板。另一方面,在第二像素阵列 206 中,搜索区域 234 被设定为以对应于关注像素 230 的点 233 为中心。在搜索区域 234 内设定参考区域 236。参考区域 236 是与模板 232 大小类似的一维像素阵列。当参考区域 236 的位置连续移位时,在模板 232 和参考区域 236 之间重复应用一维模式匹配处理。

[0100] 在图 23 的 S40 中,判定是否已对搜索区域内的所有参考区域的全部位置应用模式匹配处理,并且如果没有完成对所有参考区域位置的模式匹配处理,则重复应用从 S36 开始的处理。另一方面,当在 S40 中判定出已完成对所有参考区域位置的模式匹配处理时,在 S42 中应用子像素处理。也就是说,基于一维相关值曲线为每个关注像素计算含有小数值的映射地址。下面将参照图 25 说明该处理。第一像素阵列 204 中的像素 238 对应于第二像素阵列 206 上的对应位置 240。换言之,像素 238 被虚构映射或实际映射到对应位置 240。附图标记 242 示出了所述对应关系。同样地,对于第三像素阵列 208 中的像素 246,确定像素阵列 206 上的对应位置 248。附图标记 250 示出了所述对应关系。通过以这种方式映射前一像素阵列和后续像素阵列,第二像素阵列 206 的密度会增加。换言之,密度增加的第二像素阵列包括多个原始真实像素 244 和多个通过映射添加的像素(其他行上的真实像素)。

[0101] 在图 23 的 S44 中,判定是否已对前一行上的所有像素完成上述处理,并且如果没有完成所述处理,则重复执行从 S30 开始的处理。在图 23 中,示出了前一行和当前行之间的处理。然而,从上述内容中可以理解,在后续行和当前行之间应用相似的处理。

[0102] 图 26 示出了波束行 252 和插值行 256 之间的关系。波束行(波束数据)252 具有多个像素 254。同时,插值行 256 具有多个插值点(插值像素)258。在当前关注的像素阵列 206 中,如上所述,除了多个真实像素外,还存在多个映射像素。如图 27 所示,作为应用插值处理的结果,在关注的像素阵列上和每个插值行上会生成插值像素 262。借助于此处理,能够形成密度增加的像素阵列。当上述插值处理应用于每个深度的每个像素阵列时,能够获取具有高密度的数据阵列 202A 作为全帧。因此,可以基于数据阵列 202A 来执行扫描转换处理,从而能够形成具有高密度和高质量的显示帧。

[0103] 图 28 示出了图 20 所示的帧内处理型密度增加单元 180 的示例结构。处理前的帧(帧数据)被存储在帧存储器 266 中,而处理后的帧(帧数据)被存储在帧存储器 292 中。第一行存储器 268、第二行存储器 270 和第三行存储器 272 串联连接。前一行的像素阵列被存储在第一行存储器 268 中,当前行的像素阵列被存储在第二行存储器 270 中,后续行的像

素阵列被存储在第三行存储器 272 中。在相邻行之间应用一维匹配处理和子像素处理。更具体地,在 1D 匹配处理器 274 和 282 的每个中,对两行之间的每个关注像素应用匹配处理;通过此处理获取的每个像素的一维相关值曲线被存储在相应存储器 276 和 284 的每个中。子像素处理器 278 和 286 基于一维相关值曲线对每个关注像素应用子像素处理,以确定每个关注像素的含有小数值的地址,含有小数值的地址被存储在存储器 280 和 288 中。

[0104] 插值处理器 290 基于目标像素阵列的多个真实像素(即当前行)和从前一行和后续行映射的多个映射像素来应用插值处理,以重构密度增加的像素阵列作为插值处理的结果。重构像素阵列被存储在帧存储器 292 中。当对每个深度的每个像素阵列应用上述重构处理时,将在帧存储器 292 上形成密度增加的帧。

[0105] 图 29 示出了上述插值处理的效果。具体地,图 29 示出了轮廓突出显示效果。附图标记 294 表示波束行,附图标记 296 表示插值行,而附图标记 298 表示水平线,即每个深度的线。附图标记 300 表示处于第一时间相位的轮廓,附图标记 302 表示处于第二时间相位的轮廓,而附图标记 304 表示处于第三时间相位的轮廓。换言之,随着组织的运动,轮廓沿着朝向右下方的方向逐渐移动。白色圆圈表示真实像素,而黑色圆圈表示插值像素。附图标记 310 所示的箭头表示像素的映射(复制)。根据本实施例中所示的处理,如轮廓 302 所示,可以增加轮廓内的像素数量,从而能够获得增加轮廓的密度并且以突出方式显示轮廓的优点。

[0106] (3) 组合方法和其他方法

[0107] 图 30 示出了帧内处理和帧间处理的示例组合。在图 30 中,首先提供彼此并行的帧内处理型密度增加单元 312 和 314,并对两个帧应用帧内处理。然后,在帧间处理型密度增加单元 316 中,基于密度增加的两个帧应用帧间处理。结果,构建密度显著增加的帧并将其输出到 DSC 318。

[0108] 在图 31 所示的另一示例组合中,DSC 322 设置在帧间处理型密度增加单元 320 的下游,而帧内处理型密度增加单元 324 设置在 DSC 322 的下游。按照这种方式,可以考虑帧内处理和帧间处理的各种组合。可选择地,根据运行模式或度量条件,可以切换密度增加处理的处理内容。

[0109] 在上述实施例中,帧间处理基于以下理念:在时间上彼此靠近的帧之间组织的运动非常小,因此,通过将前一帧的像素映射到后续帧,能够增加后续帧的密度。另一方面,帧内处理假设:因为组织在深度方向上的连续性,所以,在特定深度的像素阵列和该像素阵列前面或后面的像素阵列之间存在特定相似性关系,并且能够通过增加像素值的密度来提高图像质量。可选择地,上述处理可应用于体数据。此外,在上述帧内处理中,对关注像素的处理被应用于沿像素阵列方向的所有像素,但是,可选择地,对关注像素的处理可以仅应用于属于例如中心部的特定部分的像素。

