



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108661945 B

(45)授权公告日 2020.03.17

(21)申请号 201710207518.6

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2017.03.31

F04D 29/26(2006.01)

F04D 29/02(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 108661945 A

审查员 黄瑜

(43)申请公布日 2018.10.16

(73)专利权人 中国航发商用航空发动机有限责任公司

地址 200241 上海市闵行区莲花南路3998号

(72)发明人 倪晓琴 曹源 王少辉 刘传欣
龙丹 王祯鑫 王星星

(74)专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司 31100

代理人 陈亮

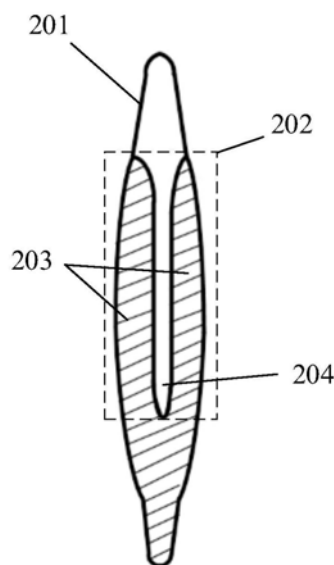
权利要求书1页 说明书5页 附图10页

(54)发明名称

一种风扇叶片

(57)摘要

本发明提供一种风扇叶片,所述风扇叶片的前缘部分由金属材料制成,叶面部分沿着所述风扇叶片的厚度方向,由前后的复合材料夹持中间的金属型芯制成,其中前缘部分的金属材料与所述金属型芯一体制成;在风扇叶片的展向方向上,风扇叶片的至少一部分尾缘部分由复合材料制成,使得在风扇叶片的弦向方向上,叶面部分的复合材料和至少一部分尾缘部分的复合材料形成Y型开口结构;金属型芯与预制体通过缝合后,再对预制体注入树脂固化,以形成风扇叶片,其中预制体注入树脂固化后形成复合材料。



1. 一种风扇叶片,其特征在于,所述风扇叶片的前缘部分由金属材料制成,叶面部分沿着所述风扇叶片的厚度方向,由前后的复合材料夹持中间的金属型芯制成,其中前缘部分的金属材料与所述金属型芯一体制成;

在所述风扇叶片的展向方向上,所述风扇叶片的至少一部分尾缘部分由复合材料制成,使得在所述风扇叶片的弦向方向上,所述叶面部分的复合材料和所述至少一部分尾缘部分的复合材料形成Y型结构;

所述金属型芯与预制体通过缝合后,再对所述预制体注入树脂固化,以形成所述风扇叶片,其中所述预制体注入树脂固化后形成所述复合材料。

2. 如权利要求1所述的风扇叶片,其特征在于,在所述风扇叶片的不同高度处,所述风扇叶片的前缘部分的金属材料在弦向方向上的宽度不同。

3. 如权利要求1所述的风扇叶片,其特征在于,在所述风扇叶片的吸力面和压力面上,所述前缘部分的金属材料在弦向方向上的宽度不同。

4. 如权利要求1所述的风扇叶片,其特征在于,在所述叶面部分上靠近所述前缘部分的区域内的所述缝合操作的密度大于在所述叶面部分上靠近所述风扇叶片的尾缘部分区域内的所述缝合操作的密度。

5. 如权利要求1所述的风扇叶片,其特征在于,所述金属型芯与预制体通过胶膜粘贴,而后缝合,再对所述预制体注入树脂固化,以形成所述风扇叶片,其中所述预制体注入树脂固化后形成所述复合材料。

6. 如权利要求1所述的风扇叶片,其特征在于,在所述风扇叶片的弦向方向上,所述金属材料和所述复合材料的接触面呈阶梯状。

7. 如权利要求1所述的风扇叶片,其特征在于,所述金属型芯的厚度在沿着从所述风扇叶片的前缘部分到尾缘部分的方向上依次减小。

8. 如权利要求1所述的风扇叶片,其特征在于,前缘部分的所述金属材料与所述金属型芯由冲压工艺或选择性激光熔覆工艺一体制成。

一种风扇叶片

技术领域

[0001] 本发明涉及航空发动机领域,尤其涉及一种由不同密度的材料组成的风扇叶片。

背景技术

[0002] 大涵道比涡扇发动机具有耗油率低、起飞推力大、噪声低、迎风面积大等特点,被民用运输机广泛采用。大尺寸、轻质风扇叶片一直是涵道比涡扇发动机的关键技术之一。

