



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115703192 A

(43) 申请公布日 2023.02.17

(21) 申请号 202210967981.1

(22) 申请日 2022.08.12

(30) 优先权数据

21191259.7 2021.08.13 EP

(71) 申请人 基斯特勒控股公司

地址 瑞士温特图尔

(72) 发明人 C·戈伯 G·凯策尔

(74) 专利代理机构 隆天知识产权代理有限公司

72003

专利代理师 谢强

(51) Int.Cl.

B23Q 17/09 (2006.01)

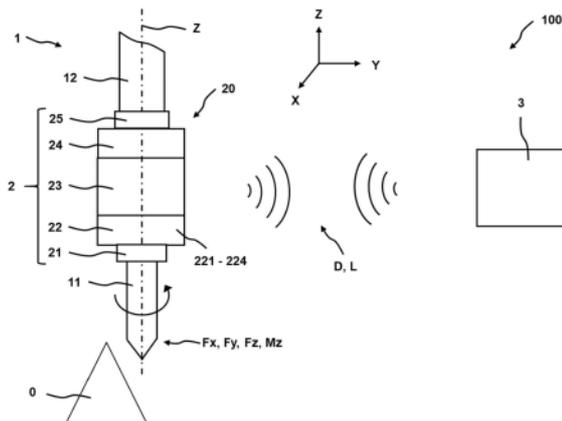
权利要求书2页 说明书12页 附图3页

## (54) 发明名称

用于加工工件和在加工工件时测量和评估力和转矩的系统

## (57) 摘要

一种用于工件(0)的切削加工和用于在切削加工工件时测量和评估力和转矩的系统(100);系统具有用于利用工具(11)切削加工工件的机床(1)、用于在切削加工工件时测量力和转矩的装置(2)和用于评估装置的测量值数据(MD)的评估单元(3);装置安装在机床中并且在用工具进行切削加工时围绕转动轴线(Z)转动;评估单元是位置固定的;装置具有测量单元(22),其根据在切削加工时作用的力和转矩的组成类型( $F_x, F_y, F_z, M_z$ )生成测量值(P);装置具有控制单元(23),其将测量值(P)作为测量值数据(MD)无线地直接传输到评估单元;测量值数据的无线传输以0.1mW至10mW范围内的发送功率(L)进行。



1. 一种用于工件(0)的切削加工和用于在切削加工所述工件(0)的过程中测量和评估力和转矩的系统(100);所述系统(100)具有用于利用工具(11)切削加工所述工件(0)的机床(1)、用于在切削加工所述工件(0)过程中测量力和转矩的装置(2)、和用于评估所述装置(2)的测量值数据(MD)的评估单元(3);所述装置(2)安装在所述机床(1)中并且在用所述工具(11)进行切削加工时围绕转动轴线(Z)转动;所述评估单元(3)是位置固定的;所述装置(2)具有测量单元(22),所述测量单元(22)根据在切削加工期间作用的力和转矩的组成类型( $F_x, F_y, F_z, M_z$ )生成测量值(P);所述装置(2)具有控制单元(23),所述控制单元(23)将所述测量值(P)作为测量值数据(MD)无线地直接传输到所述评估单元(3);其特征在于,所述测量值数据(MD)的无线传输以0.1mW至10mW范围内的发送功率(L)进行。

2. 根据权利要求1所述的系统(100),其特征在于,所述测量值数据(KD)是具有16位分辨率的二进制数字序列。

3. 根据权利要求1或2所述的系统(100),其特征在于,所述测量值数据(MD)的无线传输以可选的1M bit/sec或2M bit/sec的数据传输速率(DR)进行;并且所述评估单元(3)选择一数据传输速率(DR),所述测量值数据(MD)的无线传输以所选择的数据传输速率(DR)进行。

4. 根据权利要求3所述的系统(100),其特征在于,所述评估单元(3)将具有所选择的数据传输速率(DR)的信息的连接数据(VD)无线地传输到所述控制单元(23);并且所述控制单元(23)以所选择的数据传输速率(DR)将所述测量值数据(MD)无线地传输到所述评估单元(3)。

5. 根据权利要求1至4中任一项所述的系统(100),其特征在于,所述评估单元(3)具有评估发送/接收单元(31),所述评估发送/接收单元(31)具有天线并通过所述天线从所述控制单元(23)接收作为电磁波的测量值数据(MD);所述评估发送/接收单元(31)被布置在独立的壳体(310)中;并且所述壳体(310)为了所述测量值数据(MD)的无线传输而能够在空间上相对于所述控制单元(23)定向。

6. 根据权利要求1至5中任一项所述的系统(100),其特征在于,所述评估单元(3)具有临时数据存储器(36);所述评估单元(3)将由所述控制单元(23)无线传输的测量值数据(MD)存储在所述临时数据存储器(36)中;并且,所述评估单元(3)选择性地以缓冲模式(BM)或以流模式(SM)读取所述临时数据存储器(36)。

7. 根据权利要求1至6中任一项所述的系统(100),其特征在于,所述控制单元(23)在其将所述测量值数据(MD)无线地传输到所述评估单元(3)之前压缩所述测量值数据;并且所述评估单元(3)对无线传输的测量值数据(MD)进行解压缩。

8. 根据权利要求7所述的系统(100),其特征在于,所述控制单元(23)在压缩所述测量值数据(MD)时去除所述测量值数据(MD)中的冗余信息;并且所述评估单元(3)在解压缩时将去除的冗余信息重新添加到所述测量值数据(MD)中。

9. 根据权利要求1至8中任一项所述的系统(100),其特征在于,所述控制单元(23)将所述测量值数据(MD)无线地传输到所述评估单元(3),而不对所述测量值数据进行校准;在所述评估单元(3)中存储有校准数据(AD),所述校准数据(AD)校正所述测量值(P)的线性误差;并且所述评估单元(3)利用所述校准数据(AD)校准被无线传输的测量值数据(MD)。

10. 根据权利要求9所述的系统(100),其特征在于,所述测量单元(22)在多个测量信道

(K1-K4) 中生成所述测量值 (P) ; 所述校准数据 (AD) 特定于相应的测量信道 (K1-K4) ; 所述控制单元 (23) 生成测量信道数据 (KD) , 所述测量信道数据明确地标示所述测量单元 (22) 已生成所述测量值 (K) 的测量信道 (K1-K4) ; 所述控制单元 (23) 将所述测量信道数据 (KD) 无线地传输到所述评估单元 (3) ; 所述评估单元 (3) 将所述校准数据 (AD) 分配给所述测量值数据 (MD) 和所述测量信道数据 (KD) ; 并且所述评估单元 (3) 利用相关的校准数据 (AD) 专门针对每个测量信道 (K1-K4) 校准所述测量值数据 (MD) 。

11. 根据权利要求10所述的系统 (100) , 其特征在于, 所述评估单元 (3) 在利用相关的校准数据 (AD) 对所述测量值数据 (MD) 进行校准时, 专门针对每个测量信道 (K1-K4) 执行单个测量值数据 (MD) 与单个校准数据 (AD) 的相乘。

12. 根据权利要求1至11中任一项所述的系统 (100) , 其特征在于, 所述测量单元 (22) 生成测量值 (P) 的测量信道 (K1-K4) 的数量是可调整的; 所述测量单元 (22) 生成测量值 (P) 的力和转矩的组成类型 ( $F_x, F_y, F_z, M_y$ ) 是可调整的; 并且对所述测量信道 (K1-K4) 的数量以及力和转矩的组成类型 ( $F_x, F_y, F_z, M_z$ ) 的调整通过所述评估单元 (3) 进行。

