



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112119301 A

(43) 申请公布日 2020. 12. 22

(21) 申请号 201980032544.7

(74) 专利代理机构 北京林达刘知识产权代理事务所(普通合伙) 11277

(22) 申请日 2019.05.07

代理人 刘新宇

(30) 优先权数据

2018-093812 2018.05.15 JP

(51) Int.Cl.

G01N 27/82 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2020.11.13

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2019/018273 2019.05.07

(87) PCT国际申请的公布数据

W02019/220953 JA 2019.11.21

(71) 申请人 株式会社岛津制作所

地址 日本京都府

(72) 发明人 饭岛健二

权利要求书2页 说明书18页 附图15页

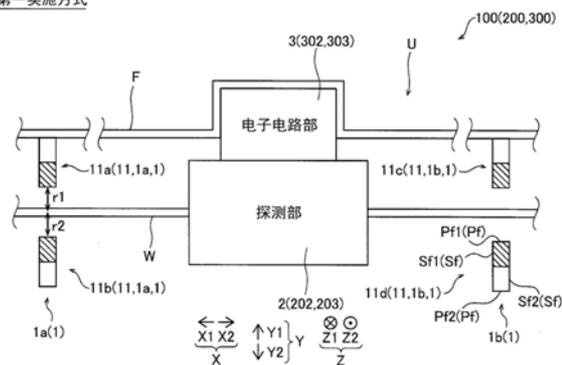
(54) 发明名称

磁性体检查装置以及磁性体检查方法

(57) 摘要

该磁性体检查装置(100)包括:磁场施加部(1),其对作为检查对象的磁性体(W)预先施加磁场,来调整磁性体的磁化的大小和方向;以及探测部(2),其输出基于被磁场施加部施加了磁场的磁性体的磁场或磁场的变化的探测信号,其中,磁场施加部包括磁体(11),该磁体(11)以同极的磁极面(Pf)彼此相向的方式配置在磁性体的两侧。

第一实施方式



1. 一种磁性体检查装置,具备:

磁场施加部,其对作为检查对象的磁性体预先施加磁场,来调整所述磁性体的磁化的大小和方向;以及

探测部,其输出基于被所述磁场施加部施加了磁场的所述磁性体的磁场或磁场的变化的探测信号,

其中,所述磁场施加部包括以同极的磁极面彼此相向的方式配置在所述磁性体的两侧的磁体。

2. 根据权利要求1所述的磁性体检查装置,其中,

以同极的磁极面彼此相向的方式配置在所述磁性体的两侧的磁体构成为:使所述磁性体产生相互抵消磁场的区域,并且在抵消所述磁场的区域的前后产生用于对所述磁性体施加磁场来调整所述磁性体的磁化的大小和方向的调磁区域。

3. 根据权利要求2所述的磁性体检查装置,其中,

所述磁场施加部构成为:在所述调磁区域中,隔着抵消所述磁场的区域使对所述磁性体施加的磁场的方向反转。

4. 根据权利要求2所述的磁性体检查装置,其中,

以隔着所述磁性体的方式设置有一对所述磁体,  
所述磁性体由长条件构成,

一对所述磁体构成为主要在沿着所述长条件的延伸方向的方向上对所述长条件施加磁场。

5. 根据权利要求4所述的磁性体检查装置,其中,

一对所述磁体被配置为各个所述磁体的一方的同极的磁极面彼此不相向,而另一方的同极的磁极面彼此相向。

6. 根据权利要求3所述的磁性体检查装置,其中,

所述磁场施加部设置于在所述长条件延伸的方向上与所述探测部隔开规定距离的位置。

7. 根据权利要求3所述的磁性体检查装置,其中,

所述磁场施加部包括第一磁场施加部和第二磁场施加部,其中,所述第一磁场施加部对所述长条件施加磁场,所述第二磁场施加部在所述长条件的延伸方向上被设置在所述探测部的与所述第一磁场施加部侧相反的一侧,用于对所述长条件施加磁场。

8. 根据权利要求3所述的磁性体检查装置,其中,

所述探测部包括探测线圈,所述探测线圈被设置为以所述长条件为中心包围所述磁性体,沿着所述磁性体的延伸方向卷绕,用于探测所述磁性体的延伸方向的磁场的变化并产生所述探测信号。

9. 根据权利要求8所述的磁性体检查装置,其中,

所述探测线圈构成为:包括差动线圈,并且输出通过所述磁性体的延伸方向的磁场而由所述差动线圈中包括的两个线圈部分产生的各个所述探测信号。

10. 根据权利要求1所述的磁性体检查装置,其中,

还具备判定部,所述判定部基于由所述探测部输出的所述探测信号来进行所述磁性体的状态的判定,

所述判定部构成为:在由所述探测部输出的所述探测信号超过了一个或多个规定的阈值的情况下,向外部输出表示所述探测信号超过了所述一个或多个规定的阈值的一个或多个阈值信号。

11. 根据权利要求10所述的磁性体检查装置,其中,

所述判定部构成为:对由所述探测部输出的所述探测信号超过了所述一个或多个规定的阈值的次数分别进行计数,并且在计数得到的各个次数超过了规定的次数的情况下,向外部输出表示计数得到的次数超过了所述规定的次数的信号。

12. 根据权利要求1所述的磁性体检查装置,其中,

所述探测部构成为还包括用于激励所述磁性体的磁化状态的激励线圈,并且探测通过由流经所述激励线圈的激励电流产生的磁场而被激励了磁化状态的所述磁性体的延伸方向的磁场或磁场的变化。

13. 根据权利要求12所述的磁性体检查装置,其中,

由所述磁场施加部对所述磁性体施加的磁场比所述激励线圈为了激励所述磁性体的磁化状态而产生的磁场大。

14. 根据权利要求1所述的磁性体检查装置,其中,

所述探测部构成为:通过使所述磁性体相对于所述探测部在所述磁性体的延伸方向上相对移动,来探测所述探测部的探测位置处的所述磁性体的延伸方向的磁场或磁场的变化。

15. 根据权利要求1所述的磁性体检查装置,其中,

所述探测部包括用于探测所述磁性体的磁场或磁场的变化的至少一个磁传感器元件。

16. 根据权利要求1所述的磁性体检查装置,其中,

所述磁性体包括线缆,所述线缆用于使以能够相对于被检体相对地移动的方式设置于X射线摄影装置的、向所述被检体照射X射线的X射线照射部和检测透过了所述被检体的X射线的X射线检测部中的至少任一方移动,

所述探测部构成为探测所述线缆的延伸方向的磁场。

17. 一种磁性体检查方法,包括以下步骤:

由磁场施加部对作为检查对象的磁性体预先施加磁场,来调整所述磁性体的磁化的大小和方向,其中,所述磁场施加部包括以同极的磁极面彼此相向的方式配置在所述磁性体的两侧的磁体;以及

探测被施加了磁场的所述磁性体的磁场或磁场的变化,并且输出基于探测到的所述磁性体的磁场或磁场的变化的探测信号。

## 磁性体检查装置以及磁性体检查方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种磁性体检查装置以及磁性体检查方法,特别是涉及一种具备探测磁性体的磁场的探测部的磁性体检查装置以及磁性体检查方法。

### 背景技术

[0002] 以往,已知一种具备探测磁性体的磁场的探测部的磁性体检查装置。这种磁性体检查装置例如在日本特开2003-302379号公报中被公开。

[0003] 在日本特开2003-302379号公报中公开了一种磁性体检查装置,该磁性体检查装置具备:线圈保持件,其以能够相对于钢缆相对移动的方式设置在沿长边方向延伸的钢缆的外周;以及励磁线圈和检测线圈,二者分别以钢缆为中心沿着钢缆延伸的方向卷绕地设置在线圈保持件的外周。励磁线圈构成为在钢缆的长边方向上对钢缆施加磁场。另外,检测线圈构成为对从钢缆产生的钢缆的长边方向的泄漏磁化(日文:漏洩磁化)进行探测并输出探测信号。另外,在日本特开2003-302379号公报中公开的磁性体检查装置构成为:通过使线圈保持件与钢缆在长边方向上相对移动,来探测在钢缆断线了的位置处产生的磁场的泄漏,并发出钢缆断线的警报。

[0004] 现有技术文献

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献1:日本特开2003-302379号公报

### 发明内容

[0007] 发明要解决的问题

[0008] 然而,在日本特开2003-302379号公报的磁性体检查装置中,检测出因钢缆所具有的磁化的偏差而引起的噪声。具体地说,钢缆等磁性体内部的磁化的大小和方向有时在制造时(制造后)没有整理为固定的大小和方向。并且,在经过滑轮等时,磁性体内部的磁化的大小和方向也因应力、弯曲等而发生变化,变得不均匀。因此,即使是在钢缆上没有断线的部分,也存在因钢缆所具有的磁化的大小和方向的偏差而导致检测线圈检测到基于噪声的信号的情况。在该情况下,存在无法容易地进行磁性体的状态(有无损伤等)的判定的问题。

[0009] 本发明是为了解决如上所述的问题而完成的,本发明的一个目的在于提供一种能够容易地进行磁性体的状态(有无损伤等)的判定的磁性体检查装置以及磁性体检查方法。

[0010] 用于解决问题的方案

[0011] 为了实现上述目的,本发明的第一方面的磁性体检查装置具备:磁场施加部,其对作为检查对象的磁性体预先施加磁场,来调整磁性体的磁化的大小和方向;以及探测部,其输出基于被磁场施加部施加了磁场的磁性体的磁场或磁场的变化的探测信号,其中,磁场施加部包括以同极的磁极面彼此相对的方式配置在磁性体的两侧的磁体。

[0012] 此外,在本发明中,磁性体的“损伤等”是指以下的广义的概念:由于磁性体的错位、局部磨耗、线材断线、凹陷、腐蚀、开裂、扭曲等而产生的相对于探测方向的(包括因在磁

性体内部产生了损伤等的情况下的空隙而引起的) 截面积的变化; 由于磁性体的锈、焊接氧化皮、杂质的混入、组成成分变化等而产生的磁导率的变化; 包含磁性体不均匀的部分。另外, 磁场的变化是指以下的广义的概念: 通过使磁性体与探测部相对移动而引起的由探测部探测到的磁场的强度的时间性变化; 以及通过使向磁性体施加的磁场随时间变化而引起的由探测部探测到的磁场的强度的时间性变化。另外, 磁极面是包括磁场施加部中的磁场强度最强的点的面。另外, 磁体相向是指以下的广义的概念: 除了包括一对磁体面对面的状态以外, 还包括由圆环状的磁体包围磁性体的状态。

[0013] 本发明的第一方面的磁性体检查装置如上所述那样具备磁场施加部, 该磁场施加部包括以同极的磁极面彼此相向的方式配置在磁性体的两侧的磁体, 该磁场施加部用于调整磁性体的磁化的大小和方向。由此, 由于对磁性体预先施加磁场, 因此能够大致调整磁性体的没有损伤等的部分的磁化的大小和方向。另一方面, 在磁性体上有损伤等的部分的磁化的大小和方向不调整。其结果, 由于从探测部输出的探测信号在有损伤等的部分和没有损伤等的部分是不同的, 因此能够容易地进行磁性体的状态(有无损伤等)的判定。另外, 由于能够从磁性体的两侧施加磁场来调整磁性体的磁化的大小和方向, 因此与从磁性体的一侧施加磁场的情况相比, 能够高效地调整磁性体的磁化的大小和方向。

[0014] 在上述第一方面的磁性体检查装置中, 优选的是, 以同极的磁极面彼此相向的方式配置在磁性体的两侧的磁体构成为: 使磁性体产生相互抵消磁场的区域, 并且在抵消磁场的区域的前后产生用于对磁性体施加磁场来调整磁性体的磁化的大小和方向的调磁区域。在此, 例如在检查如钢缆那样的长条的磁性体的状态的情况下, 在由磁场施加部对磁性体施加磁场时, 由于在磁性体的短轴方向上产生磁极, 因此通过配置磁场施加部, 磁性体在磁性体的短轴方向上被磁场施加部吸引。因而, 为了避免磁性体被磁场施加部吸引, 需要增大对磁性体施加的张力。如果像上述那样构成, 则在探测磁性体的状态(有无损伤等)时, 能够使磁性体依次经过调磁区域、抵消磁场的区域、调磁区域、探测部。因而, 通过抵消磁场的区域, 能够抑制在磁性体的短轴方向上产生磁极, 能够抑制磁性体在短轴方向上被磁场施加部吸引, 并且能够通过调磁区域进行磁性体的调磁。其结果, 与磁场施加部不产生抵消磁场的区域的情况相比, 能够抑制磁性体在短轴方向上被磁场施加部吸引, 因此不增大对磁性体施加的张力就能够进行磁性体的调磁。

[0015] 在上述第一方面的磁性体检查装置中, 优选的是, 磁场施加部构成为: 在调磁区域中, 隔着抵消磁场的区域使对磁性体施加的磁场的方向反转。如果像这样构成, 则无论调磁前的磁性体的磁化的大小和方向朝向怎样的方向, 都能够使磁性体按调磁区域、抵消磁化的区域、调磁区域的顺序经过这些区域, 因此能够容易且可靠地对长条件进行调磁。另外, 在抵消磁场的区域的前后, 磁场施加部所产生的磁场的方向反转。结果得出以下见解: 与磁场的方向不反转的情况相比, 能够更准确地探测磁场的变化。

[0016] 在上述抵消磁场的区域的前后产生调磁区域的结构中, 优选的是, 以隔着磁性体的方式设置一对磁体, 磁性体由长条件构成, 一对磁体构成为主要在沿着长条件的延伸方向的方向上对长条件施加磁场。在此, 由于磁体从一个磁极面向另一个磁极面释放磁场, 因此随着远离磁极面的中心, 磁场的方向成为包括沿着长条件的延伸方向的方向的曲线。因而, 如果构成为在沿着长条件的延伸方向的方向上对长条件施加磁场, 则即使在以隔着磁性体的方式配置有一对磁体的情况下, 也能够容易地调整磁性体的磁化的大小和方向。

[0017] 在对上述长条件在沿着长条件的延伸方向的方向上施加磁场的结构中,优选的是,一对磁体被配置为各个磁体的一方的同极的磁极面彼此不相向而另一方的同极的磁极面彼此相向。如果像这样构成,则例如即使在使用在两端面具有磁极面的棒状的一对磁体的情况下,也能够使磁体的同极彼此相向,并且朝向长条件的短边方向配置一对磁体。其结果,能够从长条件的短边方向朝向长条件施加磁场,因此能够容易地产生抵消磁场的区域和调磁区域。

[0018] 在对上述长条件在沿着长条件的延伸方向的方向上施加磁场的结构中,优选的是,磁场施加部被设置于在长条件延伸的方向上与探测部隔开规定距离的位置处。在此,如果探测部与磁场施加部的相对位置变化,则探测部要探测的来自磁场施加部的磁场变化。探测部要探测的来自磁场施加部的磁场的变化成为在由探测部探测到的磁场中产生噪声的主要原因。另外,探测部与磁场施加部的距离越近,该噪声越大。因此,通过将磁场施加部以隔开规定距离的方式配置为不会影响探测部对磁场的探测的程度,探测信号的S/N比的精度提高。其结果,通过改变探测部与磁场施加部的相对位置,能够抑制由于探测部要探测的来自磁场施加部的磁场发生变化而产生噪声。

[0019] 在对上述长条件在沿着长条件的延伸方向的方向上施加磁场的结构中,优选的是,磁场施加部包括第一磁场施加部和第二磁场施加部,其中,所述第一磁场施加部对长条件施加磁场,所述第二磁场施加部在长条件的延伸方向上被设置在探测部的与第一磁场施加部侧相反的一侧,用于对长条件施加磁场。如果像这样构成,则能够在探测部的两侧配置磁场施加部。其结果,在通过使磁场施加部与磁性体相对移动来探测长条件的延伸方向的磁场的变化的情况下,无论使磁场施加部与磁性体向长条件的延伸方向的一侧和另一侧中的哪侧的方向相对移动,都能够在由探测部探测磁场之前通过磁场施加部来调整磁性体的磁化的大小和方向。

