



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1982698 B

(45) 授权公告日 2012. 01. 11

(21) 申请号 200610064129. 4

审查员 刘云飞

(22) 申请日 2006. 12. 15

(30) 优先权数据

11/300852 2005. 12. 15 US

(73) 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 E·艾布 R·阿雷尔特

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
72001

代理人 谭祐祥

(51) Int. Cl.

F03D 1/06 (2006. 01)

(56) 对比文件

WO 0142647 A2, 2001. 06. 14,

DE 10153683 C1, 2003. 05. 22,

DE 19826086 A1, 1999. 12. 16,

CN 1697924 A, 2005. 11. 16,

US 4412784 A, 1983. 11. 01,

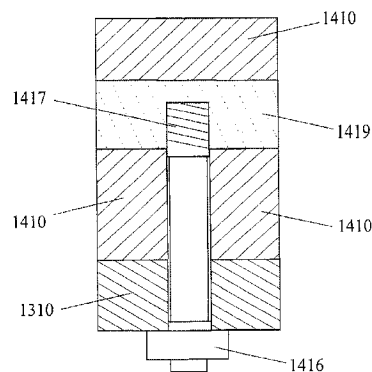
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 4 页

(54) 发明名称

风力涡轮机转子叶片

(57) 摘要

本发明涉及一种用于风力涡轮机(100)的转子叶片(140),包括配置为将转子叶片连接到转子轮毂(130)的法兰部分。该法兰部分由包含嵌入到基体材料(20)中的玻璃纤维(10)和碳纤维(15)的混合材料制成。碳纤维主要平行于该转子叶片的纵轴定向。



1. 一种用于风力涡轮机的转子叶片,包括:

法兰部分,其配置为将所述转子叶片连接到转子轮毂上,所述法兰部分包括外侧壁,该外侧壁具有在所述法兰部分的整个纵向长度上恒定的外半径,所述法兰部分由包含嵌入到基体材料中的玻璃纤维和碳纤维的混合材料制成,其中,所述碳纤维定向为平行于所述转子叶片的纵轴。

2. 如权利要求 1 所述的转子叶片,其特征是,所述碳纤维的纵向长度基本上等于所述法兰部分的纵向长度。

3. 如权利要求 1 所述的转子叶片,其特征是,所述法兰部分包括横销连接,所述碳纤维的纵向长度等于或大于所述横销连接的纵向长度。

4. 如权利要求 1 所述的转子叶片,其特征是,所述碳纤维的纵向长度随其与所述转子叶片的纵轴的距离增大而增大。

5. 如权利要求 1 所述的转子叶片,其特征是,所述法兰部分的壁的厚度在所述法兰部分的锥形区内变化,所述碳纤维的纵向长度基本上等于锥形区的纵向长度。

6. 如权利要求 1 所述的转子叶片,其特征是,所述玻璃纤维定向于与所述转子叶片的纵轴大致平行。

7. 如权利要求 1 所述的转子叶片,其特征是,所述玻璃纤维与所述碳纤维之间的比例恒定。

8. 如权利要求 1 所述的转子叶片,其特征是,所述玻璃纤维与所述碳纤维以交替堆积的纤维垫的形式提供。

9. 如权利要求 8 所述的转子叶片,其特征是,每第 n 层纤维垫是碳纤维垫,其中 n 为 2 至 10 之间的整数。

风力涡轮机转子叶片

技术领域

[0001] 本发明总体上涉及一种风力涡轮机转子叶片,更具体地说,涉及一种用于将转子叶片连接到风力涡轮机的轮毂上的法兰。

背景技术

[0002] 除了风力涡轮机转子叶片的空气动力学设计之外,转子叶片的质量和重量实质上是由叶片与转子轮毂的连接部分,即叶片根部区域的设计确定的。使叶片与转子轮毂的连接设计变得困难的问题是从转子叶片的纤维复合结构到转子轮毂的金属结构的载荷转移。这样一种载荷转移原则上是困难的,因为有关材料的特性极不相同。而且,转子载荷集中在叶片根部和转子轮毂上,这些载荷显示出高度动态的载荷谱。在传统风力涡轮机中,转子叶片的根部区域由玻璃纤维强化塑料制成。