13. 根据权利要求12所述的系统 (100) , 其特征在于, 为了调整所述测量信道 (K1-K4) 的数量和力和转矩的所述组成类型 ( $F_x, F_y, F_z, M_z$ ) , 所述评估单元 (3) 生成控制数据 (SD) , 该控制数据具有待调整的测量信道 (K1-K4) 和待调整的力和转矩的组成类型 ( $F_x, F_y, F_z, M_z$ ) 的信息; 所述评估单元 (3) 将该具有待调整的力和转矩的组成类型 ( $F_x, F_y, F_z, M_z$ ) 的待调整的测量信道 (K1-K4) 的信息的控制数据 (SD) 无线地传输到所述控制单元 (23) ; 并且所述控制单元 (23) 根据该待调整的力和转矩的组成类型 ( $F_x, F_y, F_z, M_z$ ) 的待调整的测量信道 (K1-K4) 的信息来运行所述装置 (2) 。

14. 根据权利要求1至13中任一项所述的系统 (100) , 其特征在于, 所述控制单元 (23) 将所述测量值 (P) 转换为测量范围 (B) 的放大的测量值 (V) ; 所述放大的测量值 (V) 所在的测量范围 (B) 是可调整的; 所述评估单元 (3) 生成具有待调整的测量范围 (B) 的信息的控制数据 (SD) ; 所述评估单元 (3) 将具有待调整的测量范围 (B) 的信息的控制数据 (SD) 无线地传输到所述检测装置 (23) ; 并且所述检测装置 (3) 对所述待调整的测量范围 (B) 进行调整, 并将所述测量值 (P) 转换到调整后的测量范围 (B) 。

15. 根据权利要求14所述的系统 (100) , 其特征在于, 所述控制单元 (23) 生成测量范围数据 (BD) , 所述测量范围数据明确地标示所述放大的测量值 (V) 所在的测量范围 (B) ; 所述控制单元 (23) 将所述放大的测量值 (V) 作为测量值数据 (MD) 以及将所述测量范围数据 (BD) 无线地传输到所述评估单元 (3) ; 所述评估单元 (3) 检查, 所述放大的测量值 (V) 是否位于所述测量范围 (B) 的预定义的边界值 (GW1, GW2) 的内部; 如果所述放大的测量值 (V) 没有位于所述测量范围 (B) 的预定义的边界值 (GW1, GW2) 的内部, 则所述评估单元 (3) 调整另一个测量范围 (B) , 在该另一个测量范围中, 所述放大的测量值 (V) 位于所述测量范围 (B) 的预定义的边界值 (GW1, GW2) 的内部; 所述评估单元 (3) 生成具有所述待调整的测量范围 (B) 的信息的控制数据 (SD) ; 所述评估单元 (3) 将具有所述待调整的测量范围 (B) 的信息的控制数据 (SD) 无线地传输到所述检测装置 (23) ; 并且, 所述检测装置 (3) 调整所述待调整的测量范围 (B) 并将所述测量值 (P) 转换到调整后的测量范围 (B) 。

## 用于加工工件和在加工工件时测量和评估力和转矩的系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于工件的切削加工以及用于在切削加工工件时测量和评估力和转矩的系统。

### 背景技术

[0002] 为了切削加工工件,通常使用具有主轴、工具保持件和工具的机床。工具紧固在工具保持件中,工具保持件紧固在主轴上。主轴使工具保持件和工具围绕转动轴线转动。在此,转动的工具侵入到工件中并使材料以切屑的形式与工件机械地分开。由此使工件获得限定的形状。切削加工包括车削、钻孔、铣削等。

[0003] 为了监控切削加工质量,需要测量和评估由转动的工具施加到工件上的力和转矩。要尽可能地靠近转动工具布置一装置,以便精确地测量力和转矩,。

[0004] 申请人销售这种装置,其是根据数据表9170A\_000-995d-08.19的9170A型4分量测力计。这种9170A型4分量测力计具有转子单元、定子单元和连接电缆。转子单元代替工具保持件安装在机床中。为此,工具通过工具适配器紧固在转子单元上,转子单元通过主轴适配器紧固在主轴上。因此,转子单元在用工具进行切削加工期间转动并测量沿着三个彼此垂直的轴线的三个力组成类型和围绕转动轴线的转矩的组成类型。转子单元针对所测得的力和转矩分量生成测量值数据。定子单元被位置固定地、通过几毫米宽的气隙间隔地靠近转子单元布置。定子单元通过气隙向转子单元无线地供应电能。转子单元通过气隙将测量值数据无线传输到定子单元。连接电缆将测量值数据从定子单元传输到同样位置固定的远程评估单元。该评估单元评估测量值数据。机床、装置和评估单元形成一系统。

[0005] 9170A型4分量测力计在其自己的测量信道中测量各种力和转矩的组成类型。为此,9170A型4分量测力计使用压电传感器,压电传感器在力和转矩的组成类型的作用下生成电极化电荷形式的测量值。压电传感器能够实现高采样率。9170A型4分量测力计以22.2kHz的采样率测量每个测量信道的力和转矩的组成类型。采样率表示测量值的时间精度。转子单元将测量值数字化为测量值数据。测量值数据具有12位的分辨率。分辨率提供了测量数据的准确度(Detailgenauigkeit)。

[0006] 然而,现在有客户要求以更高的精度测量力和转矩的系统。这样就可以在高转速下以转子单元每转至少一个测量值的方式更详细地测量力和转矩,这使得能够实时地做出关于工具状态的更精确描述,例如磨损、力和转矩的变化等。

[0007] 还有客户要求一种具有不带定子单元和连接电缆的装置的系统。这是因为机床处的空间条件是狭窄的,尤其是在小工具和小工具直径的情况下,这使得将定子单元靠近转子单元布置变得困难甚或是不可能的。并且必须在机床的车间中小心地铺设连接电缆,以防止其受损从而导致系统故障。然而,将定子单元靠近转子单元布置以及在车间中铺设连接电缆会增加系统的安装时间并且使工件的切削加工成本更高。

[0008] 最后,有客户要求提供一种系统,该系统应具有至少8小时的不间断运行时间,以便能够成本低廉的切削加工工件。在至少8小时的运行时间内,所述装置应该能够在至少4

小时的测量时间内测量力和转矩,而无需中断系统运行来传输测量值数据或者为装置供应电能。

### 发明内容

[0009] 本发明的第一个目的在于,提供一种用于工件的切削加工和用于在切削加工工件时测量和评估力和转矩的系统,该系统能够高精度地测量力和转矩。

[0010] 本发明的第二个目的在于,提供一种用于工件的切削加工和用于在切削加工工件时测量和评估力和转矩的系统,该系统不需要定子单元和连接电缆。

[0011] 本发明的第三个目的在于,提供一种用于切削加工工件的系统,该系统能够实现至少8小时的不间断运行时间。

[0012] 本发明的至少一个目的通过本发明的技术方案来实现。

[0013] 本发明涉及一种用于工件的切削加工和用于在切削加工工件时测量和评估力和转矩的系统;该系统具有用于利用工具切削加工工件的机床、用于在切削加工工件时测量力和转矩的装置、和用于对装置的测量值数据进行评估的评估单元;所述装置安装在机床中并且在切削加工过程中与工具一起围绕转动轴线转动;所述评估单元是位置固定的;所述装置具有测量单元,该测量单元根据在切削加工过程中作用的力和转矩的组成类型生成测量值;所述装置具有控制单元,该控制单元将测量值作为测量值数据直接无线传输到评估单元;其中,对测量值数据的无线传输以0.1mW至10mW范围内的发送功率(Sendeleistung)进行。

[0014] 根据本发明的第一方面,所述装置不具有定子单元,并且在转子单元与评估单元之间的测量链中也不再具有连接电缆,如在9170A型4分量测力计中那样。相反,所述装置是将测量值数据直接无线传输到评估单元。因此,测量链被大大地缩短。但是,由于去除了定子单元,因此也不再能够为装置提供无线能量供应。因此,与9170A型4分量测力计相比,根据本发明另一方面的装置的发送功率显著降低了一个数量级以上。由此使得装置运行时的能量消耗降低一个数量级以上。因此,装置只需要一个小外部尺寸和重量轻的储能器,就能够使系统不间断地运行至少8小时。

