

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

F03D 1/06 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200710109780.3

[43] 公开日 2007 年 10 月 31 日

[11] 公开号 CN 101063437A

[22] 申请日 2007.4.30

[21] 申请号 200710109780.3

[30] 优先权

[32] 2006.4.30 [33] US [31] 11/380938

[71] 申请人 通用电气公司

地址 美国纽约州

[72] 发明人 F·多伦斯普利特 R·阿雷尔特
E·艾布

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 廖凌玲

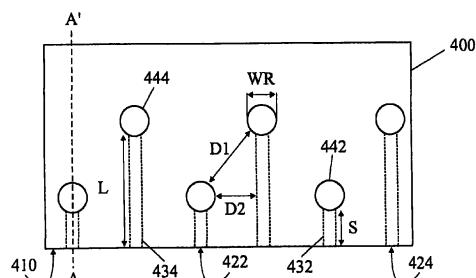
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 5 页

[54] 发明名称

用于风力涡轮的转子叶片

[57] 摘要

本发明提供了一种风力涡轮(100)的转子叶片(40)，其中转子叶片包括位于叶片根部(400)壁面上的径向孔和纵向孔，所述径向孔在叶片(400)的纵向上交错着，所述每一个纵向孔从叶片边缘(410)延伸到相应的径向孔。



1、一种风力涡轮（100）的转子叶片（40），包括：

位于叶片根部壁（400）中的径向孔，此径向孔在转子叶片的纵向上交错开，和

位于根部（400）壁中的纵向孔，其中每个纵向孔从叶片边缘（410）延伸到一个相应的径向孔。

2、如权利要求1所述的转子叶片，其特征在于第一组径向孔（442）位于与叶片边缘（410）相距第一纵向距离（S）的位置，第二组径向孔（444）位于与叶片边缘（410）相距第二纵向距离（L）的位置，其中所述第一距离（S）小于第二距离（L）。

3、如权利要求1所述的转子叶片，其特征在于沿着叶片根部（400）的周向看，其中径向孔交替从所述第一和第二组（442, 444）中选择。

4、如权利要求1所述的转子叶片，其特征在于第一组径向孔（442）的直径（WRS）小于第二组径向孔（444）的直径（WRS）。

5、如权利要求1所述的转子叶片，其特征在于相邻径向孔（442, 444）之间的距离（D）适于提供足够的结构强度以承受极限负荷。

6、如权利要求1所述的转子叶片，其特征在于相邻径向孔（442, 444）相互纵向相隔的距离为径向孔直径（WR）的0.5-10倍。

7、如权利要求1所述的转子叶片，其特征在于第一组纵向孔（432）具有第一纵向长度（S），第二组纵向孔（434）具有第二纵向长度（L），其中所述第一长度（S）小于所述第二长度（L）。

8、如权利要求7所述的转子叶片，其特征在于沿着叶片根部（400）的周向看，其中纵向孔交替从所述第一和第二组（432, 434）中选择。

9、如权利要求1所述的转子叶片，其中长短纵向孔之间的纵向长度差（L-S）取为长纵向孔（444）纵向长度（L）的1%到60%，优选为5%到50%。

10、具有至少一个如上述任何一个权利要求所述的转子叶片（40）的风力涡轮（100），所述转子叶片（40）通过T形螺栓连接安装在轮毂（30）上，

其特征在于，T形螺栓连接包括插入位于转子叶片根部(400)的纵向螺栓孔(420)中的紧固螺栓(500)，并此紧固螺栓固定到插入位于转子叶片根部的径向螺栓孔中的横向螺栓(600)，

其中所述T形螺栓连接中提供了适于短纵向螺栓孔(432)的短紧固螺栓(502)和适于长纵向螺栓孔(434)的长紧固螺栓(504)。

用于风力涡轮的转子叶片

技术领域

本发明涉及一种用于风力涡轮的转子叶片，尤其涉及这种转子叶片的根部结构。进一步地，本发明还涉及具有这种转子叶片的风力涡轮。

背景技术

除了风力涡轮转子叶片的空气动力学设计之外，转子叶片的质量和重量主要取决于叶片与转子轮毂连接的设计，例如，叶片根部。负荷从转子叶片的纤维复合结构传递到转子轮毂的金属结构，使得叶片与转子轮毂之间的连接设计成为一项困难的任务。负荷传递的困难原理上归因于相关材料的不同性质。一种公知的将转子叶片装配到毂上的技术是在叶片根部和轮毂之间形成T形螺栓连接或交叉螺栓连接。