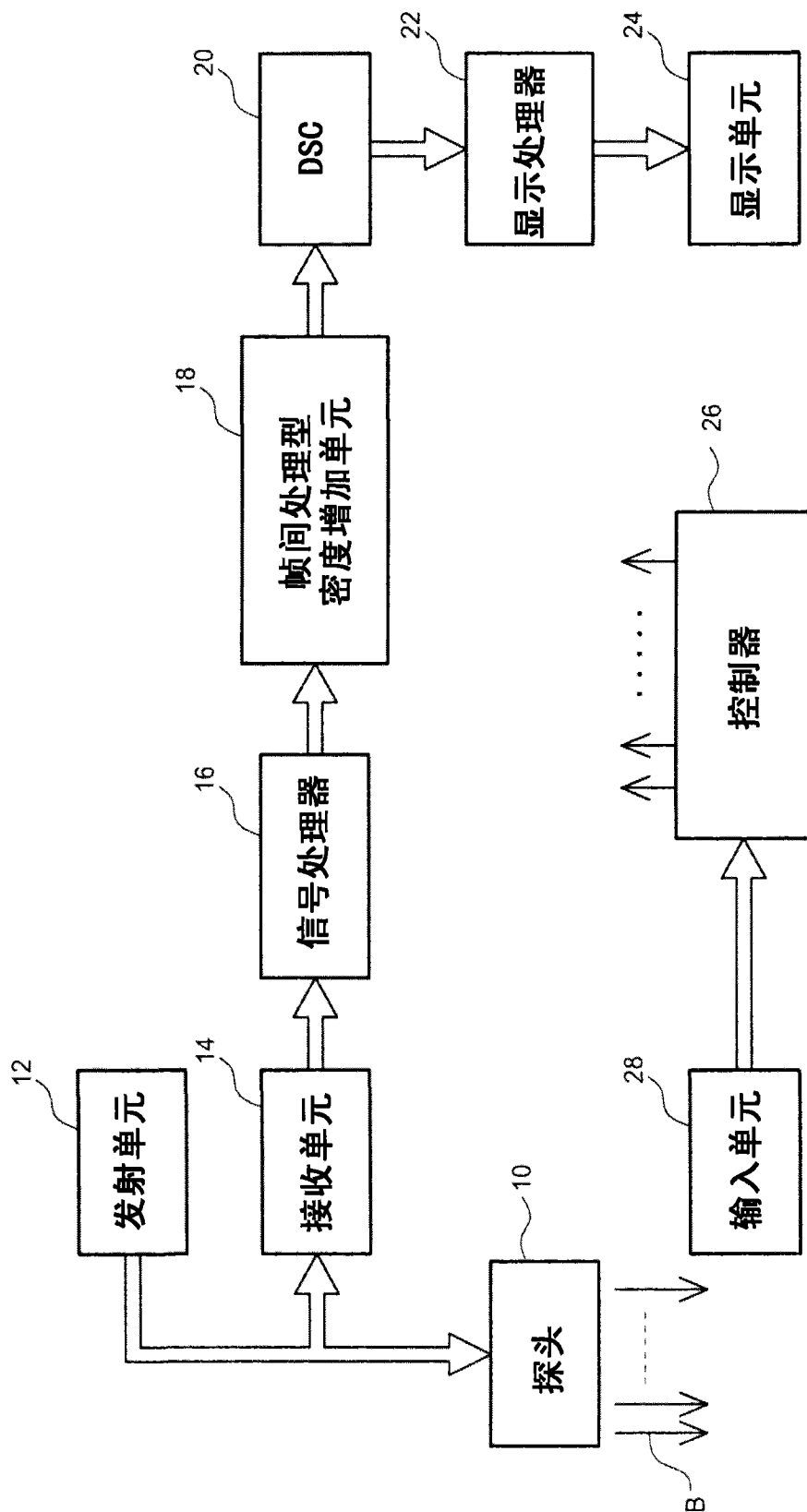


图 1

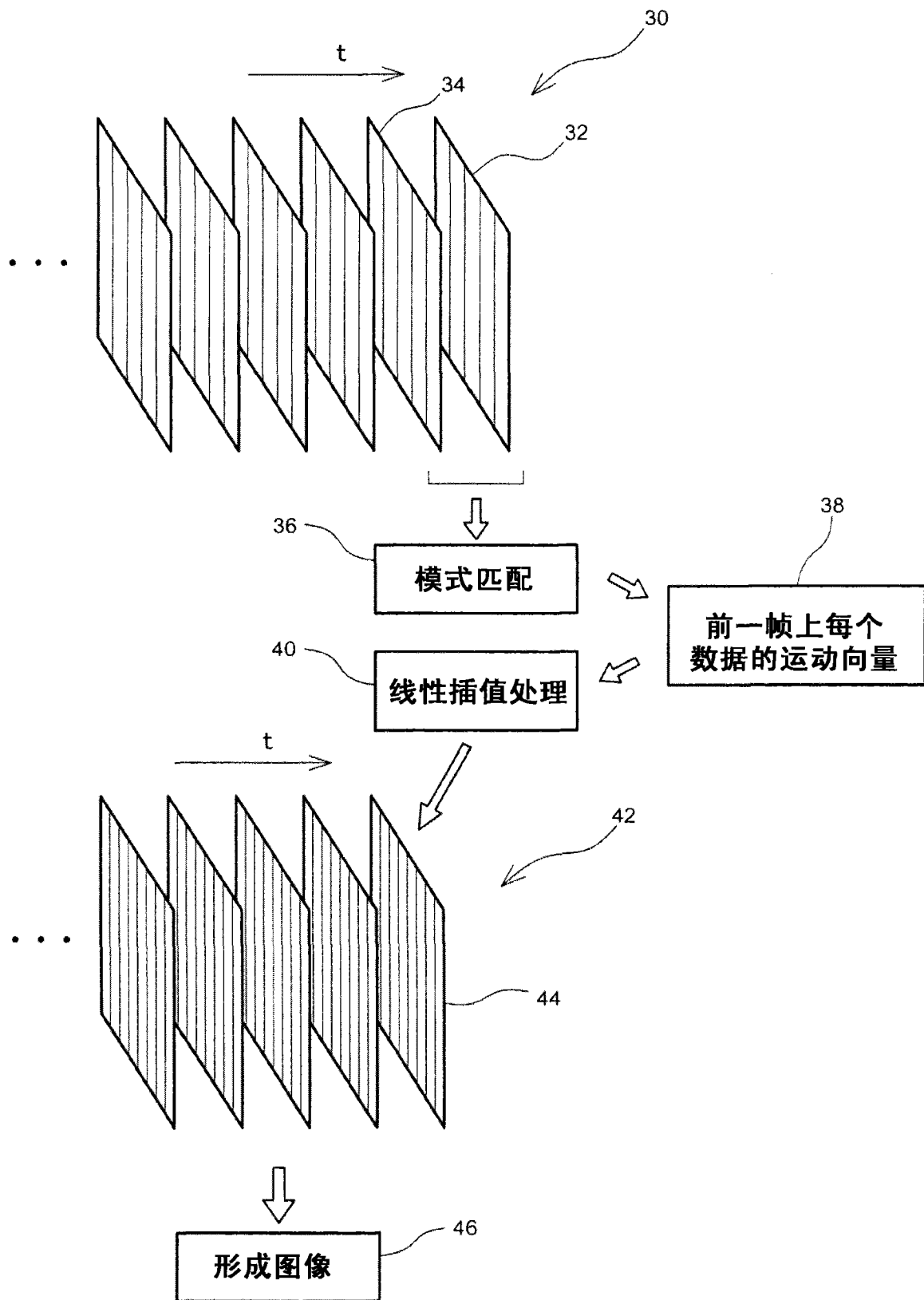


图 2

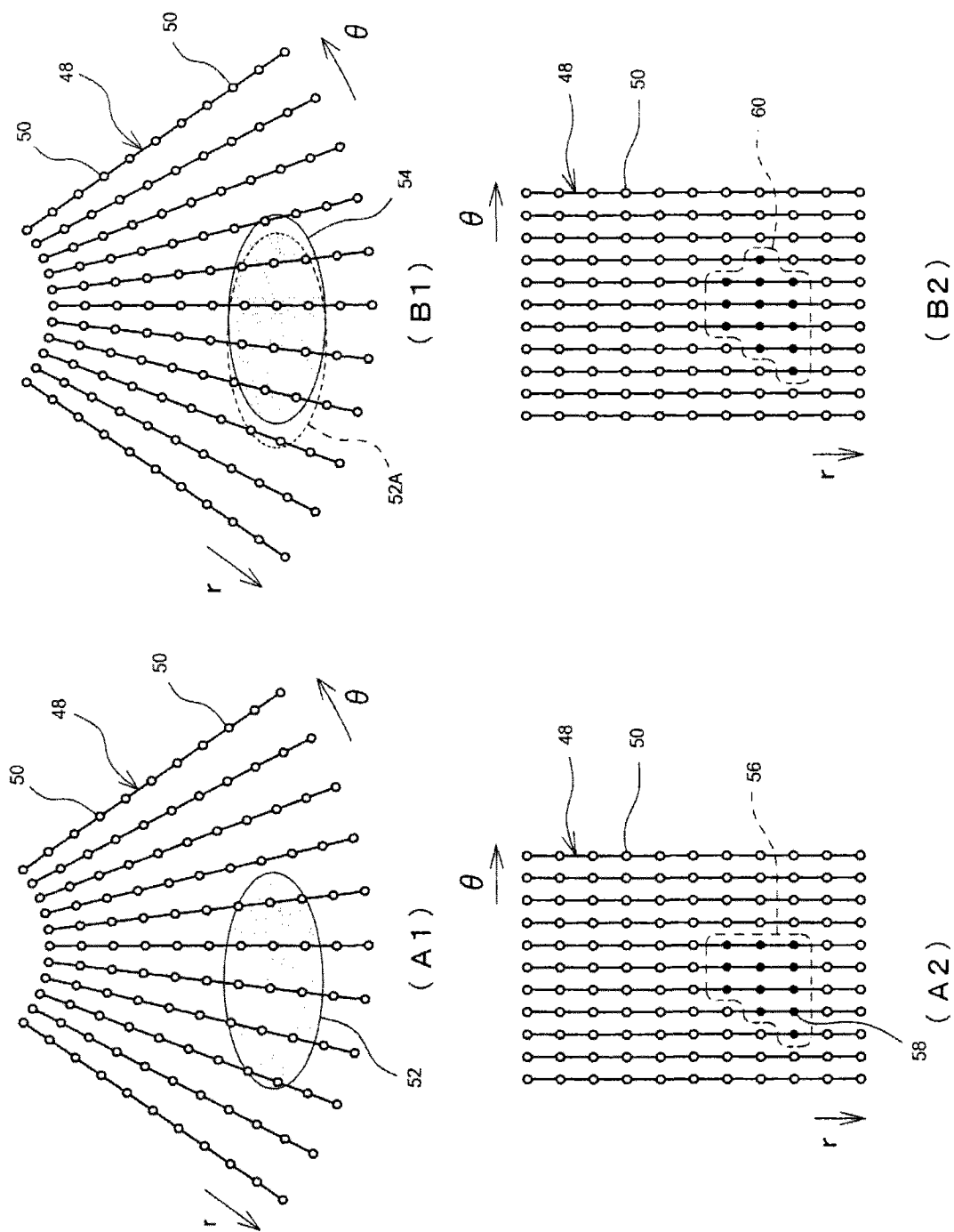


图 3

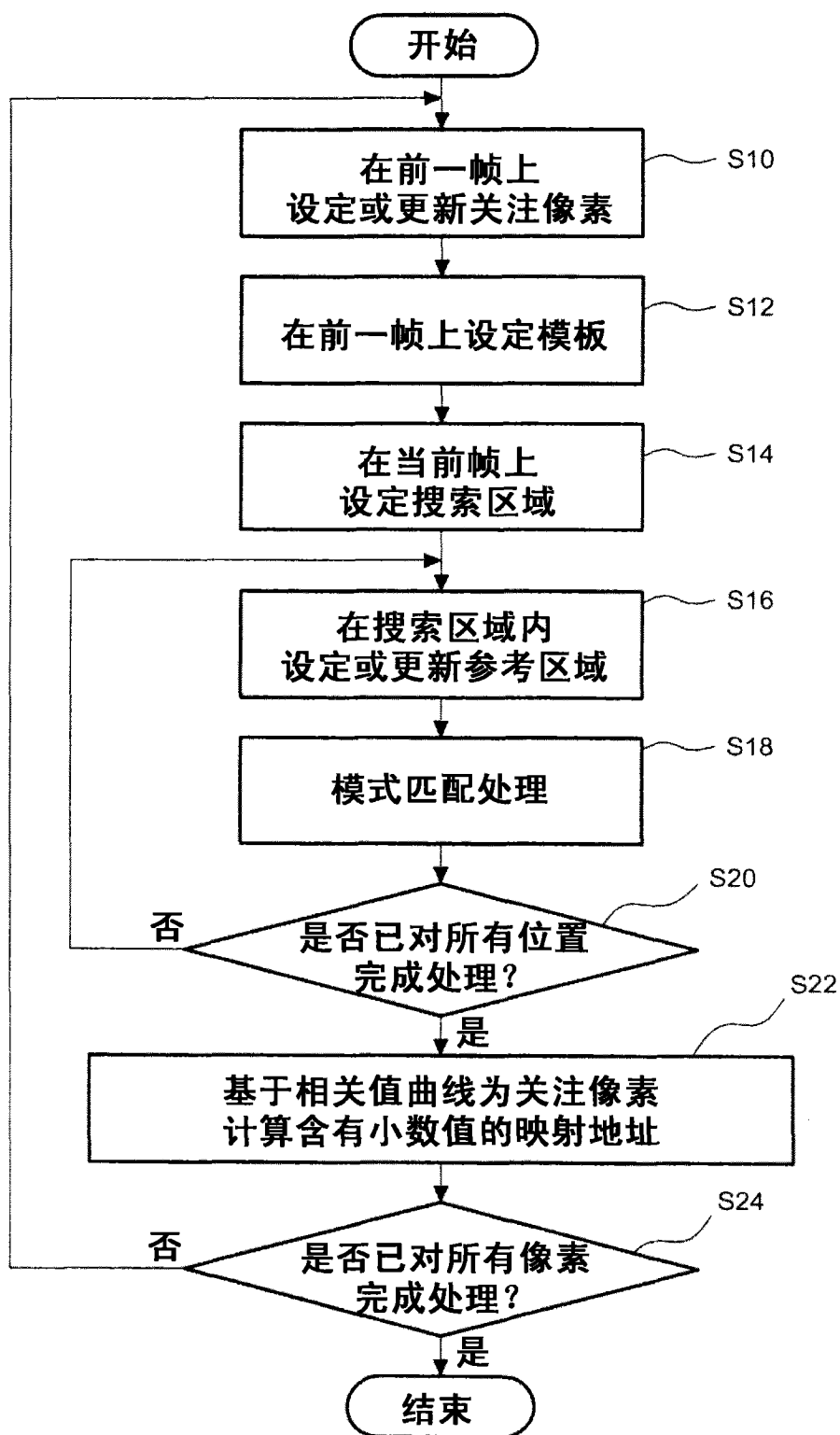


图4

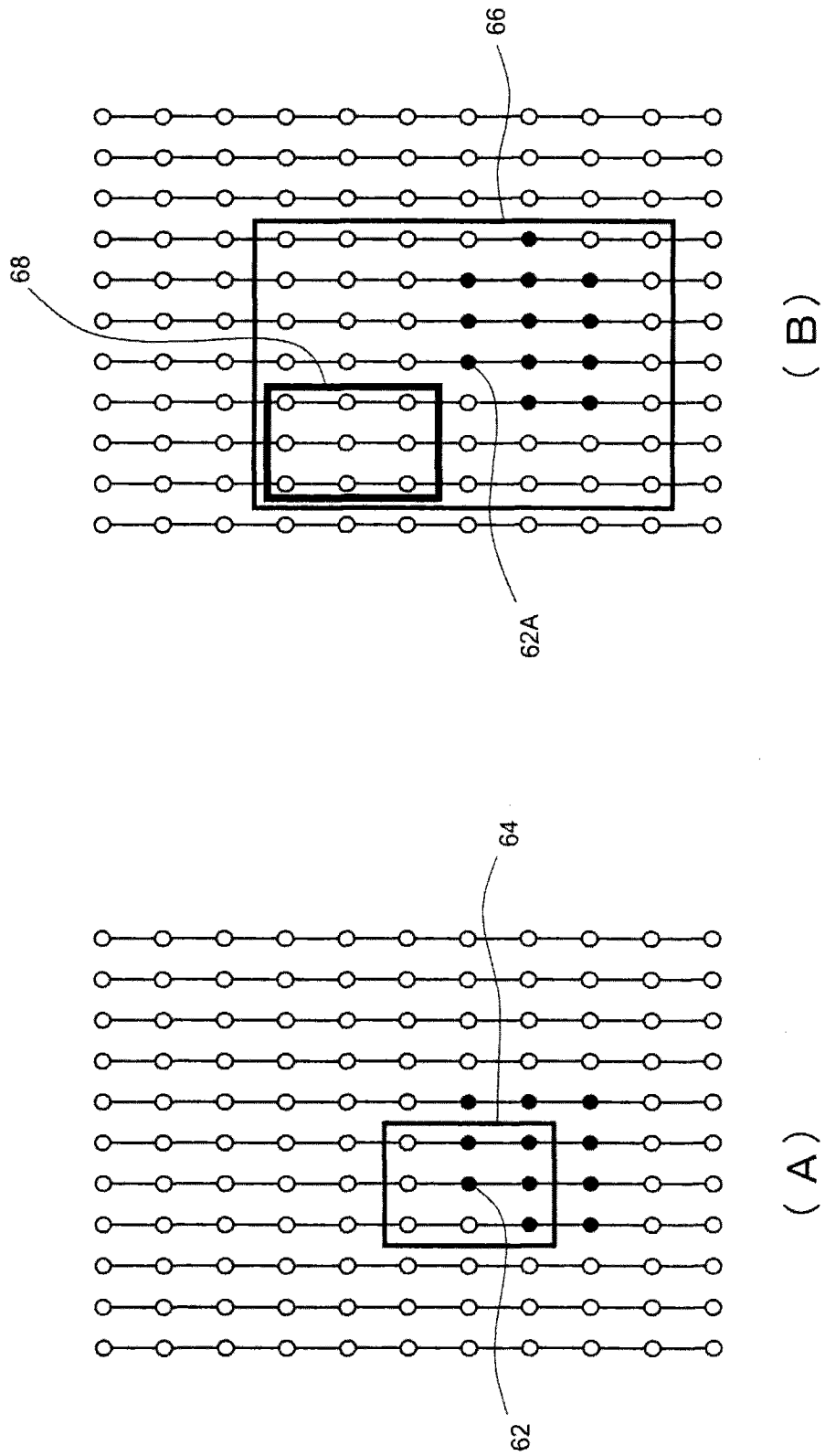


图 5

	i = 0	1	2	3	·	·	·	·	·	·	n = 1
j = 0	500	400	350	300	350	500	900				
1	500	300	200	150	250	450	700				
2	400	250	80	100	200	400	600				
3	450	150	120	200	250	450	650				
·											
·	500	300	200	300	350	500	700				
·											
·	600	500	400	350	400	500	750				
·											
m - 1	800	700	600	450	600	700	800				