[0015] 在一种优选的实施方式中,测量值数据是具有16位分辨率的二进制数字序列。

[0016] 与9170A型4分量测力计中的12位的测量值分辨率相比,16位的测量值分辨率明显更加详细准确。4位的差异对应于因数24或16。

[0017] 在另一种优选的实施方式中,测量值数据的无线传输以可选的1M bit/sec或2M bit/sec的数据传输速率进行,其中,由评估单元来选择用以进行测量值数据的无线传输的数据传输速率。

[0018] 2M bit/sec的高数据传输速率并不总是必要的,1M bit/sec的低数据传输速率通常就足够了。在无限传输大量测量值数据的情况下,高数据传输速率是必要的。然而,与低数据传输速率相比,高数据传输速率会导致装置消耗至少10%以上的能量。因此,评估单元确定是否确实需要高数据传输速率,从而使装置的能耗保持在较低水平。

[0019] 在另一种优选的实施方式中,评估单元具有评估发送/接收单元,该评估发送/接收单元具有天线并且通过该天线从控制单元接收作为电磁波的测量值数据;其中,评估发送/接收单元被布置在独立的壳体中;并且其中,为了测量值数据的无线传输,壳体能够相

对于控制单元在空间上定向。

[0020] 由于评估发送/接收单元是布置在独立的壳体中,该壳体与评估单元分开,因此评估发送/接收单元的天线可以相对于控制单元的天线简单、快速地在空间上定向。由此,测量值数据的无线传输是利用尽可能最佳定向的天线进行,因此发送功率低,这使得装置保持较低的能耗,并且还使得测量值数据的无线传输质量很高,这反过来又提高了力和转矩的测量精度。

[0021] 在另一种优选的实施方式中,评估单元具有临时数据存储器;其中,评估单元将由控制单元无线传输的测量值数据存储在该临时数据存储器中;并且,评估单元可选地以缓冲模式或以流模式读取临时数据存储器。

[0022] 在缓冲模式下,评估单元以无线传输的测量值数据暂时填充临时工作存储器,并根据先进先出原则读取该临时工作存储器。在填充期间,控制单元具有这样的可能性,即,重复传输非无线传输的测量值数据,由此提高了根据先进先出原则读取的测量值数据完整的(vollständig)概率。显然,与不完整传输的测量值数据相比,被完整传输的测量值数据在评估时提供更高的精度。然而,如果在评估时测量值数据的完整性只是次要的,而实时评估更重要,则评估单元在流模式下实时读取临时工作存储器。

[0023] 在又一种更优选的实施方式中,控制单元在将测量值数据无线传输到评估单元之前压缩测量值数据;并且其中,评估单元对无线传输的测量值数据进行解压缩。

[0024] 通过压缩减少了测量值数据的量,使得减少的测量值数据量被无线传输到评估单元。减少的测量值数据量所需要的数据传输速率低,因此使装置的能耗保持在较低水平。

[0025] 在又一种更优选的实施方式中,控制单元将测量值数据无线传输到评估单元,而不对其进行校准;其中,在评估单元中存储有校准数据;该校准数据对测量值的线性误差(Linearitätsfehler)进行校正;并且其中,评估单元利用校准数据校准无线传输的测量值数据。

[0026] 通过该校准对测量值的线性误差进行校正。然而,由于评估单元对测量值的校准,因此也降低了装置的能耗。

[0027] 在又一种更优选的实施方式中,测量单元生成测量值的测量信道的数量是可调整的;测量单元生成测量值的力和转矩的组成类型也是可调整的;并且其中,测量信道的数量以及力和转矩的组成类型的调整通过评估单元来实现。

[0028] 力和转矩的测量并不总是需要利用所有可用的测量信道进行,也不总是需要对所有的力和转矩的组成类型进行测量。根据切削加工的类型,仅仅一部分可用的测量信道就足以监控切削加工的质量。在减少了可用的测量信道的数量的情况下,装置的能耗也降低。

[0029] 在又一种更优选的实施方式中,控制单元将测量值转换为测量范围内的放大测量值;其中,放大测量值所处的测量范围是可调整的;其中,评估单元生成包括待调整的测量范围的信息的控制数据;其中,评估单元将具有待调整的测量范围的信息的控制数据无线传输到检查装置;并且其中,检查装置对待调整的测量范围进行调整,并将测量值转换到已调整的测量范围。

[0030] 随着测量值的放大,放大后的测量值显示在测量范围内。为了尽可能最佳地示出测量范围中的放大的测量值,必须检查放大的测量值是否处于测量范围的预定边界值内。

由于评估单元现在进行了这种检查,因此降低了装置的能耗。

### 附图说明

[0031] 下面参照附图示例性地对本发明进行详细说明。其中:

[0032] 图1示出了系统100的一部分的示意图,其包括机床1、装置2和评估单元3;

[0033] 图2示出了图1中的装置2的控制单元23的示意图;和

[0034] 图3示出了图1中的评估单元3的示意图。

[0035] 其中,附图标记列表如下:

[0036] 0 工件

[0037] 1 机床

[0038] 11 工具

[0039] 12 主轴

[0040] 100 系统

[0041] 2 装置

[0042] 20 壳体

[0043] 21 工具适配器

[0044] 22 测量单元

[0045] 221-224 传感器

[0046] 23 控制单元

[0047] 231 控制转换单元

[0048] 232 控制模拟/数字转换单元

[0049] 233 控制发送/接收单元

[0050] 234 控制数据存储单元

[0051] 235 控制数据处理单元

[0052] 24 储能单元

[0053] 25 主轴适配器

[0054] 3 评估单元

[0055] 31 评估发送/接收单元

[0056] 32 评估数据存储单元

[0057] 33 评估数据处理单元

[0058] 34 输入/接收单元

[0059] 35 输出单元

[0060] 36 临时数据存储单元

[0061] 310 壳体

[0062] 311 电性导线

[0063] A 评估程序

[0064] B 测量范围

[0065] AD 校准数据

[0066] BD 测量范围数据

- [0067] BM 缓冲模式
- [0068] DR 数据传输速率
- [0069] GW1,GW2 边界值
- [0070] K 控制程序
- [0071] KD 测量信道数据
- [0072] K1-K4 测量信道
- [0073] P 测量值
- [0074] P1-P4 电极化电荷
- [0075]  $F_x, F_y, F_z$  力的组成类型
- [0076] L 发送功率
- [0077] MD 测量值数据
- [0078]  $M_z$  转矩的组成类型
- [0079] SD 控制数据
- [0080] SM 流模式
- [0081] V 放大的测量值
- [0082] V1-V4 电压
- [0083] VD 连接数据
- [0084] X 纵轴线
- [0085] Y 横轴线
- [0086] Z 转动轴线

### 具体实施方式

[0087] 图1示出了用于切削加工工件0以及用于在切削加工工件0期间测量和评估力和转矩的系统100。系统100具有用于切削加工工件0的机床1、用于在切削加工工件0期间测量力和转矩的装置2、以及用于对装置2的测量值数据MD进行评估的评估单元3。

[0088] 机床1在图1中仅示出了一部分。可以看到工具11和主轴12。主轴12在切削加工工件0的过程中围绕转动轴线Z转动。用于驱动主轴12的驱动器未示出。

[0089] 装置2安装在机床1中。装置2具有工具适配器21和主轴适配器25。工具11通过工具适配器21紧固在装置2上,装置2通过主轴适配器25紧固在主轴12上。工具11、装置2和主轴12彼此刚性地连接并围绕转动轴线Z转动。工具11、装置2和主轴12围绕转动轴线Z的转动在图1中以弯曲的箭头表示。

[0090] 装置2具有壳体20。工具适配器21和主轴适配器25在外侧紧固在壳体20上。优选地,主轴适配器25具有快速联接件,使得装置2与主轴12的紧固能够在几秒之内快速地从主轴12松开并再次建立。