发明内容

[0003] 转子叶片用于风力涡轮机。转子叶片包括为将转子叶片连接至转子轮毂而设计的法兰部分。该法兰部分由一种包括嵌入基体材料中的玻璃纤维和碳纤维的混合材料构成。碳纤维定向大致为平行于转子叶片的纵轴。

附图说明

[0004] 图 1 是风力涡轮机的示意图。

[0005] 图 2 是风力涡轮机转子叶片的正视图。

[0006] 图 3 是风力涡轮机转子叶片的法兰部分的视图。

[0007] 图 4 是根据本发明的一个实施例的法兰部分中的 T 形螺栓连接的截面图。

[0008] 图 5 是根据本发明的一个实施例的位于叶片根部和转子轮毂的法兰部分之间的 T 形螺栓连接的截面图。

[0009] 图 6 是根据本发明的一个实施例的转子叶片壁的截面图。

[0010] 图 7 是根据本发明的一个实施例中使用的混合玻璃纤维 / 碳纤维基体的截面图。

具体实施方式

[0011] 以下对本发明的各实施例进行详细说明,这些实施例的一个或多个图示于附图中。每个实施例都是用以解释本发明,而不是为了限制本发明。例如,作为一个实施例的一部分来解释或描述的特征可被用于其它实施例或与其它实施例结合,从而形成另一个实施例。本发明包括这样的修改和变化。

[0012] 图 1 是传统风力涡轮机 100 的示意图。风力涡轮机 100 包括塔架 110,机舱 120 安装在塔架的顶端。装有三个转子叶片 140 的轮毂 130 安装在机舱 120 的侧端。

[0013] 转子叶片 140 的基本结构如图 2 所示。其中,转子叶片 140 包括根部 141,该根部用于将转子叶片 140 安装到轮毂 130 上。与根部 141 相对布置的是转子叶片 140 的尖端

142。转子叶片 140 的主体部分 143 在根部 141 和尖端 142 之间延伸。

[0014] 图 3 显示了从下方也就是从转子叶片 140 的根部 141 向尖端 142 看到的转子叶片的法兰部分。该法兰部分具有基本为圆形的横截面,外侧壁 1411 距转子叶片 140 的纵轴的半径为 R_1 ,内侧壁 1412 距转子叶片 140 的纵轴的半径为 R_2 。因此,法兰部分的壁厚由 R_1-R_2 给定。该法兰部分还包括多个纵向孔 1415。

[0015] 纵向孔 1415 宽度为 WH ,以距离 DH 沿法兰部分的周向均匀分布。当转子叶片 140 安装在转子轮毂 130 上时,螺栓插入纵向孔 1415 中形成 T 形螺栓连接。

[0016] 图 4 是叶片根部 141 的法兰部分 1420 的纵向横截面图。纵向孔 1415 基本上位于转子叶片 140 的外侧壁 1411 和内侧壁 1412 之间的中部。而且,侧壁上提供了径向孔 1418。当转子叶片 140 安装在转子轮毂 130 上时,将横销 (cross-bolt) 插入径向孔 1418 从而与插入纵向孔 1415 的螺栓形成 T 形螺栓连接。

[0017] 图 5 是形成在根部的法兰部分 1420 与转子轮毂 130 的法兰 1310 之间的横销连接的横截面图。其中,横销 1419 插入径向孔 1418。横销 1419 包括与纵向孔 1415 对齐的内螺纹。并且,转子轮毂 130 的法兰 1310 邻靠于法兰部分 1420 的下边缘上。法兰 1310 具有与法兰部分 1420 的纵向孔 1415 配合的通孔。该通孔与纵向孔 1415 相互对齐,以便使螺栓 1416 能插入通孔和纵向孔 1415。螺栓 1416 包括与交叉螺栓 1419 的内螺纹配合的外螺纹 1417。螺栓 1416 通过螺旋紧固安装到横销 1419 上,从而建立一种横销连接。转子叶片 140 就这样固定在转子轮毂 130 上。