Q1

Q2

图 6

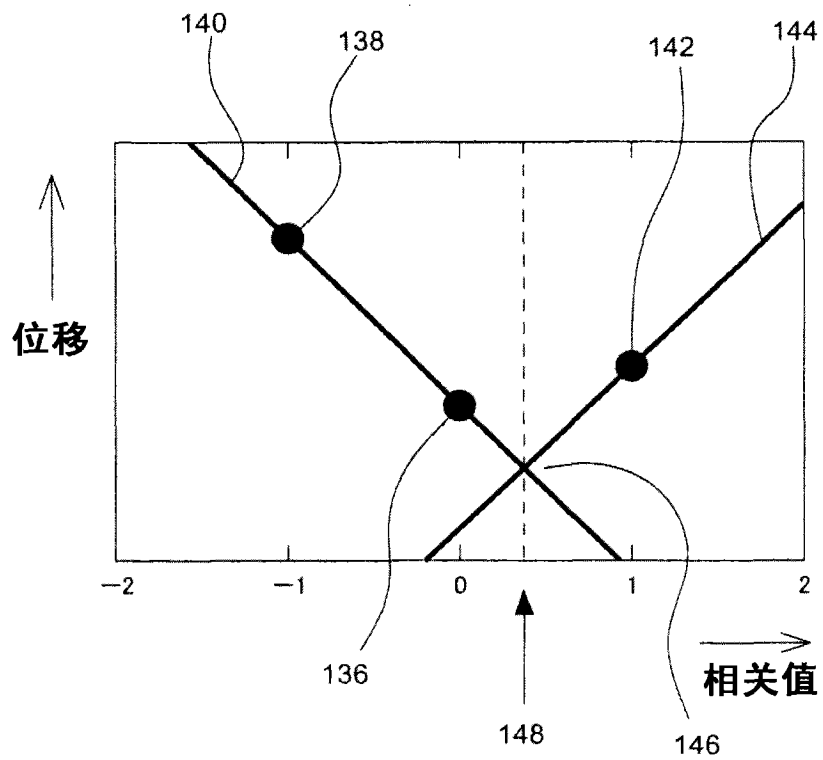


图 7

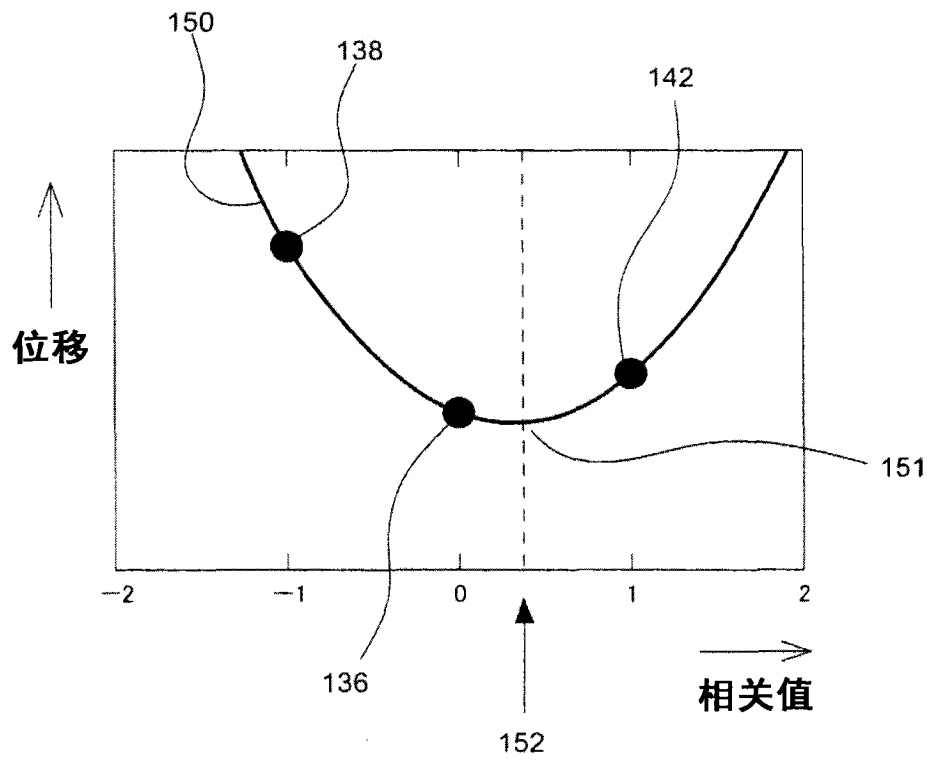


图 8

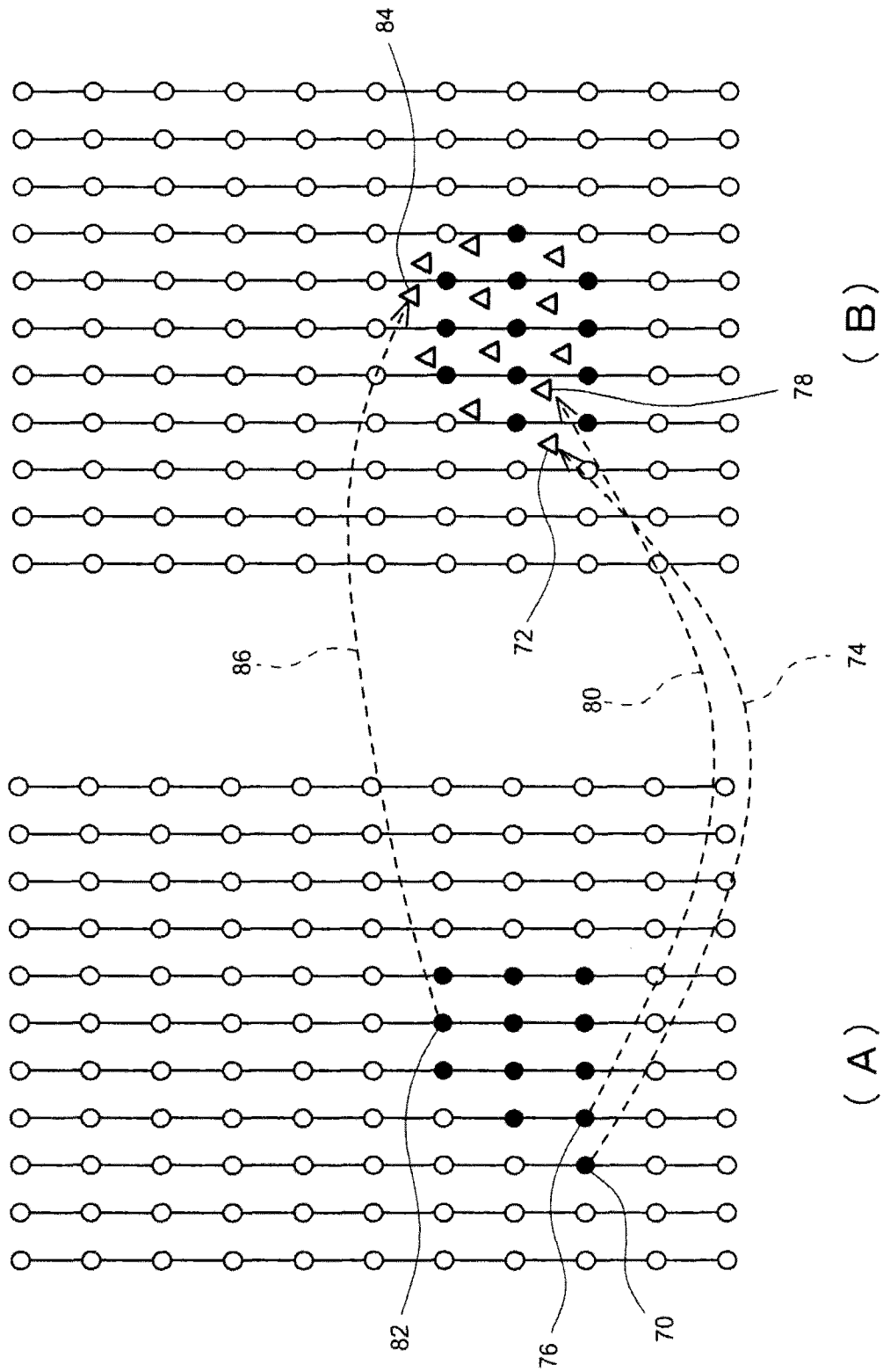


图 9

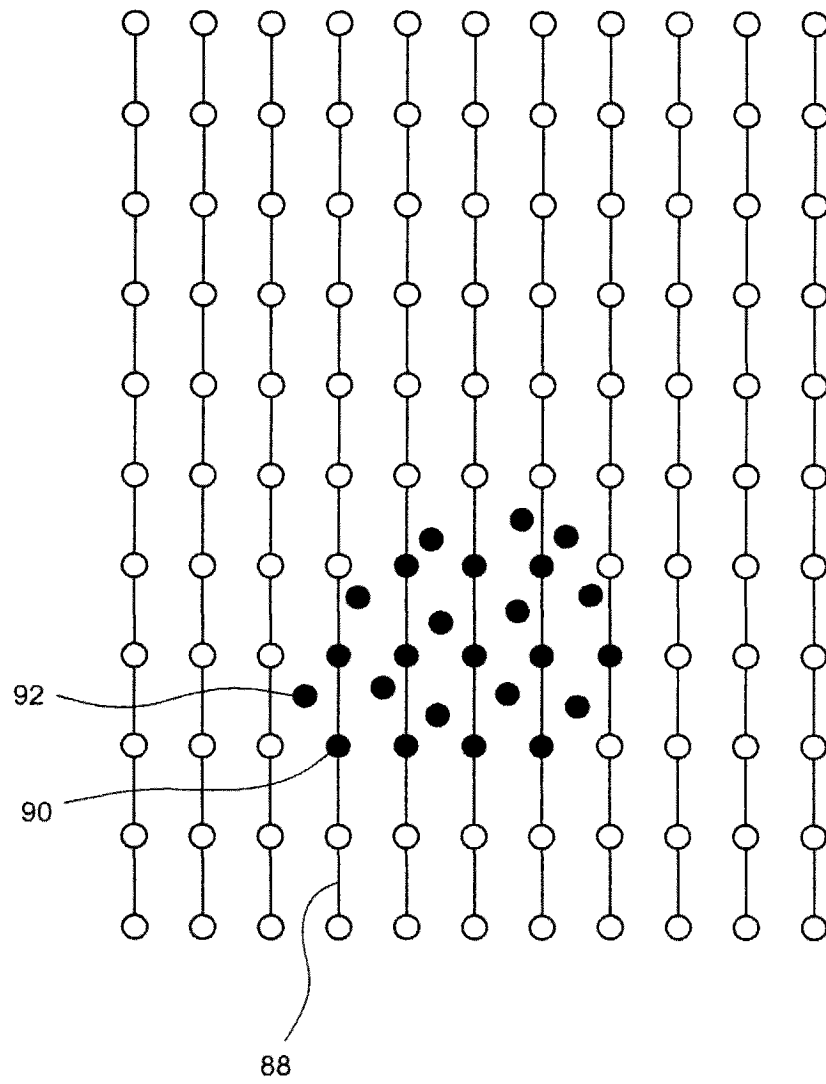


图 10