[0091] 壳体20具有空腔。装置2具有测量单元22、控制单元23和储能单元24。测量单元22、控制单元23和储能单元24布置在空腔中。壳体20被构造为机械稳定且相对于液体密封的,从而保护测量单元22、控制单元23和储能单元24免受切削加工期间发生的外部影响,例如冷却液、切屑等。

[0092] 装置2测量力的三个组成类型 $F_x, F_y, F_z$ 的和转矩的组成类型 $M_z$ 。力的第一组成类

型 $F_x$ 沿着纵轴线 $X$ 作用,力的第二组成类型 $F_y$ 沿着横轴线 $Y$ 作用,力的第三组成类型 $F_z$ 沿着转动轴线 $Z$ 作用,并且转矩的组成类型 $M_z$ 围绕转动轴线 $Z$ 作用。这三个轴线 $X$ 、 $Y$ 、 $Z$ 彼此垂直。力的三个组成类型 $F_x$ 、 $F_y$ 、 $F_z$ 和转矩的组成类型 $M_z$ 在下文中也简称为力和转矩的组成类型 $F_x$ 、 $F_y$ 、 $F_z$ 、 $M_z$ 。

[0093] 力和转矩的组成类型 $F_x$ 、 $F_y$ 、 $F_z$ 、 $M_z$ 的实际测量是通过测量单元22进行。测量单元22在力和转矩的待测量组成类型 $F_x$ 、 $F_y$ 、 $F_z$ 、 $M_z$ 的作用下生成测量值 $P$ 。测量值 $P$ 是模拟信号。测量值 $P$ 基本上与力和转矩的组成类型 $F_x$ 、 $F_y$ 、 $F_z$ 、 $M_z$ 的大小成比例。

[0094] 测量单元22具有多个传感器221-224。这些传感器221-224相互独立。在本发明的意义上,特性“相互独立”是指传感器221-224不相互影响并且也不相互依赖。测量单元22具有第一传感器221,该第一传感器在力的第一组成类型 $F_x$ 的作用下生成测量值 $P$ ;该测量单元具有第二传感器222,该第二传感器在力的第二组成类型 $F_y$ 的作用下生成测量值 $P$ ;该测量单元具有第三传感器223,该第三传感器在力的第三组成类型 $F_z$ 的作用下生成测量值 $P$ ;并且该测量单元具有第四传感器224,该第四传感器在组成类型 $M_z$ 的作用下生成测量值 $P$ 。

[0095] 测量单元22在多个测量信道 $K1$ - $K4$ 中生成测量值 $P$ 。这些测量信道 $K1$ - $K4$ 是相互独立的。在本发明的意义上,特性“相互独立”还是指测量信道 $K1$ - $K4$ 不相互影响并且也不相互依赖。测量信道 $K1$ - $K4$ 对应于传感器221-224。第一传感器221在第一测量信道 $K1$ 中生成测量值 $P$ ,第二传感器222在第二测量信道 $K2$ 中生成测量值 $P$ ,第三传感器223在第三测量信道 $K3$ 中生成测量值 $P$ ,并且第四传感器224在第四测量信道 $K4$ 中生成测量值 $P$ 。因此,力和转矩的每个组成类型 $F_x$ 、 $F_y$ 、 $F_z$ 、 $M_z$ 都是明确地对应于一测量信道 $K1$ - $K4$ 。

[0096] 测量值 $P$ 与根据DIN 1319-1(力和转矩的组成类型 $F_x$ 、 $F_y$ 、 $F_z$ 、 $M_z$ 的大小)的标准值(richtigen Wert)之间的比例的偏差被称为线性误差。该线性误差在5%到10%的范围内。对于力和转矩的每个组成类型 $F_x$ 、 $F_y$ 、 $F_z$ 、 $M_z$ ,线性误差呈现不同的强度。

[0097] 优选地,传感器221-224是压电传感器221-224。压电传感器221-224在力和转矩的组成类型 $F_x$ 、 $F_y$ 、 $F_z$ 、 $M_z$ 的作用下以极化电荷 $P1$ - $P4$ 的形式生成测量值 $P$ 。极化电荷 $P1$ - $P4$ 的数量与力和转矩的组成类型 $F_x$ 、 $F_y$ 、 $F_z$ 、 $M_z$ 的大小基本上成比例。第一压电传感器221在第一测量信道 $K1$ 中生成第一电极化电荷 $P1$ ,第二压电传感器222在第二测量信道 $K2$ 中生成第二电极化电荷 $P2$ ,第三压电传感器223在第三测量信道 $K3$ 中生成第三电极化电荷 $P3$ ,并且第四压电传感器224在第四测量信道 $K4$ 中生成第四电极化电荷 $P4$ 。

[0098] 替代地,测量单元22具有用于测量力和转矩的多个传感器221-224,这些传感器根据不同于压电的其他测量原理起作用,例如压阻传感器、应变计(DMS)等。这些传感器221-224生成电压形式的测量值 $P$ 。

[0099] 压电传感器221-224能够实现高采样率。优选地,压电传感器221-224在各个测量信道 $K1$ - $K4$ 中的采样率在5kHz至10kHz的范围内,该采样率比DMS传感器221-224的采样率高五倍。在力-时间图、转矩-时间图和力-极性图中,源自压电传感器221-224的测量值数据 $MP$ 的分辨率比源自DMS传感器221-224的高十倍。

[0100] 储能单元24具有至少一个电能储存器,例如可充电电池、不可充电电池等。优选地,储能单元24是锂离子电池、锂聚合物电池、锌空气电池等。储能单元24被设计为尺寸小且重量轻。

[0101] 图2示出了控制单元23的细节。控制单元23具有至少一个控制-电压转换单元231、

至少一个控制模拟/数字转换单元232、至少一个控制发送/接收单元233、至少一个控制数据存储单元234和至少一个控制数据处理单元235。

[0102] 控制-电压转换单元231通过多个第一电性导线与测量单元22连接。控制模拟/数字转换单元232通过多个另外的电性导线与控制-电压转换单元231连接。

[0103] 控制单元23将测量单元22的测量值P转换为测量值数据MD。为此，测量单元22将测量值P通过第一电性导线传输到控制-电压转换单元231。控制-电压转换单元231将测量值P转换为放大的测量值V。控制-电压转换单元231将放大的测量值V通过另外的电性导线传输到控制模拟/数字转换单元232。控制模拟/数字转换单元232将放大的测量值V数字化为测量值数据MD。

[0104] 测量值数据MD是二进制数字序列，每个测量信道K1-K4优选具有16位的分辨率。

[0105] 优选地，放大的测量值V是电压V1-V4。在第一测量信道K1中，控制-电压转换单元231将第一电压V1通过第一电性导线传输到控制模拟/数字转换单元232，控制模拟/数字转换单元232将其数字化为测量值数据MD。在第二测量信道K2中，控制-电压转换单元231将第二电压V2通过第二电性导线传输到控制模拟/数字转换单元232，控制模拟/数字转换单元232将其数字化为测量值数据MD。在第三测量信道K3中，控制-电压转换单元231将第三电压V3通过第三电性导线传输到控制模拟/数字转换单元232，控制模拟/数字转换单元232将其数字化为测量值数据MD。在第四测量信道K4中，控制-电压转换单元231将第四电压V4通过第四电性导线传输到控制模拟/数字转换单元232，控制模拟/数字转换单元232将其数字化为测量值数据MD。

[0106] 控制单元23生成测量信道数据KD，该测量信道数据明确地标示测量单元22已生成测量值K的测量信道K1-K4。为此，控制模拟/数字转换单元232生成数字测量信道数据KD，该数字测量信道数据明确地标示已将放大的测量值V数字化为测量值数据MD的测量信道K1-K4。