[0018] 在上述螺栓连接布置中,转子轮毂 130 的法兰 1310、横销 1419 和纵向螺栓 1416 由钢材制成。然而,法兰部分 1420 由纤维强化基体 1410 制成。根据本发明的一实施例,纤维强化基体 1410 是一种包括嵌入在基体中的玻璃纤维和碳纤维的混合材料。根据该示意性实施例,基体材料是环氧树脂和酚醛环氧树脂中的至少一种。根据本发明的另一实施例,基体材料是热固树脂。例如,象环氧树脂、酚醛环氧树脂、聚酯、venylesters、聚酰亚胺(浓缩和加成 (addtion) 型)、酚醛树脂以及双马来酰亚胺的热固树脂可用作基体材料。在使用中,根据混合基体应用的具体技术目的来选择特定的树脂。例如,考虑到为了生产具有所需的机械和环境性能的成品混合纤维强化部分而进行的特定纤维强化,对树脂系统进行选择。树脂通常在混入硬化剂/催化剂之后进行真空脱气,从而从液态树脂中消除或去掉所有夹杂的空气。示范性的树脂可以经过一定时间的加热真空压力循环环境而不会形成气泡或空穴。在这种基体材料中,碳和玻璃纤维是嵌入的,其中至少碳纤维的方向主要平行于转子叶片的纵轴。换句话说,碳纤维一般与转子叶片的纵向对齐,且碳纤维的纵向延伸基本平行于转子叶片的中轴。应当理解,此处上下文中的术语“基本平行”不表示所有碳纤维完全与转子叶片的纵轴对齐,而是表示大部分碳纤维的纵向延伸或多或少在转子叶片的纵轴方向上。一般来说,碳纤维以纤维垫的形式提供。然而,碳纤维也可以以无纺布或粗帆布的形式提供。在一替代实施例中,玻璃纤维的方向主要平行于转子叶片的纵轴,即玻璃纤维一般与转子叶片的纵向对齐。因此,玻璃纤维的纵向延伸基本平行于转子叶片的中轴。虽然玻璃纤维一般以纤维垫的形式提供,但其也可以无纺布或粗帆布的形式提供。

[0019] 用这样的混合碳纤维/玻璃纤维强化基体形成的叶片根部的法兰部分增大了法兰部分的硬度,特别是横销 1419 和转子轮毂 130 的钢质法兰 1310 之间的夹紧部分的硬度。结果穿过法兰的 T 型螺栓连接的接合硬度提高了,从而减少了加在 T 型螺栓上的动态载荷。

因此,该连接的临界疲劳强度得以提高。

[0020] 而且,碳纤维提高了根部的法兰材料的断裂强度,从而使孔可以间隔得更靠近。也就是说,相邻纵向孔 1415 之间的间距 DH 比已知结构的减小,从而使沿着法兰部分周边的 T 型螺栓连接的数量比已知结构得以增加。因此,叶片与轮毂之间的静态强度和疲劳强度都提高了。

[0021] 而且,置于法兰内的离轴碳纤维提高了法兰材料的承压强度。所以,用于 T 型螺栓连接的筒形螺母的尺寸得以减小,纵向孔 1415 的宽度 WH 也减小。结果,可沿着法兰部分的周边布置更多 T 型螺栓连接。这一点进一步提高了转子叶片 140 与转子轮毂 130 之间的连接的静态强度和疲劳强度。

[0022] 此外,采用含碳纤维的法兰部分带来的根部-轮毂连接的载荷承压能力的提高允许减小根部直径 R1、R2。因此,法兰 1310 和转子叶片 140 的根部 141 可用更少的材料制造,使得转子叶片更轻量化、更廉价。这样也就允许转子轮毂和倾斜轴承更轻量化、更廉价。