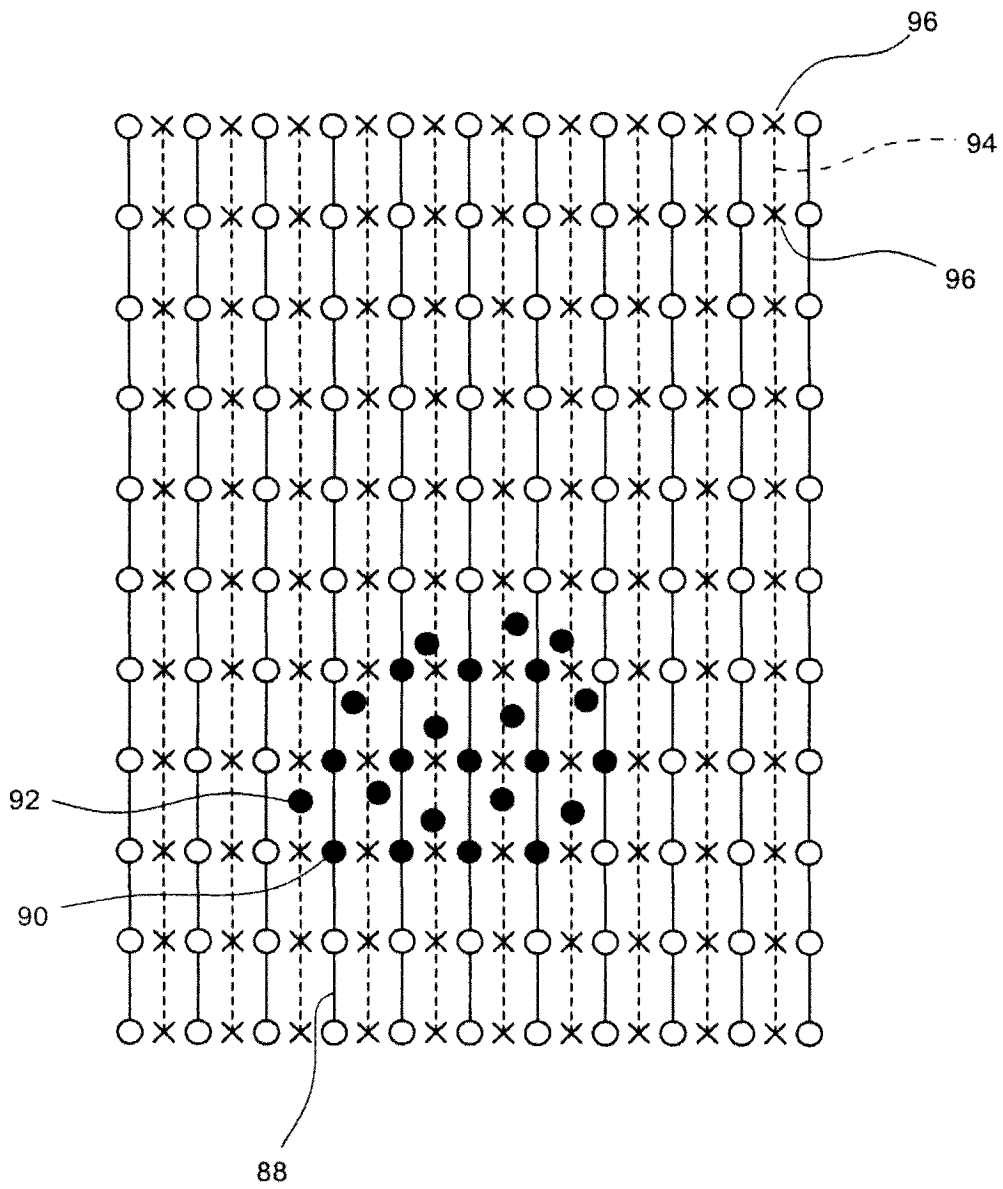


图 11

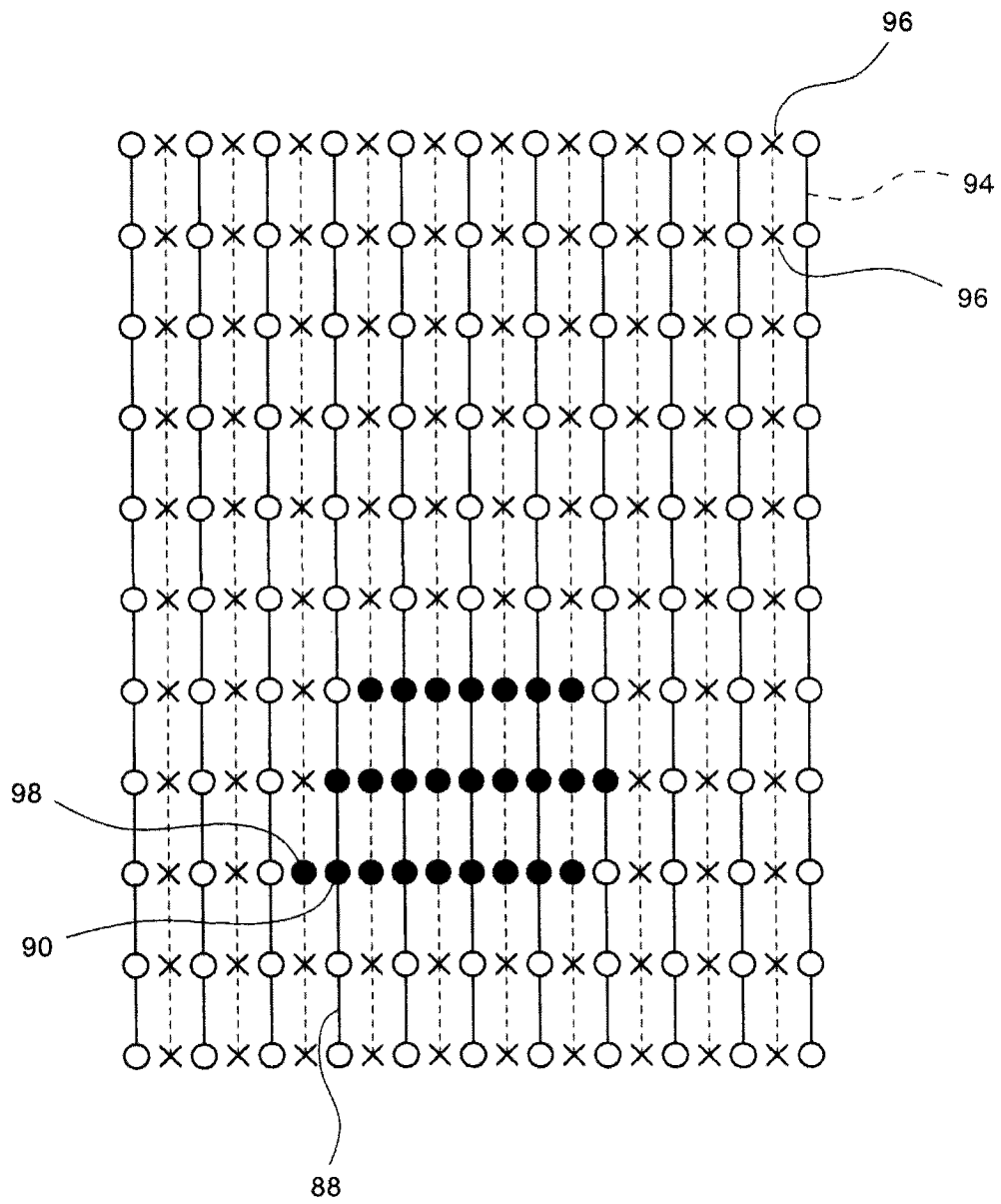


图 12

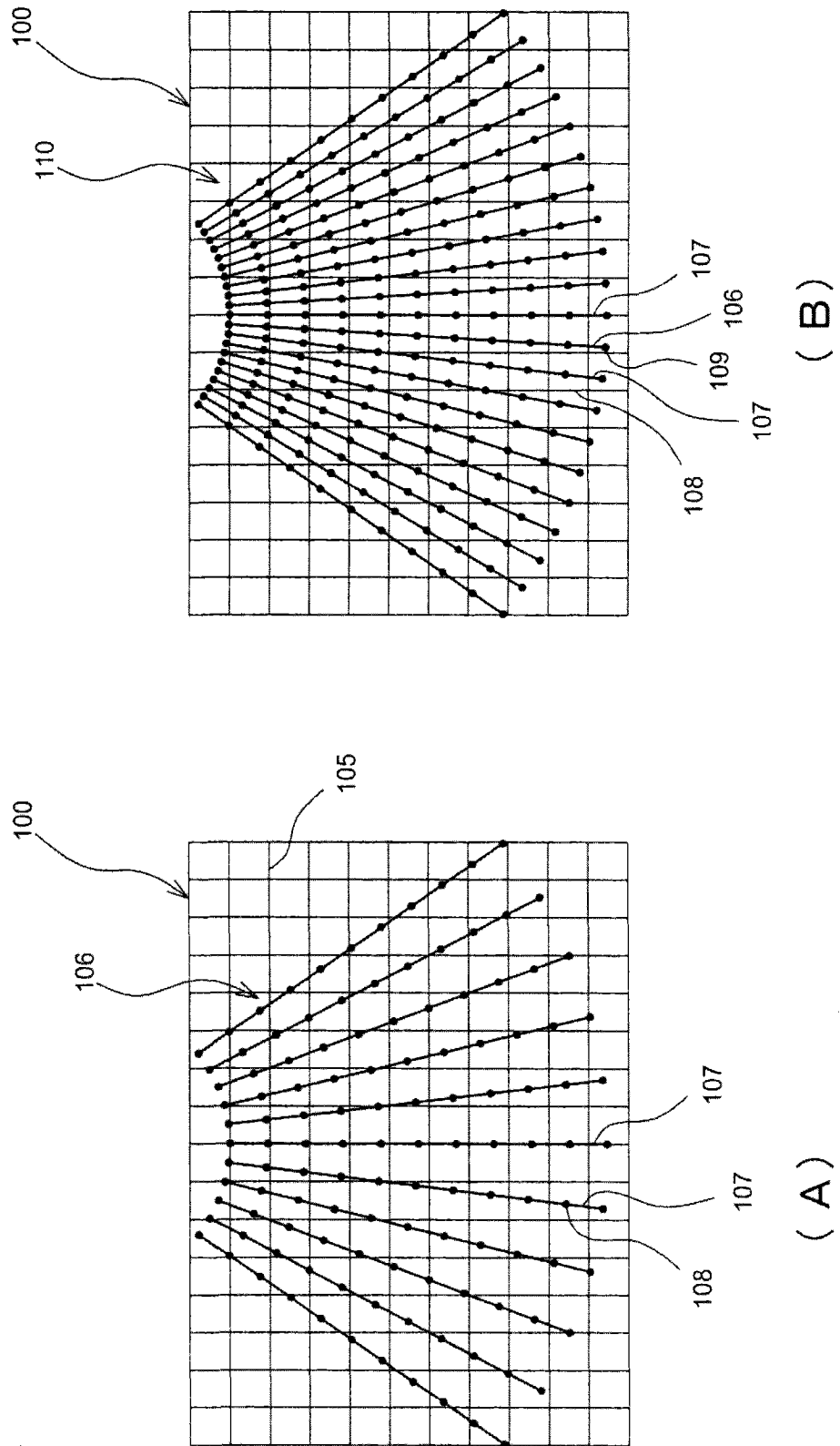


图 13

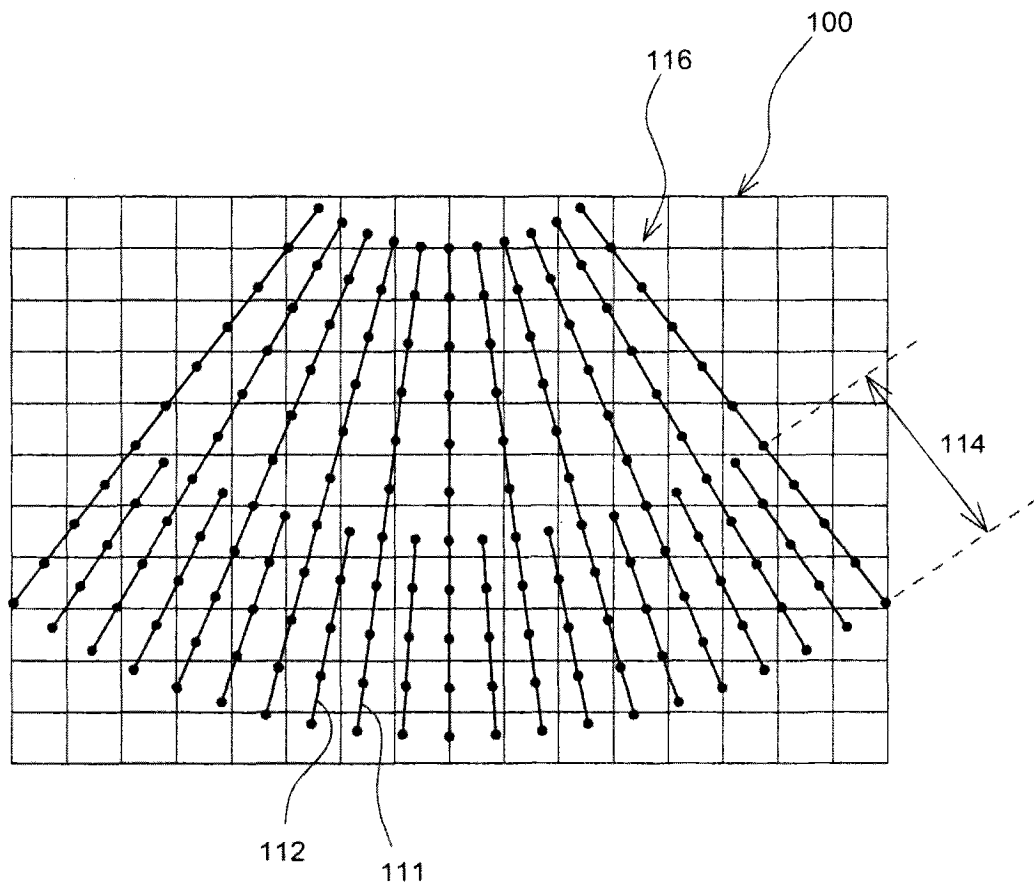


图 14