[0107] 控制单元23将测量值P放大成放大的测量值V，该测量值位于测量范围B中。放大的测量值V的测量范围B是可调整的。控制单元23生成测量范围数据BD，该测量范围数据明确地标示放大的测量值V所在的测量范围B。控制-电压转换单元231生成模拟的测量范围信号B11-B44，该测量范围信号明确地标示放大的测量值V所在的测量范围B。每个测量范围B对应于一测量范围信号B11-B44。控制-电压转换单元231将测量范围信号B11-B44通过另外的电性导线传输到控制模拟/数字转换单元232。控制模拟/数字转换单元232将测量范围信号B11-B44数字化为测量范围数据BD。

[0108] 优选地，控制-电压转换单元231在第一测量信道K1中将力的第一组成类型 $F_x$ 描述在最终值为500N的第一测量范围B11中、在最终值为1kN的第二测量范围B12中、在最终值为2.5kN的第三测量范围B13中、和在最终值为5kN的第四测量范围B14中。优选地，控制-电压转换单元231在第二测量信道K2中将力的第二组成类型 $F_y$ 描述在最终值为500N的第一测量范围B21中、在最终值为1kN的第二测量范围B22中、在最终值为2.5kN的第三测量范围B23中、和在最终值为5kN的第四测量范围B24中。优选地，控制-电压转换单元231在第三测量信道K3中将力的第三组成类型 $F_z$ 描述在最终值为2.5kN的第一测量范围B31中、在最终值为5kN的第二测量范围B32中、在最终值为10kN的第三测量范围B33中、和在最终值为20kN的第四测量范围B34中。优选地，控制-电压转换单元231在第四测量信道K4中将转矩的组成类型

Mz描述在最终值为10Nm的第一测量范围B41中、在最终值为20Nm的第二测量范围B42中、在最终值为50Nm的第三测量范围B43中、和在最终值为100Nm的第四测量范围B44中。

[0109] 优选地,测量单元22在四个测量信道K1-K4中同时将测量值P以电极化电荷P1-P4的形式传输到控制-电压转换单元231。控制-电压转换单元231将这四个测量信道K1-K4中的电极化电荷P1-P4同时转换为电压V1-V4形式的放大的测量值V。

[0110] 在第一测量信道K1中,第一压电传感器221将第一电极化电荷P1通过第一电性导线传输到控制-电压转换单元231,控制-电压转换单元231将其转换为第一电压V1。在第二测量信道K2中,第二压电传感器222将第二电极化电荷P2通过第二电性导线传输到控制-电压转换单元231,控制-电压转换单元231将其转换为第二电压V2。在第三测量信道K3中,第三压电传感器223将第三电极化电荷P3通过第三电性导线传输到控制-电压转换单元231,控制-电压转换单元231将其转换为第三电压V3。在第四测量信道K4中,第四压电传感器224将第四电极化电荷P4通过第四电性导线传输到控制-电压转换单元231,控制-电压转换单元231将其转换为第四电压V4。

[0111] 控制单元23具有至少一个控制程序K,该控制程序存储在控制数据存储器234中并且可以被加载到控制数据处理器235。加载到控制数据处理器235的控制程序K生成指令,该指令由控制单元23自动地执行。在本发明的意义上,形容词“自动地”是指由控制程序K生成的指令由控制单元23在没有人参与的情况下执行。

[0112] 评估单元3评估测量值数据MD、测量信道数据KD和测量范围数据BD,并且生成用于操控装置2的控制数据SD。控制数据SD是数字数据。根据数据表5165A\_003-146d-10.20,申请人将这种评估单元3作为数据采集设备LabAmp Typ 5165A来销售。图3示出了评估单元3的细节。评估单元3具有评估发送/接收单元31、至少一个评估数据存储器32、至少一个评估数据处理器33、至少一个输入/接收单元34、至少一个输出单元35和至少一个临时数据存储器36。

[0113] 控制单元23将数据D无线传输到评估单元3,并且评估单元3也将数据D无线传输到控制单元23。控制单元23与评估单元3之间的无线数据传输是双向的。在无线数据传输中,数据D是作为电磁波被发送和接收。为此,控制发送/接收单元233具有用于发送和接收数据D的天线,并且评估发送/接收单元31具有用于发送和接收数据D的天线。数据D的无线传输在图1至图3中被示出为弯曲的圆弓形。

[0114] 控制单元23和评估单元3以在0.1mW至10mW范围内的发送功率L无线传输数据D。数据D在控制单元23与评估单元3之间的无线传输有效距离小于/等于10m。

[0115] 优选地,将评估发送/接收单元31布置在插头形式的独立壳体310中。在本发明的意义上,形容词“独立”是指壳体310与评估单元3的壳体在空间上分离。在评估单元3的壳体中设有接口,例如通用串行总线(USB)等。评估发送/接收单元31可通过该接口与评估单元3电性连接和机械连接。通过该接口,评估发送/接收单元31将所接收的数据D传输到评估单元3并由评估单元3供应电能。例如,评估发送/接收单元31为此通过电性导线311与评估单元3的壳体中的接口相连接。

[0116] 由控制发送/接收单元233发送到评估发送/接收单元31的数据D包括以下类别:连接数据VD、测量值数据MD、测量信道数据KD和测量范围数据BD。评估发送/接收单元31接收来自控制发送/接收单元233的数据D。由评估发送/接收单元31发送到控制发送/接收单元

233的数据D包括以下类别:连接数据VD和控制数据SD。控制发送/接收单元233从评估发送/接收单元3接收数据D。

[0117] 在评估单元3中,至少一个评估程序A存储在评估数据存储器32中并且能够被加载到评估数据处理器33中。加载到评估数据处理器33中的评估程序A生成指令,这些指令由评估单元3自动地执行。在本发明的意义上,形容词“自动地”意味着由评估程序A生成的指令由评估单元3在没有人参与的情况下执行。

[0118] 评估单元3可以通过输入/接收单元34来操作。在本发明的意义上,动词“操作”是指人可以通过输入/接收单元34发出指令,这些指令由评估单元3执行。输入/接收单元34可以是用于输入指令的键盘、用于接收指令的天线等。通过键盘输入作为字符串的指令,并且评估单元3据此生成控制数据SD。通过天线接收作为电磁波的指令,并且评估单元3据此生成控制数据SD。输出单元35可以是屏幕,在该屏幕上可以图形地向人员显示数据。由此,在输出单元35上评估的数据D可以图形化地示出。

[0119] 优选地,控制单元23和评估单元3以2.402GHz至2.480GHz的工业科学和医学(ISM)频段无线地传输数据D。

[0120] 优选地,控制单元23和评估单元3在ISM频段中在多个传输信道中无线传输数据D。这样,控制单元23和评估单元3在ISM频段中使用40个传输信道,其中每个单个的传输信道具有2M Hz的带宽。

[0121] 在无线传输数据D之前,控制单元23和评估单元3建立连接。40个传输信道中有三个是注册信道。在这三个注册信道中,控制发送/接收单元233和评估发送/接收单元31发送和接收连接数据VD以建立连接。在此是根据主/从原理进行的。控制发送/接收单元233或者评估发送/接收单元31在连接建立之后通过连接数据VD发送请求,因此是主站。被请求的控制发送/接收单元233或评估发送/接收单元31在连接建立之后接收用于请求的连接数据VD,因此是从站。从站通过连接数据VD向主站发送连接建立确认。主站从从站接收连接建立确认。

[0122] 40个传输信道中的37个是数据信道,在成功建立连接之后,通过这些数据信道进行数据D的无线传输。控制发送/接收单元233和评估发送/接收单元31作为主站和从站发送和接收数据D。主站在37个数据信道中发送数据包,从站在37个数据信道中接收数据包。每个数据包发送和接收296bits至2040bits的数据D。

[0123] 为了避免数据包之间的干扰,控制发送/接收单元233和评估发送/接收单元31使用跳频法或跳频扩谱(FHSS),并且在每次无线传输数据包之后切换到37个传输信道中的另一个。