[0023] 根据本发明的另一实施例,碳纤维的纵向长度基本与法兰部分的纵向长度相等。特别是在法兰部分包括横销连接之处碳纤维的纵向长度等于或大于横销连接的纵向长度。一般来说,碳纤维的纵向长度比横销连接的长度大得多,例如碳纤维的纵向长度从 300mm 左右到 2500mm 左右。

[0024] 根据本发明的另一实施例,碳纤维的纵向长度朝径向向外方向增加。换句话说,纤维的长度随着与转子叶片的纵轴的距离增加而增加。因此,大约在半径 R2 处的最里面的碳纤维比大约在半径 R1 处的最外面的碳纤维要短。这样一种典型情况在图 6 中示出,其中显示了法兰部分的侧壁的纵向横截面图。转子叶片的根部末端包括纵向孔 1415 和径向孔 1418。根据图 6 所示的实施例,内侧壁表面具有三个区域,分别是根部末端区 1412、锥形区 1413 以及叶片侧面区 1414。根部末端区 1412 的内半径 R2 小于叶片侧面区 1414。锥形区 1413 连接根部末端区 1412 和叶片侧面区 1414。在锥形区 1413 内,内半径 R2 从根部末端区 1412 向着叶片侧面区 1414 逐渐增大,从而形成两区域之间的光滑过渡。一般来说,内半径 R2 沿着锥形区 1413 的纵向长度线性增大。外侧壁 1411 的外半径 R1 在法兰部分 1420 的整个纵向长度上保持恒定。因此,法兰部分 1420 的壁厚在锥形区 1413 内在根部末端区 1412 的较大厚度与叶片侧面区 1414 的较小厚度之间变化。

[0025] 图 6 也显示了碳纤维层 40,该碳纤维层在一个实施例中一般为碳纤维垫的形式。在替代实施例中,碳纤维层 40 是以无纺布或粗纺织物的形式形成。通常,碳纤维层 40 从法兰部分的根部末端向上延伸到锥形区 1413 的内表面。因此,这些层 40 中所含碳纤维的长度基本上等于锥形区 1413 的纵向长度。相应地,碳纤维的长度随着侧壁厚度的减小而增大。换句话说,纵向延伸碳纤维的长度取决于其与转子叶片纵轴之间的距离,其中长度随着距离成比例地增大。然而,应当注意到在位于锥形区 1413 之外的外壁部分的碳纤维外层 42 中碳纤维存在最大长度。通常,对碳纤维外层而言,碳纤维的长度不会向着外壁 1411 进一步增大而是基本上恒定。在本发明的本实施例中,玻璃纤维也以基本为纵向延伸的纤维垫的形式提供。因此,玻璃纤维也基本上平行于转子叶片的纵轴延伸。

[0026] 根据本发明的另一实施例,锥形区 1413 不位于转子叶片内部,而是位于转子叶片外部。这一点通过交换图 6 中附图标记 1411 和 1412 可以很容易示范。那么,内半径 R2 是恒定的而外半径 R1 在锥形区内变化。根据本发明的又一实施例,锥形区位于转子叶片 140

的内部及外部。这个实施例中,外半径 R1 和内半径 R2 都在锥形区内改变。而且,碳纤维的纵向长度根据上述锥形区的纵向长度而改变。

[0027] 图 7 是根据本发明的一实施例采用的混合玻璃纤维 / 碳纤维基体 1410 的横截面视图。其中,混合基体 1410 包括嵌入在基体材料 20 中的玻璃纤维 10 和碳纤维 15。玻璃纤维 10 及碳纤维 15 以纤维垫的形式提供。玻璃纤维垫和碳纤维垫交替地叠放并嵌入基体材料中。因此,获得了交替形式的玻璃纤维层 30 和碳纤维层 40。在图 7 所示的实施例中,每隔一层是碳纤维层 40。然而,玻璃纤维与碳纤维之间的比例可以针对具体应用来调节。典型情况下,每第 n 层纤维垫是碳纤维垫,其中 n 一般在 2 到 10 之间。这样就获得了法兰部分内的玻璃纤维与碳纤维之间的恒定比例。