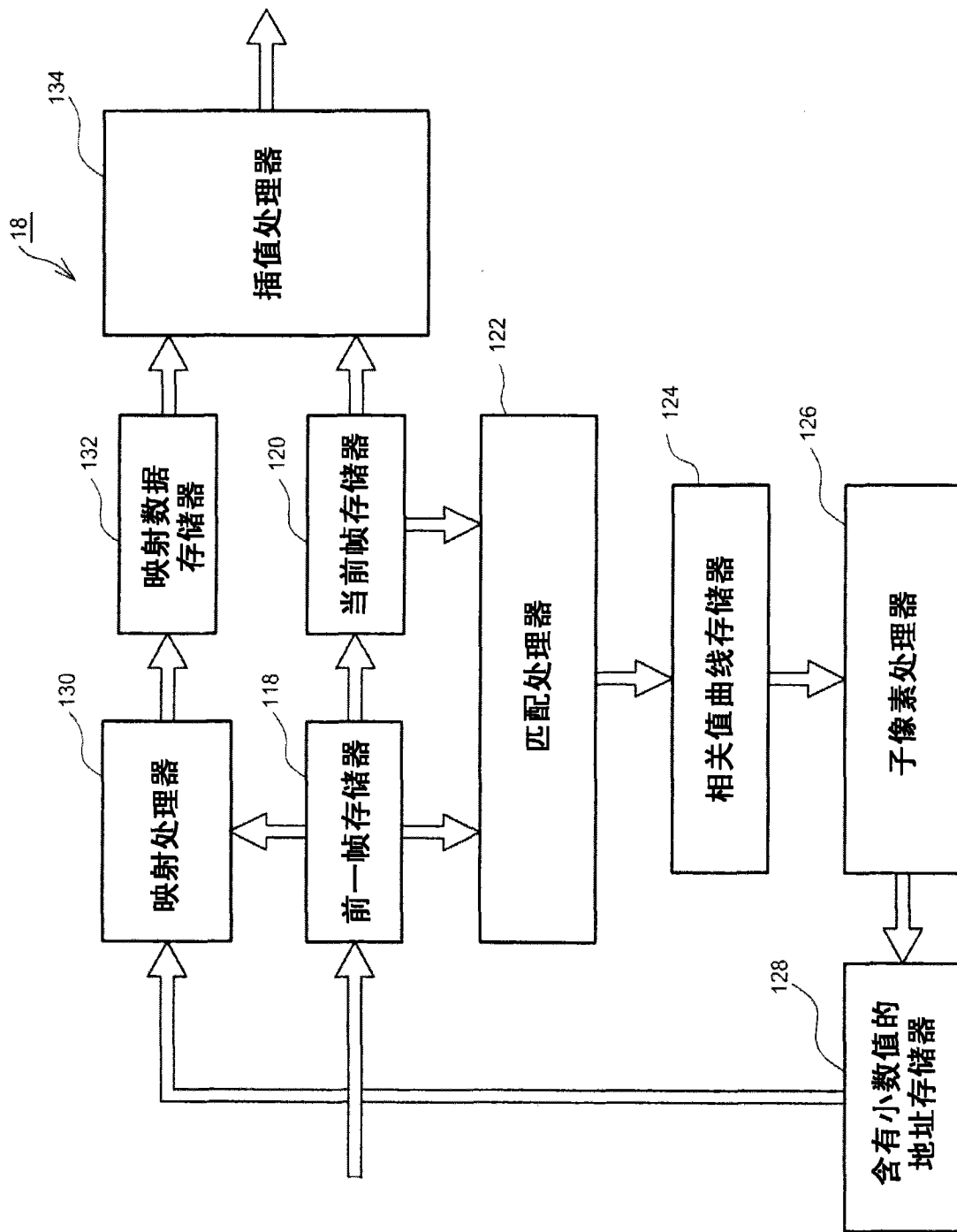


图 15

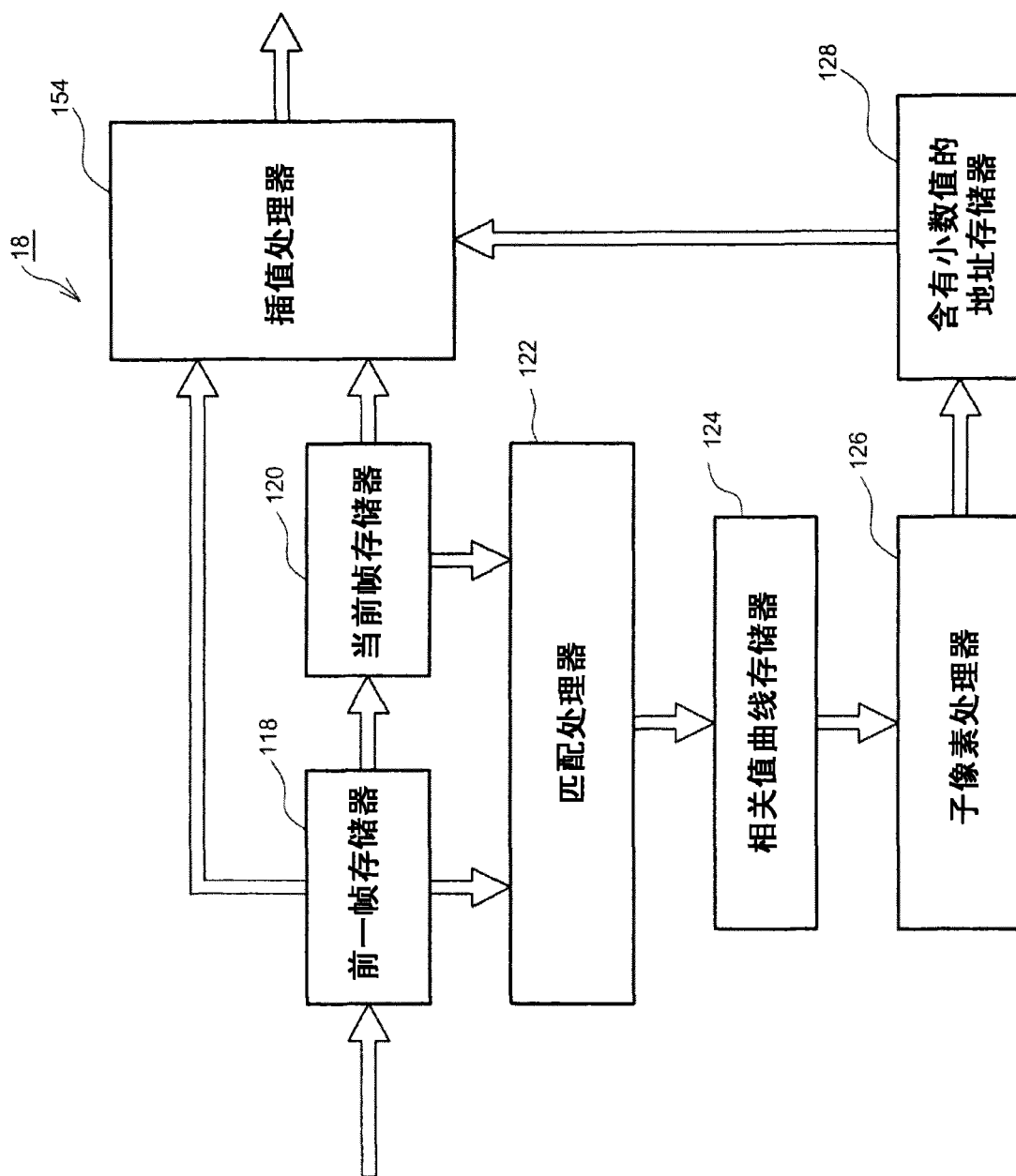


图 16

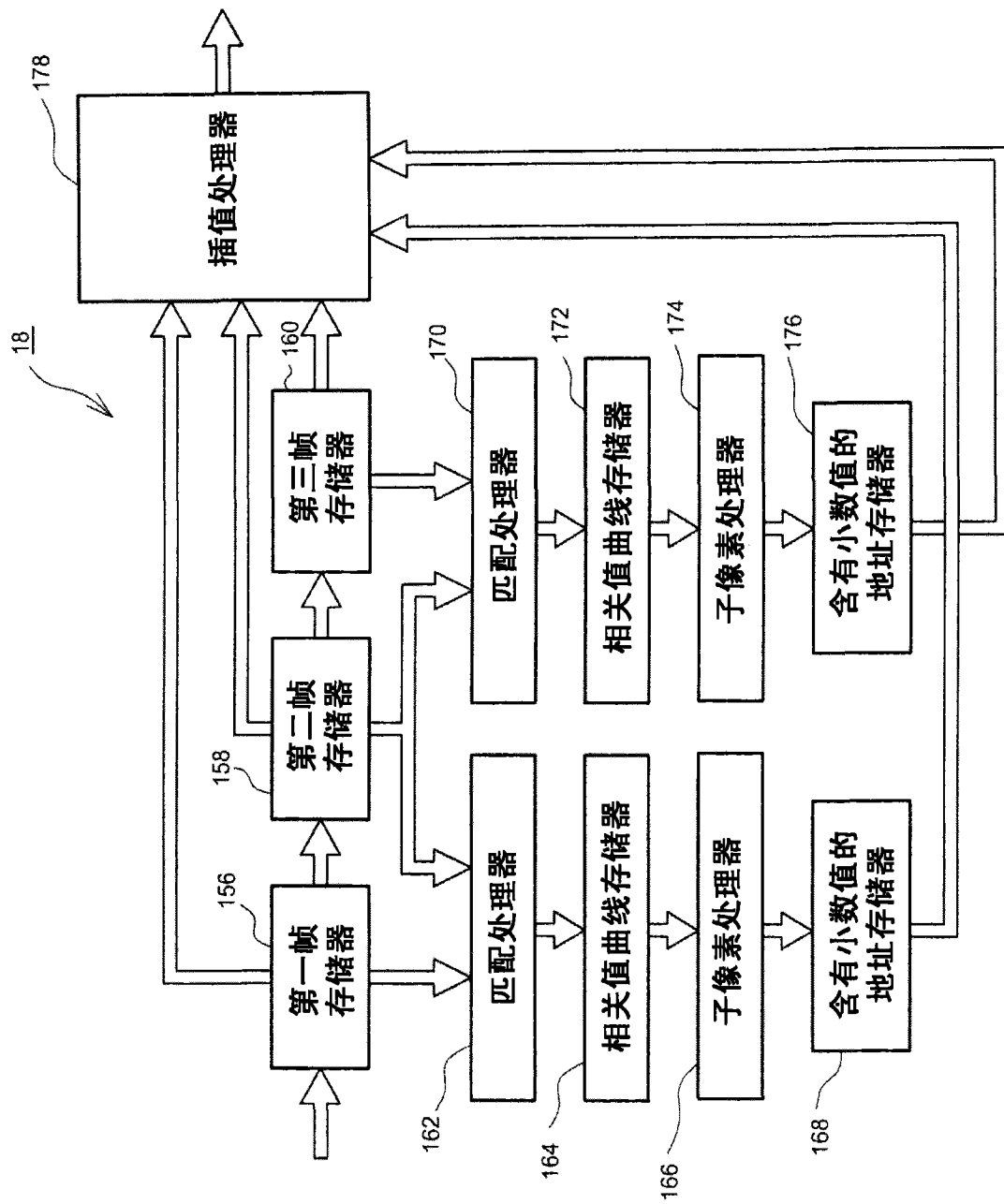


图 17

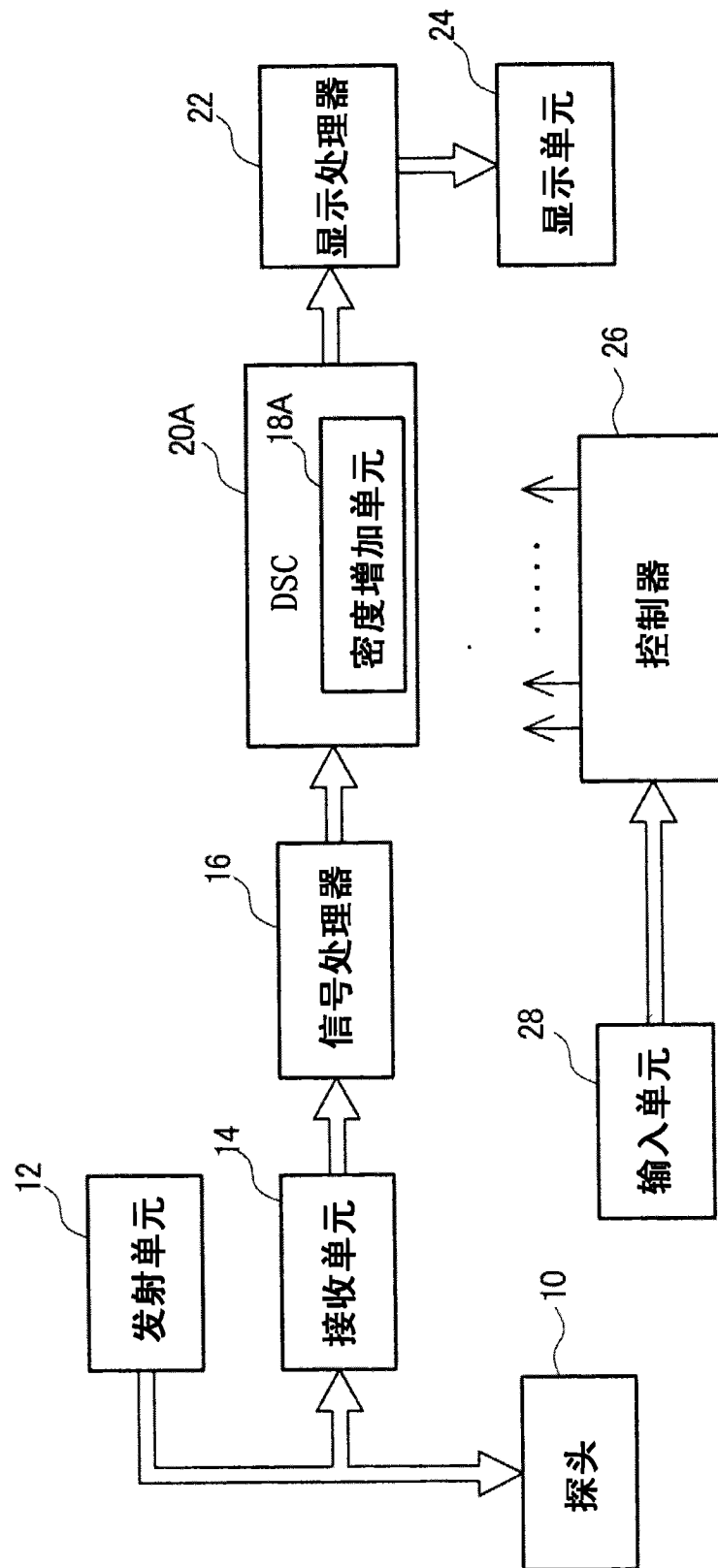


图 18