[0124] 控制单元23或评估单元3检查,是否所有要无线传输的数据包实际上已经被无线传输。为此,每个数据包具有一个数据包标识号。对于从主站接收的每个数据包,从站读取数据包标识号,并将包含接收确认的连接数据VD发送到主站。该接收确认包含所接收的数据包的数据包标识号。主站接收包含接收确认的连接数据VD,并读取所接收的数据包的数据包标识号。未被无线传输的数据包由从站重复无线传输。为此,主站管理由其发送的数据包的数据包识别码列表和由从站接收的数据包的数据包识别码列表。主站比较这两个列表。对于没有被从站所接收的数据包列出数据包识别码的主站所发送的数据包,主站将重复地发送到从站。

[0125] 因此,评估单元3根据评估程序A的指令或根据输入/接收单元34的指令生成用于操控装置2的控制数据SD。控制数据SD执行各种指令。因此,可以利用控制数据SD来启动或停止装置2。为此,评估单元3生成包含关于启动或停止信息的控制数据SD,并将该控制数据SD传输到控制单元23。为此,评估发送/接收单元31将包含关于启动或停止信息的控制数据SD发送至控制发送/接收单元233。控制发送/接收单元233接收该包含关于启动或停止信息的控制数据SD。控制单元23根据控制数据SD的启动或停止信息来启动或停止装置2。

[0126] 优选地,控制单元23和评估单元3以可选的1M bit/sec或2M bit/sec的数据传输速率DR无线地传输数据D。评估单元3选择数据传输速率DR,以其选择的数据传输速率DR进行数据D的无线传输。

[0127] 优选地,评估单元3在建立用于无线传输数据D的连接时已经确定了能够由装置2无线传输的数据D的量。优选地,评估单元3确定最后一次无线传输数据D的平均数据传输速率。然后,评估单元3从这两个数据传输速率DR中选择满足该平均数据传输速率的那一个。当两个数据传输速率DR均满足该平均数据传输速率时,评估单元3选择1M bit/sec的较低数据传输速率DR。评估单元3将带有所选择的数据传输速率DR的信息的连接数据VD无线传输到控制单元23。为此,评估发送/接收单元31将带有所选择的数据传输速率DR的信息的连接数据VD发送到控制发送/接收单元233。控制发送/接收单元233接收该带有所选择的数据传输速率DR的信息的连接数据VD。随后,控制发送/接收单元233以所选择的数据传输速率DR将测量值数据MD发送到评估发送/接收单元31。

[0128] 优选地,在将测量值P数字化为测量值数据MD之后,控制单元23执行对测量值数据MD的压缩。优选地,在压缩测量值数据MD时,移除测量值数据MD中的冗余信息。通过压缩,降低了测量值数据MD的量,使得被降低的测量值数据MD的量可以被无线传输到评估单元3。控制发送/接收单元233将压缩后的测量值数据MD发送到评估发送/接收单元31。

[0129] 优选地,在将测量值P数字化为测量值数据MD之后,控制单元23不对测量值数据MD进行校准。测量值P的线性误差通过该校准进行校正。对于来自压电传感器的电极化电荷P1-P4,线性误差至少为10%。控制发送/接收单元233将未校准的测量值数据MD发送到评估发送/接收单元31。

[0130] 评估单元3将由控制单元无线传输的数据D存储在临时数据存储器36中。优选地,评估单元3将由控制单元无线传输的数据D(例如测量值数据MD、测量信道数据KD和测量范围数据BD)存储在临时数据存储器36中。优选地,将临时数据存储器36的尺寸确定为,即使在2M bit/sec的数据传输速率DR下,其也只能在几个0.1秒的填充时间之后才被数据D填充。因此,评估单元3可以选择性地以缓冲模式BM或流模式SM读取在临时数据存储器36中存储的数据D。在缓冲模式BM下,评估单元3将数据D存储在临时数据存储器36中一段时间。临时数据存储器36如同移位寄存器一样运行。根据先进先出原则从该临时数据存储器中读取数据D。在缓冲模式BM下,控制单元23有机会重复传输未被无线传输的数据D。在流模式SM下,评估单元3在数据D被存储于临时数据存储器36中之后立即再次读取数据D。在流模式SM下,评估单元3可以立即对数据D进行评估,这对于机床1的调节过程特别重要,其中有利的是评估单元3将持续地监视与力平均值的偏差或者超过预定的目标值,并且进行快速调节。

[0131] 在无线传输之后,测量值数据MD在评估单元3中被解压缩。评估单元3对加载到评估数据处理单元33中的测量值数据MD进行解压缩。在解压缩过程中,评估单元3将去除的冗余

信息重新添加到测量值数据MD中。评估单元3将解压缩后的测量值数据MD存储在评估数据存储器32中。

[0132] 在无线传输测量值数据MD之后,在评估单元3中对测量值数据MD进行校准。为此,在评估数据存储器32中存储有校准数据AD。该校准数据AD特定于测量信道K1-K4。校准数据AD是在专门的校准过程中生成。在该校准过程中,针对每个测量信道K1-K4,将测量单元22的测量值P与参考传感器的测量值进行比较。将比较的结果作为校准数据AD存储在数据存储器32中。这种校准过程每隔一年或两年进行一次。

[0133] 评估单元3将校准数据AD从评估数据存储器32加载到评估数据处理单元33中。评估单元3将校准数据AD分配给测量值MD和测量信道数据KD。评估单元3利用相关的校准数据AD专门针对每个测量信道K1-K4校准测量值数据MD。例如,在利用相关的校准数据AD对测量值数据MD进行校准时,评估单元3专门针对每个测量信道K1-K4将单个测量值数据MD与单个校准数据AD相乘。通过该校准校正测量值P的线性误差。因此对于优选的压电传感器,其生成电极化电荷P1-P4形式的测量值P,通过该校准来校正电极化电荷P1-P4的线性误差。校准后的测量值数据MD具有小于/等于1%的线性误差。

[0134] 经校准的测量值数据MD以小于/等于4%的精度再现最终值从500N至20kN的多个测量范围内的力的组成类型 $F_x$ 、 $F_y$ 、 $F_z$ 。在最终值从500N至20kN的测量范围内,校准后的测量值数据MD以0.5mV/N至4mV/N来解析力的组成类型 $F_x$ 、 $F_y$ 、 $F_z$ 。校准后的测量值数据MD以小于/等于2%的精度再现最终值从10Nm至100Nm的多个测量范围内的转矩的组成类型 $M_z$ 。在最终值从10Nm至100Nm的测量范围内,校准后的测量值数据MD以0.1V/Nm至1V/Nm来解析转矩的组成类型 $M_z$ 为。

[0135] 评估单元3将校准后的测量值数据MD存储在评估数据存储器32中。

[0136] 针对力和转矩的可调整的组成类型 $F_x$ 、 $F_y$ 、 $F_z$ 、 $M_y$ ,装置2可以通过数量可调整的测量信道K1-K4来运行。为此,可以调整测量信道K1-K4的数量,测量单元22在这些测量信道中生成测量值P。并且力和转矩的组成类型 $F_x$ 、 $F_y$ 、 $F_z$ 、 $M_y$ 也是可调整的,测量单元22针对这些组成类型生成测量值P。优选地,测量单元22针对力和转矩的四个组成类型 $F_x$ 、 $F_y$ 、 $F_z$ 、 $M_z$ 之一在四个测量信道K1-K4之一中生成测量值P,或者其针对力和转矩的四个组成类型 $F_x$ 、 $F_y$ 、 $F_z$ 、 $M_z$ 之二在四个测量信道K1-K4之二中生成测量值P,或者其针对力和转矩的四个组成类型 $F_x$ 、 $F_y$ 、 $F_z$ 、 $M_z$ 之三在四个测量信道K1-K4之三中生成测量值P,或者其针对力和转矩的所有四个组成类型 $F_x$ 、 $F_y$ 、 $F_z$ 、 $M_z$ 在全部四个测量信道K1-K4中生成测量值P。