[0020] 在对上述长条件在沿着长条件的延伸方向的方向上施加磁场的结构中,优选的是,探测部包括探测线圈,该探测线圈被设置为以长条件为中心包围磁性体,沿着磁性体的延伸方向卷绕,用于探测磁性体的延伸方向的磁场的变化并产生探测信号。如果像这样构成,则探测线圈根据探测线圈的内部的全磁通或全磁通的变化来产生电压,因此能够容易地探测长条件的在长条件的延伸方向的磁场的变化。

[0021] 在该情况下,优选的是,探测线圈构成为:包括差动线圈,并且输出通过磁性体的延伸方向的磁场而由差动线圈中包括的两个线圈部分产生的各个探测信号。如果像这样构成,则通过探测由差动线圈的一个线圈部分和另一个线圈部分产生的因磁性体的损伤等而生成的探测信号之差,能够更容易地探测磁性体的状态(有无损伤等)的局部的变化。

[0022] 在上述第一方面的磁性体检查装置中,优选的是,还具备判定部,该判定部基于由探测部输出的探测信号来进行磁性体的状态的判定,在由探测部输出的探测信号超过了一个或多个规定的阈值的条件下,判定部向外部输出表示探测信号超过了一个或多个规定的阈值的一个或多个阈值信号。如果像这样构成,则能够基于阈值信号容易地判定磁性体的状态(有无损伤等)不均匀的部分。

[0023] 在该情况下,优选的是,判定部构成为:对由探测部输出的探测信号超过了一个或多个规定的阈值的次数分别进行计数,并且在计数得到的各个次数超过了规定的次数的情况下,向外部输出表示计数得到的次数超过了规定的次数的信号。如果像这样构成,则能够

基于损伤等的数量来判定磁性体的劣化等状态。

[0024] 在上述第一方面的磁性体检查装置中,优选的是,探测部构成为:还包括用于激励磁性体的磁化状态的激励线圈,并且探测通过由流经激励线圈的激励电流产生的磁场而被激励了磁化状态的磁性体的延伸方向的磁场或磁场的变化。如果像这样构成,则由于利用激励线圈激励磁性体的损伤等部分的磁化状态,因此能够容易地探测来自磁性体的损伤等部分的在磁性体延伸的方向上的磁场或磁场的变化。特别是,在通过使交流电流等流经激励线圈来对磁性体的磁化状态施加随时间变化的激励的情况下,磁性体的磁场也随时间变化。因此,不使磁性体与探测部相对移动,就能够使由探测部探测的磁场变化并探测该磁场的变化。

[0025] 在上述第一方面的磁性体检查装置中,优选的是,由磁场施加部对磁性体施加的磁场比激励线圈为了激励磁性体的磁化状态而产生的磁场大。在此,通过由磁场施加部预先施加的大的磁场而在磁性体延伸的方向上对磁性体的磁化的大小和方向进行了调整,因此在磁性体上没有损伤等的区域,由激励线圈进行了激励时的磁场的变化是同样的。但是,在磁性体上有损伤等的区域,与没有损伤等的区域相比,被进行了激励时的磁场的变化并不是同样的变化。因而,在磁性体的状态的判定中,为了在磁性体延伸的方向上激励磁化状态所需要的磁场即使比为了进行调磁而施加的磁化小,对于探测而言也是大小足够的磁场。即,与没有调整磁化的大小和方向的情况相比,能够减小为了激励磁化状态所需要的磁场的大小。

[0026] 在上述第一方面的磁性体检查装置中,优选的是,探测部构成为:通过使磁性体相对于探测部在磁性体的延伸方向上相对移动,来探测探测部的探测位置处的磁性体的延伸方向的磁场或磁场的变化。如果像这样构成,则由于磁性体的要被探测部探测磁场的部分随着相对移动而变化,因此通过有损伤等的部分与没有损伤等的部分的比较,能够容易地探测损伤等。

[0027] 在上述第一方面的磁性体检查装置中,优选的是,探测部包括用于探测磁性体的磁场或磁场的变化的至少一个磁传感器元件。如果像这样构成,则与在内部包括使磁性体经过那样的线圈的探测部不同,能够缓和磁性体的大小或设置状况的限制,因此能够扩大应用范围。

[0028] 在上述第一方面的磁性体检查装置中,优选的是,磁性体包括线缆,该线缆用于使以能够相对于被检体相对地移动的方式设置于X射线摄影装置的、向被检体照射X射线的X射线照射部和检测透过了被检体的X射线的X射线检测部中的至少任一方移动,探测部构成为探测线缆的延伸方向的磁场。如果像这样构成,则能够容易地判定用于X射线摄影装置的状态(有无损伤等)。

[0029] 本发明的第二方面的磁性体检查方法包括以下步骤:由磁场施加部对磁性体预先施加磁场,来调整磁性体的磁化的大小和方向,其中,所述磁场施加部包括以同极的磁极面彼此相向的方式配置在作为检查对象的磁性体的两侧的磁体;以及探测被施加了磁场的磁性体的磁场或磁场的变化,并且输出基于探测到的磁性体的磁场或磁场的变化的探测信号。

[0030] 在本发明的第二方面的磁性体检查装置中,如上所述那样包括以下步骤:由磁场施加部对磁性体预先施加磁场,来调整磁性体的磁化的大小和方向,其中,所述磁场施加部

包括以同极的磁极面彼此相向的方式配置在作为检查对象的磁性体的两侧的磁体。由此,由于对磁性体预先施加磁场,因此能够大致调整磁性体的没有损伤等的部分的磁化的大小和方向。另一方面,在磁性体上有损伤等的部分的磁化的大小和方向不调整。其结果,能够提供如下的磁性体检查方法:由于从探测部输出的探测信号在有损伤等的部分和没有损伤等的部分是不同的,因此能够容易地进行磁性体的状态(有无损伤等)的判定。另外,能够提供如下的磁性体检查方法:由于能够从磁性体的两侧施加磁场来调整磁性体的磁化的大小和方向,因此与从磁性体的一侧施加磁场的情况相比,能够高效地调整磁性体的磁化的大小和方向。

[0031] 发明的效果

[0032] 根据本发明,如上所述,能够提供能够容易地进行磁性体的状态(有无损伤等)的判定的磁性体检查装置以及磁性体检查方法。

## 附图说明

[0033] 图1是示出具备第一实施方式的磁性体检查装置的移动式X射线透视装置的整体结构的图。

[0034] 图2是示出第一实施方式的磁性体检查装置的整体结构的框图。

[0035] 图3是用于说明第一实施方式的激励线圈和探测线圈的示意图。

[0036] 图4是示出第一实施方式的电子电路部的框图。

[0037] 图5是用于说明第一实施方式的磁场施加部的磁场的施加方向的示意图(A)和示意图(B)。

[0038] 图6是用于说明第一实施方式的激励线圈对磁化的激励的示意图(A)和示意图(B)。

[0039] 图7是示出钢缆有损伤等的情况的示意图(A)~示意图(C)。

[0040] 图8是用于说明第一比较例的钢缆的磁化的大小和方向的示意图。

[0041] 图9是第一比较例的磁性体的探测信号的值的曲线图(A)以及第一实施方式的磁性体的探测信号的值的曲线图(B)。

[0042] 图10是用于说明第一实施方式的检查磁性体的处理的流程图。

[0043] 图11是用于说明第一实施方式和第二比较例的调磁时的磁场的施加方向的示意图(A)和示意图(B)。

[0044] 图12是第一实施方式和第二比较例的磁性体的探测信号的值的曲线图(A)和曲线图(B)。

[0045] 图13是示出第二实施方式的电子电路部的框图。

[0046] 图14是用于说明第三实施方式的激励线圈和磁传感器元件的示意图(A)和示意图(B)。

[0047] 图15是示出第三实施方式的电子电路部的框图。

[0048] 图16是用于说明第一变形例的磁场施加部的示意图(A)~示意图(C)。

[0049] 图17是用于说明第二变形例的磁场施加部的示意图(A)和示意图(B)。

[0050] 图18是用于说明第三变形例的激励线圈和探测线圈的示意图(A)~示意图(F)。

[0051] 图19是用于说明第四变形例的激励线圈和探测线圈的示意图。

- [0052] 图20是用于说明第五变形例的探测线圈的示意图。
- [0053] 图21是用于说明第六变形例的探测线圈的示意图(A)和示意图(B)。
- [0054] 图22是用于说明第七变形例的X射线照射装置的示意图(A)~示意图(C)。

## 具体实施方式

[0055] 以下,基于附图来说明将本发明具体化的实施方式。

[0056] [第一实施方式]

[0057] 首先,参照图1~图9对第一实施方式的磁性体检查装置100的结构进行说明。在第一实施方式中,对为了检查内置于移动式X射线摄影装置(巡诊车)900的钢缆W而使用磁性体检查装置100的例子进行说明。

[0058] 如图1所示,移动式X射线摄影装置900构成为具备X射线照射部E1和便携式X射线检测部E2,且移动式X射线摄影装置900能够通过车轮进行移动,其中,X射线照射部E1构成为能够相对于柱P上下(在X方向)移动。X射线照射部E1向被检体照射X射线。另外,X射线检测部E2检测透过了被检体的X射线,并使X射线图像显像。另外,X射线照射部E1和X射线检测部E2例如分别由X射线管(日文:X管)和FPD(平板检测器)构成。另外,在柱P内内置有钢缆W和磁性体检查装置100,其中,该钢缆W用于牵引并支承X射线照射部E1,该磁性体检查装置100构成为能够在钢缆W延伸的上下方向(X方向)上移动。此外,钢缆W是权利要求书的“磁性体”、“长条件”以及“线缆”的一例。另外,X方向是权利要求书的“磁性体的延伸方向”、“长条件的延伸方向”以及“长条件延伸的方向”的一例。

[0059] 钢缆W是通过编入具有磁性的线材材料(例如,编成股)来形成的,是由沿X方向延伸的长条件形成的磁性体。另外,虽然省略了图示,但钢缆W在使X射线照射部E1移动时经过滑轮等机构,被施加由滑轮等产生的应力。为了防止钢缆W因劣化而发生切断从而导致X射线照射部E1落下,平时需要监视钢缆W的状态(有无损伤等),在早期阶段更换劣化加剧的钢缆W。

[0060] (磁性体检查装置的结构)

[0061] 接着,参照图2~图4对第一实施方式的磁性体检查装置100的结构进行说明。

[0062] 如图2所示,磁性体检查装置100具备:磁场施加部1,其对钢缆W施加磁场;探测部2,其输出基于被施加了磁场的钢缆W的磁场或磁场的变化的探测信号;以及电子电路部3,其判定钢缆W的状态。另外,磁场施加部1、探测部2以及电子电路部3被设置在框架F上构成为检查单元U。另外,磁性体检查装置100具备能够使检查单元U相对于钢缆W移动的驱动器(未图示)和驱动部(未图示)。此外,Y方向和Z方向是在与钢缆W的延伸方向垂直的面内正交的两个方向。另外,电子电路部3是权利要求书的“判定部”的一例。

[0063] 磁场施加部1构成为对作为检查对象的钢缆W预先施加磁场来调整钢缆W的磁化的大小和方向。在本实施方式中,磁场施加部1包括磁体11,该磁体11以同极的磁极面Pf彼此相向的方式配置在钢缆W的两侧(Y1侧和Y2侧)。具体地说,磁体11以如下方式设置:以隔着钢缆W的方式设置一对,各个磁体11的一方的同极面彼此不相向,而另一方的同极面彼此相向。在图2所示的例子中,磁体11以N极彼此相向的方式设置。此外,在图2所示的例子中,为了方便,对磁体11的N极标注斜线的阴影线进行图示。另外,磁体11的S极没有标注斜线的阴影线来进行图示。此外,在本实施方式中,将磁体11的N极的磁极面Pf设为磁极面Pf1、S极的

磁极面Pf2。另外,将磁体11中的除磁极面Pf以外的侧面设为磁极以外的侧面部Sf。另外,将磁极以外的侧面部Sf中的N极侧设为磁极以外的侧面部Sf1,将S极侧设为磁极以外的侧面部Sf2。

[0064] 另外,磁场施加部1设置于在X方向上与探测部2隔开规定距离的位置。具体地说,由于钢缆W的挠曲、用于固定磁场施加部1和探测部2的框架F的晃动等,磁场施加部1和探测部2相对于钢缆W的相对位置的关系发生变化。如果磁场施加部1和探测部2相对于钢缆W的相对位置的关系变化,则探测部2所探测的来自磁场施加部1的磁场变化。探测部2所探测的来自磁场施加部1的磁场的变化成为在由探测部2探测到的磁场中产生噪声的主要原因。因此,磁场施加部1设置在与探测部2隔开规定距离的位置处,该规定距离为不会受到对探测部2施加的磁场的变化的影响的程度。

[0065] 另外,磁场施加部1包括第一磁场施加部1a和第二磁场施加部1b,其中,该第一磁场施加部1a对钢缆W施加磁场,该第二磁场施加部1b在X方向上被设置在探测部2的与第一磁场施加部1a相反的一侧(X2侧),用于对钢缆W施加磁场。第一磁场施加部1a和第二磁场施加部1b分别被固定在框架F上。

[0066] 另外,第一磁场施加部1a包括一对磁体11a和11b。第二磁场施加部1b包括一对磁体12a和12b。磁体11a、11b、12a以及12b例如分别由永磁体构成。由磁场施加部1施加的磁场的大小被设定为能够调整为使钢缆W的磁化的大小和方向(在没有损伤等的部分)大致均匀的大小。

[0067] 在图2所示的例子中,在第一磁场施加部1a中彼此相向的一对磁体11的磁极面Pf以及在第二磁场施加部1b中彼此相向的一对磁体11的磁极面Pf为同极。

[0068] 另外,由磁场施加部1对磁性体施加的磁场被设定为比激励线圈21(后述)为了激励钢缆W的磁化状态而产生的磁场大。具体地说,由磁场施加部1施加的磁场需要被设定为能够在大致X方向上调整(整理)钢缆W的磁化的大小和方向的大小。另一方面,能够将通过激励线圈21激励钢缆W的磁化所需的磁场设定为比为了调整(整理)钢缆W的磁化的大小和方向而从磁场施加部1施加的磁场小。详细情况后述。

[0069] 探测部2构成为输出基于被磁场施加部1施加了磁场的钢缆W的磁场或磁场的变化的探测信号。具体地说,如图3所示,探测部2包括激励线圈21和探测线圈22。另外,激励线圈21和探测线圈22是包括导线部分的线圈,该导线部分以由长条件构成的作为磁性体的钢缆W的延伸方向为中心轴,沿着长边方向卷绕多次,沿着X方向形成为圆筒形。因而,卷绕的导线所形成的面与钢缆W的延伸方向大致正交,钢缆W经过线圈的内部。另外,探测线圈22设置在激励线圈21的内侧。关于探测部2判定钢缆W的状态的详细结构在后面叙述。

[0070] 电子电路部3构成为基于由探测部2输出的探测信号来进行钢缆W的状态的判定。具体地说,如图4所示,电子电路部3包括交流电源31、放大器32、AD转换器33、CPU(Central Processing Unit:中央处理单元)34以及数字输出接口35。

[0071] 交流电源31向激励线圈21流通(输出)交流电流。放大器32使从探测线圈22输出的探测信号(基于钢缆W的磁场强度的电流)放大,并输出到AD转换器33。AD转换器33将由放大器32放大后的模拟的探测信号转换为数字的探测信号。CPU 34进行从由AD转换器33输出的探测信号中去除交流成分的处理,进行转换为与探测信号的绝对值的变化对应的信号(DC电平信号)的同步检波整流处理,并且在探测信号超过了后述的规定的阈值Th的情况下,输