[0028] 如上所述,本发明的示意性实施例包括风力涡轮机转子叶片,该叶片的根部配置为与风力涡轮机的转子轮毂相连。在转子叶片根部提供了法兰状连接部分。该连接部分由包括嵌入到基体材料中的玻璃纤维和碳纤维的混合材料制成。碳纤维主要平行于转子叶片的纵轴定向。

[0029] 通过用混合玻璃纤维 / 碳纤维基体形成转子叶片根部的法兰状连接部分,连接部分的硬度增强。因此,穿过连接部分的 T 形螺栓连接的连接硬度得到改进,从而使 T 形螺栓的动态载荷减小。特别是,由于碳纤维的高硬度使得纤维强化基体与 T 形螺栓之间的硬度比增强。因此,连接的临界疲劳强度得到改进。

[0030] 而且,碳纤维增强了根部层状材料的破裂强度,从而允许 T 形螺栓的孔间隔得更接近。因此,T 形螺栓连接的静态和疲劳强度得到改进。此外,碳纤维增强了根部材料的承压强度。这样,用于 T 形螺栓联接的筒形螺母的尺寸相比已知筒形螺母减小,从而使更多 T 形螺栓布置在连接部分。这样就进一步改进了叶片和轮毂之间的连接的静态和疲劳强度。同时,应用含碳纤维的法兰改进了根部 - 轮毂连接的载荷承受能力,这允许转子叶片的根部直径减小。因此,在一实施例中,法兰用更少材料制成,从而使转子叶片更轻更廉价。