然而这样，转子负荷便集中在叶片根部和转子轮毂。另外，转子负荷呈现出高动态的负荷频谱。从而，叶片/轮毂连接中的根部薄板和螺栓必须符合特定的设计余度。特别是，叶片螺栓的设计余度可能会过余以至于一个给定的负荷谱将需要大量的螺栓。然而，螺栓数量的增加使得相邻T形连接之间的根部薄层量相应地减少。结果，叶片根部的连接将经受不起过度的载荷，致使叶片根部连接受损甚至折断。对于计划改装较大转子叶片的现有涡轮，以上的考虑尤为关键。

发明内容

基于上述内容，本发明提供了一种用于风力涡轮的转子叶片，其包括位于叶片根部壁上的径向孔，此径向孔在转子叶片的纵向上交错开。进一步地，此转子叶片还包括位于叶片根部壁上的纵向孔，每个纵向孔从叶片边缘延伸至相应的径向孔。

由于叶片根部的以上结构，径向孔沿转子叶片的翼展方向相互间隔开。因此，对于一个给定的叶片根部直径，螺栓的数量增加的同时在相

邻的径向孔之间仍然有足够的根部薄层，这样交叉螺栓连接就能够承受过度的负荷。因此，由于这样的交错排列布局，转子负荷在更多的螺栓间分布，同时确保了足够的根部薄层余度。特别是，较大的转子叶片就能安装在现有的风力涡轮上，而不需要对轮毂、承压螺距和叶片根部进行大规模的重新设计。因此，通过相对较小的努力便使得现有涡轮的转子直径和风力级别得到了提高。

独立权利要求、说明书及其附图显现了本发明的进一步的方面、优势和特征。

本发明一方面提供了一种风力涡轮转子叶片，其包括位于叶片根部的多个径向孔和多个纵向孔，其中每个纵向孔连接着转子叶片的轮毂端和一个径向孔，此多个纵向孔由第一组短孔和第二组孔组成，从而使得连接第一组的径向孔和连接第二组的径向孔在转子叶片的纵向上相互间隔开。

依照本发明的一个实施例，相邻径向孔的纵向距离为径向孔直径的0.5-10倍。这样，相邻径向孔之间的距离将适于提供足够的结构强度以承受极限负荷。

依照本发明的另一个实施例，靠近转子叶片轮毂端的径向孔直径比远离转子叶片轮毂端的径向孔直径小。这样，比起所有孔径为相同尺寸的方式来说，这种方式能够增加在靠近轮毂端的径向孔和相邻的延伸入远离毂端径向孔的纵向孔之间的根部薄层量。从而，根/毂连接得到进一步加强并且能承受更高的负荷。

本发明另一个方面还提供了一种具有至少一个转子叶片的风力涡轮。转子叶片通过T形螺栓连接方式装到毂上，其中T形螺栓连接包括插入位于转子叶片根部的纵向螺栓孔中的紧固螺栓，和紧固螺栓固定于插入位于转子叶片根部的径向螺栓孔中的横向螺栓。在此T形螺栓连接中，提供了短纵向螺栓孔和相应的短紧固螺栓以及长纵向螺栓孔和相应的长紧固螺栓。从而提供了一个带有改进的叶片/轮毂连接的风力涡轮。特别地，这种根部和轮毂之间的改进连接使得风力涡轮能够以之前安装小叶片的同样的根部直径安装上更大的叶片。

附图说明

下面将针对本发明向本领域普通技术人员进行一个完整的介绍，尤其是通过后面的说明书，并参考其中的附图：

图 1 是风力涡轮的示意图。

图 2 是风力涡轮转子叶片的正视图。

图 3 是风力涡轮转子叶片凸缘部分的示图。

图 4 是本发明一个实施例中叶片根部的侧视图。

图 5 是本发明一个实施例中凸缘部分 T 形螺栓连接的剖面图。

图 6 是本发明一个实施例中叶片根部和转子轮毂的凸缘部分之间 T 形螺栓连接的剖面图。

图 7 示出了本发明一个实施例中的紧固螺栓。

图 8 是本发明一个实施例中叶片根部和转子轮毂的凸缘部分之间 T 形螺栓连接的侧视图。

图 9 是本发明另外一个实施例中叶片根部的侧视图。

具体实施方式

下面将详细介绍本发明的各种实施例，附图示出了其中的一个或多个实施例。每一个实施例都是对本发明的一种解释说明，但其并不意味着对本发明的限制。例如，作为某个实施例的一部分进行图示或描述的特征也可以结合到其它实施例中从而再得出另外的一个实施例。也就是说本发明包括这样的改进和变形。

图 1 是传统风力涡轮 100 的示意图。此风力涡轮 100 包括一个塔架 10，机舱 20 装在其顶端。承载着 3 个转子叶片 40 的轮毂 30 装在机舱 20 的侧端。