出警报信号。另外,CPU 34控制由交流电源31输出的电流的强度。另外,使CPU34具有判定损伤等的大小的功能。数字输出接口35与外部的未图示的PC等连接,输出进行处理得到的探测信号、警报信号的数字数据。另外,外部的PC将所输入的信号的大小保存到存储器中,或者显示信号的大小随时间经过的曲线图,并且经由CPU 34对探测部2(一体构成的框架F)相对于钢缆W的移动速度进行控制等。

[0072] 另外,电子电路部3构成为:在由探测线圈22(探测部2)输出的探测信号超过了第一阈值Th1的情况下,向外部输出表示探测信号超过了第一阈值Th1的第一阈值信号,并且在由探测部2输出的探测信号超过了第二阈值Th2的情况下,向外部输出表示探测信号超过了第二阈值Th2的第二阈值信号。

[0073] (调整磁性体的磁化的大小和方向的结构)

[0074] 接着,参照图5对第一实施方式的磁场施加部1调整钢缆W的磁化的大小和方向的结构进行说明。图5的(A)是从Z方向观察磁性体检查装置100所得到的示意图。图5的(B)是使磁场施加部1(第一磁场施加部1a)附近放大后的示意图。

[0075] 在图5的(A)所示的例子中,在通过使检查单元U沿X1方向移动来使设置于检查单元U的磁场施加部1及探测部2与钢缆W相对移动的情况下,通过第一磁场施加部1a(磁体11a和11b)对由探测部2检查的部分预先施加磁场,来调整磁化的大小和方向。另外,在通过使检查单元U沿X2方向移动来使设置于检查单元U的磁场施加部1及探测部2与钢缆W相对移动的情况下,通过第二磁场施加部1b(磁体11c和11d)对由探测部2检查的部分预先施加磁场,来调整磁化的大小和方向。因而,无论在哪一个方向相对移动的情况下,磁场施加部1能够在由探测部2探测钢缆W之前对钢缆W预先施加磁场来调整磁化的大小和方向。

[0076] 如图5的(B)所示,一对磁体11(磁体11a和11b)构成为从钢缆W的短边方向(Y方向)对钢缆W施加磁场。具体地说,一对磁体11(磁体11a和11b)构成为主要在沿着X方向的方向上对钢缆W施加磁场。此外,在图5的(B)所示的例子中,用虚线13图示了从磁体11释放的磁场的方向。

[0077] 在第一实施方式中,如图5的(B)所示,磁体11a和11b以隔着钢缆W相对的方式配置。因此,从磁体11a施加的磁场与从磁体11b施加的磁场在规定的规定位置处发生碰撞。因而,从各个磁体11施加的磁场在规定的规定位置处相互抵消。其结果,一对磁体11(磁体11a和11b)使钢缆W产生相互抵消磁场的区域14。

[0078] 在第一实施方式中,一对磁体11(磁体11a和11b)被配置在以下位置:在由磁场施加部1对钢缆W施加磁场时,在钢缆W要经过抵消磁场的区域14的位置处形成抵消磁场的区域14。因而,在由磁场施加部1对钢缆W施加磁场时,由于抵消磁场的区域14使对钢缆W施加的Y方向的磁场的大小为零。此外,在图2所示的例子中,磁体11a和磁体11b是使用了磁力的大小相同的磁体的例子,因此在距磁体11a的距离 $r_1$ 与距磁体11b的距离 $r_2$ 相等的位置处形成抵消磁场的区域14。在磁体11a和11b的磁力的大小不同的情况下,调整配置磁体11a和磁体11b的位置,以使得在钢缆W经过的位置处形成抵消磁场的区域14即可。

[0079] 另外,从磁体11对钢缆W施加的磁场从一个磁极面Pf1(N极)朝向另一个磁极面Pf2(S极)释放磁场,因此随着从磁极面Pf的中心离开,磁场的方向成为包括沿着钢缆W的延伸方向(X方向)的方向的曲线。因此,随着从磁体11的中心离开(随着磁场施加部1在钢缆W上移动),施加磁场的方向产生成为沿着钢缆W的长边方向(X方向)的方向的部分。因而,一对

磁体11产生对钢缆W施加磁场来调整钢缆W的磁化的大小和方向的调磁(日文:整磁)区域15。具体地说,一对磁体11在钢缆W上移动的结果是,产生用于在大致X方向上调整钢缆W内的磁化的大小和方向的调磁区域15。此外,调磁区域15可以并非严格地在钢缆W延伸的方向(X方向)上调整钢缆W的磁化。调磁区域15通过由一对磁体11施加的磁场来进行调磁,以使得钢缆W内的磁化的大小、方向以及矢量的总和大致朝向X方向即可。

[0080] 另外,一对磁体11构成为在探测部2和抵消磁场的区域14的前后产生调磁区域15。具体地说,如图5的(B)所示,从磁体11施加的磁场被左右对称地释放出,因此隔着抵消磁场的区域14产生两处调磁区域15(调磁区域15a和15b)。其中,通过在探测部2与抵消磁场的区域14之间产生的调磁区域15(在图5的(B)的例子中为调磁区域15a)进行调磁,由此能够降低在探测部2中进行探测时的噪声。此外,抵消磁场的区域14的前后是指磁场施加部1相对移动的方向上的前后方向。

[0081] 如图5的(B)所示,认为一对磁体11在调磁区域15a中在沿着X1方向的方向上使钢缆W磁化后,在抵消磁场的区域14中抵消钢缆W的磁化,并且在调磁区域15b中在沿着X2方向的方向上使钢缆W磁化。即,第一磁场施加部1a构成为:在调磁区域15中,隔着抵消磁场的区域14使对钢缆W施加的磁场的方向反转。在图5的(B)所示的例子中,在调磁区域15a中,第一磁场施加部1a所施加的磁场的方向为X2方向。另外,第一磁场施加部1a所施加的磁场的大小随着接近抵消磁场的区域14而变大。在抵消磁场的区域14中,第一磁场施加部1a所施加的磁场中的在沿着钢缆W的方向(X方向)上施加的磁场的大小为零。在调磁区域15b中,第一磁场施加部1a所施加的磁场的方向为X1方向。另外,第一磁场施加部1a所施加的磁场的大小随着远离抵消磁场的区域14而变小。此外,与第一磁场施加部1a的一对磁体11同样地,在第二磁场施加部1b的一对磁体11(磁体11c和磁体11d)中也构成为在抵消磁场的区域14的前后产生调磁区域15。另外,与第一磁场施加部1a同样地,第二磁场施加部1b构成为在调磁区域15中隔着抵消磁场的区域14使对钢缆W施加的磁场的方向反转。

[0082] (检查磁性体的状态的结构)

[0083] 接着,参照图6~图9对第一实施方式的探测部2和电子电路部3检查钢缆W的状态的结构进行说明。

[0084] 图6的(A)是在探测部2的内部经过的钢缆W的示意图。图6的(B)是通过设置于探测部2的激励线圈21来激励钢缆W的磁化状态时的示意图。

[0085] 如图6的(A)所示,探测线圈22构成为对从经过内部的钢缆W产生的磁场进行探测。具体地说,探测线圈22构成为对从钢缆W产生的X方向的磁场的变化进行探测并产生电压。另外,探测线圈22构成为:针对被磁场施加部1施加了磁场的钢缆W探测磁场的变化,并且输出基于探测到的钢缆W的磁场的变化的电压。另外,探测线圈22被配置为能够探测(如被输入)由激励线圈21产生的几乎所有磁场。

[0086] 探测线圈22为由作为两个线圈部分的探测线圈22a和22b构成的差动线圈。另外,探测线圈22对通过由流经激励线圈21的激励电流产生的磁场而被激励了磁化状态的钢缆W的X方向的磁场的变化进行探测。

[0087] 在第一实施方式中,如图6的(B)所示那样构成为:通过使激励电流流经激励线圈21,在激励线圈21的内部,在沿着X方向的方向上施加基于激励电流产生的磁场。由此,激励线圈21激励钢缆W的磁化状态。具体地说,如图6的(B)所示,通过从外部向激励线圈21流入

具有固定大小且固定频率的交流电流(激励电流),以在钢缆W延伸的X方向上振动(使向X1方向的磁场和向X2方向的磁场周期性地显现)的方式施加磁场。另外,由激励线圈21施加的磁场(实线16或虚线17)的方向也随着在激励线圈21中流动的随时间变化的激励电流的方向(实线或虚线)而变化。

[0088] 因而,钢缆W的磁化的大小(强度)因随时间变化的磁场而变化,从钢缆W产生的磁场也随时间变化。其结果,无需使钢缆W与探测线圈22的相对位置变化,由钢缆W的相同部分产生的磁场就会随时间变化,因此能够通过探测磁场的变化的探测线圈22来判定钢缆W的状态。此外,在图6的(B)所示的例子中,为了方便,用实线的箭头18图示了在X2方向上被进行了激励时的钢缆W的磁化。另外,用虚线的箭头19图示了在X1方向上被进行了激励时的钢缆W的磁化。另外,在图6的(B)所示的例子中,为了容易看到被进行了激励时的钢缆W的磁化的大小(强度)的变化,将钢缆W的磁化的箭头18和箭头19的在Y方向上的位置错开地图示,但实际上钢缆W的磁化的箭头18和箭头19的在Y方向上的位置一致。此外,箭头18所图示的钢缆W的磁化被激励线圈21施加X2方向的磁场,因此与被激励线圈21施加磁场前相比,磁场的大小变大。另外,箭头19所图示的钢缆W的磁化通过激励线圈21在X1方向上施加的磁场,因此与被激励线圈21施加磁场前相比,磁场的大小变小。

[0089] 图7是有损伤等的钢缆W的例子。在图7中简略地示出了线材的编织方法。图7的(A)的钢缆W的表面部分的线材发生了断线。另外,图7的(B)的钢缆W由于拉伤或瘪痕而在表面部产生了凹陷。另外,图7的(C)的钢缆W在内部发生了线材断线。这些损伤等所在的位置的截面积SA1、SA2、SA3与没有损伤等的部分的截面积SA0相比分别变小,因此钢缆W的全磁通(将磁场乘以磁导率及面积所得的值)在存在损伤等的部分处变小。如以上那样,发生磁场的泄漏、全磁通的减少,因此在有损伤等的部分所探测到的磁场发生变化。

[0090] 其结果,例如,位于损伤等所在的场所的探测线圈22a与探测线圈22b相比探测电压的值减少,因此由差动线圈(探测线圈22整体)得到的探测电压之差的值(探测信号)变大。即,没有损伤等的部分处的探测信号大致为零,存在损伤等的部分处探测信号具有大于零的值,因此在差动线圈中,探测到表示存在损伤等的明确的信号(S/N比良好的信号)。由此,电子电路部3能够基于探测信号之差的值来检测钢缆W的损伤等的存在。另外,损伤等的大小(截面积的减少量的大小)越大,则探测信号的值越大,因此在判定(评价)损伤等的大小时,如果存在大至某种程度以上的损伤等,则能够自动地判定出探测信号超过了规定的第一阈值Th1或第二阈值Th2。此外,损伤等也包含因锈等引起的磁导率的变化,同样呈现为探测信号。

[0091] (第一比较例)

[0092] 在此,一边与除了未设置磁场施加部1之外同样地构成的第一比较例的磁性体检查装置进行比较,一边说明由磁性体检查装置100的磁场施加部1进行的磁化。此外,第一比较例与本实施方式的比较为是否进行调磁的比较。

[0093] 在未设置磁场施加部1的第一比较例的磁性体检查装置(省略图示)中,由激励线圈21在X方向上施加磁场。此时,需要使由激励线圈21在X方向上施加的磁场增大,以使在没有损伤等的均匀的部分探测到的探测信号(也包含伴随移动或激励等的磁场的的时间变化在内的磁性体的磁场的大小)相等。另外,由于没有预先调整(整理)磁化的大小和方向,因此由激励线圈21在X方向上施加的磁场需要增大到在大致X方向上整理磁化的大小和方向的

程度。

[0094] 在此,如图8所示,在施加磁场之前,在作为磁性体的钢缆W内,在制造时刻磁化的大小和方向根据内部构造而存在偏差。另外,也由于经过滑轮等机构而被施加应力等外力,因此这些磁化的大小和方向不断变化。因而,即使是没有损伤等的均质的部分,即使通过激励线圈21在X方向上激励磁化的大小和方向,也无法完全消除磁化的大小和方向的偏差,因此由于钢缆W的每个场所的磁化的大小和方向的偏差而导致在探测信号中产生噪声。

[0095] 另一方面,如图6的(A)所示,在通过由磁场施加部1预先施加磁场来调整(整理)磁化的大小和方向的情况下,在X2方向上大致整理钢缆W的没有损伤等的部分的磁场,并且被探测为大致固定的大小,因此容易与来自损伤的信号进行区分。另外,由于通过由磁场施加部1预先施加的大的磁场而在X方向上调整了钢缆W的磁化的大小和方向,因此在钢缆W上没有损伤等的区域,由激励线圈21进行了激励时的磁场的变化是同样的。但是,在钢缆W上有损伤等的区域,与没有损伤等的区域相比,被进行了激励时的磁场的变化并非同样的变化。因而,在钢缆W的状态的判定中,为了在X方向上激励磁化状态所需要的磁场即使比为了调磁而施加的磁化小,对于探测而言也是足够的大小。

[0096] 图9的曲线图是第一比较例和第一实施方式中的钢缆W的磁场的变化的曲线图。曲线图的纵轴对应于探测信号的大小,曲线图的横轴对应于探测位置(探测钢缆W的场所)。由于由CPU 34进行同步检波整流处理,因此消除了由激励线圈21施加的磁场的随时间变化的影响。

[0097] 在未设置磁场施加部1的第一比较例的磁性体检查装置中,如图9的(A)的没有调磁的曲线图所示,即使是没有损伤等的部分,也探测到由磁化的大小和方向的偏差引起的噪声。因此,在这样的第一比较例的磁性体检查装置中,没有经验或知识(例如,特征性的探测信号的表现方式等)的非专业人士难以判断有无损伤等。特别是在设置阈值等而仅基于信号的大小进行判定的情况下,成为误判定的原因。

[0098] 另一方面,在设置有磁场施加部1的第一实施方式的磁性体检查装置100中,如图9的(B)的有调磁的曲线图所示,几乎探测不到噪声。具体地说,成为噪声的大小相对较小、S/N比良好的曲线图,明确地表现了探测信号。因而,通过利用磁场施加部1对钢缆W进行调磁,即使由非专业人士进行判定或基于阈值 $Th$ 进行判定,也能够将噪声降低到不会发生误判定的程度。此外,在图9的调磁后的曲线图中,可知由钢缆W的有损伤等的部分的位置从差动线圈的一侧移动到另一侧引起的探测信号的正负的反转被清楚地表现出来。

[0099] (磁性体的检查处理)

[0100] 接着,参照图10对第一实施方式的磁性体检查装置100进行钢缆W的的检查的处理的流程进行说明。

[0101] 在步骤S1中,磁场施加部1通过磁体11对钢缆W预先施加磁场,来调整钢缆W的磁化的大小和方向,该磁体11以同极(N极)的磁极面 $Pf$ ( $Pf1$ )彼此相向的方式配置在作为检查对象的钢缆W的两侧。之后,处理进入步骤S2。

[0102] 在步骤S2中,探测部2探测被施加了磁场的钢缆W的磁场或磁场的变化,并且输出基于探测到的钢缆W的磁场或磁场的变化的探测信号。之后,处理进入步骤S3。

[0103] 在步骤S3中,电子电路部3基于由探测部2输出的探测信号,进行钢缆W的状态的判定,结束处理。

[0104] 如上所述,第一实施方式的磁性体检查方法包括以下步骤:步骤S1,通过磁场施加部1对钢缆W预先施加磁场,来调整钢缆W的磁化的大小和方向,所述磁场施加部1包括以同极(N极)的磁极面Pf(Pf1)彼此相向的方式配置在作为检查对象的钢缆W的两侧的磁体11;以及步骤S2,探测被施加了磁场的钢缆W的磁场或磁场的变化,并且输出基于探测到的钢缆W的磁场或磁场的变化的探测信号。

