



[12] 发明专利申请公开说明书

[21]申请号 95102553.8

[51]Int.Cl⁶

G01L 5/24

[43]公开日 1996年5月1日

分案原申请号 91109283.8
 [22]申请日 91.8.27
 [30]优先权
 [32]90.8.27 [33]US[31]572,415
 [71]申请人 伊安·E·基布尔怀特
 地址 美国宾夕法尼亚州
 [72]发明人 伊安·E·基布尔怀特

[74]专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
 代理人 叶恺东 张志醒

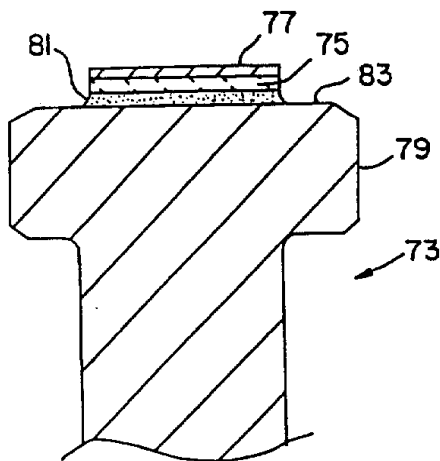
G01L 1/16

权利要求书 4 页 说明书 15 页 附图页数 3 页

[54]发明名称 具有传感器的超声波负载指示件

[57]摘要

一种负载指示装置，包括：当受到应力而变形的负载承受件，它有一可起第一电极作用的第一表面，超声波传感器装置，它包括：(a) 一个第二电极，(b) 直接在第二电极表面上生成的声电薄膜，以机械的，电的和传声的方式把声电薄膜内连到第二电极上，声电薄膜以机械的，传声的和电的方式内连到负载承受件第一表面上，以电的方式把第一电极和第二电极隔离。



权 利 要 求 书

1. 一种负载指示装置的制造方法, 其特征在于, 该方法包括下列步骤:

提供一具有头部的紧固件, 从头部延伸出一杆, 当杆受到轴向应力时, 杆承受弹性变形, 其中一部分相对于另一部分位移, 紧固件在杆的一纵向端有一起第一电极作用的第一表面;

在金属薄片上用蒸汽沉积法生成的有一声电薄膜的超声波传感器装置, 以机械的、导电的方式把声电薄膜内连到金属薄片上, 金属薄片起超声波传感器装置的第二电极的作用;

以机械的、传声的和导电的方式把声电薄膜内连到紧固件的第一表面, 以导电方式把第一表面和第二电极隔离。

2. 如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 从第二电极向外延伸而形成一电绝缘封装层, 以复盖声电薄膜的暴露表面。

3. 如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 所述声电薄膜由磁控管飞溅法生成。

4. 如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 所述声电薄膜为一定向压电薄膜, 所用材料从氧化锌、硫化镉, $\text{Pb}(\text{Zr}, \text{Ti})\text{O}_3$ (lead zirconate titanate) 和氮化铝中选取。

5. 如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 所述声电薄膜为一定向压电薄膜, 它以一倾斜角生成, 以适于超声波传感器装置传送和接收纵向和横向二个方向的超声波。

6. 如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 所述声电薄膜的厚度为 1~50 微米。

7. 如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 在所述杆的一端的凹槽内形成第一表面。

8. 如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 所述第一表面是这样形成的, 使在第一表面上生成的超声波传感器装置的超声波, 射向远离第一表面的紧固件的杆的第二纵向的一端。

9. 一种负载指示装置, 其特征在于, 包括:

当受到应力而变形的负载承受件, 它有一可起第一电极作用的第一表面;

超声波传感器装置, 它包括:

(a) 一个第二电极;

(b) 直接在第二电极表面上生成的声电薄膜, 以机械的, 电的和传声的方式把声电薄膜内连到第二电极上,

声电薄膜以机械的, 传声的和电的方式内连到负载承受件第一表面上, 以电的方式把第一电极和第二电极隔离。

10. 如权利要求 9 所述的负载指示装置, 其特征在于, 所述第二电极的材料可从导电的金属薄膜、油墨、涂料和金属薄片中选择。

11. 如权利要求 9 所述的负载指示装置, 其特征在于, 在所述第一表面、所述声电薄膜和所述第二电极的露出部分遍布一电绝缘层, 以隔断周围环境有害物质对其污染和预防其损害。

12. 如权利要求 9 所述的负载指示装置, 其特征在于, 所述声电薄膜是一定向压电薄膜, 所用材料可从氧化锌、硫化镉、 $\text{Pb}(\text{Zr}, \text{Ti})\text{O}_3$ (lead zirconate titanate) 和氮化铝中选择。

13. 如权利要求 9 所述的负载指示装置, 其特征在于, 所述声电薄膜的厚度为 1~50 微米。

14. 如权利要求 9 所述的负载指示装置, 其特征在于, 所述第二电极的厚度为 1~50 微米。

15. 如权利要求 9 所述的负载指示装置, 其特征在于, 还包括一个在所说表面和所说声电薄膜之间的所述第二电极的表面的复盖层。

16. 如权利要求 9 所述的负载指示装置, 其特征在于, 所述负载承受件有一凹槽, 所述负载承受件的所述第一表面设置在该凹槽中, 从而在周转环境的有害物中保护所述超声波传感器装置。

17. 如权利要求 9 所述的负载指示装置, 其特征在于, 所述超声波传感器装置在所述负载承受件的操作温度下, 其性能不变。

18. 如权利要求 9 所述的负载指示装置, 其特征在于, 还包括以电的方式内连到所述超声波传感器装置上的电子控制器, 用以向所述超声波传感器装置输入电信号和接收来自所述超声波传感器装置输出的电信号。