[0137] 优选地,对测量信道K1-K4的数量以及力和转矩的组成类型 $F_x$ 、 $F_y$ 、 $F_z$ 、 $M_z$ 的调整通过输入/接收单元34来实现。评估单元3从输入/接收单元34获得指令,以使装置2针对待调整的力和转矩的组成类型 $F_x$ 、 $F_y$ 、 $F_z$ 、 $M_z$ 以待调整的测量信道K1-K4来工作。评估单元3生成控制数据SD,该控制数据具有待调整的测量信道K1-K4和待调整的力和转矩的组成类型 $F_x$ 、 $F_y$ 、 $F_z$ 、 $M_z$ 的信息,用于装置2的运行。评估单元3将具有待调整的力和转矩的组成类型 $F_x$ 、 $F_y$ 、 $F_z$ 、 $M_z$ 的待调整测量信道K1-K4的信息的控制数据SD无线传输到控制单元23。为此,评估发送/接收单元31将具有待调整的力和转矩的组成类型 $F_x$ 、 $F_y$ 、 $F_z$ 、 $M_z$ 的待调整测量信道K1-K4的信息的控制数据SD发送到控制发送/接收单元233。控制发送/接收单元233接收该具有待调整的力和转矩的组成类型 $F_x$ 、 $F_y$ 、 $F_z$ 、 $M_z$ 的待调整测量信道K1-K4的信息的控制数据SD。控制单元23使装置2针对待调整的力和转矩的组成类型 $F_x$ 、 $F_y$ 、 $F_z$ 、 $M_z$ 的待调整的测量信道

K1-K4工作。

[0138] 亦即,具有待调整的力和转矩的组成类型 $F_x$ 、 $F_y$ 、 $F_z$ 、 $M_z$ 的待调整的测量信道K1-K4的信息的控制数据SD以绑定的方式为系统100的操作者确定,装置2以多少以及在哪些测量信道K1-K4中测量力和转矩。例如,对于工件0的切削加工例如钻孔来说,针对沿着转动轴线Z的力 $F_z$ 和围绕转动轴线Z的转矩 $M_z$ 这两个组成类型,两个测量信道K3、K4就足以监视钻孔的质量。而对于工件0的切削加工例如铣削来说,为了监视铣削质量,针对力 $F_x$ 、 $F_y$ 、 $F_z$ 和转矩 $M_z$ 的全部四个组成类型,四个测量信道K1-K4是必不可少的。系统100的操作者可以从装置2和评估单元3的制造商处获得授权:即,装置2以多少以及哪些测量信道K1-K4来测量力和转矩。作为工件0的切削加工的钻孔的只有两个测量信道K3、K4的授权要比作为工件0的切削加工的铣削有全部四个测量信道K1-K4的授权更具成本效益。这种对系统100的操作者的授权以控制数据SD的形式存在,其具有待调整的力和转矩的组成类型 $F_x$ 、 $F_y$ 、 $F_z$ 、 $M_z$ 的待调整测量信道K1-K4的信息。

[0139] 评估单元3根据评估程序A的指令或根据输入/接收单元34的指令生成控制数据SD,该控制数据具有待调整的测量范围B的信息。

[0140] 放大的测量值V位于测量范围B内。为了使放大的测量值V以尽可能最佳的图示位于测量范围B内,评估单元3将监视放大的测量值V是否位于测量范围B的预定的边界值GW1、GW2的内部。每个测量范围B均具有最大值或最终值(满标度)。为了尽可能最佳的图示,放大的测量值V不应超过最终值,并且其也不应该比最终值小一个数量级以上。然而,测量值-噪声比在不同的测量范围B中呈现不同的强度。测量范围B越大,测量值-噪声比就越大。并且,各个测量范围B中的线性误差也是呈现不同的强度。因此,第一边界值GW1等于最终值的90%,并且第二边界值GW2因此等于最终值的10%。如果放大的测量值V不是位于测量范围B的预定边界值GW1、GW2内,则评估单元3调整另一测量范围B,在该测量范围中,放大的测量值V位于测量范围B的预定边界值GW1、GW2的内部。替代地,输入/接收单元34向评估单元3发出指令,以调整特定的测量范围B。

[0141] 评估单元3生成具有待调整的测量范围B的信息的控制数据SD。评估单元3将具有待调整的测量范围B的信息的控制数据SD无线地传输到检测装置23。并且,检测装置3调整待调整的测量范围B,并且将调整后的测量范围B中的测量值P转换为放大的测量值V。