[0105] (第二比较例)

[0106] 在此,参照图11和图12来说明由第二比较例的磁性体检查装置进行的钢缆W的调磁和由本实施方式的磁性体检查装置100的磁场施加部1进行的钢缆W的调磁,其中,在第二比较例中,沿钢缆W的长轴方向设置了一个磁场施加部40(参照图11)的磁体41(参照图11)。图11的(A)示出本实施方式的磁场施加部1的磁体11的配置。在图11的(A)所示的结构中,钢缆W依次经过调磁区域15a、抵消磁场的区域14、调磁区域15b以及探测部2。钢缆W从磁体11接受的磁场在抵消磁场的区域14的前后从X1方向向X2方向反转。图11的(B)示出第二比较例的磁场施加部40的磁体41的配置。在图11的(B)所示的结构中,沿着从磁体41释放的磁场的磁力线,钢缆W所接受的磁场的方向稍微变化,但沿着钢缆W的方向(X方向)的磁场的方向大致不变化。即,在图11的(B)所示的结构中,在磁体41的前后,对钢缆W施加的磁场的方向不反转。另外,不存在抵消磁场的区域14。

[0107] 图12的(A)是示出本实施方式中的探测部2所探测到的探测信号的波形的曲线图43的示意图。图12的(B)是示出第二比较例的探测部42(参照图11的(B))所探测到的探测信号的波形的曲线图44。曲线图43和44的纵轴是信号强度,横轴是探测位置。另外,曲线图43和44中的区域45和区域46表示钢缆W的线材中发生了断线的位置。此外,图12的(A)和图12的(B)所示的曲线图43和44表示通过图11的(A)和图11的(B)的结构对同一钢缆W实际进行探测信号的获取所得到的实验结果。

[0108] 如曲线图43所示,由本实施方式的磁场施加部1进行了调磁后的钢缆W的探测信号在区域45中示出特征性的波形。因而,能够容易地掌握钢缆W的线材的断线的位置。

[0109] 另一方面,如曲线图44所示,由第二比较例的磁场施加部40进行了调磁后的钢缆W的探测信号在区域46中示出特征性的波形,但在区域46以外的区域,也能看到与线材的断线部位相似的形状的波形。因而,难以容易地掌握钢缆W的线材的断线的位置。由此,与磁场不伴有急剧的反转的第二比较例相比能够得出以下见解:通过使对钢缆W施加的磁场的方向反转,能够进行正确的信号探测。

[0110] (第一实施方式的效果)

[0111] 在第一实施方式中,能够得到如下的效果。

[0112] 在第一实施方式中,如上所述,磁性体检查装置100具备:磁场施加部1,其对作为检查对象的钢缆W预先施加磁场,来调整钢缆W的磁化的大小和方向;以及探测部2,其输出基于被磁场施加部1施加了磁场的钢缆W的磁场的变化的探测信号,磁场施加部1包括以同极(N极)的磁极面Pf(Pf1)彼此相向的方式配置在钢缆W的两侧的磁体11。由此,由于对钢缆W预先施加磁场,因此能够大致调整钢缆W的没有损伤等的部分的磁化的大小和方向。另一方面,在钢缆W上有损伤等的部分的磁化的大小和方向不调整。其结果,从探测部2输出的探测信号在有损伤等的部分和没有损伤等的部分是不同的,由此能够容易地进行钢缆W的状态(有无损伤等)的判定。另外,由于能够从钢缆W的两侧(Y1方向和Y2方向)施加磁场来调整

钢缆W的磁化的大小和方向,因此与从钢缆W的一侧施加磁场的情况相比,能够高效地调整钢缆W的磁化的大小和方向。

[0113] 另外,在第一实施方式中,如上所述那样构成为:以隔着钢缆W的方式设置有一对磁体11,使钢缆W产生相互抵消磁场的区域14,并且在抵消磁场的区域14的前后产生用于对钢缆W施加磁场来调整钢缆W的磁化的大小和方向的调磁区域15。由此,通过使钢缆W产生相互抵消磁场的区域14,从而在探测钢缆W的状态(有无损伤等)时,能够使钢缆W依次经过调磁区域15、抵消磁场的区域14、调磁区域15以及探测部2。因而,通过抵消磁场的区域14,能够抑制在钢缆W的短轴方向(Y方向)上产生磁极,能够抑制钢缆W在短轴方向(Y方向)上被磁场施加部1吸引,并且能够通过调磁区域15进行钢缆W的调磁。其结果,与磁场施加部1不产生抵消磁场的区域14的情况相比,能够抑制钢缆W在短轴方向(Y方向)上被磁场施加部1吸引,因此不增大对钢缆W施加的张力就能够进行钢缆W的调磁。

[0114] 另外,在第一实施方式中,如上所述,磁场施加部1构成为:在调磁区域15中,隔着抵消磁场的区域14使对钢缆W施加的磁场的方向反转。由此,无论调磁前的钢缆W的磁化的大小和方向朝向怎样的方向,都能够使钢缆W按调磁区域15b、抵消磁化的区域14、调磁区域15a的顺序经过这些区域,因此,能够容易且可靠地对钢缆W进行调磁。另外,在抵消磁场的区域14的前后,磁场施加部1所产生的磁场的方向发生反转。其结果,如根据上述第二比较例所示的见解所明确的那样,与磁场的方向不反转的情况相比,能够更准确地探测磁场的变化。

[0115] 另外,在第一实施方式中,如上所述那样构成为:磁性体由钢缆W构成,一对磁体11主要沿着钢缆W的延伸方向(X方向)对钢缆W施加磁场。由此,通过沿着钢缆W的延伸方向(X方向)对钢缆W施加磁场,即使在以隔着钢缆W的方式配置一对磁体11的情况下,也能够容易地调整钢缆W的磁化的大小和方向。

[0116] 另外,在第一实施方式中,如上所述,一对磁体11(磁体11a和11b或者磁体11c和磁体11d)被配置为各个磁体11的一方的同极(S极)的磁极面Pf(Pf2)彼此不相向而另一方的同极(N极)的磁极面Pf(Pf1)彼此相向。由此,例如即使在使用在两端面具有磁极面Pf(Pf1和Pf2)的棒状的一对磁体11的情况下,也能够使磁体11的同极彼此相向,并且朝向钢缆W的短边方向(Y方向)配置一对磁体11。其结果,能够从钢缆W的短边方向(Y方向)朝向钢缆W施加磁场,因此能够容易地产生抵消磁场的区域14及调磁区域15。

[0117] 另外,在第一实施方式中,如上所述,磁场施加部1被设置于在钢缆W延伸的方向(X方向)上与探测部2隔开规定距离的位置。在此,如果探测部2与磁场施加部1的相对位置变化,则探测部2探测的来自磁场施加部1的磁场变化。探测部2探测的来自磁场施加部1的磁场的变化成为在探测部2探测到的磁场中产生噪声的主要原因。另外,探测部2与磁场施加部1的距离越近,该噪声越大。因此,通过将磁场施加部1以隔开规定距离的方式配置为不会影响探测部2对磁场的探测的程度,探测信号的S/N比的精度提高。其结果,通过改变探测部2与磁场施加部1的相对位置,能够抑制因探测部2探测的来自磁场施加部1的磁场发生变化而产生的噪声。

[0118] 另外,在第一实施方式中,如上所述,磁场施加部1包括第一磁场施加部1a和第二磁场施加部1b,其中,该第一磁场施加部1a对钢缆W施加磁场,该第二磁场施加部1b在钢缆W的延伸方向(X方向)上被设置在探测部2的与第一磁场施加部1a侧相反的一侧(X2方向),用

于对钢缆W施加磁场。由此,能够在探测部2的两侧配置磁场施加部1。其结果,在通过使磁场施加部1与钢缆W相对移动来探测钢缆W延伸的方向(X方向)的磁场的变化的情况下,无论使磁场施加部1与钢缆W向钢缆W延伸的方向(X方向)的一侧(X1方向)和另一侧(X2方向)中的哪个方向相对移动,都能够在探测部2探测磁场之前通过磁场施加部1来调整钢缆W的磁化的大小和方向。

[0119] 另外,在第一实施方式中,如上所述,探测部2包括探测线圈22,该探测线圈22被设置为以钢缆W为中心包围钢缆W,沿着钢缆W的延伸方向(X方向)卷绕,用于探测钢缆W的延伸方向(X方向)的磁场的变化并产生探测信号。由此,探测线圈22根据探测线圈22的内部的全磁通或全磁通的变化来产生电压,因此能够容易地探测钢缆W的在钢缆W的延伸方向(X方向)的磁场的变化。

[0120] 另外,在第一实施方式中,如上所述,探测线圈22构成为包括差动线圈,并且输出通过钢缆W的延伸方向(X方向)的磁场而由差动线圈中包括的两个线圈部分产生的各个探测信号。由此,通过探测由差动线圈的一个线圈部分和另一个线圈部分产生的因钢缆W的损伤等而生成的探测信号之差,能够更容易地探测钢缆W的状态(有无损伤等)的局部的变化。

[0121] 另外,在第一实施方式中,如上所述,还具备电子电路部3,该电子电路部3基于由探测部2输出的探测信号进行钢缆W的状态的判定,电子电路部3构成为:在由探测部2输出的探测信号超过了两个规定的阈值Th(第一阈值Th1和第二阈值Th2)的情况下,向外部输出表示探测信号分别超过了两个规定的阈值Th(第一阈值Th1和第二阈值Th2)的两个阈值信号(第一阈值信号和第二阈值信号)。由此,能够基于阈值信号容易地判定钢缆W的状态(有无损伤等)不均匀的部分。

[0122] 另外,在第一实施方式中,如上所述,探测部2构成为:还包括用于激励钢缆W的磁化状态的激励线圈21,并且探测通过由流经激励线圈21的激励电流产生的磁场而被激励了磁化状态的钢缆W的延伸方向(X方向)的磁场或磁场的变化。由此,通过激励线圈21激励钢缆W的损伤等部分的磁化状态,因此能够容易地探测来自钢缆W的损伤等部分的在钢缆W的延伸方向(X方向)上的磁场或磁场的变化。特别是,在通过使交流电流等流经激励线圈21而对钢缆W的磁化状态施加随时间变化的激励的情况下,钢缆W的磁场也随时间变化。因此,不使钢缆W与探测部2相对移动,就能够使由探测部2探测的磁场变化并探测该磁场的变化。

[0123] 另外,在第一实施方式中,如上所述,由磁场施加部1对钢缆W施加的磁场比激励线圈21为了激励钢缆W的磁化状态而产生的磁场大。由此,与没有调整磁化的大小和方向的情况相比,能够减小为了激励磁化状态而需要的磁场的大小。

[0124] 另外,在第一实施方式中,如上所述,磁性体构成为包括钢缆W,该钢缆W用于使以能够相对于被检体相对地移动的方式设置于X射线摄影装置900的、向被检体照射X射线的X射线照射部E1和检测透过了被检体的X射线的X射线检测部E2中的至少任一方移动,探测部2构成为探测X方向的磁场。由此,能够容易地判定X射线摄影装置900所使用的钢缆W的状态(有无损伤等)。

[0125] 另外,在第一实施方式中,如上所述,能够提供一种磁性体检查方法,其包括以下步骤:步骤S1,由磁场施加部1对钢缆W预先施加磁场,来调整钢缆W的磁化的大小和方向,所述磁场施加部1包括以同极(N极)的磁极面Pf(Pf1)彼此相向的方式配置在作为检查对象的钢缆W的两侧的磁体11;以及步骤S2,探测被施加了磁场的钢缆W的磁场或磁场的变化,并且

输出基于探测到的钢缆W的磁场或磁场的变化的探测信号。由此,能够提供一种能够容易地进行钢缆W的状态(有无损伤等)的判定的磁性体检查方法。另外,能够提供如下的磁性体检查方法:由于能够从钢缆W的两侧(Y1方向和Y2方向)施加磁场来调整钢缆W的磁化的大小和方向,因此与从钢缆W的一侧施加磁场的情况相比,能够高效地调整钢缆W的磁化的大小和方向。

[0126] [第二实施方式]

[0127] 接着,参照图2和图13对第二实施方式的磁性体检查装置200(参照图2)的结构进行说明。第二实施方式的磁性体检查装置200与第一实施方式不同,向激励线圈21供给的激励电流是不随时间变化的直流电流。

[0128] 具体地说,磁性体检查装置200包括设置于检查单元U的电子电路部302。另外,如图13所示,电子电路部302包括直流电源312。直流电源312使不随时间变化(成为固定值)的直流电流流经激励线圈21。由此,在激励线圈21内,在X方向上产生固定大小的静磁场。

[0129] 在此,在第二实施方式的磁性体检查装置200中,探测部202(参照图2)构成为:通过使钢缆W相对于探测部2在X方向上以大致固定的恒定速度相对移动,来探测探测部202的探测位置处的钢缆W的X方向的磁场的变化。

[0130] 具体地说,在检查时,随着由探测部202的探测线圈22探测到的钢缆W的位置随时间变化,由探测线圈22探测到的磁场也随时间变化。在探测线圈22经过钢缆W的没有损伤等的部分的情况下,由于探测线圈22内的磁场的X方向的大小大致固定,因此探测信号也为固定值。另一方面,在探测线圈22位于钢缆W的有损伤等的部分的情况下,由于探测位置处的磁场的大小随时间变化,因此探测信号变化。由此,能够判定钢缆W的状态(有无损伤等)。

[0131] 第二实施方式的其它结构与第一实施方式相同。

[0132] (第二实施方式的效果)

[0133] 在第二实施方式中,如上所述,探测部202构成为:通过使钢缆W相对于探测部2在X方向上以大致固定的恒定速度相对移动,来探测探测部202的探测位置处的钢缆W的X方向的磁场的变化。由此,钢缆W的被探测部202探测磁场的部分随着相对移动而变化,因此,通过有损伤等的部分与没有损伤等的部分的比较,能够容易地探测损伤等。另外,通过以恒定速度相对移动,在没有损伤等的位置处探测信号大致固定,在有损伤等的位置处输出不同的探测信号,因此容易判定钢缆W的损伤等的状态。

[0134] 第二实施方式的其它效果与第一实施方式相同。

[0135] [第三实施方式]

[0136] 接着,参照图2、图14以及图15对第三实施方式的磁性体检查装置300(参照图3)的结构进行说明。第三实施方式的磁性体检查装置300与第一实施方式不同,设置有助于探测钢缆W的磁场的磁传感器元件23。

[0137] 具体地说,磁性体检查装置300具备设置于检查单元U的探测部203(参照图2)和电子电路部303(参照图2)。另外,如图14的(A)所示,探测部203在与钢缆W的长边方向正交的面上包括以圆周状包围钢缆W的方式配置的多个(以钢缆W为轴对称的12个)磁传感器元件23。磁传感器元件23例如由线圈、带激励线圈的线圈、带激励线圈的差动线圈、霍尔元件、磁阻抗元件、磁阻元件等中的任一个或几个复合而成。在此,在仅使用线圈的情况下,无法检测静磁场,因此需要一边使磁性体移动一边进行测定,与此相对地,在同时使用了激励线圈

21的情况下,即使在使作为测定对象的磁性体静止的状态下,也能够进行测定。另外,在使用了霍尔元件、磁阻抗元件、磁阻元件时,由于这些元件本身能够测定静磁场,因此即使在使作为测定对象的磁性体静止的状态下,也能够进行测定。此外,也可以为了检测两个方向或三个方向而将多个磁传感器元件23配置在多个部位。另外,磁传感器元件23也能够构成不仅检测磁场的变化的大小,还检测磁场的大小。

[0138] 另外,如图15所示,电子电路部303包括对磁传感器元件23施加电压的电压施加机构36。电子电路部303构成为对磁传感器元件23进行电控制,对来自探测部203的电信号进行处理并作为探测信号输出。

[0139] 第三实施方式的其它结构与第一实施方式相同。

[0140] (第三实施方式的效果)