19. 如权利要求 9 所述的负载指示装置, 其特征在于, 所述超声波传感器装置产生 1~500MHz 的高频超声波, 该超声波适于增加该装置的使用精度和分辨率。

20. 如权利要求 9 所述的负载指示装置, 其特征在于, 所述声电薄膜为一定向压电薄膜, 它有一倾斜角, 以利于超声波传感器装置传送和接受纵向和横向的两个方向的超声波。

21. 如权利要求 9 所述的负载指示装置, 其特征在于, 所述负载承受件有一个可反射声的第二表面;

所述负载承受件的所述第一表面适于将来自所述超声波传感器装置的超声波向第二表面发射;

所述负载承受件的所述第二表面适于把接收来自所述超声波传感器装置的超声波, 反射回到所述超声波传感器装置上。

22. 如权利要求 9 所述的负载指示装置, 其特征在于, 所述负载承受件具有适于传送超声波的材料。

23. 如权利要求 9 所述的负载指示装置, 其特征在于, 所述负载承受件是紧固件。

24. 如权利要求 23 所述的负载指示装置, 其特征在于, 所述紧固件可从螺栓、铆钉、杆件和双头螺栓中选取。

25. 如权利要求 23 所述的负载指示装置, 其特征在于, 所述紧固件有一头部和从该头部纵向伸出的杆, 该杆受到纵向应力而变形。

26. 如权利要求 25 所述的负载指示装置, 其特征在于, 所述紧固件的所述第一表面是位于靠近所述紧固件头部的纵向一端。

27. 如权利要求 25 所述的负载指示装置, 其特征在于, 所述紧固件的所述第一表面是位于远离所述紧固件头部的纵向一端。

28. 一种监视负载承受件变形和把扭矩传送给负载承受件的负载指示装置, 该负载承受件适于当受到应力时而变形, 并且它具有一个起第一电极作用的第一表面, 其特征在于, 该装置包括:

超声波传感器装置, 它包括:

(a) 一个第二电极;

(b) 一个直接在第二电极表面上生成的声电薄膜, 这样以机械的、电的和传声的方式把声电薄膜内连到第二电极上, 该声电薄膜以机械的、传声的和电的方式内连到负载承受件的第一表面上, 这适于把第一电极与第二电极以电方式隔开;

一个电子控制器, 以电的方式内连到超声波传感器装置上, 以向超声波传感器装置输入电信号和接收来自超声波传感器装置输出的电信号;

一个通过电子控制器, 接收来自超声波传感器装置的电信号的监视装置, 该监视装置对负载承受件变形提供一个精确测量结果;

根据负载承受件变形的测量结果, 一个向负载承受件提供和消除扭矩的装置。

具有传感器的超声波负载指示件

本发明涉及负载指示件，特别是涉及例如用于紧固件上具有超声波传感器的负载指示件。

在许多操作过程中，需要通过轴向受力件来测定轴向所受到的负载值。当轴向受力件为紧固件时，这一数据具有特殊的用途。因为轴向应力的测定值可对现存的连接状态提供检验的依据。

许多已有工艺技术已发展到通过提供紧固件本身的负载指示特性来指示紧固件受到的轴向应力的数值。通常的做法是这样，将伸长件（例如销）的一端内连到紧固件的一部分上。虽然已有技术中的每一种类的销型负载指示件和负载检测装置都具有各自的特点：精确、容易制作、容易阅读。由于它们当中的每一个需进行大的改装和增加中心负载销件，因此造价很高。由于这一原因，这样的负载指示件只能选择实际使用在需立刻作出判定的特殊需要或安全有重大危害的场合。这些件的日常安装使用的确花费很大，这种监视只能偶尔使用。

另一种检测件或紧固件伸长的手段是使用一超声波检测装置。典型的是这样做，通过将超声波传感器与需检测的紧固件的一端（一般为螺栓头）进行可拆卸的内连。为了获得可靠的读数，必须将螺栓头研磨的非常平滑，将可靠的超声波传送介质施加在螺栓的头部。当获取检测数据时，传感器必须在螺栓上严格定位并保持这一位置。在已有技术中，有许多使用这种方法的技术和设备的例子。进一步的，已有技术提出一种观点，将检测装置和紧固工具组合，这样，测量螺栓伸长所得到的数据可用于确定何时卸开工具。另外，可用于监视紧固过程，确定是否形成了合适的连接。

虽然上述的产品和装置可对紧固件和连接提供可靠的数据，但它们的使用范围很小。这主要是因为螺栓必须经精细的机加工，并必须适合非常检测装置。因此，对于校准、实验应用和临界的 (Critical) 连接，超声波张力检测被认为是高精度的实验室紧固方法。在多个校准和临界质量控制应用中，它替换应力测量螺栓。但是，进行超声波检测的特殊困难妨碍它作为整体装置紧固措施的应用。这些特殊困难包括：在紧固过程中，保持可靠的声耦合的困难，设备费用和设备复杂的困难，对于每个连接实验测量参数的困难。

一些通过将一压电或其它超声波传感器组合进件本体的以克服上述困难的尝试已被制作。例如：发明人 Daugherty, 1978, 11, 28, 发布的美国专利号 U. S. No. 4, 127, 788 和发明人 Couchman, 1981. 10. 13 发布的美国专利号 U. S. No. 4, 294, 122。它们每一个公开的内容，均提供一经改装，组合进应力指示特性的设备仪表的负载支承紧固件。但是，同上述的销型紧固件一样，为了容纳大的和复杂的超声波传感装置，这些装备仪表的测量紧固件的改装很大，对于广泛的使用范围它们需花费高的价格。