[0003] 目前,已成功运作的大涵道比涡扇发动机轻质风扇叶片类型包括R&R公司的钛合金空心风扇叶片以及GE公司的复合材料-钛合金包边风扇叶片。如果用等效空心率(实际叶片重量/相同尺寸的实心钛合金叶片重量)来衡量轻质风扇叶片的减重效果,R&R公司的钛合金空心风扇叶片的空心率达到40%,而GE公司的复合材料-钛合金包边风扇叶片的等效空心率达到60%以上,减重效果非常可观。

[0004] 复合材料与金属构成的轻质风扇叶片因为有非常好的减重效果,成为各大发动机公司研制轻质大涵道比风扇叶片的主流方案。

[0005] 国外现有的复合材料叶片采用钛合金包边结构来增强叶片的抗冲击性能,钛合金包边通过胶接固定于复合材料叶面部分。

[0006] 目前使用的复合材料风扇叶片的金属加强边受到传统加工工艺制约,国际上只有极少数的供应商具有加工金属加强边的能力,这造成了复合材料-钛合金包边风扇叶片的技术门槛和制造成本始终高居不下的现象。

[0007] 一般情况下,金属与复合材料连接通常采用胶接的方式,这种连接方式对胶层的力学性能要求较高,特别是在叶片受冲击时容易发生脱胶、分层等损伤,导致金属与复合材料分离。此外,胶接工艺的复杂性同样制约着复合材料风扇叶片的发展。

发明内容

[0008] 本发明的目的在于提供一种风扇叶片,该风扇叶片的质量相较传统金属叶片来说有大幅减轻,而较传统复合材料叶片来说,本发明风扇叶片在满足减重要求的同时,具有较强的抗冲击能力,能够避免鸟撞或其他外力因素造成的风扇叶片的大幅度损伤。

[0009] 根据上述目的本发明提供一种风扇叶片所述风扇叶片的前缘部分由金属材料制成,叶面部分沿着所述风扇叶片的厚度方向,由前后的复合材料夹持中间的金属型芯制成,其中前缘部分的金属材料与所述金属型芯一体制成;在所述风扇叶片的展向方向上,所述风扇叶片的至少一部分尾缘部分由复合材料制成,使得在所述风扇叶片的弦向方向上,所述叶面部分的复合材料和所述至少一部分尾缘部分的复合材料形成Y型开口结构;所述金属型芯与预制体通过缝合后,再对所述预制体注入树脂固化,以形成所述风扇叶片,其中所述预制体注入树脂固化后形成所述复合材料。

[0010] 在一实施例中,在所述风扇叶片的不同高度处,所述风扇叶片的前缘部分的金属材料的宽度不同。

[0011] 在一实施例中,在所述风扇叶片的吸力面和压力面上,所述前缘部分的金属材料

的宽度不同。

[0012] 在一实施例中,在所述叶面部分上靠近所述前缘部分的区域内的所述缝合操作的密度大于在所述叶面部分上靠近所述风扇叶片的尾缘部分区域内的所述缝合操作的密度。

[0013] 在一实施例中,所述金属型芯与预制体通过胶膜粘贴,而后缝合,再对所述预制体注入树脂固化,以形成所述风扇叶片,其中所述预制体注入树脂固化后形成所述复合材料。