叶片 40 的基本结构如图 2 所示。在这，转子叶片 40 包括一个用来安装转子叶片 40 到轮毂 30 的根部 400。转子叶片 40 的顶端 42 与根部 400 相对设置。转子叶片 40 的叶身 41 在根部 400 和顶端 41 之间延伸。

接下来，图 3-6 对根部 400，尤其是，根部凸缘部分的设计进行了描述。

从下方看，例如从叶片根部 400 往叶片顶端 41 看，可以看到如图 3

所示的转子叶片凸缘 410。凸缘部分 410 具有基本为圆环形的截面。此叶片凸缘 410 进一步包括与纵向孔（未示出）相对应的多个开口 420。开口 420 具有宽度 WL，并且沿边缘面凸缘面 410 的圆周方向均匀隔开一段距离 DH。当转子叶片 40 安装在转子轮毂 30 上时，紧固螺栓插入纵向孔从而形成 T 形螺栓连接，更多的细节将在下面进行说明。

图 4 示出了叶片根部 400 的侧视图。如图所示，叶片根部提供了径向孔 442, 444。这些径向孔 442, 444 的设定是为了容纳 T 形螺栓连接中的横向螺栓。纵向孔 432, 434（如虚线所示）从径向孔 442, 444 延伸至叶片的轮毂端 410。在轮毂端，纵向孔 432, 434 具有开口 422, 424，供紧固螺栓穿过并插入孔中。如图 4 所示，径向孔沿着叶片根部 400 的圆周排布。然而，径向孔被分成靠近叶片轮毂端 410 的第一组孔 442 和远离此端的第二组孔 444。换句话说，第一组径向孔 442 相距轮毂端 410 一段短的纵向距离 S，而第二组径向孔 444 相距轮毂端 410 一段长的纵向距离 L。相应地，纵向孔也被分成两组，第一组 432 仅从叶片轮毂端 410 延伸了一个短的纵向距离 S，第二组 434 则从轮毂端延伸了一个长的纵向距离 L。因此，第一组径向孔 442 和第二组径向孔 444 之间纵向相隔一段距离，这段距离就是长纵向距离和短纵向距离之间的差 L-S。典型地，这个距离 L-S 取为径向孔直径 WR 的 0.5-10 倍，优选地取为 1-3 倍的范围。另外作为选择，这段距离 L-S 还可以取为长纵向距离 L 的 1-60%，优选地 5-40%，更优选地 10-30%。如图 4 所示，径向孔交替着从第一组 442 和第二组 444 中选择。这样，在相邻的第一和第二组孔 442, 444 之间提供了带有足够薄层量的间距 D1。这样，可以缩小周向距离 D3（如图 3 所示）从而为给定的根部直径提供更多的螺栓连接。

上述的实施例中，典型地，径向孔（未示出）和纵向孔的直径 WR 和 WL 的尺寸各自相同。同样，也只提供了一个单一的从毂端 410 开始的短纵向距离 S 和一个单一的从毂端 410 开始的长纵向距离 L。然而，应该知道，本发明还可以实施不同的径向孔或纵向孔直径 WR, WL。同样，还可以提供多个短的和长的纵向距离，只要依据根部的薄层余度将两个相邻的径向孔充分地间隔开来就行。

图 5 是图 4 中叶片根部 400 凸缘部分沿线 A-A' 的纵向剖面图。纵向

孔 432 位于转子叶片壁的外侧壁面和内侧壁面之间的中间位置。进一步地，径向孔 442 设在侧壁中纵向孔 432 的一端。在相对端，纵向孔 432 具有一个位于叶片边缘的开口 422。把转子叶片 40 装在转子轮毂 30 上的时候，将横向螺栓插入径向孔 442，并将紧固螺栓插入纵向孔 432 从而形成 T 形螺栓连接，更多的细节通过图 6 进行说明。

图 6 是根部 400 和转子轮毂 30 的凸缘 300 之间所形成交叉螺栓连接的剖面图。在这，横向螺栓 600 插入径向孔 442。横向螺栓 600 包括一个带有阴螺纹的开孔 610。开孔 610 对准纵向孔 432 的位置。进一步地，转子毂 30 的凸缘 300 邻接凸缘低端面 410。此毂凸缘 300 具有一个尺寸与叶片凸缘 400 的纵向孔 432 相匹配的通孔 310。通孔 310 和纵向孔 432 相互对准，使得紧固螺栓 500 能插入通孔 310 和纵向孔 432。紧固螺栓 500 具有与横向螺栓 600 的阴螺纹 610 相适配的阳螺纹 530。通过螺旋式紧固将紧固螺栓 500 装入横向螺栓 600，从而形成交叉螺栓连接。这样，转子叶片 40 也就安装到转子轮毂 30 上。