[0141] 在第三实施方式中,如上所述那样设置探测部202,该探测部202针对由磁场施加部1在X方向上施加了磁场后的钢缆W探测磁场或磁场的变化,并且输出基于探测到的钢缆W的磁场的探测信号。由此,也能够根据磁化的大小和方向的偏差降低的状态下进行探测,因此能够容易地进行钢缆W的状态(有无损伤等)的判定。

[0142] 另外,在第三实施方式中,如上所述,探测部202构成为:将探测钢缆W的磁场的至少一个磁传感器元件23配置在钢缆W的外侧。由此,与在内部包括如使钢缆W经过的线圈的探测部2不同,能够缓和钢缆W的大小或设置状况的限制,因此能够扩大应用范围。

[0143] 第三实施方式的其它效果与第一实施方式相同。

[0144] (变形例)

[0145] 此外,应该认为本次公开的实施方式在所有方面均为例示性的而不是限制性的。本发明的范围是由权利要求书表示,而不是由上述的实施方式的说明表示,本发明的范围还能够包括与权利要求书等同的含义和范围内的所有变更(变形例)。

[0146] 例如,在上述第一~第三实施方式中,示出了将磁性体设为长条件的例子,但是本发明不限于此。例如,磁性体也可以是长条件以外的薄板、铁球(轴承)等。除此以外,能够将本发明用于具有均匀的构造的所有磁性体的检查。另外,在磁性体为薄板等的情况下,也可以构成为在与薄板等的面垂直的方向(厚度的方向)上施加磁化,并探测薄板等的面的延伸方向的磁场或磁场的变化。

[0147] 另外,在上述第一~第三实施方式中,示出了将由长条件形成的磁性体设为钢缆W的例子,但是本发明不限于此。例如,由长条件形成的磁性体也可以是薄板、方形件、圆筒状的管材、钢丝、链条等。

[0148] 另外,在上述第一~第三实施方式中,示出了磁场施加部1与检查单元U一体构成的例子,但本发明不限于此。例如,也可以构成为能够变更磁场施加部1与探测部2的相对位置。具体地说,也可以在利用磁场施加部1在钢缆W的长边方向(X方向)上调整了钢缆W的磁化的大小和方向之后,仅使磁场施加部1向从钢缆W离开的位置移动。由此,在由探测部2(202、203)探测钢缆W的磁场或磁场的变化时,能够使磁场施加部1与探测部2(202、203)分离,以使磁场施加部1的磁场不影响探测部2(202、203)。

[0149] 另外,在第一~第三实施方式中,在钢缆W的延伸方向(X方向)上预先施加磁场的情况下,也可以将磁场施加部1的结构设为如图16所示的结构。具体地说,如图16的(A)所示,一对磁体11a和磁体11b也可以以S极彼此相向的方式配置。另外,磁体11c和磁体11d也

可以以S极彼此相向的方式配置。另外,如图16的(B)所示,磁体11a和11b以及磁体11c和11d的磁场的配置方向也可以不平行(分别为Y方向和相对于Y方向倾斜了角度 $\theta$ 的方向)。另外,如图16的(C)所示,也可以构成为仅在探测部2的一侧设置磁体11a和11b(或者磁体11c和磁体11d)。

[0150] 另外,在上述第一~第三实施方式中,示出了由永磁体构成磁场施加部1的例子,但本发明不限于此。在本发明中,磁场施加部1也可以由电磁体(线圈)构成。

[0151] 另外,在上述第一~第三实施方式中,示出了磁场施加部1包括一对磁体11的例子,但本发明不限于此。例如,如图17的(A)所示,也可以是具备环状的磁体11e(磁体11f)的结构。作为环状的磁体11e(磁体11f),使用如图17的(B)所示那样以环的内侧为N极(或S极)、环的外侧为S极(或N极)的方式被磁化的磁体即可。通过使用如图17的(B)所示的环状的磁体11e(磁体11f),能够通过一个磁体配置为隔着钢缆W使同极(N极)相向。

[0152] 另外,在上述第一和第二实施方式中,示出了在激励线圈21的内侧配置作为差动线圈的探测线圈22a和22b的例子,但本发明不限于此。在本发明中,如图18的(A)所示,也可以将由差动线圈构成的探测线圈22c和22d配置在激励线圈21c的外侧。此外,如图18的(B)所示,也可以将由差动线圈构成的探测线圈22e和22f以隔着激励线圈21d的方式并排地配置在激励线圈21d的X方向(长边方向)上的两侧。另外,如图18的(C)所示,也可以将不是差动线圈的单个的探测线圈22g配置在激励线圈21e的内侧(或外侧)。另外,如图18的(D)所示,也可以将两个激励线圈21f和21g以隔着单个的探测线圈22h的方式并排地配置在探测线圈22h的X方向(长边方向)上的两侧。如图18的(E)所示,也可以将单个的激励线圈21h和单个的探测线圈22i在X方向(长边方向)上并排地配置。另外,如图18的(F)所示,也可以设为以下结构:配置作为差动线圈的探测线圈22j和22k(或单个的探测线圈22),并且省略激励线圈21。

[0153] 另外,在上述第一~第三实施方式中,示出了圆筒形的线圈(探测线圈22和激励线圈21)被设置为包围钢缆W的例子,但本发明不限于此。例如,如图19所示,探测线圈22和激励线圈21也可以是方筒形的探测线圈220(激励线圈210)。

[0154] 另外,在上述第一~第三实施方式中,示出了探测线圈22包围钢缆W的例子,但本发明不限于此。例如,如图20所示,也可以将探测线圈221以不包围钢缆W的方式配置在从钢缆W离开规定距离的位置,使得探测沿着钢缆W的方向的磁场。另外,如图21所示,也可以使用由两个半圆筒形(马蹄形)的线圈部分20a(参照图21的(a))组合而成的圆筒型线圈20b(参照图21的(b))。此外,半圆筒型(马蹄形)的线圈即使在设置了钢缆W(端部被封住)的状态下也能够容易地装卸。

[0155] 另外,在上述第三实施方式中,示出了以包围钢缆W的方式配置有多个磁传感器元件23的例子,但本发明不限于此。例如,只要在能够探测钢缆W的磁场的位置处配置至少一个磁传感器元件23即可。另外,也可以配置多个磁传感器元件23,使得检测两个方向或三个方向。

[0156] 另外,在上述第一~第三实施方式中,示出了磁性体检查装置100(200、300、检查单元U)构成为能够沿着钢缆W移动的例子,但本发明不限于此。例如,磁性体检查装置100(200、300、检查单元U)也可以构成为不移动。在该情况下,磁性体检查装置100(200、300)在固定位置处探测经过内部或附近的钢缆W的磁场。

[0157] 另外,在上述第一~第三实施方式中,示出了以下例子:电子电路部3(302、303)构成为由探测线圈22(探测部2(202、203))输出的探测信号超过了规定的阈值Th(第一阈值Th1和第二阈值Th2)的情况下向外部输出信号,但本发明不限于此。例如,电子电路部3(302、303)也可以构成:对探测信号超过了阈值Th的次数N分别进行计数,并且在计数得到的次数N超过了规定的次数M的情况下,向外部输出表示计数得到的次数N超过了规定的次数M的信号。由此,电子电路部3(302、303)能够对超过了阈值Th的次数N进行计数,并基于损伤等的多少来判定钢缆W的劣化的状态。另外,也可以将电子电路部3(302、303)构成:通过将上次测定时超过了阈值Th的次数N与在本次测定时超过了阈值Th的次数N进行比较,来判定钢缆W的有无损伤等的状态的随时间的变化(例如劣化的进展速度)。另外,也可以将规定的阈值Th的数量设为一个或两个以外的多个(例如三个)。

[0158] 另外,在上述第一~第三实施方式中,示出了将磁性体检查装置100(200、300)用于移动式X射线摄影装置(巡诊车)900的例子,但本发明不限于此。在本发明中,也可以将磁性体检查装置100(200、300)用于图22的(a)所示的固定式的X射线照射装置(X射线摄影装置)901、图22的(b)所示的立式的X射线照射装置(X射线摄影装置)902以及图22的(c)所示的立式的X射线检测装置(X射线摄影装置)903。并且,也能够应用于利用了线缆的装置或基础设施,例如电梯、索道等移动用装置或吊桥/桥墩等线缆部分。并且,不仅能够应用于线缆,还能够应用于对电线杆、上下水道布管、煤气管、管线等多个磁性体的损伤进行测定的所有用途。此外,X射线照射部E11和X射线照射部E12均是包括X射线管等并照射X射线的部分,X射线检测部E23是包括FPD等的用于检测X射线的部分。另外,X射线照射部E11、X射线照射部E12以及X射线检测部E23分别被钢缆W牵引并支承。另外,磁性体检查装置100(200、300)构成能够沿着钢缆W移动。

[0159] 另外,在上述第一~第三实施方式中,作为磁性体的“损伤等”,主要以磁性体表面的损伤为检测对象进行了说明,但是断线(并非完全断线,如果是线缆则为线材的断线)、粗细的变化、腐蚀(锈)、开裂、磁导率的不均匀也包括在检测对象中。另外,检测对象不限于磁性体的表面,也可以是内部。除此以外,只要是磁性体的产生磁场或磁场的不均匀性的状态,就能够作为“磁性体的状态”来进行检测。

[0160] 另外,“磁性体的磁场或磁场的变化”除了包括从外部施加了磁场的情况下在被施加了磁场的磁性体的附近观测到的磁场或磁场的变化以外,还包括不从外部施加磁场的情况下从磁性体本身产生的磁场或磁场的变化。

[0161] 附图标记说明

[0162] 1:磁场施加部;1a:第一磁场施加部;1b:第二磁场施加部;2、202、203:探测部;3、302、303:电子电路部(判定部);14y:磁轭部(磁场施加部);21、21a、21b、21c、21d、21e、21f、21g、21h、210:激励线圈;22、22a、22b、22c、22d、22e、22f、22g、22h、22i、22j、22k、220、221:探测线圈;23:磁传感器元件;100、200、300:磁性体检查装置;900:移动式X射线摄影装置(X射线摄影装置);901:固定式X射线照射装置(X射线摄影装置);902:立式X射线照射装置(X射线摄影装置);903:立式X射线检测装置(X射线摄影装置);E1、E11、E12:X射线照射部;E2、E23:X射线检测部;M:规定的次数;Pf、Pf1、Pf2:磁极面;Th:规定的阈值;Th1:规定的第一阈值;Th2:规定的第二阈值;X方向:磁性体的延伸方向、长条件的延伸方向、长条件延伸的方向;W:钢缆(磁性体、长条件、线缆)。