发明人 Kibblewhite 的美国专利号 U. S. No. 4, 846, 001 给出了夹在两薄电极之间的薄的压电聚合膜的使用。它永久地、机械地、可传声地与件上的上表面耦合，通过超声波技术，被用来检测长度、拉伸负载、应力或件的其他拉伸负载从属特性。虽然，这一发明在使用范围上与已有技术相比有重大进步，易于制造和降低了制造成本。但是，这种结构的传感器具有缺点，这些缺点涉及使用环境，特别是聚合材料的最高温度限制了它的使用，用粘

接剂固定在紧固件上的传感器，可能出现松动，对这一邻接的组合产生干扰或妨碍。

大多数的受力件，例如紧固件，适于受到沿件长度方向大的应力。因此，需要经常确定件上特定部位的应力。使用一组合了人工反射器的负载指示件，在件的特定位置上，提供一检测负载所属特性的装置。发明人 de Halloux 的美国专利号 U. S. N O. 4, 569, 229 揭示一制造组合人工超声波反射器的件和检测应力的方法。发明人 Steblay 的美国专利号 U. S. N O. 4, 601, 207 揭示一矿山护顶螺栓和检测组合有人工反射器的矿山护顶螺栓变形的装置，在那里，反射器是一从螺栓的头部以一预定长度沿径向穿过螺栓的钻孔。

为确定件上的绝对负载值。上述所有的在负载指示件中确定应力的超声波的方法，除了需获得在所需负载条件下的检测值之外，还需获得一零负载检测值。进一步的，全部使用轴向超声波发出和返回时间的直接和间接检测值。发明人 Holt 的美国专利号 U. S. N O. 4, 602, 511 给出了不需取得零负载检测值，只使用轴向和横向两个方向波的发出和返回时间而确定件中的应力。例如，它对于预先安装好的紧固件进行拉伸负载测量是理想的。

使用横向超声波，无论怎样，需要生产横向波的传感器和能传递横向波进入件的声耦合介质。由于横向波通常不能通过液体传送，特殊的声耦合剂需暂时附着在传感器上。虽然，发明人 Kibblewhite 的美国专利号 U. S. N O. 4, 846, 001 公开了用聚合薄膜传感器产生横向波，粘接剂可传送横向超声波，但至今未被证实。

希望的是，超声波传感器永久地连接在紧固件上，在组合件中提

供精确的紧固信息，它不会松脱，也不会干扰或破坏邻接组件。

第二所希望的是，超声波传感器永久地连接在紧固件上，它适应于操作环境，特别是紧固件的工作温度，这样，紧固件可被重新使用，在已安装的负载紧固件的邻接组件的操作可对紧固件中的负载定期检测。

进一步所希望的是，超声波传感器永久地与紧固件连接，在已安装好的紧固件中，它可为检测应力传送轴向和横向两个方向的波。

还希望的是，超声波传感器永久地与紧固件连接，它可向紧固件中的人工反射器生产定向的超声波。

进一步所希望的是，超声波传感器与紧固件永久地连接，它们制造的可生产高频率的超声波，例如： $10—500\text{ MHz}$ ，以增加检测超声波发出和返回时间的精度。

还希望的是，超声波传感器与紧固件永久地连接，它被制造成可生成高频超声波，例如： $10—500\text{ MHz}$ ，以提高低频超声波人工反射器和其制造缺陷的检测的分辨率。

也希望的是，超声波传感器与紧固件永久地连接，它不需将单独的高压极化操作作为制造过程的一部分。

进一步还希望的是，超声波传感器与紧固件永久地连接，它采用高强度制造方法而造价很低。

本发明涉及负载指示件，特别是涉及象紧固件这样的具有超声波传感器的指示件。

本发明克服了已有技术中负载指示件的许多缺陷，并提供已有技术的负载指示件，负载指示紧固件和负载指示装置所没有的特性和优点。

本发明的负载指示件包括：当受到轴向应力时可弹性变形的杆，形成杆长度方向两个端的第一和第二表面。压电元件永久地、机械地、可导电的与安置在杆第一表面上的第一和第二电极装置内连，压电元件是使用蒸汽沉积技术而生成在第一或第二电极装置上的薄的定向压电膜。

在最佳实施例中，压电元件为氧化锌定向薄膜，第一电极装置为件的第一表面。还有，在这最佳实施例中，第二电极装置为一可导电的金属薄膜。另外，在这最佳实施例中，负载指示件为负载指示紧固件，它具有增大的头部，第一表面形成在紧固件的头部。

制造本发明负载指示件的方法包括的步骤为：在紧固件的长轴端部提供一平滑面；在第一电极装置上用蒸汽沉积技术生成压电定向薄膜元件；永久地、机械地和导电的将第二电极与压电元件内连，以便将第二电极装置和第一电极装置电隔离。

制造本发明的负载指示件的另一方法包括的步骤为：在紧固件长轴一端提供一面；在第二电极装置上用蒸汽沉积技术生成压电定向薄膜元件；永久地、机械地和导电地将第一电极与压电元件内连，以便将第一电极装置从第二电极装置中电隔离开。

按照本发明的负载检测装置提供了一与第一电极装置电连接的第一连接装置，与第二电极装置连接的第二连接装置，响应第一和第二电极装置之中不同电信号的电检测装置。

当受到轴向应力时，以便对负载指示件提供拉伸负载检测。

在最佳实施例中，压电元件还可提供一用于产生超声波信号的驱动装置，以便生成不同的电信号。还有，在最佳实施例中，负载指示件是可导电的，通过第一接触装置与负载指示件的连接，第一连接装

置与第一电极装置直接电连接。

按照本发明的紧固工具包括第一和第二连接装置，可分别与第一和第二电极装置电连接，为在负载承受件中施加拉伸负载的负载给予装置响应不同电信号的负载检测装置，以便提供精确的拉伸负载检测。