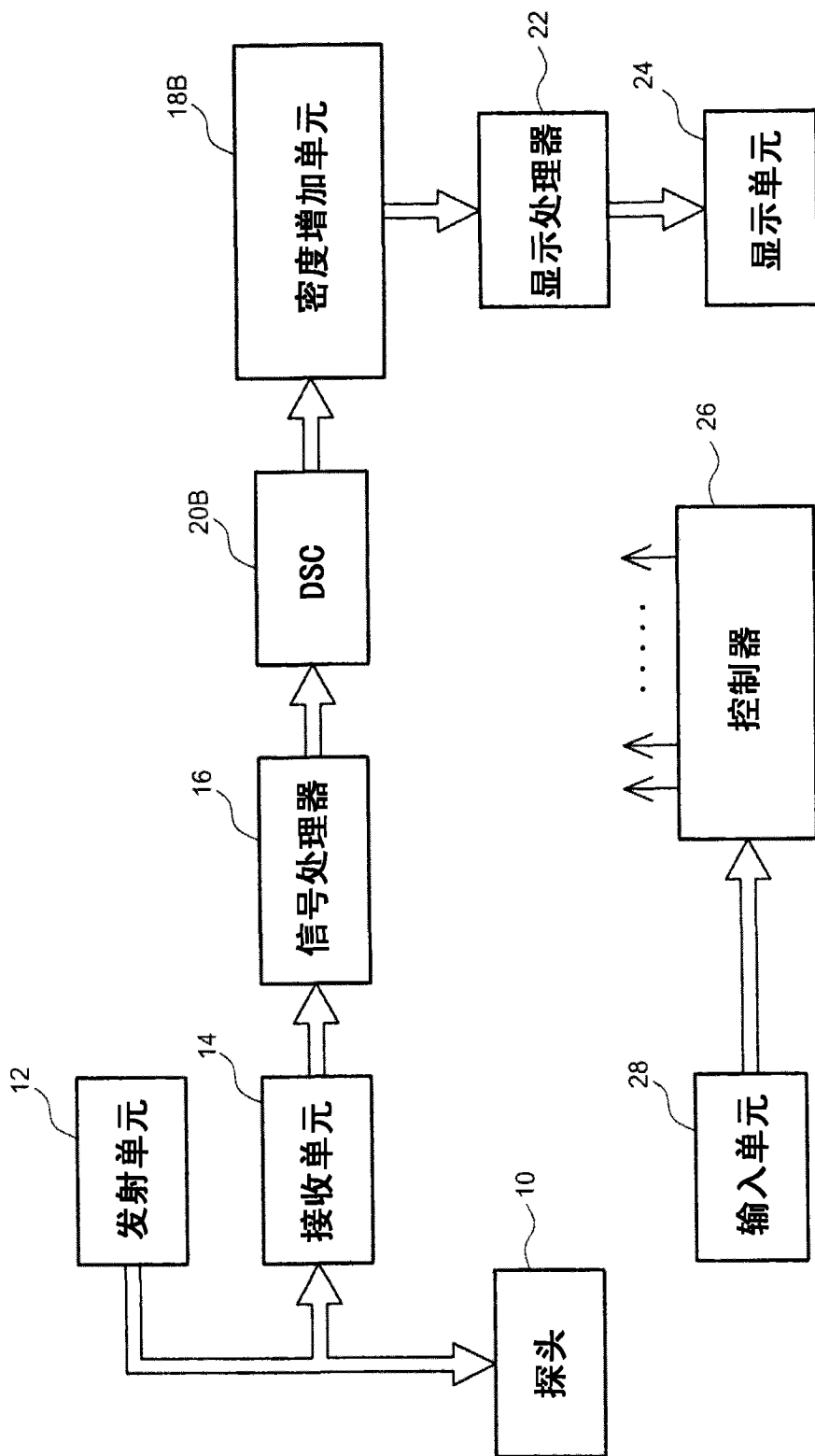


图 19

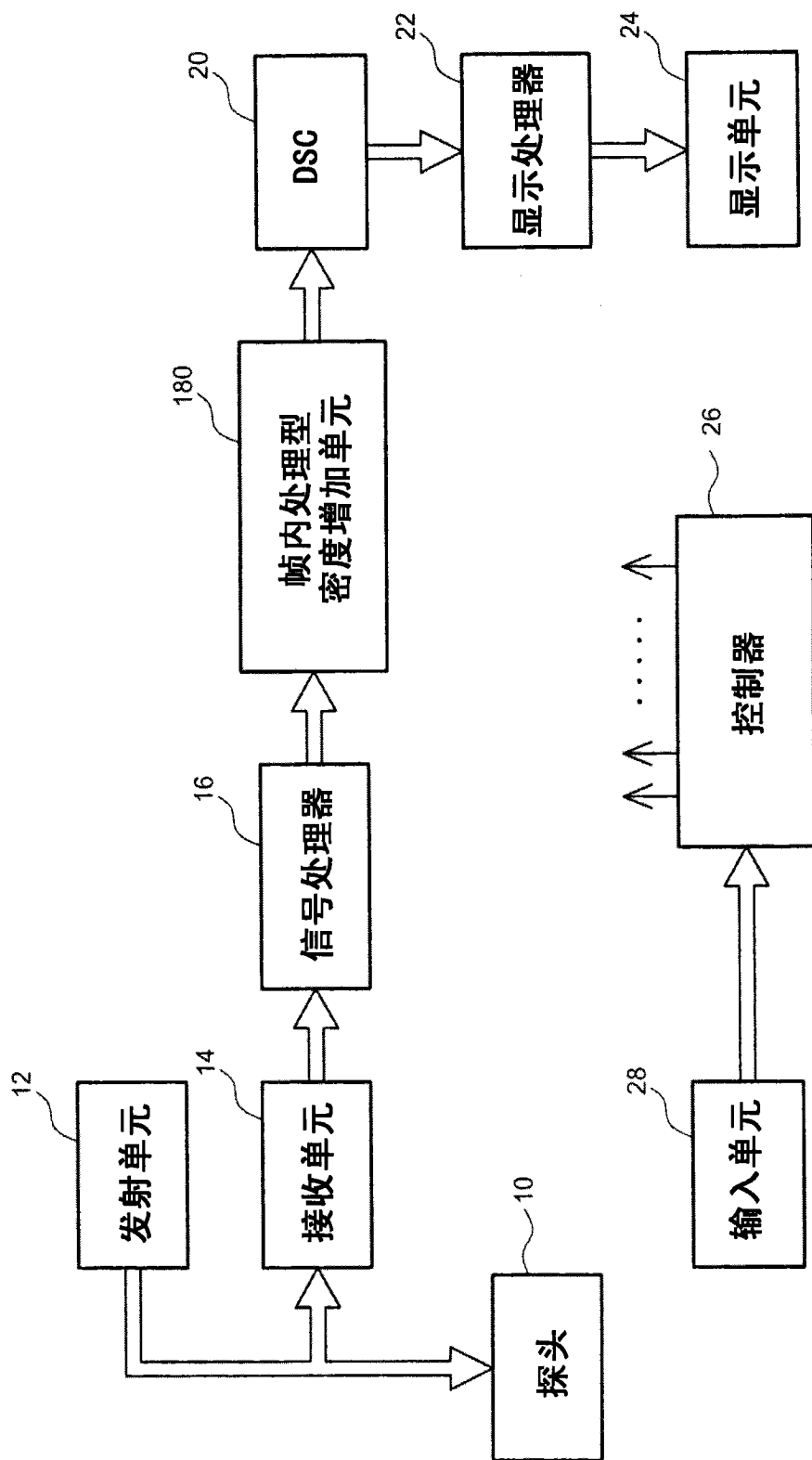


图 20

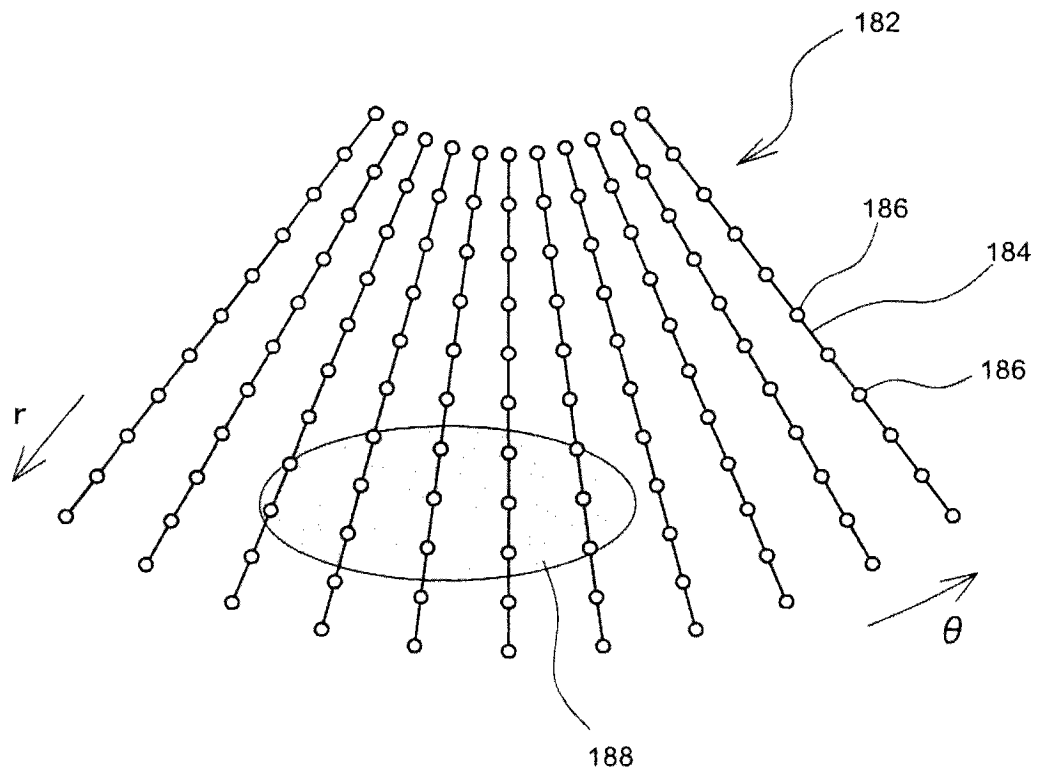


图 21

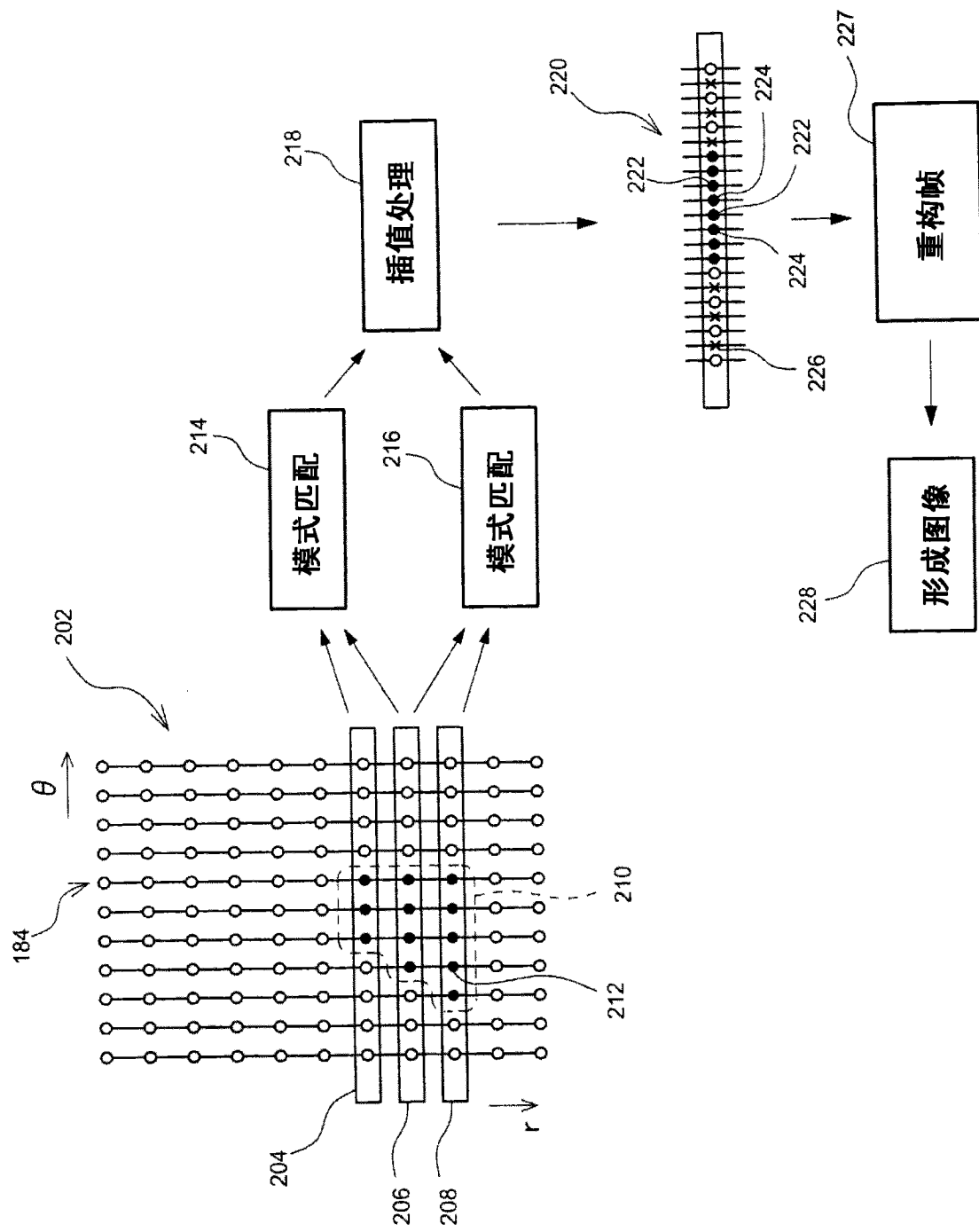


图 22

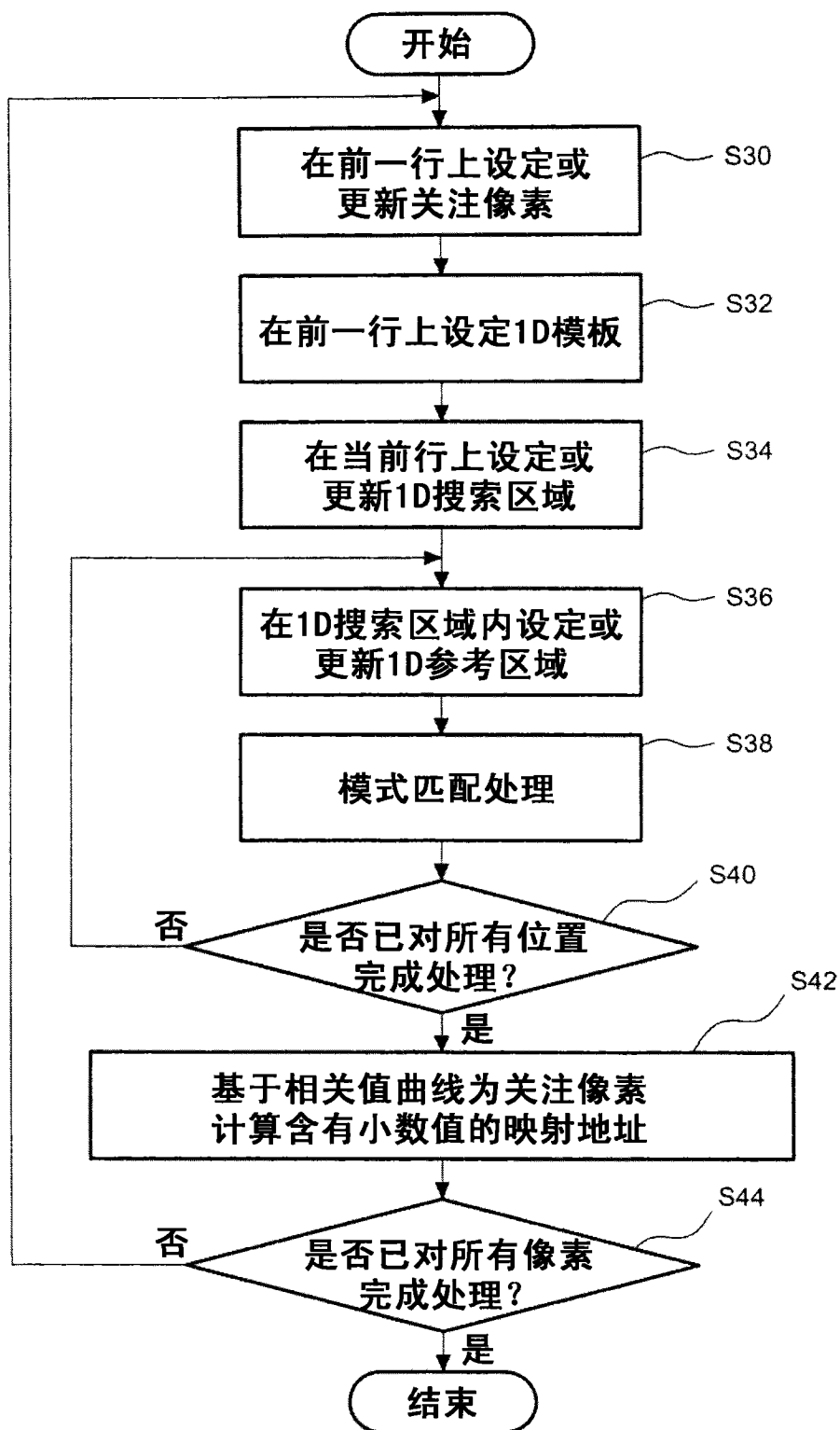