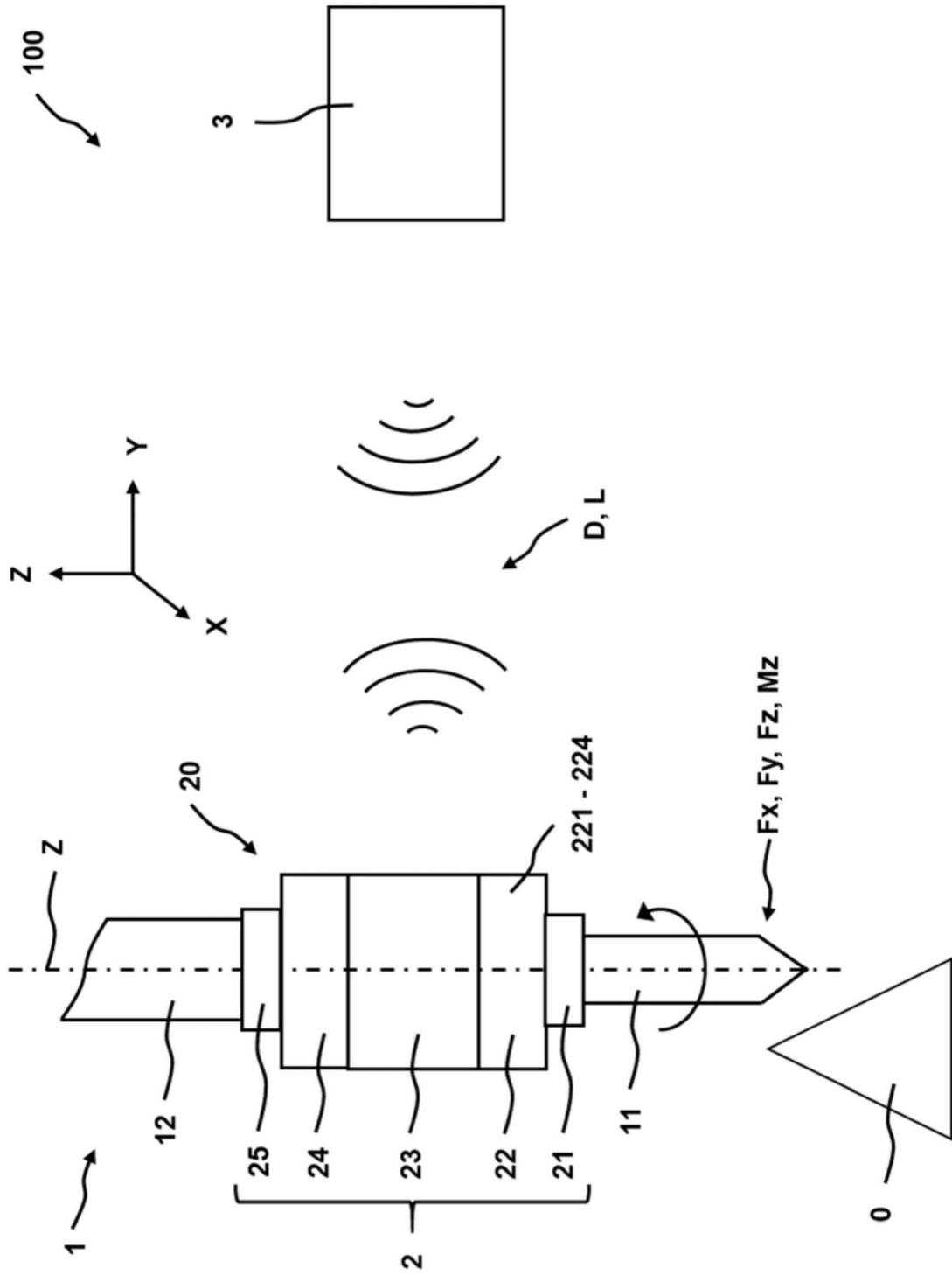


图1

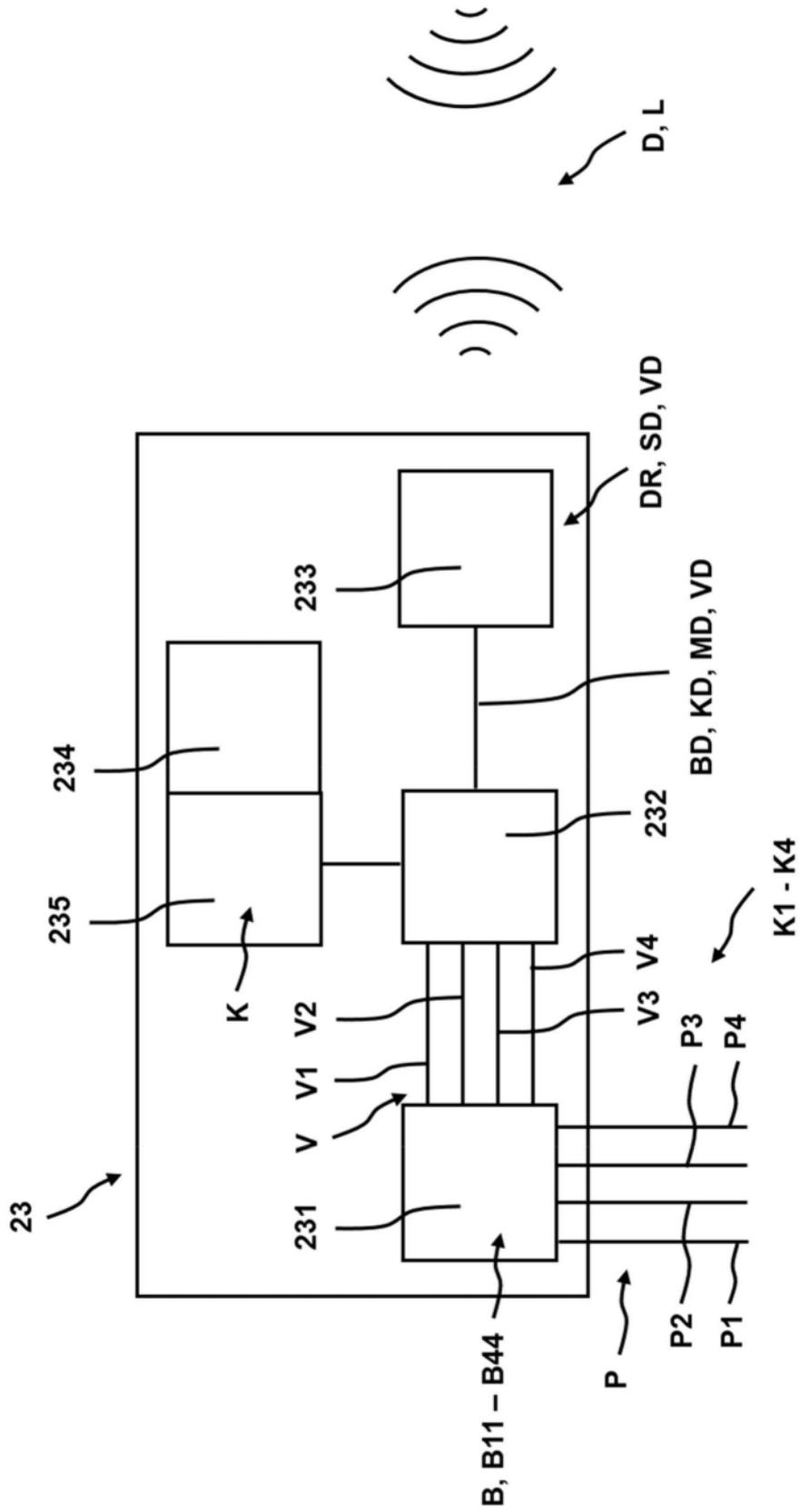


图2

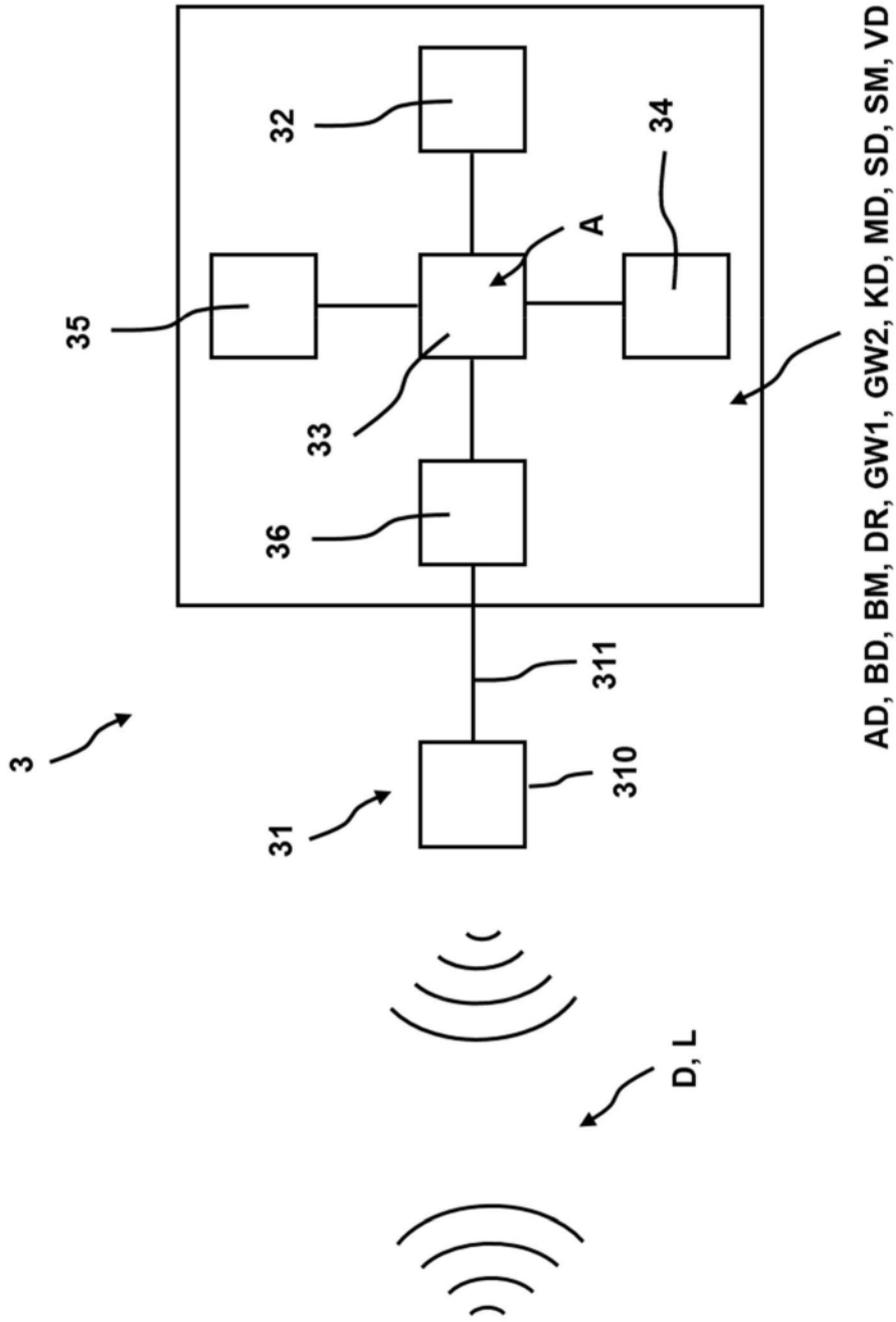


图3