按照本发明的紧固工具包括，与负载指示紧固件连接的可导电紧固件连接装置，与负载指示紧固件第二电极装置连接的连接装置，在紧固件紧固装置上提供扭矩的驱动装置，以便旋转地驱动负载指示紧固件。一个负载检测装置响应从紧固件连接装置和连接件接收来的不同电信号，以便在由于紧固作用而受到轴向应力时，对杆中的拉伸负载提供精确的检测。

负载检测装置的输出可被用来提供紧固件上瞬时拉伸负载的连续读数。另外，当紧固操作已经完成时可被用于测定，或指示在已紧固的紧固件上的负载。当负载指示件为紧固件时，负载指示装置可与紧固件紧固工具同时使用，也可直接组合成紧固工具。当紧固件紧固工具组合进负载检测装置成为自动紧固型，通过紧固件紧固工具，负载检测装置中的拉伸负载指示可获得其它的监视参数，当紧固周期完成后，可测定如角度和扭矩，并可发现连接当中的缺陷。

本发明主要的目的：是提供具有一超声波传感器的负载指示件，在指示件的日常操作中，它们保持连接。本发明的另一目的：是提供具有一超声波传感器的负载指示件，它经得住紧固件的工作温度而不使特性减退。本发明还一目的：是提供具有一超声波传感器的负载指示件，它有能力提供沿纵向和横向两个方向的超声波。本发明的又一目的：是提供一具有超声波传感器的负载指示件，它可以被制造成为能够对负载指示件中的人工反射器发射定向超声波。本发明的还一目

的：是提供具有一超声波传感器的负载指示件，它被制造成可产生高频率的超声波，以提高负载检测装置的检测精度和分辨率。

对于熟知本领域技术的人来说，在阅读了本发明随后的实施例和与之对应的附图后，本发明的这些和其它目的，特性和优点将是显而易见的。

附图中，相同的零件用相同的标号表示：

图 1：为透视图，描绘按照本发明的一负载指示件的实施例；

图 2：为放大的剖面图，显示图 1 和负载指示件；

图 3 至图 9 为与图 2 相似的示图，显示本发明不同实施例的负载指示件。

本发明提供一负载指示件，包括一杆和一与负载指示件组合的超声波传感器装置。超声波传感器装置可被组合在负载指示件上任何合适的位置。按照本发明可使用多个超声波传感器。例如，用于产生超声驱动脉冲波的第一超声波传感器可组合在负载指示件的第一表面上，这样，驱动脉冲被定向朝向声反射面或第二超声波传感器，适合于从声反射面或第一传感器接收回波的第二超声波传感器可组合在指示件上不同位置。不管怎么说，使用产生驱动脉冲波和接收回波的两个信号超声波传感器是最佳的。进一步的，最好利用蒸汽沉积技术将超声波传感器直接生成在负载指示件的第一表面上，以向指示件的第一表面提供永久地、机械地、导电地和传声的内连接，以取消对内连接装置的需要。如粘接剂。超声波传感器也可安置在凹槽中，用以在周围环境中保护传感器装置。

负载指示件可以是螺栓、杆件、铆钉、双头螺栓或其它适当结构的元件。在紧固的操作中，它们可被改装，以提供指示件的拉伸负载，

应力，伸长或其它指示件的特性的指示，除此以外，在已安装的指示件的日常连接的任何时间，提供上述的指示。还有，负载指示件可由金属、塑料或其它适合传送超声波的适当材料制造。

本发明的负载指示件可作紧固工具使用，包括一般的动力工具，它与负载指示件既电连接亦机械啮合，对于这一点，熟知本技术领域的人是可以理解的。还有，电控制装置可用本领域的已有技术与超声波传感器可导电的内连。电控制装置提供和检测超声波传感器的电信号。比如，提供对负载指示件的杆的拉伸负载，应力，伸长的超声波检测。

紧固工具可提供给显示装置，以显示在操作过程中获得的拉伸负载、应力、伸长或元件鉴定的超声波检测。另外，当紧固操作快结束，已产生了一定的拉伸负载或伸长量时，通过电控制装置的测定，紧固工具适合用于连续提供信息。这对于熟知本技术领域的人来说是可以理解的。对于熟知本技术领域的人来说，进一步可以理解的是，动力工具可在已有技术的形式中选择，以形成可监视连接的其它特性，如负载指示件的扭转和瞬时角度。这种动力工具的例子可在发明人 Finkelston 的 1982.8.17 发布的美国专利号 U. S. NO. 4,344,216 中找到。从动力工具中获得的其它有效的信息和由电控制装置提供信息、拉伸负载、应力、伸长或元件鉴定组合，提供精确控制的紧固操作。在那里，各种检测参数被直接用来控制紧固工序或监视紧固操作的效果。

使用于本发明中，用于检测沿着指示件超声波发出和返回时间的设备的例子，已由发明人 Kibblewhite, 1989.7.11 发布的美国专利号 U. S. NO. 4,846,001 公开。在这里综

合参考了上述文件的全部内容，许多已有技术中的检测飞行时间的不同技术是在无损检测领域超声波技术发展的结果。大多数的技术适于提供需要的结果和精度。其中一些技术在精确测量脉冲数方面，在线路组合方面和能量消耗方面的应用，具有特殊的优点。本发明的负载指示件最好使用脉冲——回波技术，不过，已有技术中的其它技术，如共振技术或声反射应力检测技术，也能被使用。