[0031] 本发明以多种具体实施例的形式进行描述,本领域技术人员应当意识到在权利要求书的精神和范围内本发明可通过修改来实行。

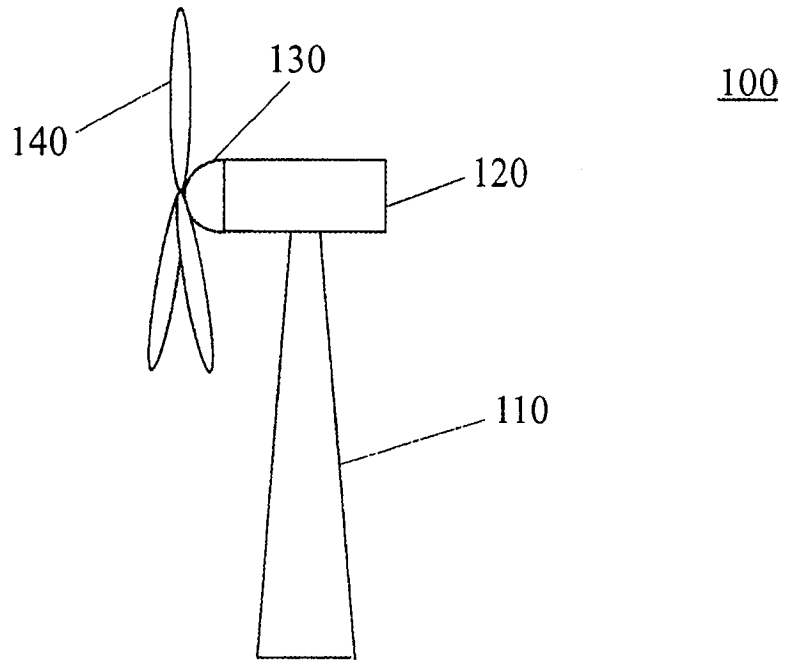


图 1

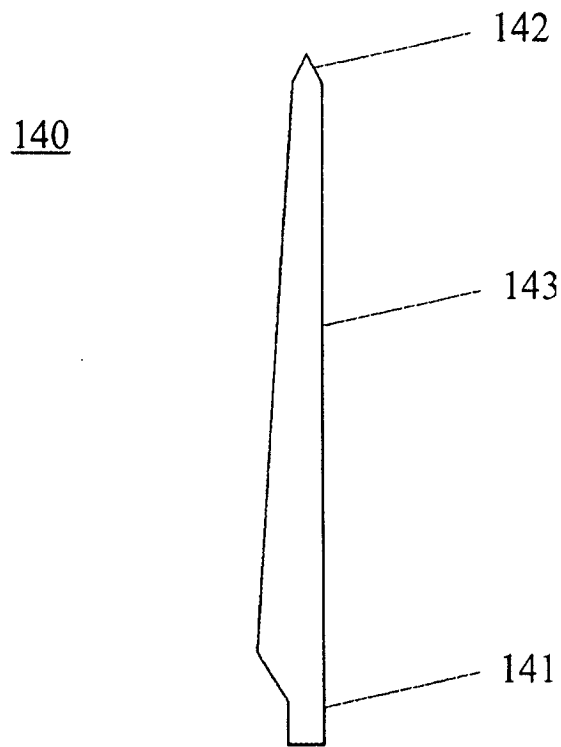