[0014] 在一实施例中,在所述风扇叶片的弦向方向上,所述金属材料与所述复合材料的接触面呈阶梯状。

[0015] 在一实施例中,所述金属型芯的厚度在沿着从所述风扇叶片的前缘部分到尾缘部分的方向上依次减小。

[0016] 在一实施例中,前缘部分的所述金属材料与所述金属型芯由冲压工艺或选择性激光熔覆工艺一体制成。

[0017] 本发明提供的风扇叶片同时包含密度较小的复合材料与密度较大的金属材料,在减小风扇叶片的质量的情况下,保证了风扇叶片的抗撞击性能,能够较好地保持风扇叶片的完整性。

附图说明

[0018] 在结合以下附图阅读本公开的实施例的详细描述之后,能够更好地理解本发明的上述特征和优点。在附图中,各组件不一定是按比例绘制,并且具有类似的相关特性或特征的组件可能具有相同或相近的附图标记。

[0019] 图1示出了风扇叶片的结构示意图;

[0020] 图2a示出了风扇叶片的弦向截面图;

[0021] 图2b示出了风扇叶片的一种弦向截面图;

[0022] 图3示出了风扇叶片的吸力面和压力面上前缘部分的金属材料的宽度不同的示意图;

[0023] 图4示出了风扇叶片的另一种弦向截面图;

[0024] 图5a示出了风扇叶片的尾缘部分由复合材料制成的结构示意图;

[0025] 图5b示出了风扇叶片的尾缘部分由复合材料制成的剖面图;

[0026] 图6a示出了金属型芯延伸至风扇叶片的尾缘部分的结构示意图;

[0027] 图6b示出了金属型芯延伸至风扇叶片的尾缘部分的剖面图;

[0028] 图7示出了金属型芯的一部分延伸至风扇叶片的尾缘部分的结构示意图;

[0029] 图8a示出了风扇叶片缝合示意图;

[0030] 图8b示出了缝合连接方式示意图;

[0031] 图9示出了风扇叶片缝合密度的示意图;

[0032] 图10示出了包含有胶膜的风扇叶片的结构图。

具体实施方式

[0033] 以下结合附图和具体实施例对本发明作详细描述。注意,以下结合附图和具体实施例描述的诸方面仅是示例性的,而不应被理解为对本发明的保护范围进行任何限制。

[0034] 为了减轻风扇叶片的质量,本发明考虑采用复合材料和金属材料共同构成风扇叶

片。

[0035] 复合材料可选用树脂基复合材料,树脂基复合材料是指以树脂为基体,纤维或其织物为增强体的复合材料。复合材料的组分、纤维方向经过设计,可以用来提高风扇叶片的力学性能。

[0036] 相较传统金属材料风扇叶片,因复合材料的密度小于金属材料的密度,能减轻风扇叶片的重量,提高风扇叶片的空心率,且复合材料具有相当的力学性能可以承受风扇叶片受到的冲击力。

[0037] 本发明提出一种风扇叶片,能够将金属材料和复合材料进行较好地连接。

[0038] 首先请参看图1,图1示出风扇叶片的结构示意图,其中,沿着横向方向从右向左依次为风扇叶片的前缘部分101、叶面部分102、尾缘部分103,沿着竖直方向上,最顶部为风扇叶片的叶尖104,最底部为风扇叶片的榫头105。

[0039] 在一实施例中,请参看图2a,图2a示出沿着图1中的A-A进行截面,得到的风扇叶片的弦向截面20。

[0040] 风扇叶片的弦向截面20的上部即对应风扇叶片的前缘部分,下部即对应风扇叶片的尾缘部分

[0041] 风扇叶片的前缘部分201由金属材料制成,叶面部分202沿着风扇叶片的厚度方向(即图2a中的横向方向上),由前后的复合材料203夹持中间的金属型芯204制成,其中前缘部分的金属材料与金属型芯204一体制成。