图 23

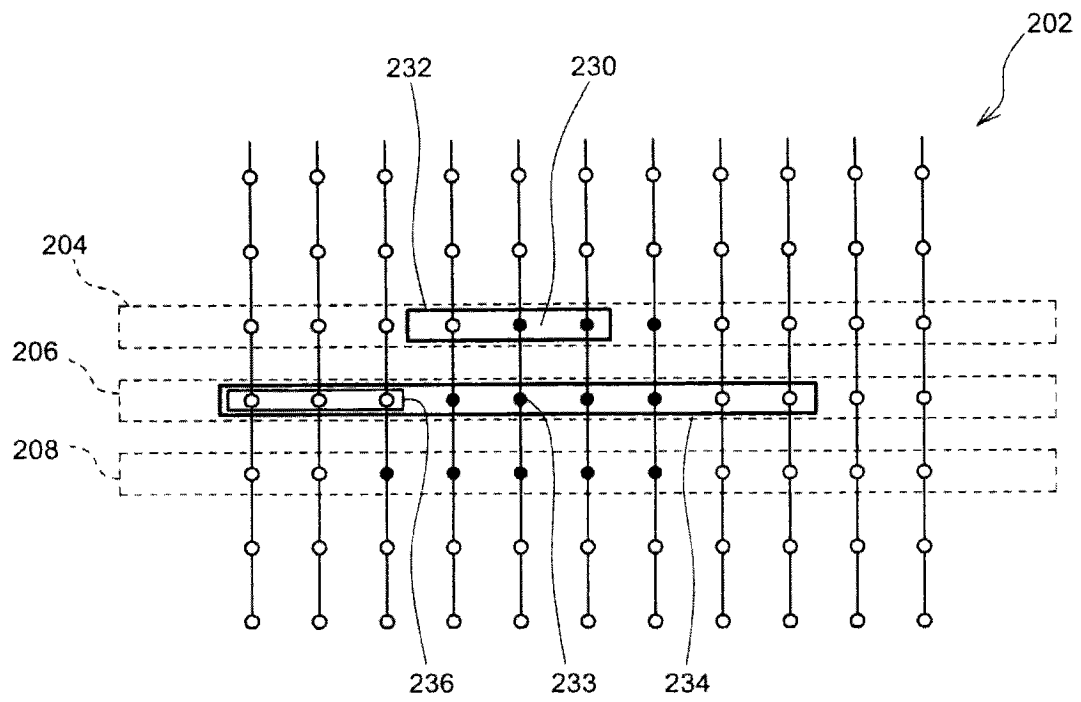


图 24

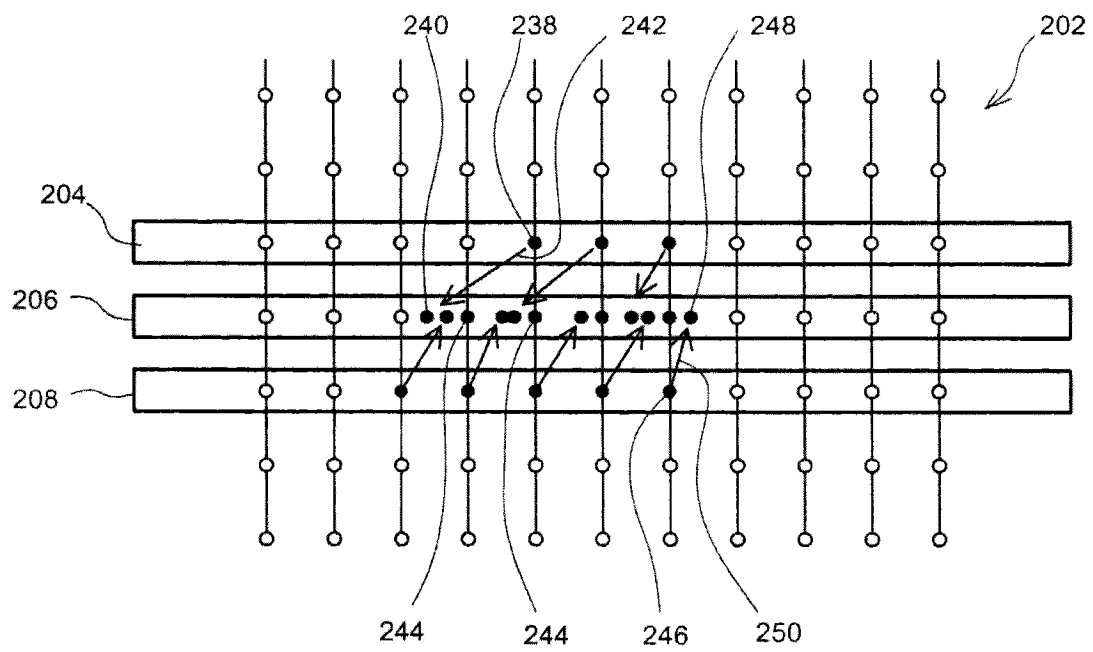


图 25

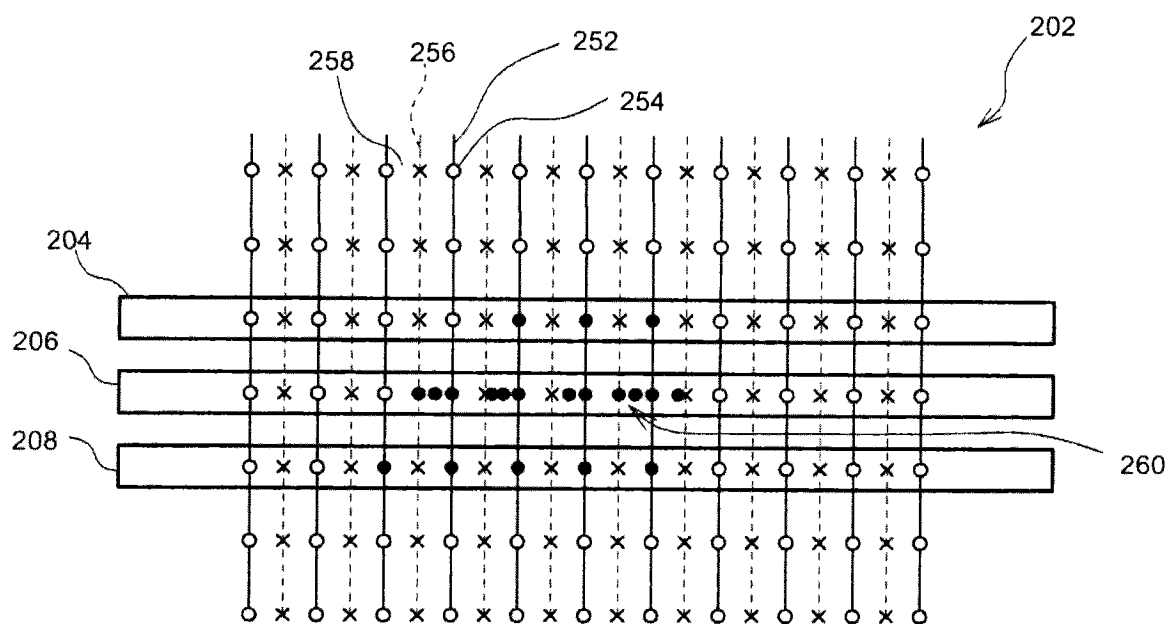


图 26

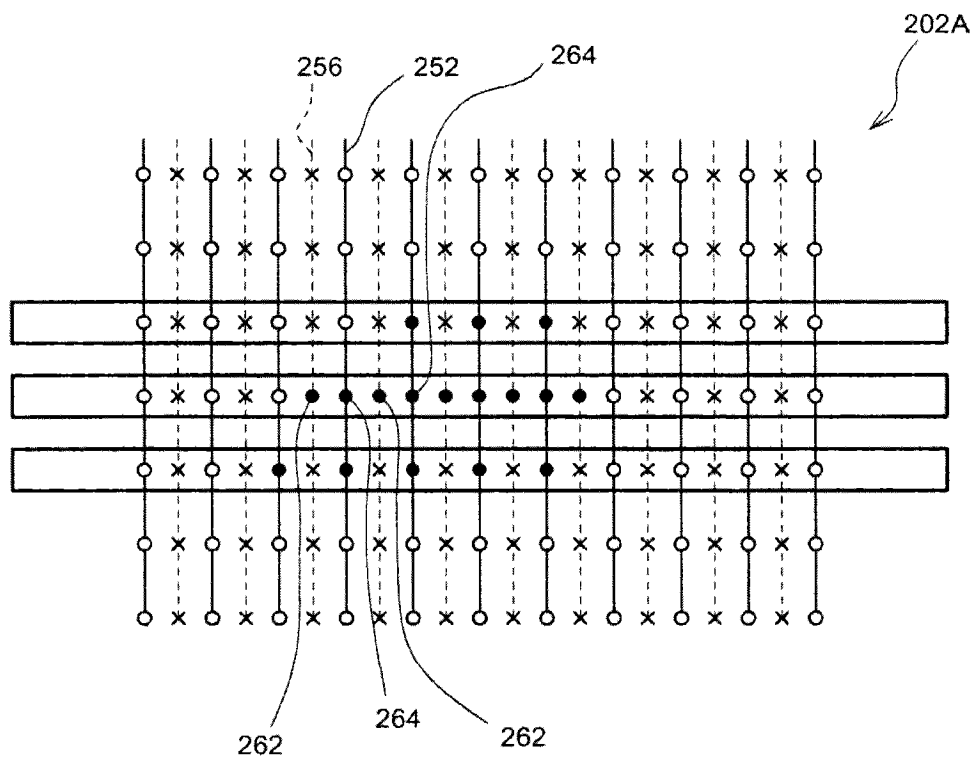