图 2

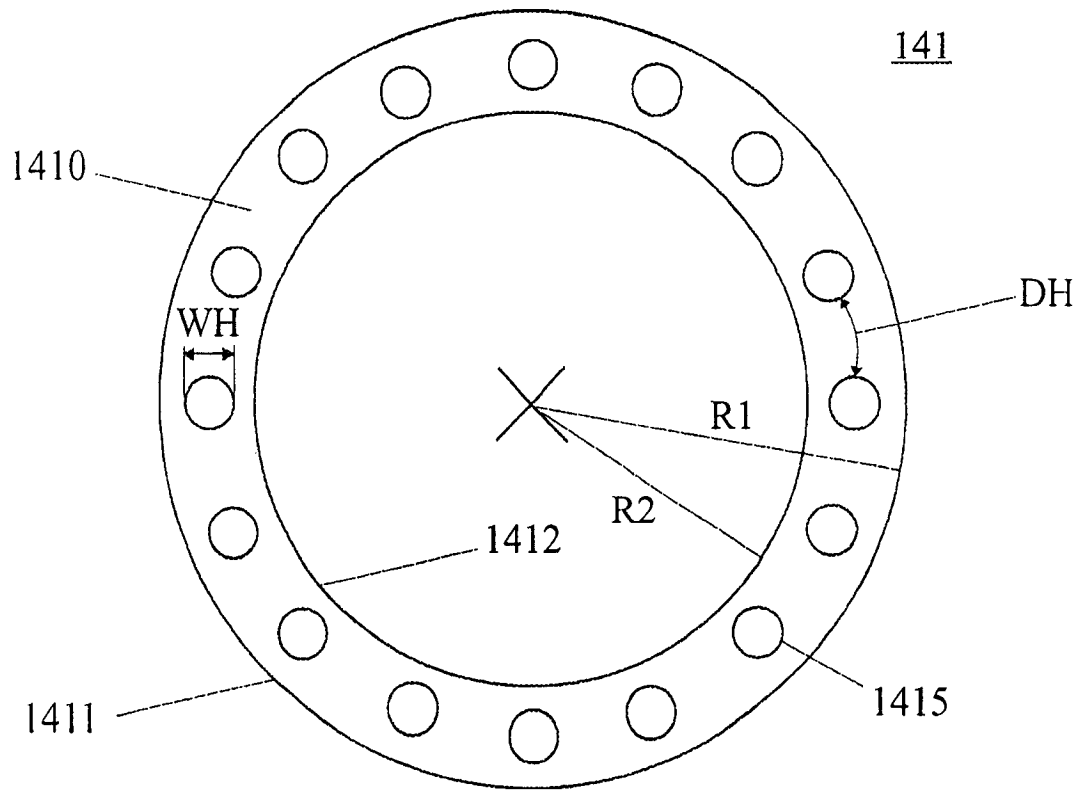


图 3

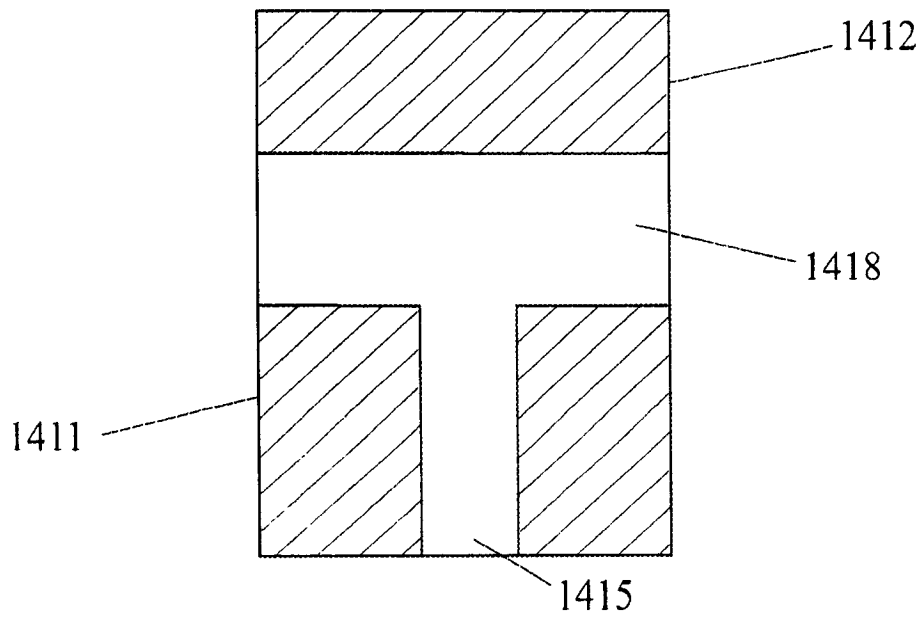


图 4