对本发明清楚的理解可参照附图得到，虽然，本发明的特殊形式被选择，在附图中显示，但是，上述详细的叙述并不意味着对本发明范围的限定。

图 1 和图 2 显示负载指示件的一最佳实施例，特别是，紧固件 10 适于检测紧固件 10 上的变形。在本实施例中的紧固件 10 为一螺栓，它包括一具有轴线 12 的杆 11 和一予定的长度。杆 11 适应于沿轴线 12 的轴向变形。在杆 11 的轴向一端形成一头部 13，螺纹在其轴向另一端形成。有一端面 15 形成在头部 13 的端部，在头部 13 和杆 11 之间有一台阶 16。底面 17 形成在杆 11 的另一端。头部 13 还提供一与扳手或工具的啮合面 18，例如其周面布置为六边形的扳手面。

熟知本技术领域的人会理解，为使超声波传感器 19 起作用，压电元件必须夹在两个导电电极之间，在那里，电极放出或收集电荷。在最佳实施例中，紧固件 10 为金属件，因此，紧固件 10 的表面可起到第一电极的作用。

进一步的，如图 2 所示的放大截面图，端面 15 被制成为一平滑的表面，表面特别修整为平度小于 2 微米，利用蒸汽沉积技术，将压电元件 21 直接生成形成在端面 15 上，当以这种方式生成后，已知

材料的定向薄膜呈现压电特性。

氧化锌 (ZnO)；氮化铝 (AlN)； $Pb[Zr, Ti]O_3$ ($lead\ zirconate\ titanate$) 和硫化镉 (CdS) 为所引用资料和 G. Yi, Z. Wu 和 M. Sayer “通过溶解—胶化过程予制 $Pb[Zr, Ti]O_3$ 薄膜，具有电的、光的，和电—光的特征。”据 *J. Appl. Physics* 64 (5), pp. 2717—2724 (Sept. 1, 1988)，所记载，它们呈现所需的压电特性。这些材料可被用来制造电元件，如表面声波装置，整体声波元件和共振装置。这些材料在声传播和无害检测应用的实验应用中，已由 White, Chuang 和 Lee 在“薄金属片上使用压电薄膜的整体超声波传感器”*IEEE Trans. on Sonics & Ultrasonics*. Volsu—28, No. 1, pp. 8—13 (1981. 1) 一书中有报道。虽然，在最佳实施例中的压电元件 21 是 ZnO ，对熟知本技术领域的人可理解的是，也可使用另外的材料，特别是，如果其它材料具有所需的特性，如增加压电特性，增强对环境的抵抗，或低的制造成本。

适于压电定向薄膜生成的沉积技术对于熟知本技术领域的人来说是了解的，并被所引用的资料都有记载，在所引用的 Rrupanihi 和 Sayer 的“在 RF 磁控管反向飞溅沉积压电 ZnO 中的位置和压力作用”*J. Applied Phys.* 56 (11), pp. 3308—3318 (Dec. 1984) 中，热解喷射，化学蒸汽沉积，dc 二极管，dc 和 rf 磁控管飞溅这些生成技术被记载用于生产显示适当特性的 ZnO 压电薄膜。生产类似材料薄膜的过程也被记载，包括溶解—凝化 ($Solution - gelation$) 过程，在所引

用的 Yi, Wu 和 Sayer 中叙述。

对于熟知本技术领域的人是可以理解的，紧固件或紧固件表面的予制所希望的是使用蒸汽沉积技术，先在如图 2 所示的端面 15 上形成压电元件。这种予制包括，例如：增加电传导性或粘接力的覆盖作用、化学腐蚀或清洗。

图 2 中的第二电极 23 永久地、机械地和导电地连接在压电元件 21 上。由于内连接，压电元件 21 和第二电极 23 形成如图 1 所示的传感器元件 19。第二电极 23 可由用蒸汽沉积技术沉积的金属层，导电油墨或涂料形成。另外，导电金属片可用例如粘结剂粘到压电元件 21 上。第二电极 23 内连到压电元件 21 上，以致使与作用在第一电极的紧固件表面 15 导电隔离。

由于压电元件材料本身是不导电的，这对于熟知本技术领域的人是可以理解的，在如图 2 所示的最佳实施例中，由于第二电极 23 发出和收聚电荷的作用是在压电元件 21 的表面之外，因此，按照本发明的制造压电元件 21 的传感器有效地点由第二电极 23 的地点决定。因此，在本发明上述的最佳实施例中，在压电元件 21 的制造过程中不需要精确定位或使用遮盖技术。

压电元件 21 的频率特性取决于元件的厚度，这也是熟知本技术领域的人可以理解的。在上述的制造过程中，通过控制生成速度和生成时间可精确地控制薄膜厚度，同样也是熟知本技术领域的人可以理解的。因此，压电元件 21 的频率特性可被精确地控制超出一很宽的频率范围。对于熟知本技术领域的人依旧可以理解的是，使用高频超声波传感器，通过提供回波波形的快速上升和下落时间可增加飞行时间的检测精度，通过减少超短波长的超声波的传播可增强检测小反射

面或小紧固件制造缺陷的分辨率。在本发明最佳实施例中，压电元件和第二电极的厚度均在1至50微米的范围内，传感器的频率使用范围为1至500 MHz。

所引用的文献还记载了压电膜的晶体偏斜角度可在上面提到的制造过程中加以控制。在Wang 和Lakin的“抗剪切波共振器的飞溅带有C形轴心的氧化铝薄膜”，《电气与电子工程师协会及超声波研究论文集》。P P. 480—483 (1982)，记载的实验结果证实了控制角度和通过控制偏斜角度从而控制用蒸汽沉积技术生成的ZnO薄膜的轴向和横向两个方向的超声波检测拉伸负载由发明人Holt 的美国专利U. S. NO. 4, 602, 511公开，使得不需要获得零负载检测值而检测指示件的应力成为可能。这是对安装好的紧固件进行拉伸负载检测所需要的。