尽管只通过参考一个短纵向孔 432，对转子叶片和轮毂之间的横向螺栓连接结构进行了描述，但是应该知道，除了纵向孔在纵向上的延展之外，长纵向孔 434 的结构也基本上相同。特别地，依照本发明的一个实施例，交叉螺栓连接结构仅分别在纵向孔的纵向长度上以及用于长短孔的相应紧固螺栓上有所不同。

如上所述的螺栓连接设计，转子轮毂 30 的凸缘 310，横向螺栓 600 和紧固螺栓 500 都典型地选用钢制。典型地，叶片凸缘 400 是用纤维增强基体制成。例如，叶片凸缘的纤维增强基体是一种包括嵌入了玻璃纤维和/或碳纤维的基体材料。例如，基体材料选自环氧树脂、酚醛环氧树脂、热固树脂如环氧树脂，环氧酚醛清漆，聚脂，聚酰亚胺，可以是浓缩型或者添加型，酚醛树脂，双马来酰亚胺。可以根据基体材料所应用的特定技术目的，任意挑选这些树脂。特别地，可以根据特定的纤维增强体挑选树脂系从而制造一种具有期望机械性和环境特性的混合纤维增强件成品。在树脂中加入硬化剂/催化剂之后，通常会将树脂除气至低于真空，从而从液态树脂中消去或者除去所有的夹杂空气。因此，这些树脂能够在热量和时间的真空压力周期环境中继续工作，而不会形成气泡。

或空隙。在这样一种基体材料中，碳纤维和/或玻璃纤维被嵌入并典型地设置为纤维网的形式。当然，这些纤维也可以是非交织或者粗纱（roving）纤维形式。

图 7 示出了本发明一个实施例中的紧固螺栓。图 7 的左图示出了短型紧固螺栓 502。短型紧固螺栓 502 适于插入短的纵向孔 432。短型紧固螺栓 502 包括一个筒型螺母段 510，一个短轴 522 和一个与筒型螺母段相对的阳螺纹端 530。阳螺纹端 530 适于旋入横向螺栓 600 的阴螺纹 610。轴段 522 具有一个短的长度 LS，其长度可以延伸纵向孔 432 的短长度 S 并穿过毂缘通孔 310。典型地，筒型螺母段 510 也包括一个阳螺纹段（未示出），筒型螺母的阴螺纹可以旋在此阳螺纹段上。作为选择，筒型螺母段 510 还可以和轴 522 形成一个整体。在这个例子中，筒型螺母段 510 可以是一个六角螺母的形式。图 7 的右图示出的是一个长型紧固螺栓 504。它的基本构造与短型螺栓 502 的一样。

图 8 是本发明的一个实施例中叶片根部 400 和转子叶片凸缘段 300 之间 T 形螺栓连接的侧视图。在这样的 T 形螺栓连接中，横向螺栓 600 插入径向孔 442、444，并将它的阴螺纹开孔 610 对着纵向孔 432、434。短的和长的紧固螺栓 502、504 分别插入短的和长的纵向孔 432、434 以及毂缘 300 中相应的通孔 310。紧固螺栓 502、504 通过筒型螺母紧固。典型地，在制造过程中通常将横向螺栓 600 和紧固螺栓 502、504 预装在转子叶片中。在这种情况下，紧固螺栓 502、504 的两端都具有阳螺纹段。于是，转子叶片在构造点位置装配到毂缘上，例如，从开口 420 开始的紧固螺栓 502、504 的延伸部分插入了毂凸缘 300 的通孔 310 中。接着，通过将筒型螺母旋到紧固螺栓的阳螺纹端，从轮毂的内部完成了 T 形螺栓连接。

图 9 是本发明另外一个实施例中叶片根部的侧视图。其基本构造与图 4 中所示的叶片根部类似。然而，根据叶片轮毂端孔间距的变化，径向孔直径产生了变化。在这个特定的实施例中，靠近轮毂端的径向孔 942 的直径 WRS 小于远离轮毂端的径向孔 944 的直径 WRL。因此，不仅两相邻径向孔之间的距离 D1 缩短了，靠近轮毂端的径向孔 942 与相邻的垂直延伸的长纵向孔 434 之间的横向距离 D2 也缩短了。这样一来，靠