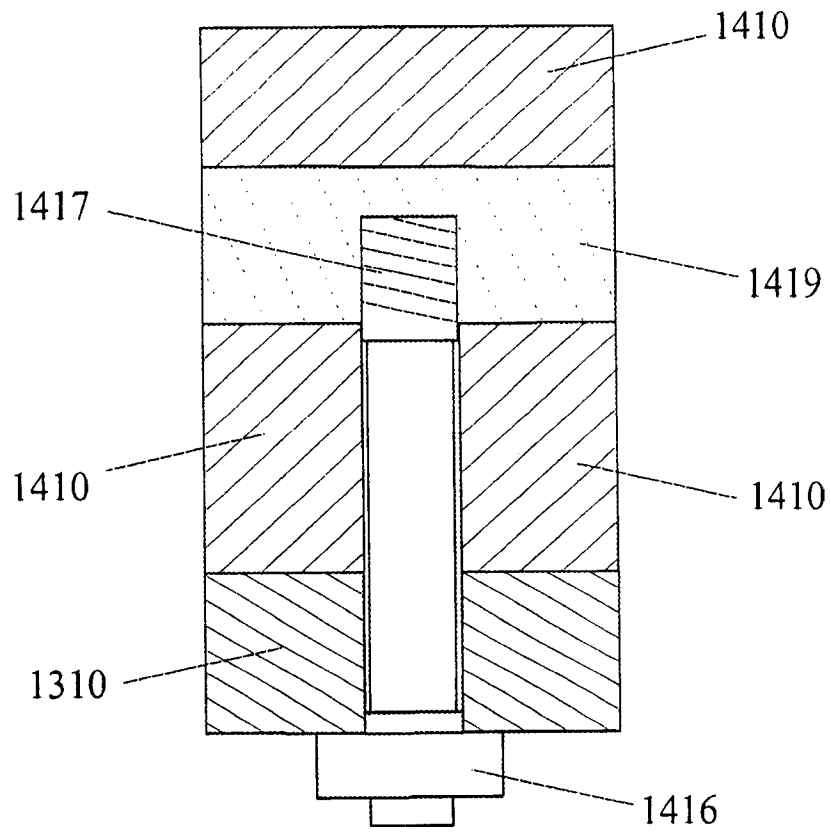


图 5

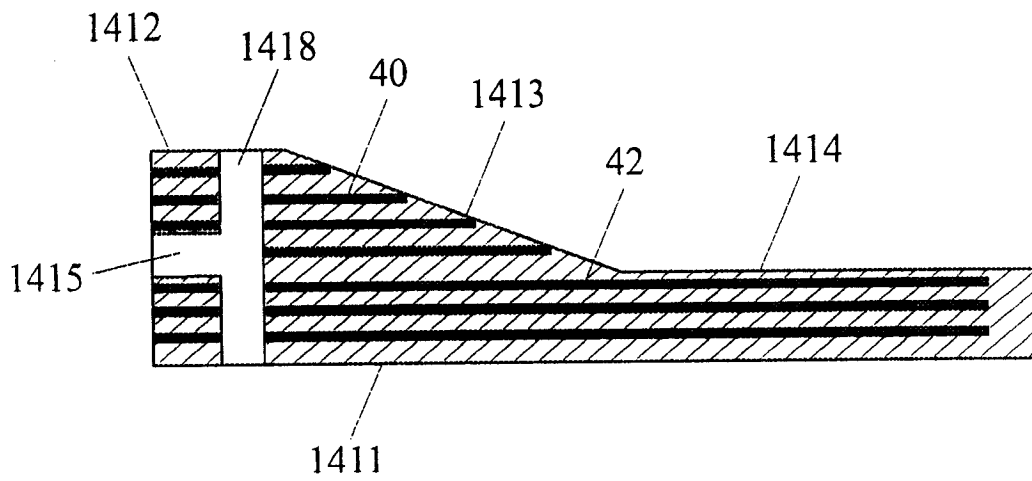


图 6

1410

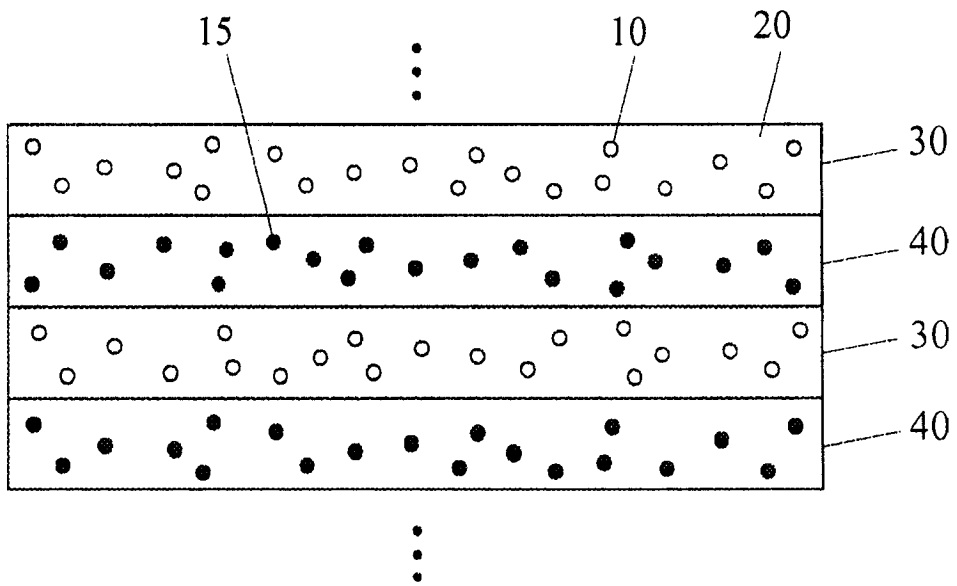


图 7