已有发明，kibblewhite 的于1989. 7. 11发布的美国专利U. S. NO. 4, 846, 001和Couchman 的发布于1981. 10. 13的美国专利U. S. NO. 4, 292, 122中，由于压电元件是在与负载指示件内连之间制造的，因此需要一机械地、导电地和传声的内连装置，将压电元件连接到负载指示件上。这种内连装置是，例如粘结剂。提供满意内连装置的困难在于机械地、导电地和传声地是内连所必要的。首先，适当的内连材料，需符合许多紧固件应用要求的粘结力。例如，飞行器发动机，是不适合的。第二，由于内连材料必须将压电元件导电内连到负载指示件上，内连材料必须既能传导电，另外又需要非常的薄，以便将电信号从压电元件电容性地耦合到负载指示件。第三，内连装置必须适合于声耦合的介质，例如，提供一从压电元件向负载指示件传送超声波的装置。例如，

夹带进来了气泡，大大降低了接收的回波的波幅。因此，对于熟知本技术领域的人是可以理解的，本发明的直接沉积的定向压电元件消除了上述已有发明中的困难。

已有技术，发明人 Kibblewhite 的 1989.7.11 发布的美国专利 U. S. NO. 4,846,001 公开的压电薄膜的材料是聚合材料，如聚乙烯氟化物或聚合 $\text{VF}_2 / \text{VF}_3$ 。一旦它们裸露在超过 125°C 的温度下，那么这些材料的压电特性将遭到破坏。负载指示件许多作用在组件中。例如车辆和飞行器的发动机中，那里紧固件遭受如此高的温度是危险的。因此，上述发明的负载指示件，或负载指示件上的传感器，为了重新安装组件，用相同的超声波伸长方法替换在机组运行过程中。另外，在 150°C 至 200°C 的温度范围内，上述的聚合材料融化，使得电极出现松动，以致在部件的临接组件中导致干扰或损坏临接组件。因此，用户反对在许多装配中装配如上述引用发明中的负载指示件。

本发明的压电材料可从压电聚合材料之很多的材料中选取，例如 ZnO 的融化点为 1975°C 。

在上述引用的发明中记载的压电聚合材料的缺点还有，在制造中，需单独的高压极化操作，这种高压极化操作大大增加了压电元件的造价。在本发明中，压电元件是定向的，在它的制造过程中不需高压极化操作。

上述引用的发明中的压电聚合材料，在理论上，当使用在超声波脉冲——回波作用中，比本发明的材料有效性更高一些，但是，本发明的传感器，由于在压电元件和紧固件表面之间改进了内连接，在压电元件的声阻紧密相配物和负载指示件之间改进了内连接，比从负载

指示件紧固件传送和接收超声波更有效。这种在传送效能上的改进大大补偿了材料压电效能的差异。上述引用的全部传感器性能较大的变化是由于传感器装置和负载指示件之间内连接制造的不同引起的。因此，在本发明的最佳实施例中取消导致不同特性的内连装置。

值得注意的是，按照本发明利用蒸汽沉积技术将压电元件直接制造在负载指示件上和按照本发明使用可被用来形成压电传感器的材料，导致负载指示件在性能上比已有技术有显著的改进。

图3至图9显示本发明另外的实施例，在图3所示的实施例中，端表面27形成在负载指示元件25的头部31的凹槽29中，凹槽29可作为工具啮合管套，减重孔或浅槽。它的目的是在环境的危害中保护压电传感器。

在图4所示的本发明的另一实施中，一附加层43延伸覆盖在第二电极43的外部，压电元件39和负载指示件35的端面37，从而排除在第二电极41和第一电极（图4所示实施例中的端面37）引起短路的灰尘和微粒。并且在危害环境中保护压电元件39，例如溶剂，它可降低压电元件39的性能。

在图5所示的实施例中，紧固件45在头部47有一浅槽49，在此实施例中，附加层51被用来在危害环境中保护压电元件53。

在本发明的上述实施例中，压电元件的作用部分——超声波传感器基本上是扁平的，用蒸汽沉积在负载指示件的基本扁平的表面上形成。图6显示本发明一个实施例，在这个实施例中，压电元件63被形成在负载指示件61的表面65上，以便提供一超声波传感器朝向轴向，横向，或朝向反射表面67和69的轴向或横向超声波，除此之外，还朝向负载指示件61的表面71。对于熟悉本技术领域的人