第一实施方式

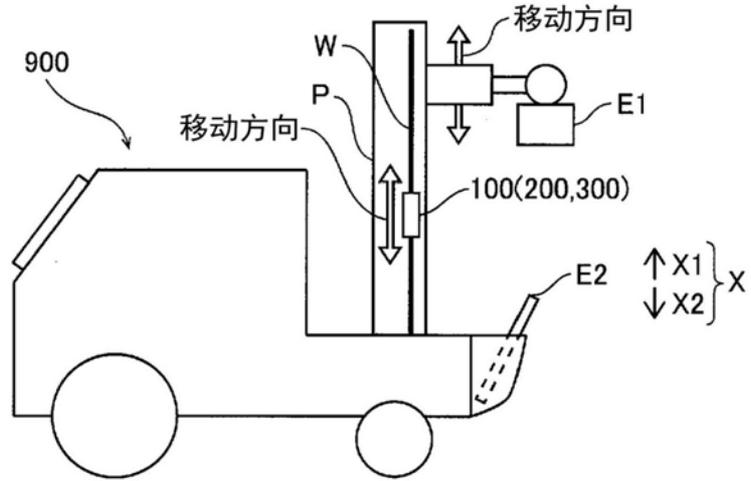


图1

第一实施方式

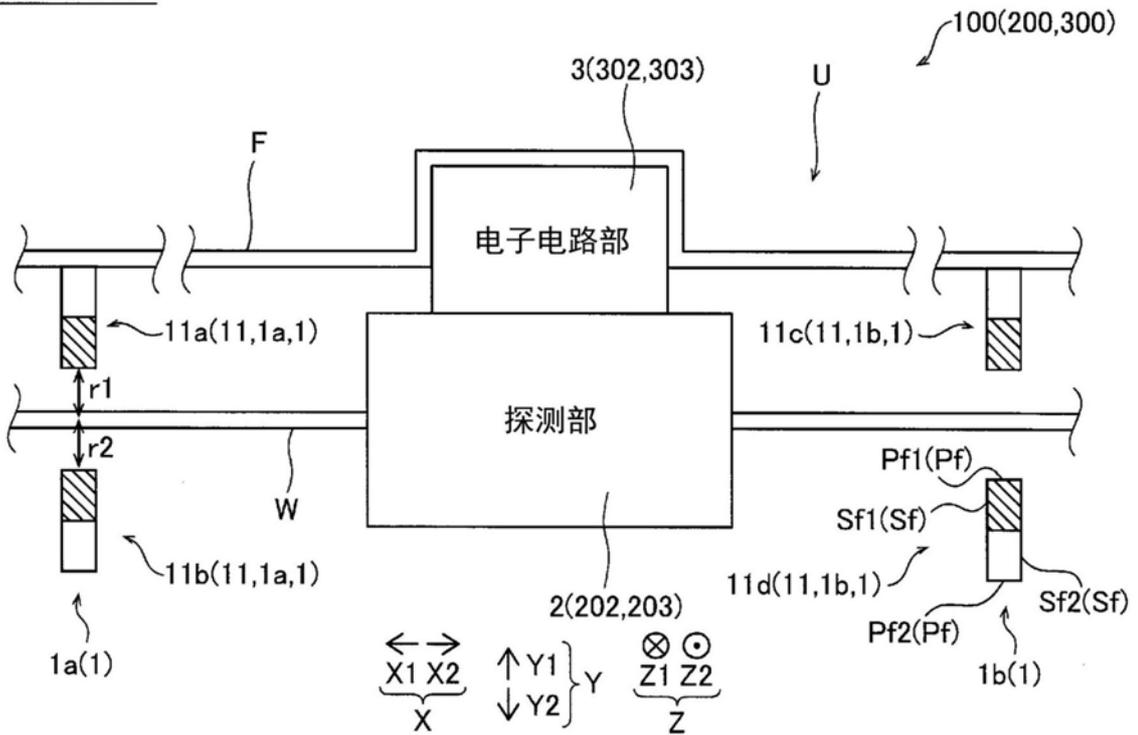


图2

第一实施方式

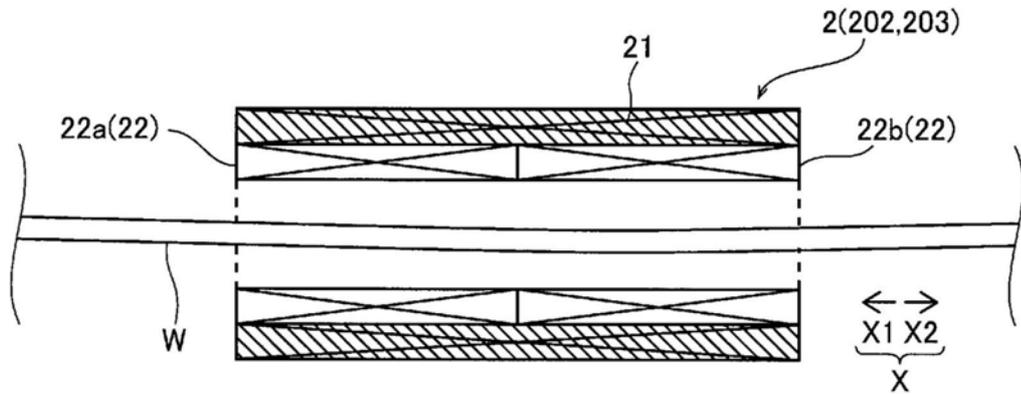


图3

第一实施方式

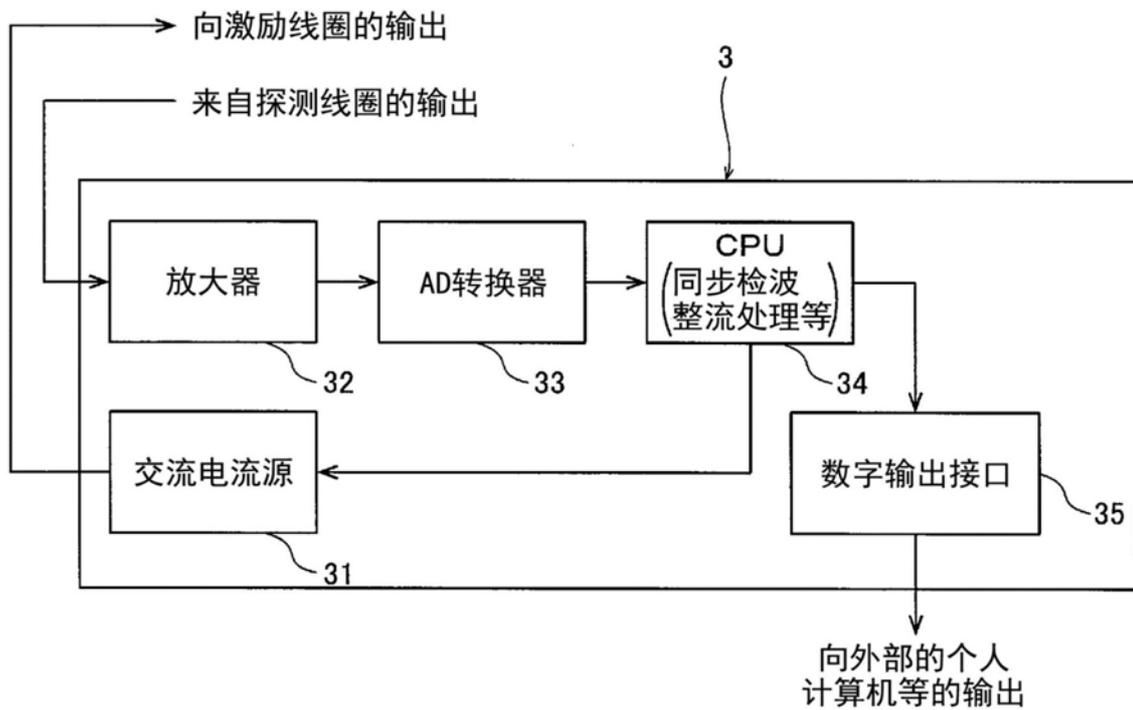


图4

第一实施方式

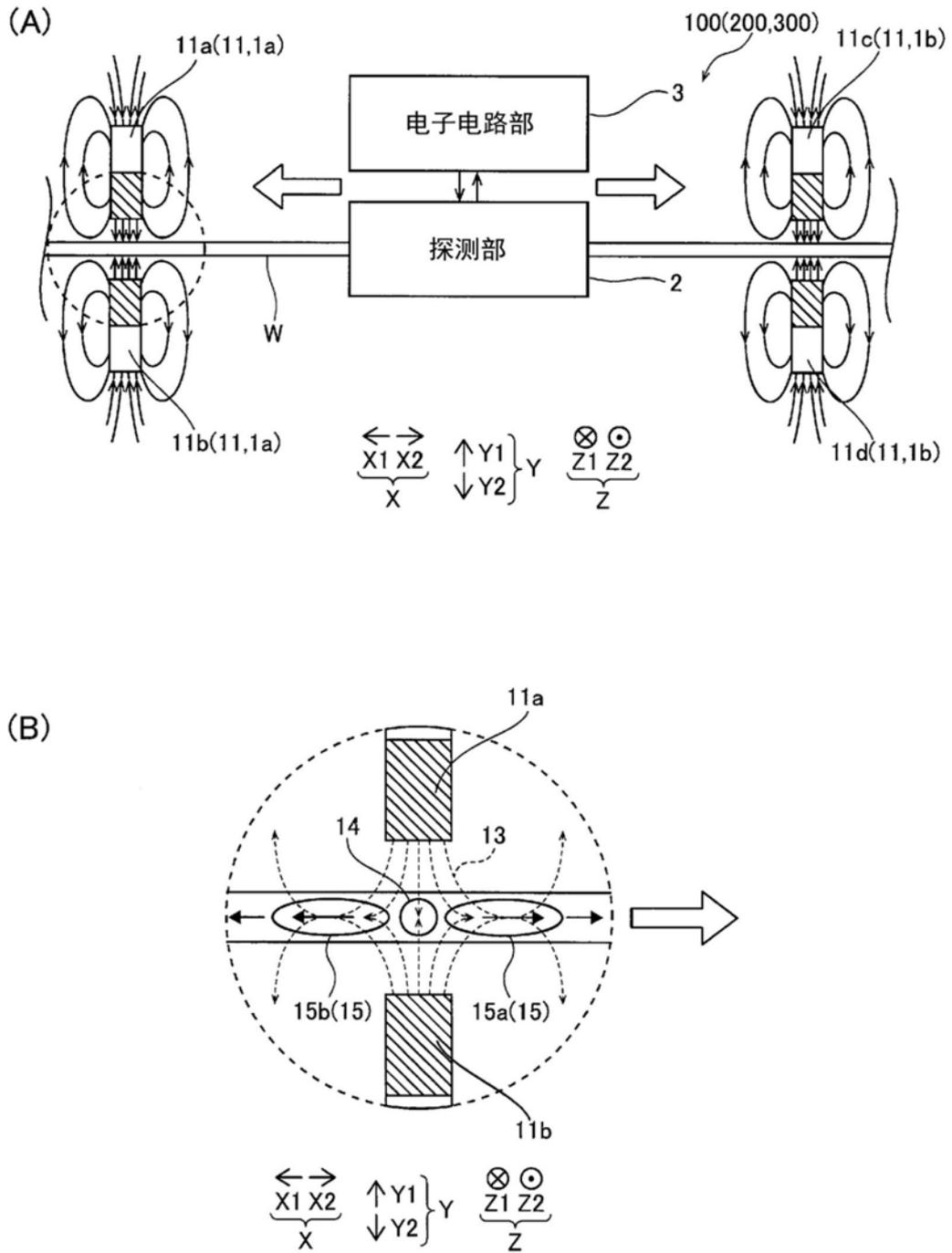


图5

第一实施方式

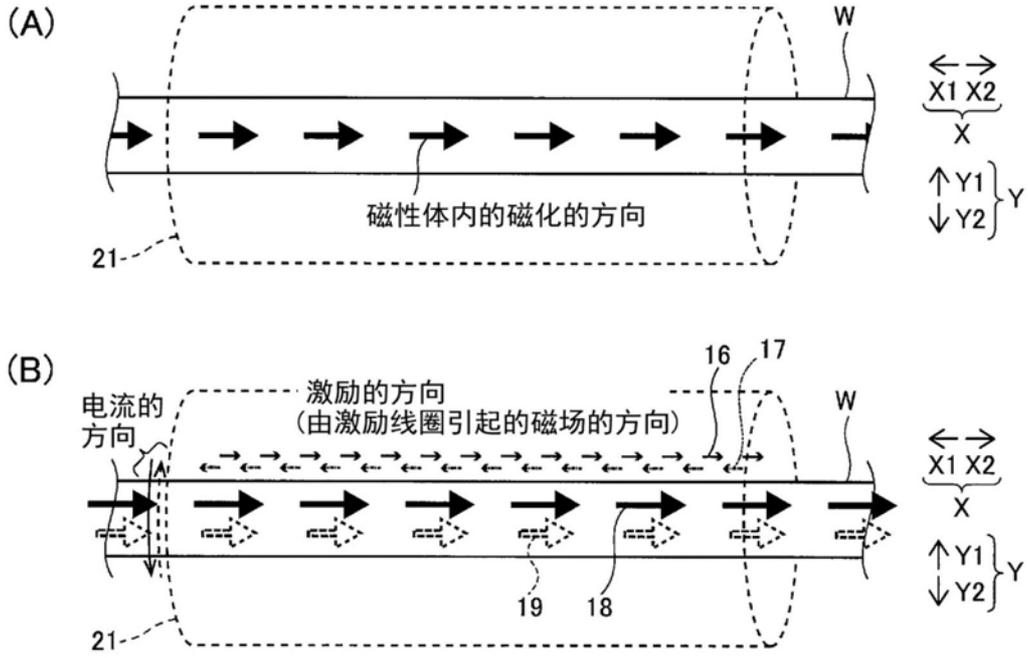


图6

第一实施方式

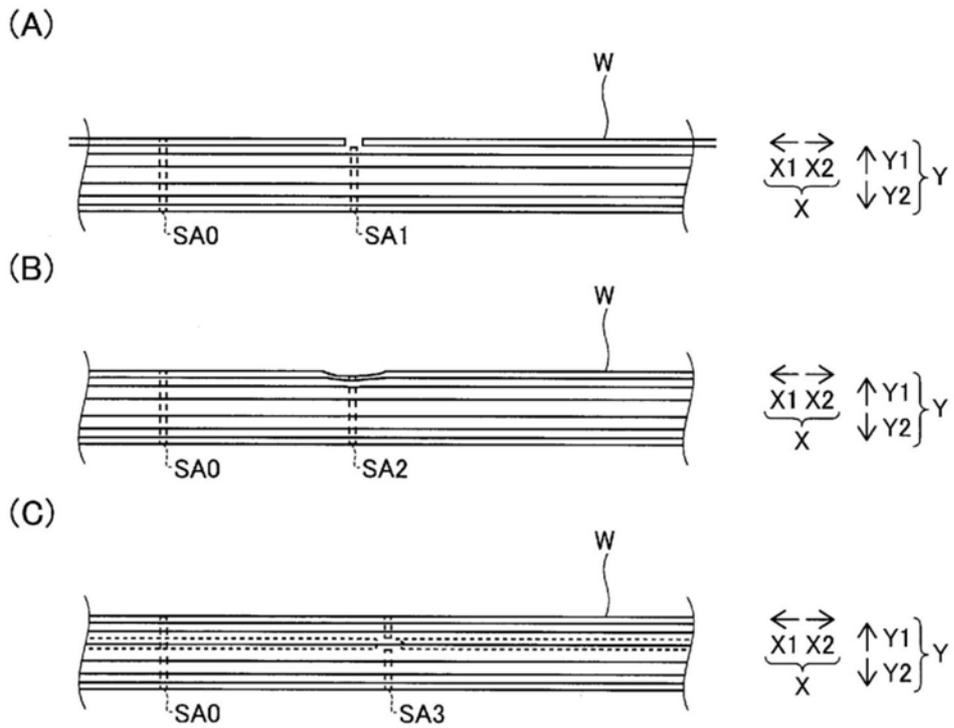


图7

第一比较例

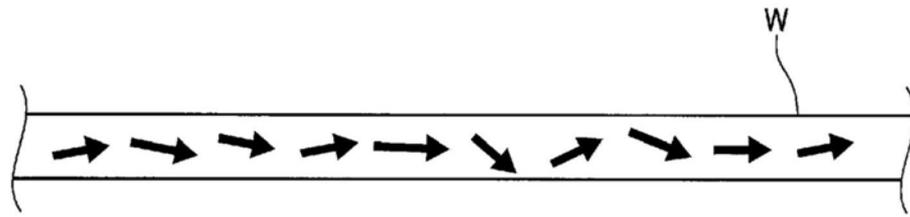
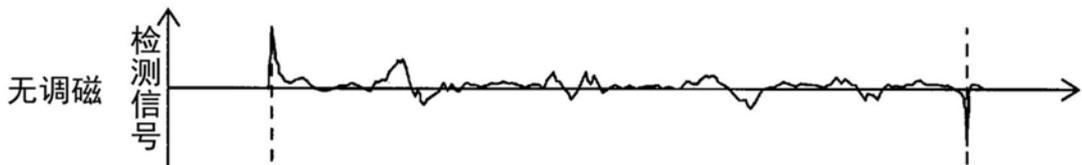