图 27

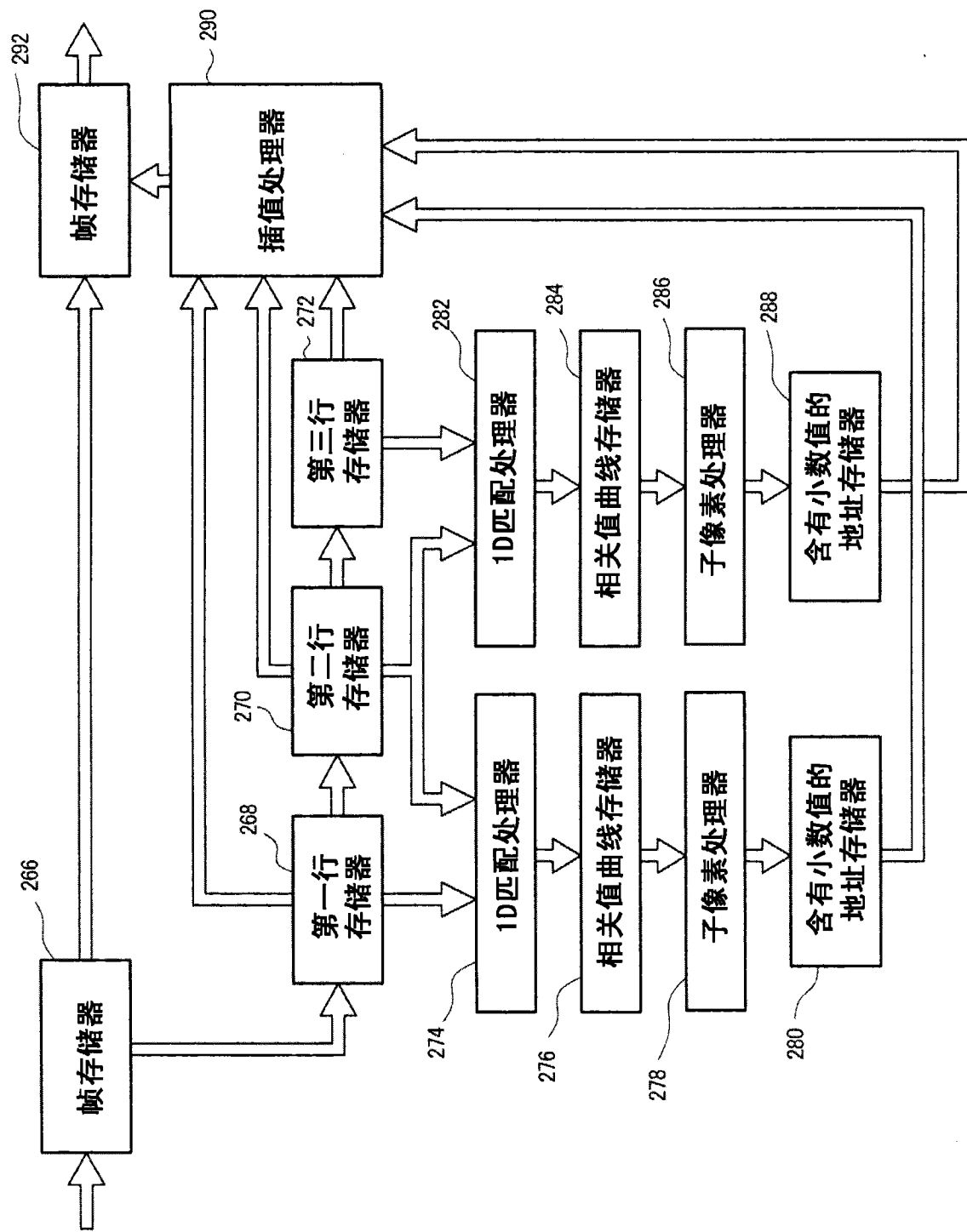


图 28

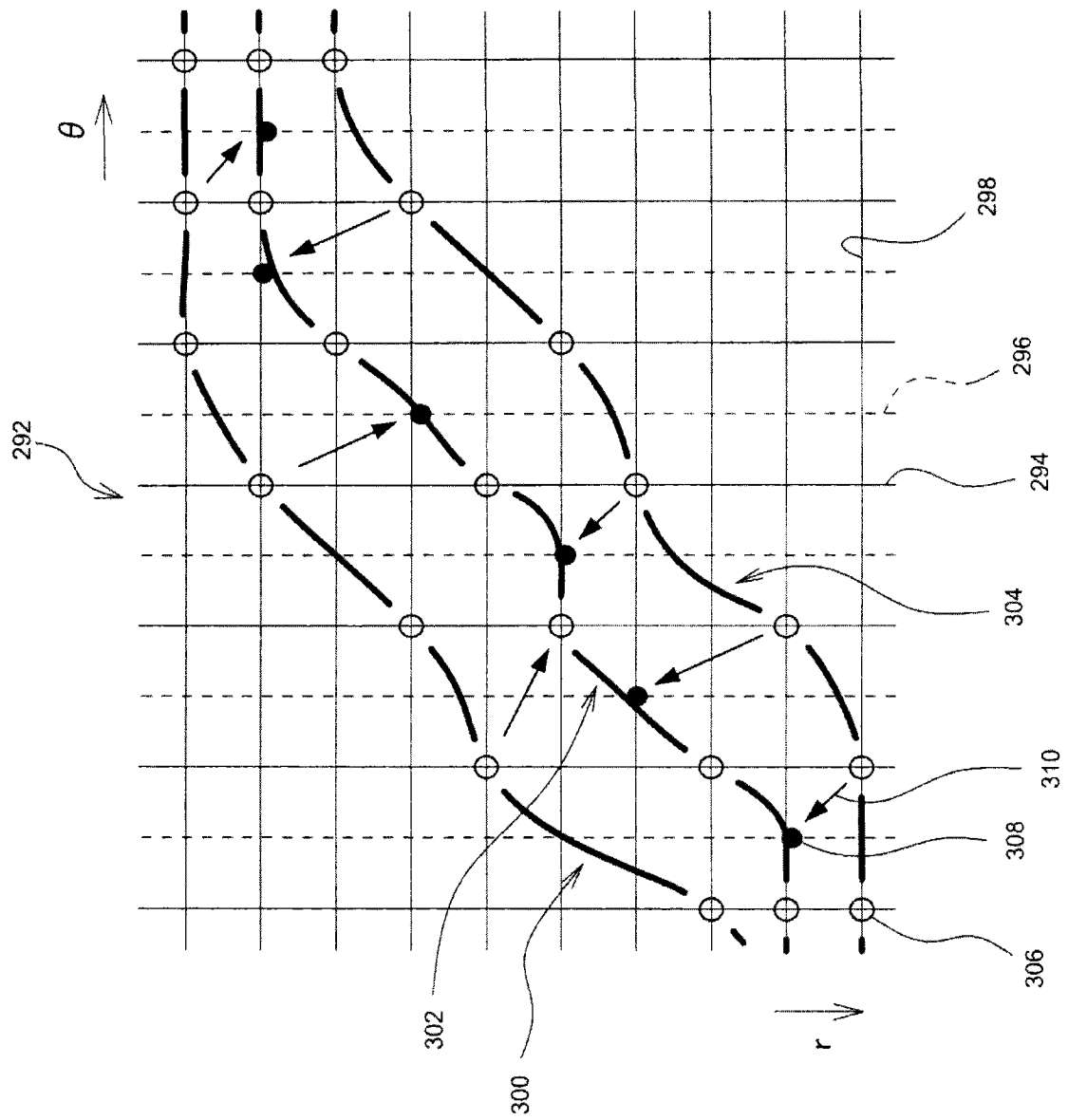


图 29

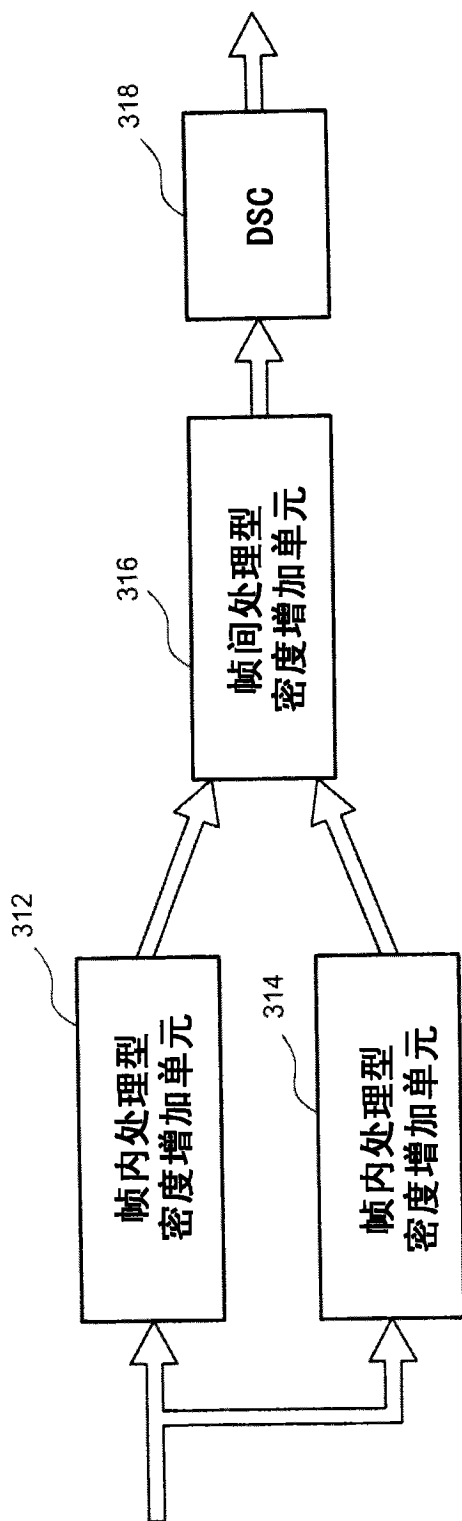


图 30

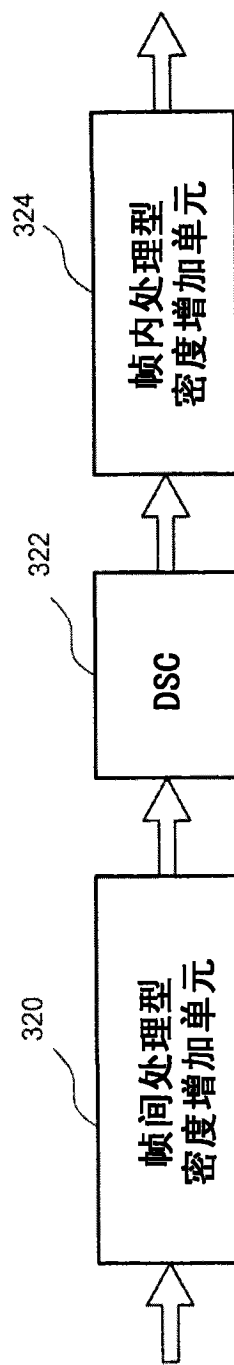


图 31