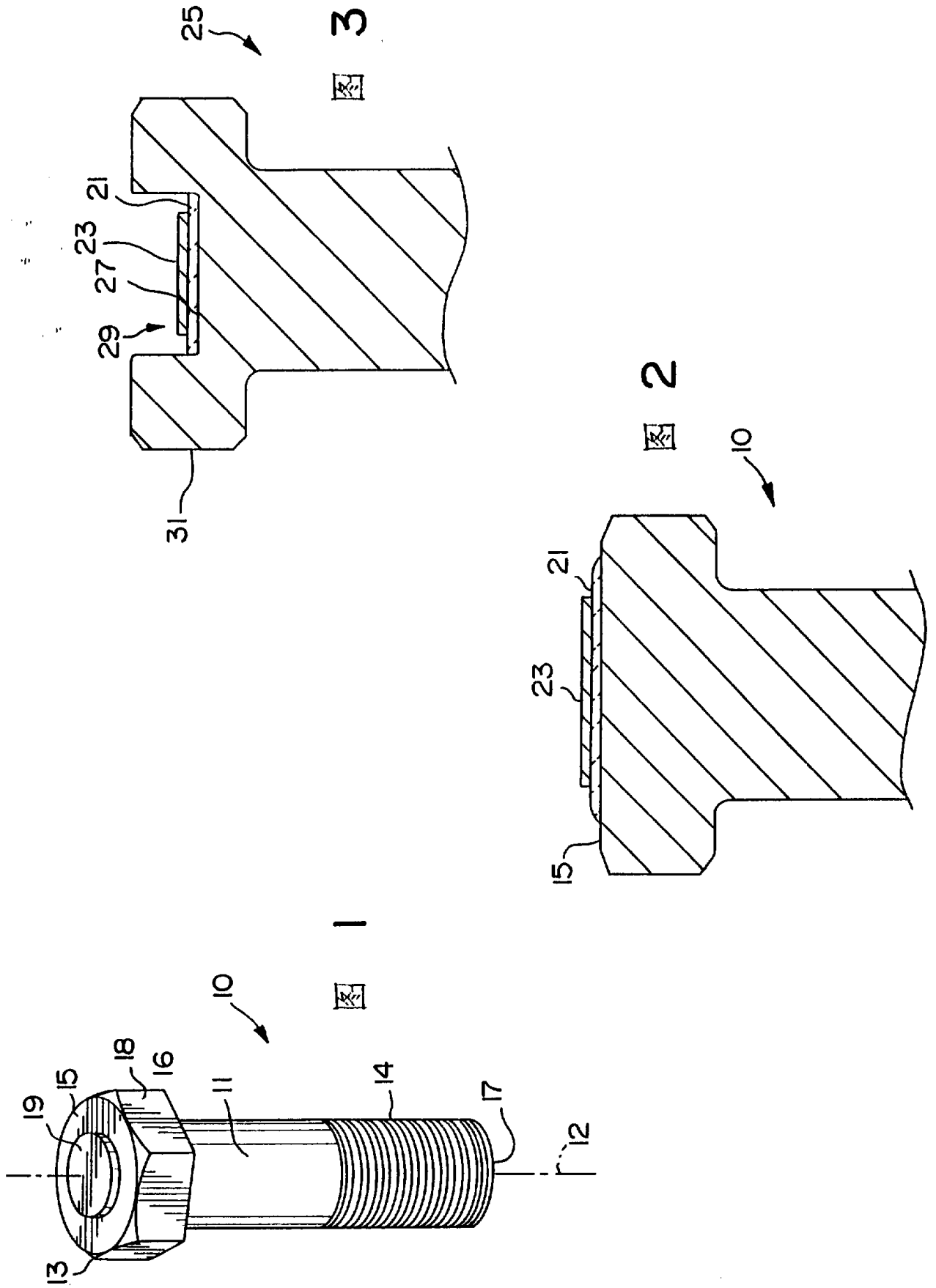
来说是熟知的，对于多种不同的端表面形状，本发明的压电元件可为这种形式，允许超声波指向或聚集在特定的反射面上。

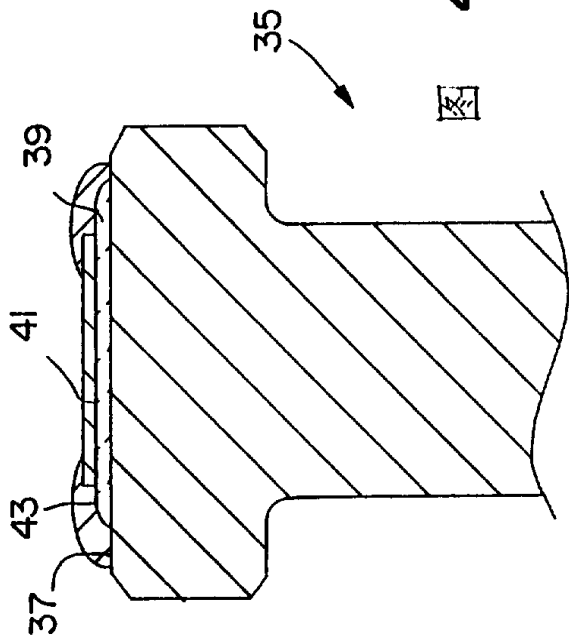
如图7所示的本发明另一实施例，压电元件形成在第二电极上。在本实施例中，压电元件75第一次被成形在第二电极上，在这里，第二电极为一薄的导电材料，例如：金属薄片。压电元件75是永久地、机械地、导电地和传声地用内连装置81内连到负载指示元件73的头部79上的表面83，内连装置可为，如粘接剂。如图6所示的本发明实施例的优点在于压电元件75易于制造。但是，本实施例不具有先前叙述的，压电元件直接成形在负载指示件表面上这一优点。

在本发明上述的实施例中，超声波传感器装置与负载紧固件形成头部一端的轴端内连，熟知本技术领域的人可以理解，传感器装置也可选择与负载紧固件的另一端内连，如图8所示的本发明的实施例。例如，在为导致拉伸负载，用紧固工具的转动，在紧固件上安装与负载指示件配合的螺母时，这个实施例是最佳的，在本发明的这个实施例中，传感器85就形成在紧固件84的端面87上。

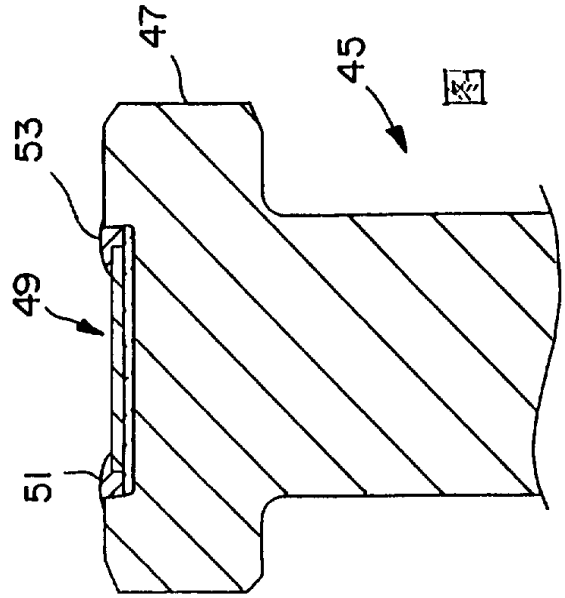
上述所有的实施例中，都具有一与定向压电薄膜机械地和导电地内连的第二电极。图9显示本发明的一个与图2所示实施例相似的实施例，但没有永久内连的第二电极。在本实施例中，第二电极由一导电块充当，导电地连到负载检测装置上，在超声波检测拉伸负载，伸长或应力时，与定向压电薄膜接触或连通地紧靠着。