图8

(A) 第一比较例



(B) 第一实施方式

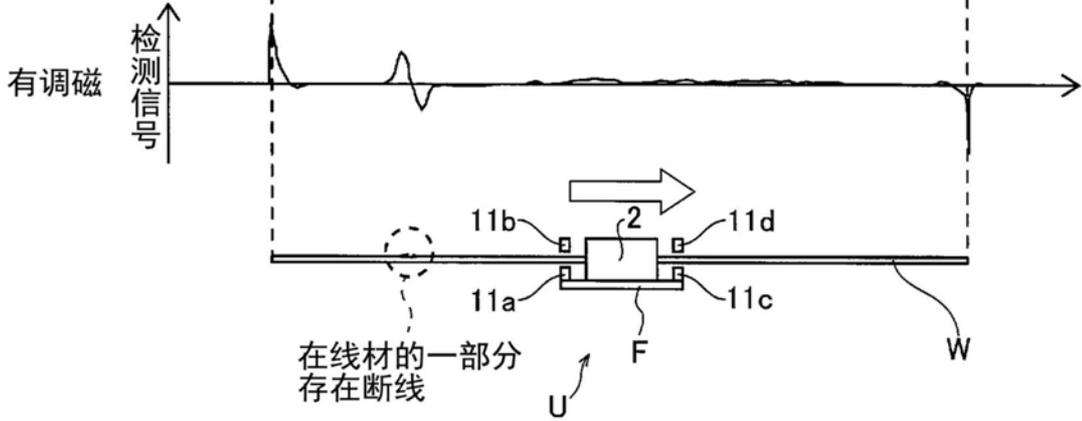


图9

第一实施方式

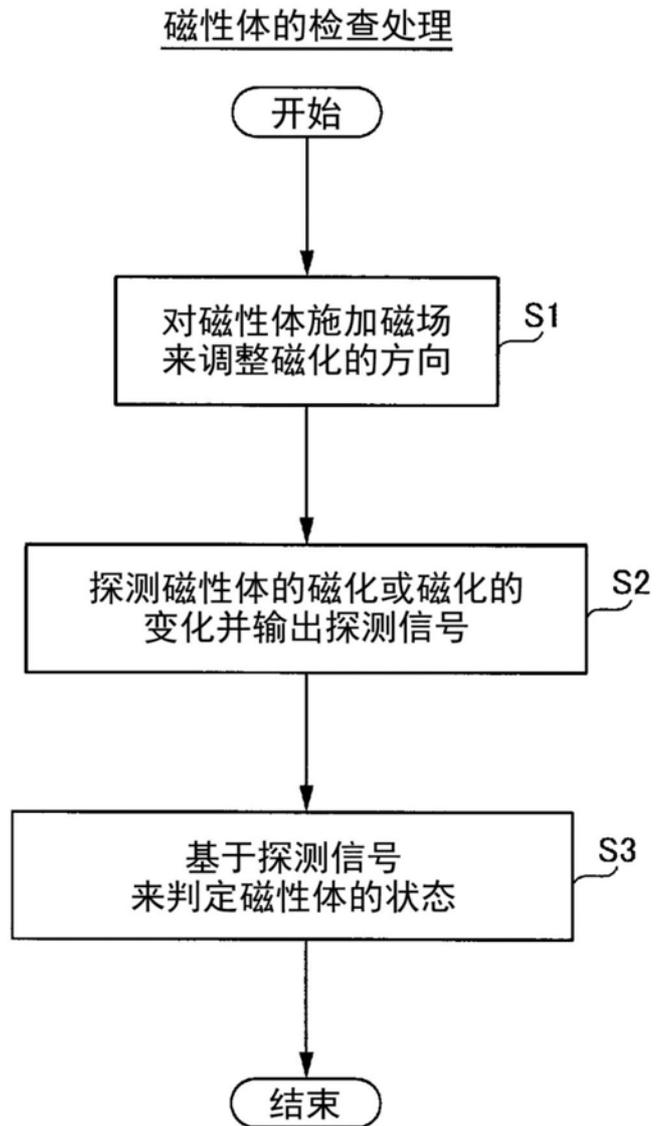


图10

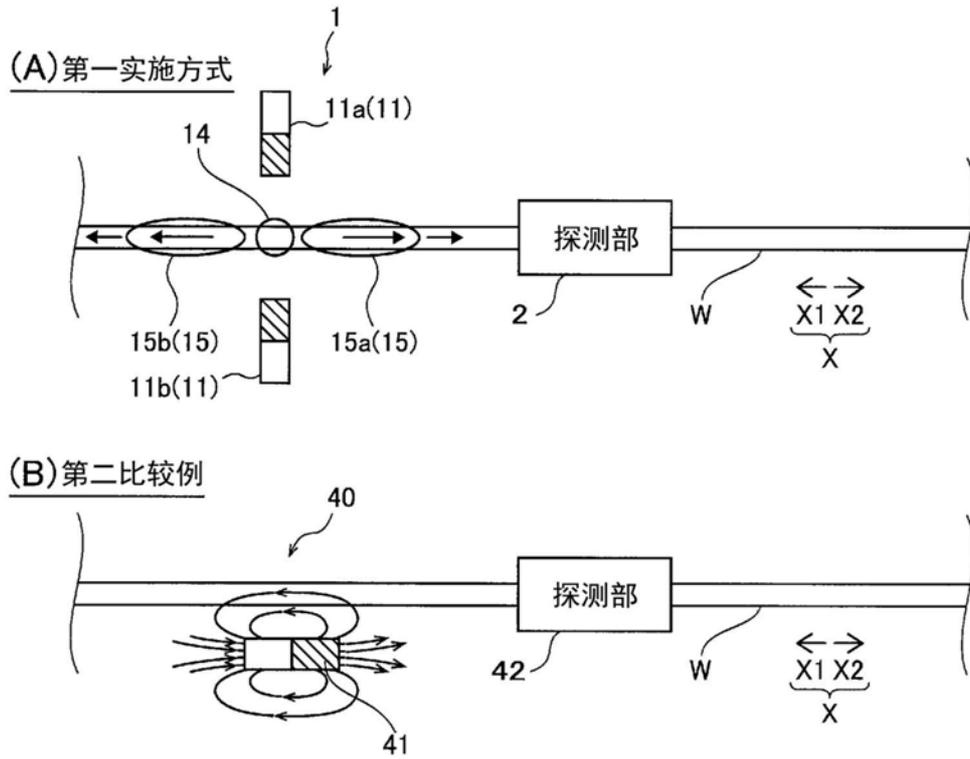


图11

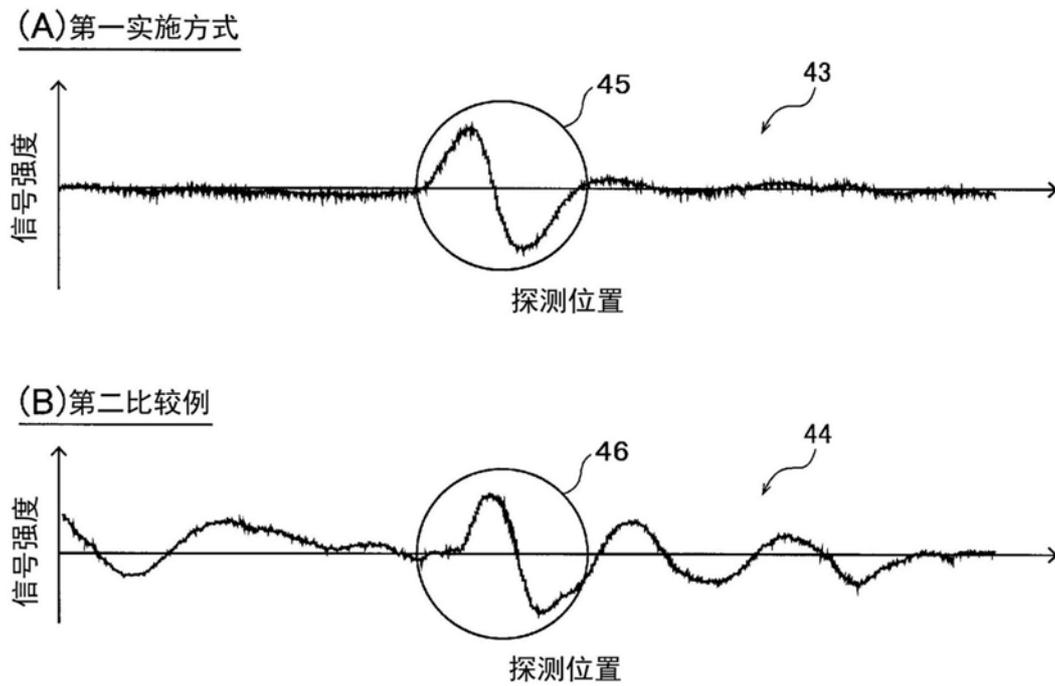


图12

第二实施方式

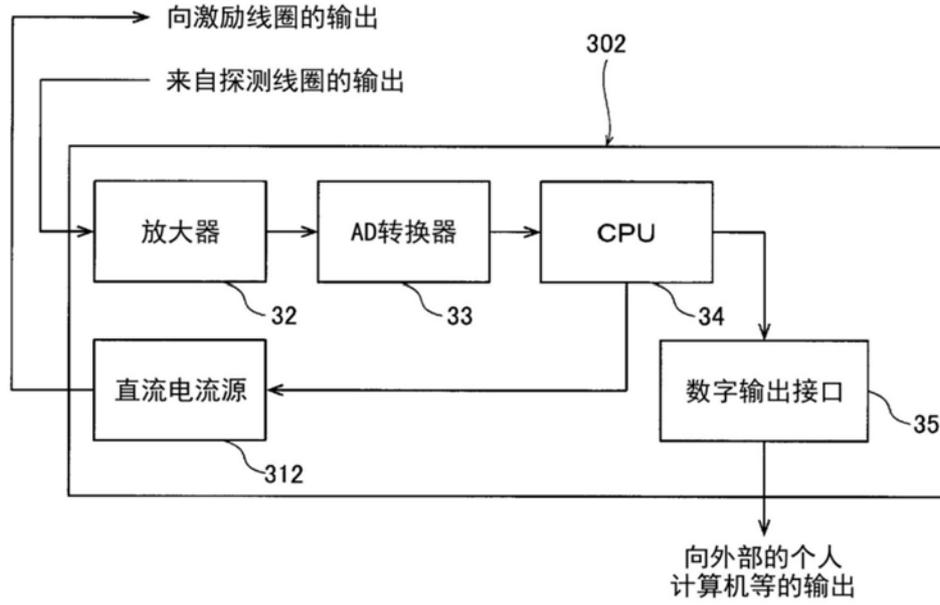


图13

第三实施方式

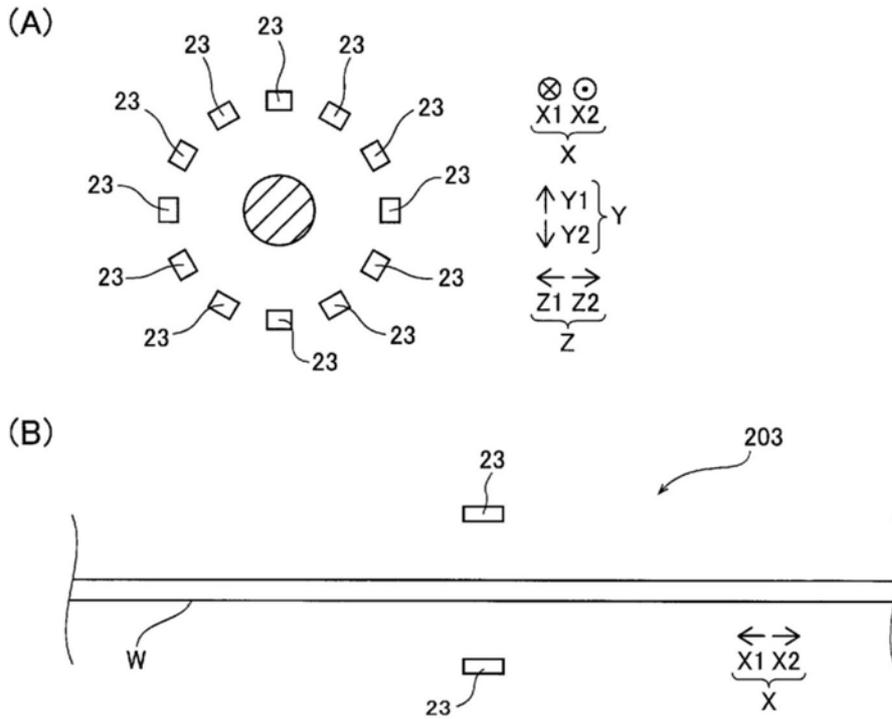


图14

第三实施方式

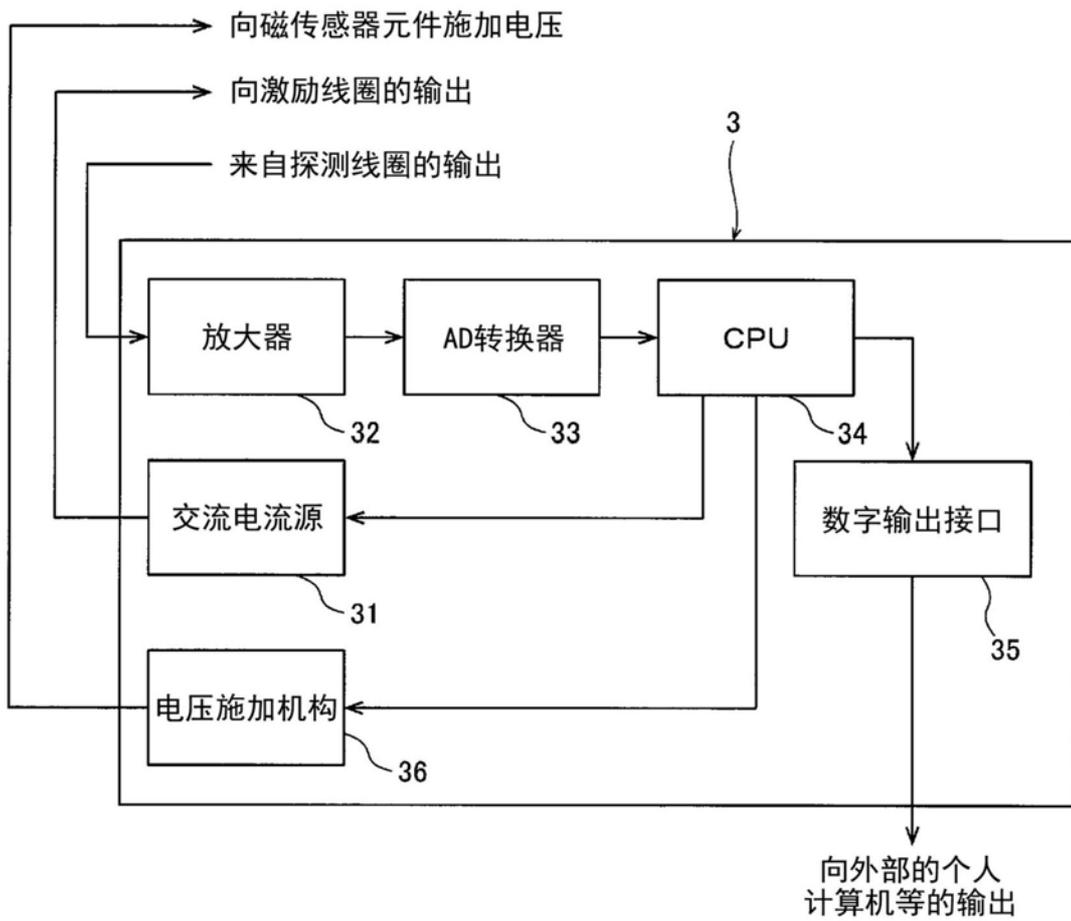


图15

第一变形例