近轮毂端的径向孔 942 和横向穿过度向孔的长纵向孔 434 之间的根部薄层量得到了增加，根部连接得到进一步巩固。

以上通过实施例对本发明进行了文字描述，包括最佳方式，并使得任何一个本领域的技术人员都能够制造和使用本发明。虽然通过各种详细的实施例对本发明进行了描述，本领域技术人员还应认识到本发明可以在其权利要求的要旨和范围内进行修改。本发明可获取专利的范围已经由权利要求书确定，同时还包括本领域技术人员想得到的其它实施例。这样的其它实施例，或者其具有的结构元素与本发明权利要求中文字描述的没有区别，或者其包括与本发明权利要求的文字描述没有实质区别的等效结构元素，均落入本发明权利要求的范围。

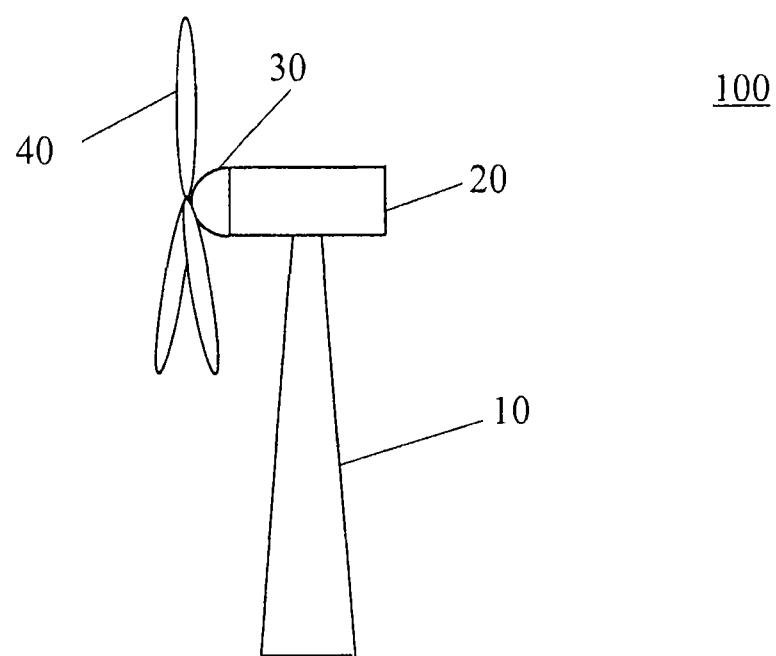


图 1