虽然，发明已由具体实施加以描述，明显属于本发明的众多的其它形式或属于本发明的变化，对于熟知本技术领域的人是显而易见的。附加的权利要求和发明一般被看作覆盖了全部这种显而易见的形式和变化，它包括在本发明的实质和范围内。

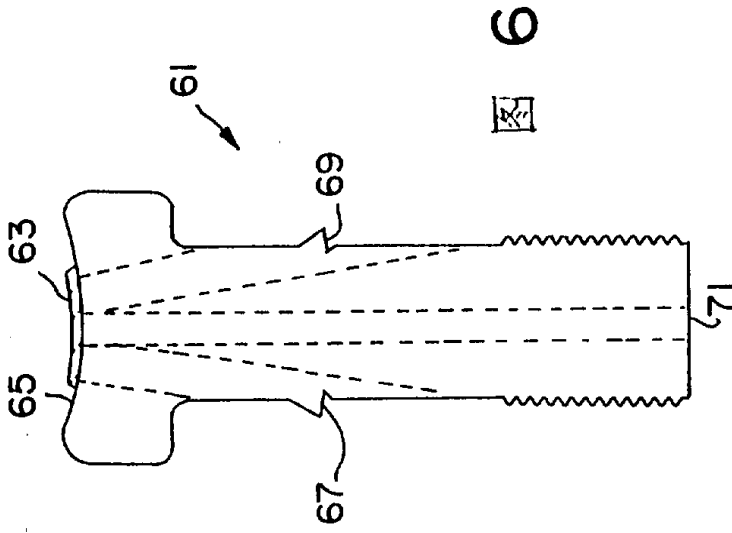




4



5



6



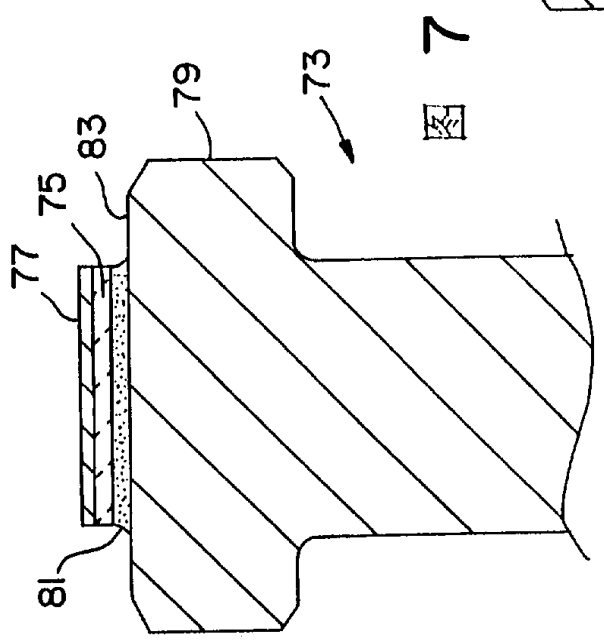


图 7

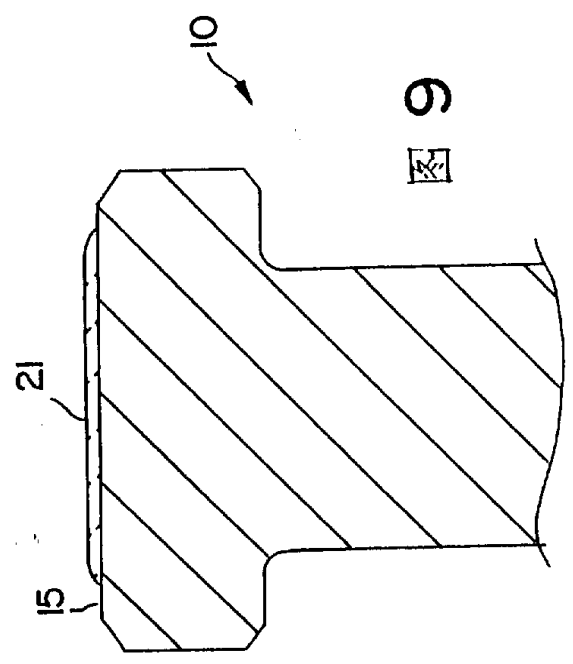


图 9

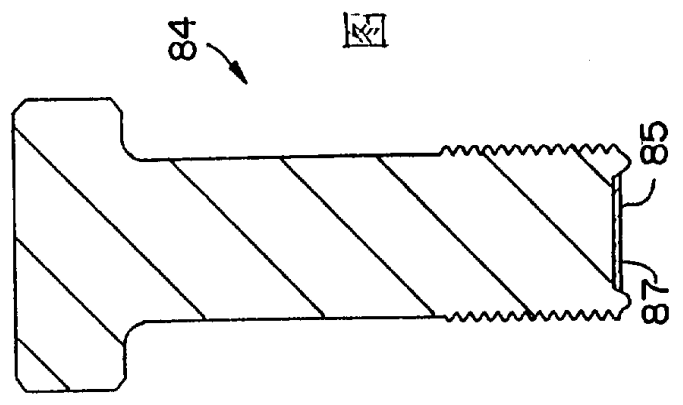


图 8