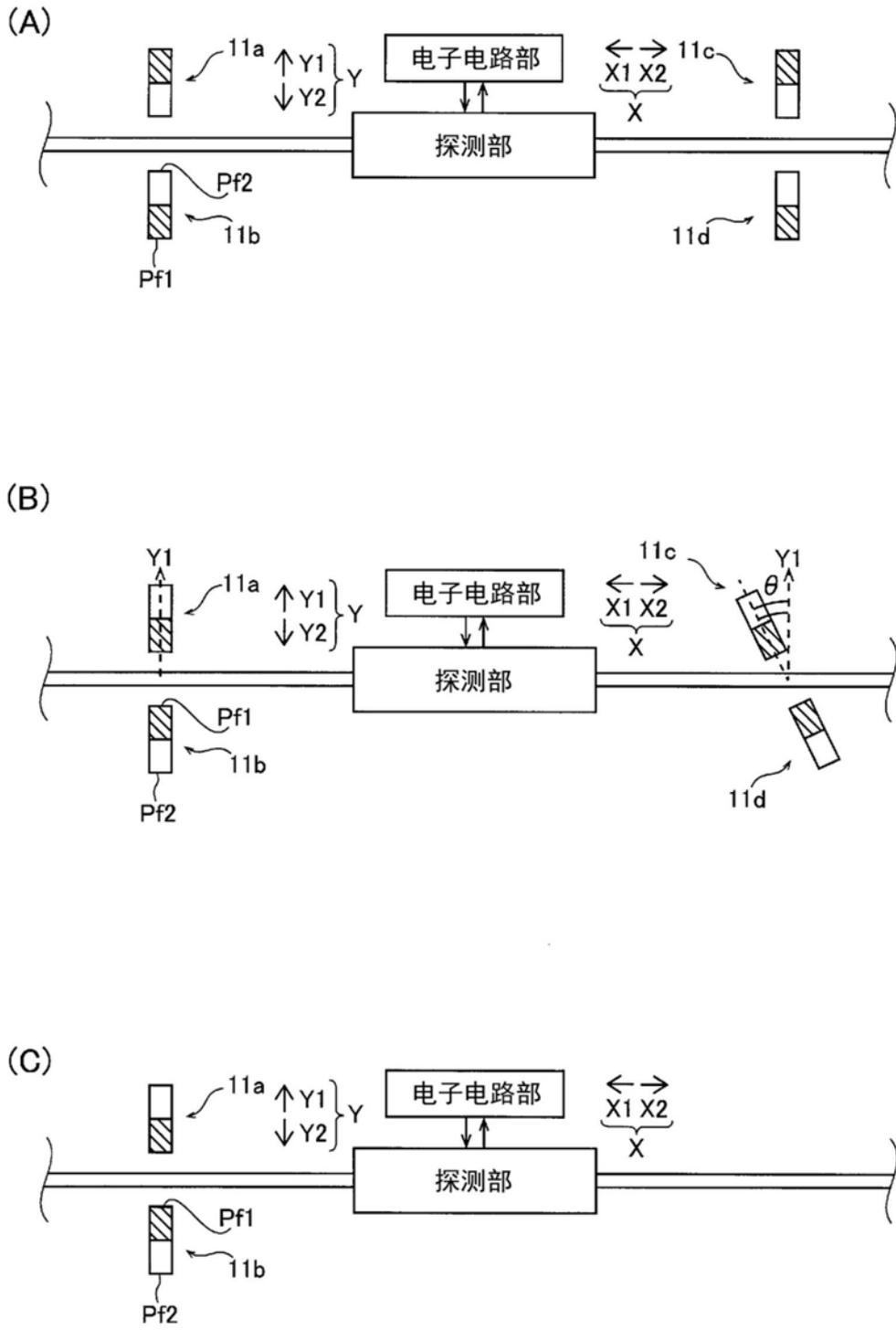


图16

第二变形例

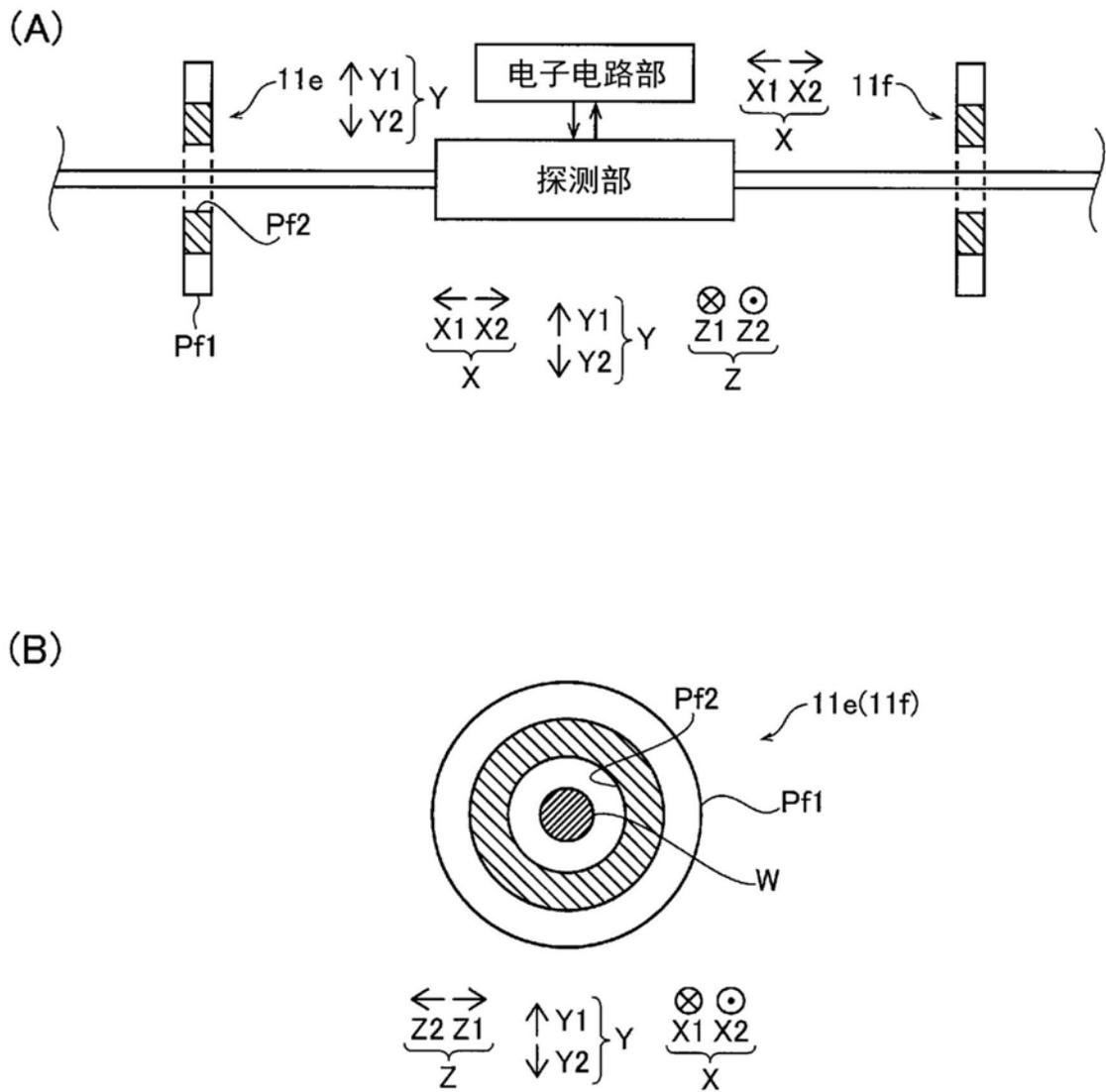


图17

第三变形例

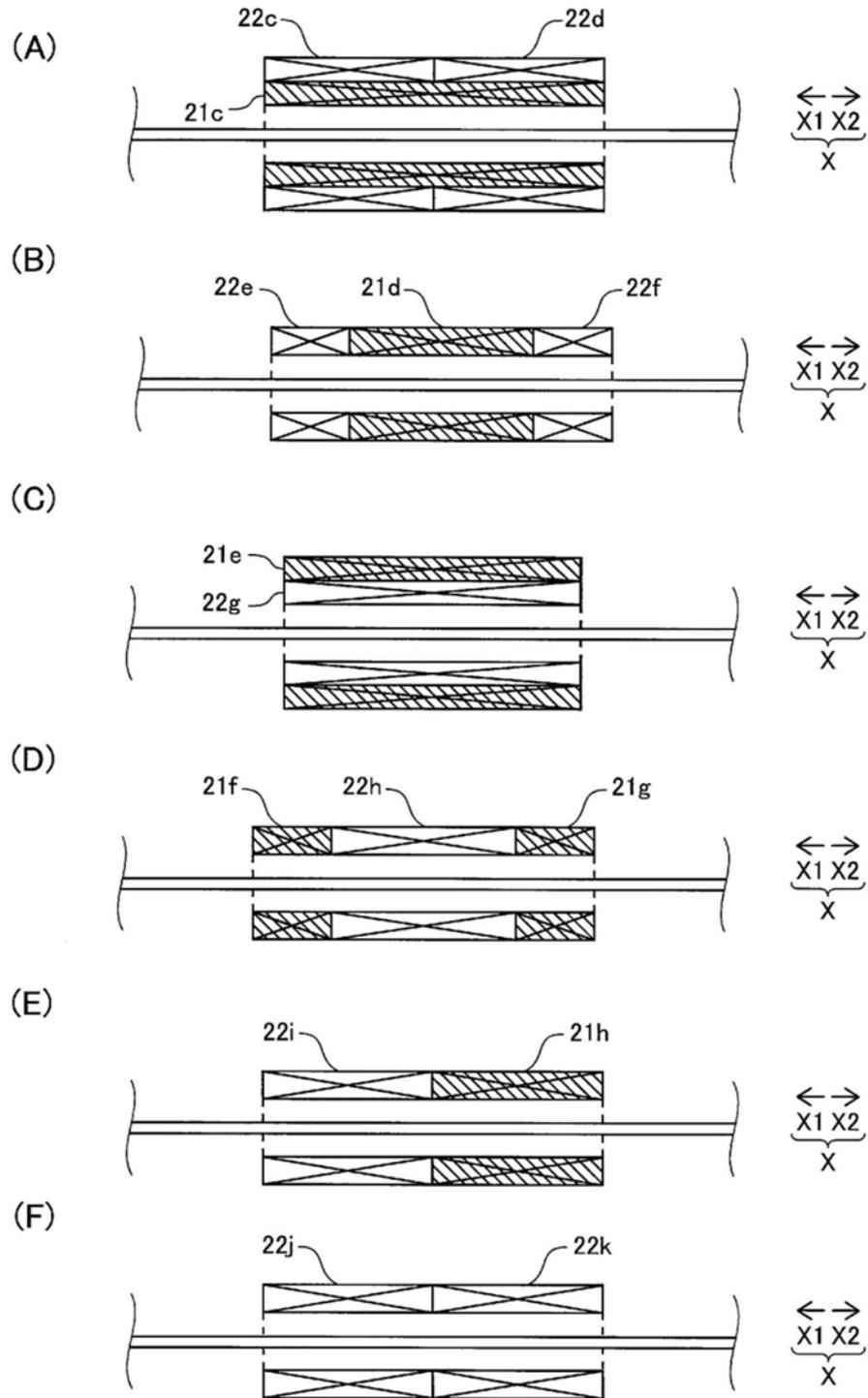


图18

第四变形例

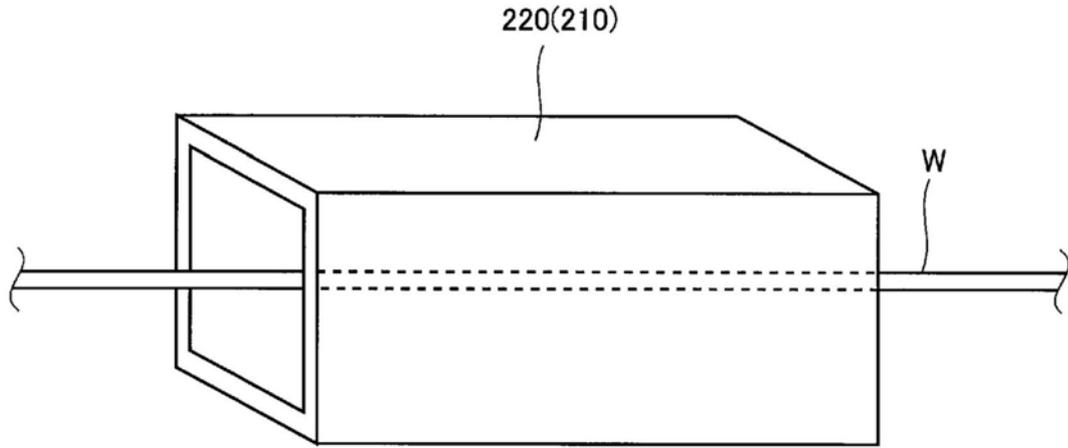


图19

第五变形例

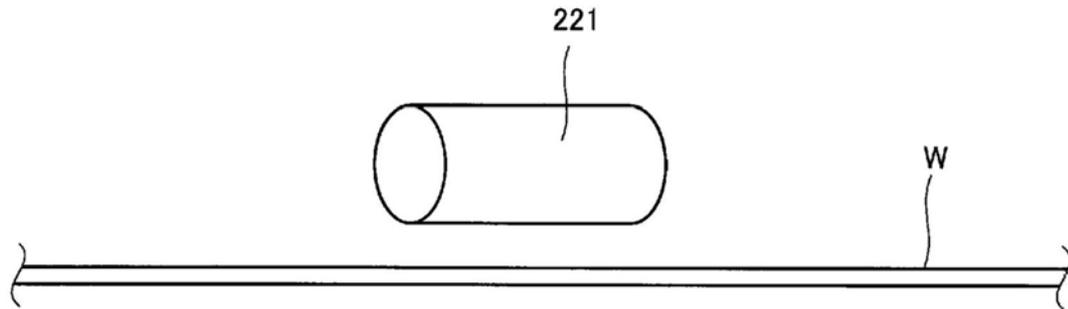
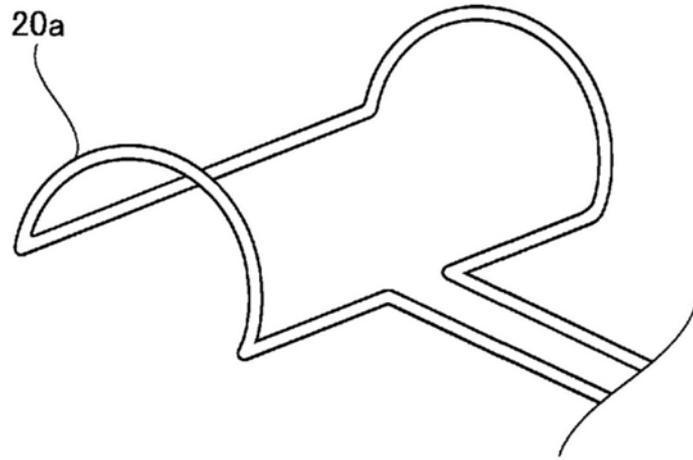


图20

第六变形例

(A)



(B)

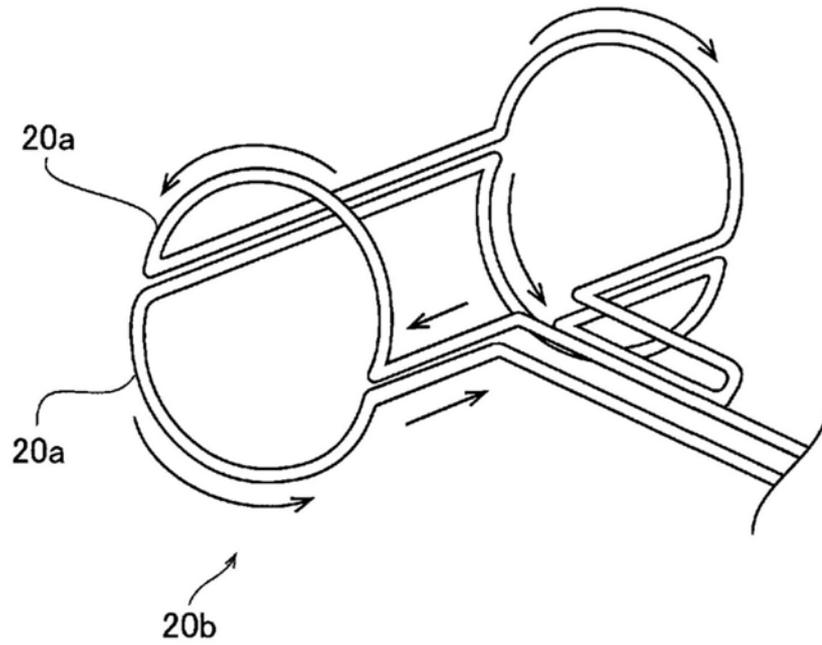


图21

第七变形例

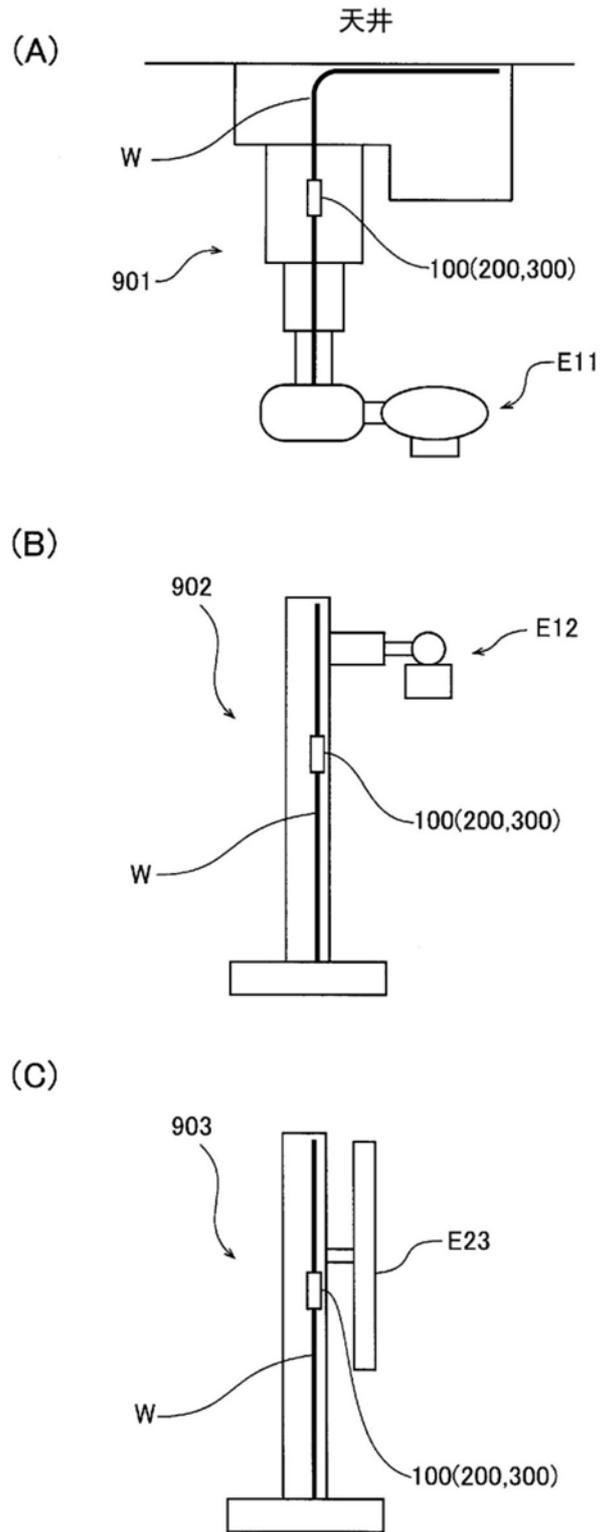


图22