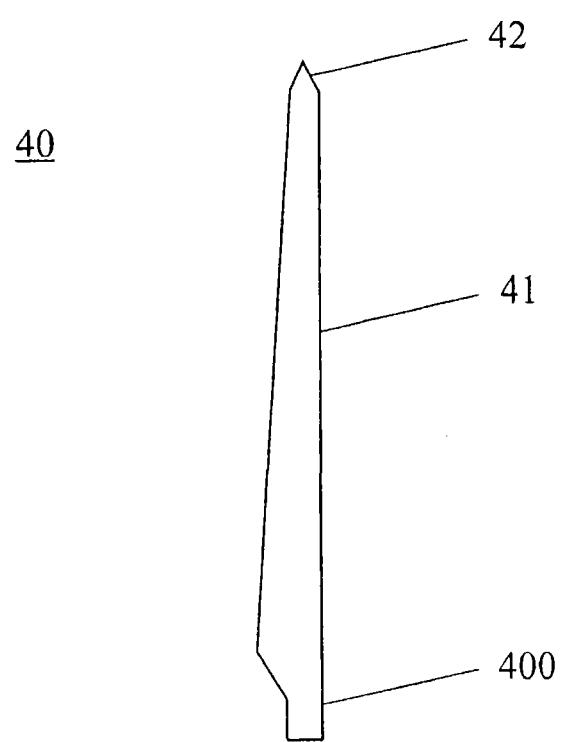


图 2

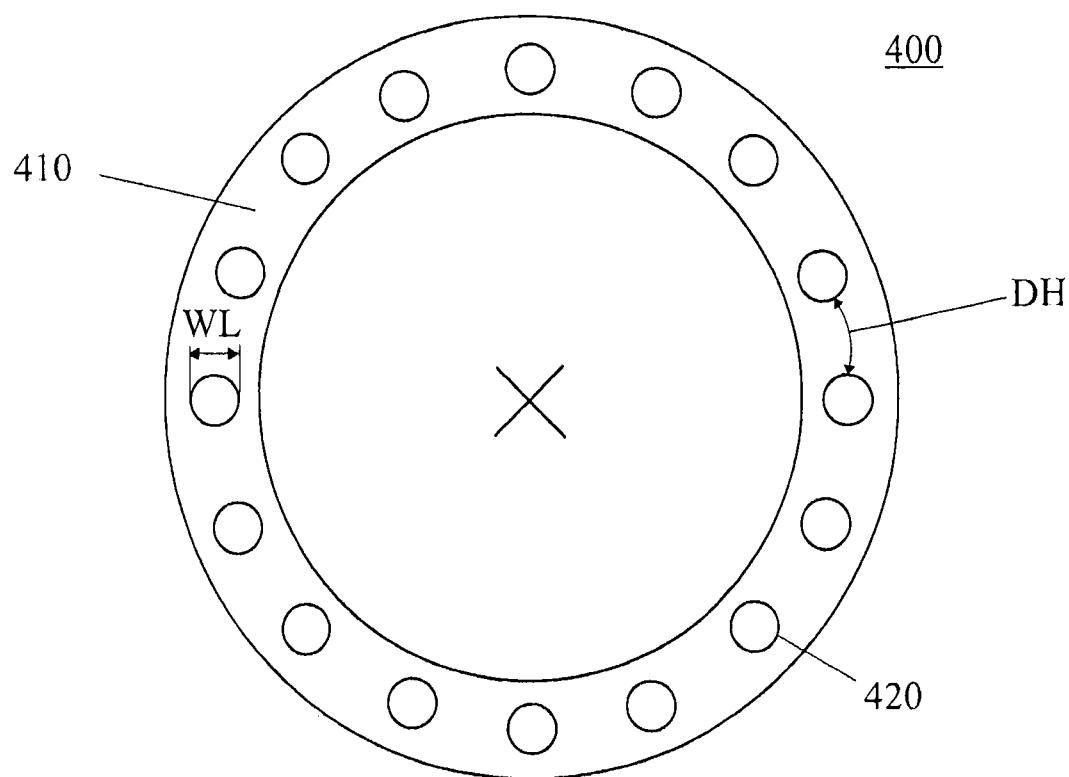


图 3

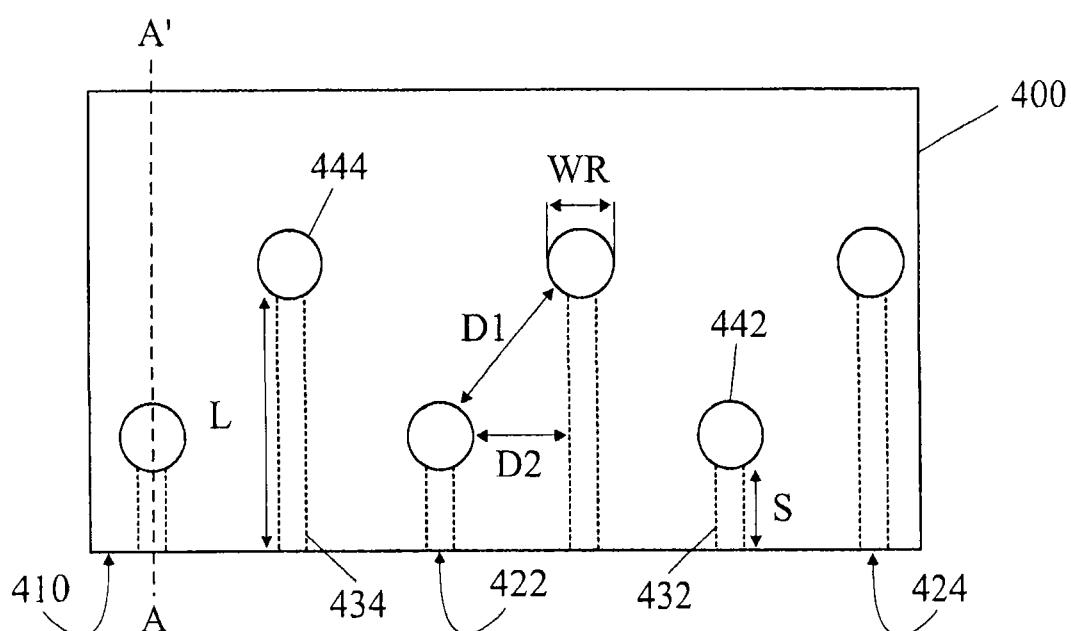


图 4

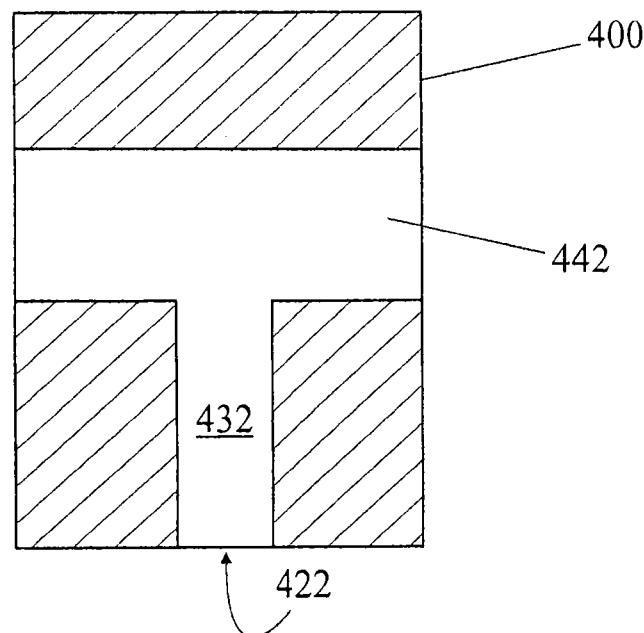


图 5

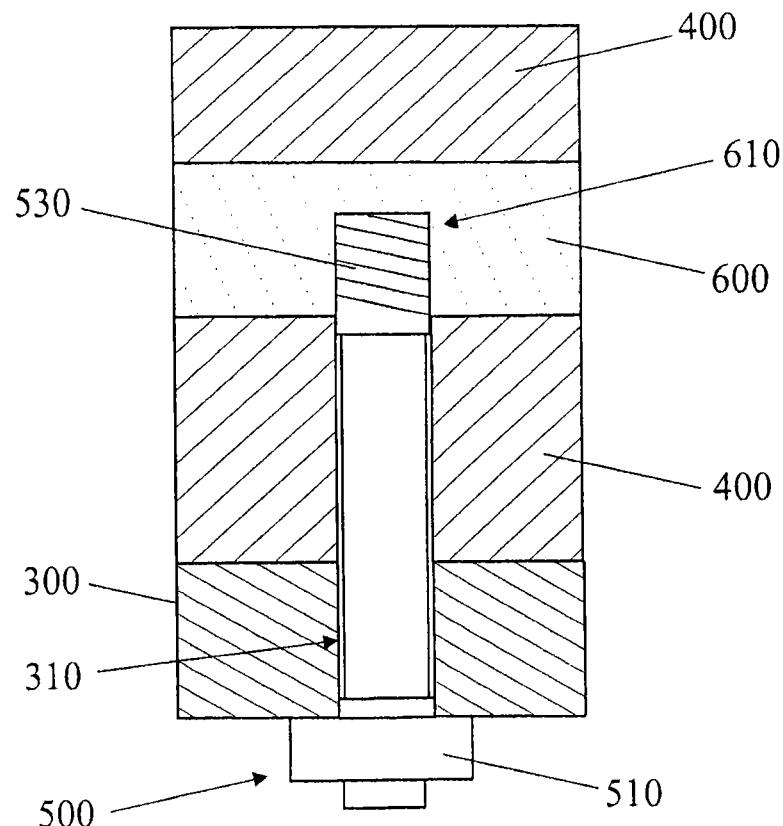


图 6

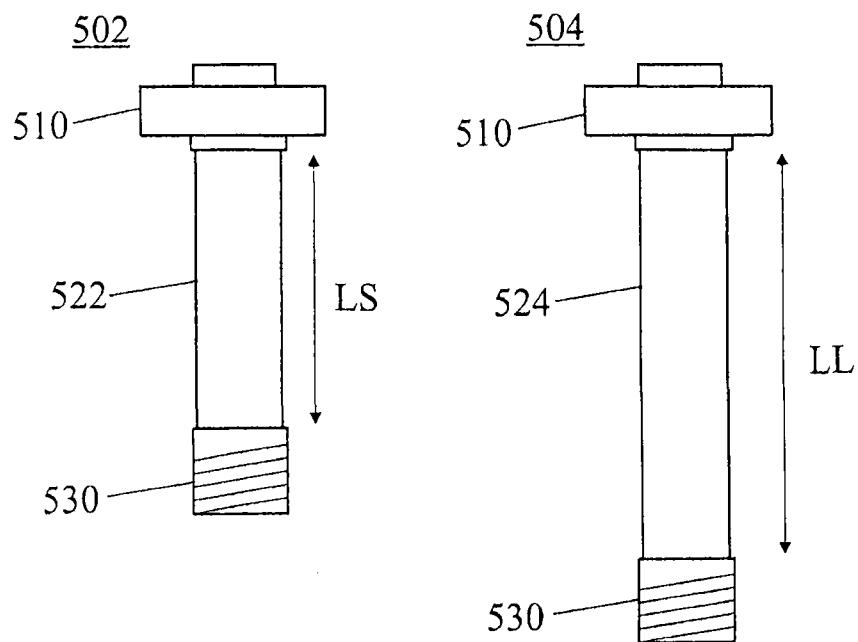


图 7

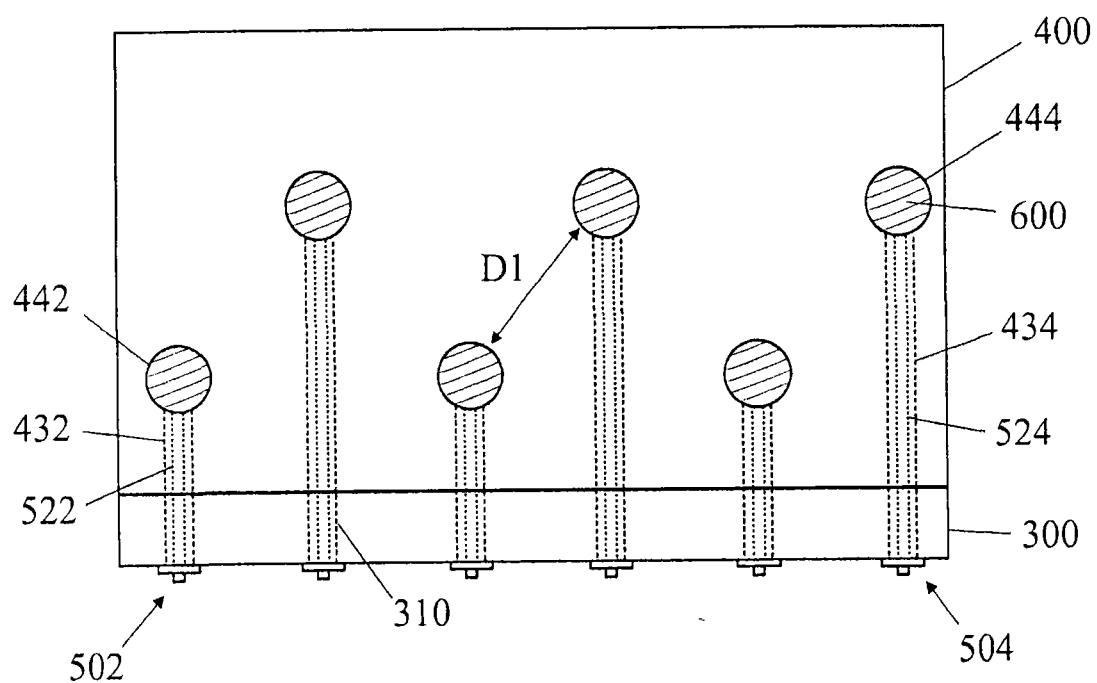


图 8

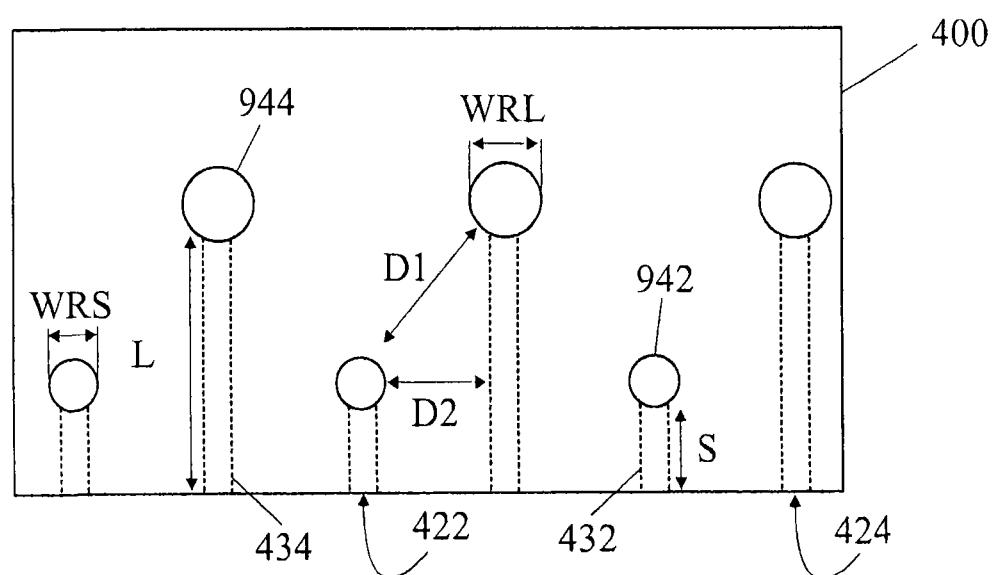


图 9