[0042] 风扇叶片的前缘部分201由金属材料制成,主要作用是在受到外物冲击(如鸟撞)时,减少叶片复合材料部分所受到的冲击力,保证风扇叶片的完整性。

[0043] 金属型芯204的主要作用是提供叶片的强度,其与前缘部分201连续可以较大地提高叶片的抗冲击能力,减轻复合材料部分受到的冲击力。

[0044] 请继续参看图1,风扇叶片的前缘部分101的金属材料沿叶片展向(即图1中的竖直方向)从叶尖104一直延伸到榫头105底部。

[0045] 在另一实施例中,在沿着展向方向上的风扇叶片的不同高度处,风扇叶片的前缘部分101的金属材料沿着弦向方向上的宽度不同,例如在风扇叶片的80%叶片高度处与风扇叶片的20%叶片高度处,风扇叶片前缘部分101的金属材料沿着弦向方向上的宽度不同。

[0046] 在另一实施例中,风扇叶片的吸力面和压力面上,前缘部分的金属材料的宽度相同。

[0047] 在另一实施例中,风扇叶片的吸力面和压力面上,前缘部分的金属材料的宽度不同。

[0048] 请参看图3,图3示出了风扇叶片的吸力面和压力面上,前缘部分的金属材料的宽度不同的示意图。

[0049] 风扇叶片的吸力面30侧的金属材料的宽度301与风扇叶片的压力面31侧的金属材料的宽度311不同。

[0050] 请参看图4,在风扇叶片的弦向方向上,金属材料和复合材料的接触面呈阶梯状401,能够提高界面连接强度。

[0051] 请参看图2b,与图2a类似,风扇叶片的金属材料和复合材料的接触面呈平滑过渡,此种过渡方式也能提高界面连接强度。

[0052] 在一实施例中,风扇叶片的尾缘部分由复合材料制成。请参看图5a,图5a示出了风扇叶片的尾缘部分由复合材料制成的结构示意图,图5b示出了相应的剖面图。

[0053] 其中前缘部分501为金属材料制成,叶身部分502为复合材料503夹金属型芯504的结构,尾缘部分505由复合材料503制成。

[0054] 在另一实施例中,金属型芯延伸至风扇叶片的尾缘部分。请参看图6a和图6b,图6a示出了金属型芯延伸至风扇叶片的尾缘部分的结构示意图,图6b示出了相应的剖面图。

[0055] 其中,前缘部分601为金属材料制成,叶身部分602和尾缘部分603都为复合材料604夹金属型芯605的结构。

[0056] 在另一实施例中,在风扇叶片的展向方向上,金属型芯的一部分延伸至风扇叶片的尾缘部分。请参看图7,图7示出了金属型芯的一部分延伸至风扇叶片的尾缘部分的结构示意图。

[0057] 其中前缘部分701为金属材料制成,叶身部分702为复合材料夹金属型芯的结构,尾缘部分703在风扇叶片展向方向上,在一部分高度区间内由复合材料夹金属型芯构成,在另一些高度区间内由复合材料制成。

[0058] 请参看图2a、图2b和图4,在一实施例中,金属型芯的厚度在沿着从风扇叶片的前缘部分到尾缘部分的方向上依次减小。复合材料在前缘部分分为两片,在尾缘部分合为一个整体,在叶片弦向上,复合材料形成Y型开口结构。

[0059] 请继续参看图2a,前缘部分201的金属材料与金属型芯204可以根据其结构形式由传统工艺,例如冲压工艺,或增材制造等非传统工艺,例如选择性激光熔覆工艺一体加工制成。

[0060] 在一实施例中,金属型芯与预制体通过缝合后,再对所述预制体注入树脂固化,以形成所述风扇叶片,其中预制体注入树脂固化后形成复合材料。

[0061] 也就是说,金属型芯204与复合材料203通过以下操作实现连接:将金属型芯204与预制体缝合;将预制体注入树脂固化,预制体成为复合材料,最终就形成了夹层结构的风扇叶片。

[0062] 复合材料和金属型芯的缝线穿透整个风扇叶片的厚度。请参看图8a,图8a示出缝合的示意图。

[0063] 在进行缝合前,需预先在金属型芯801上开微孔802供缝线穿过。缝线的主要作用是连接预制体803和金属型芯,而预制体803由于便于穿透,并不需要预先在预制体803上开设孔洞,缝合完成后,对预制体803注入树脂固化,预制体803便成为了复合材料。

[0064] 图8b示出了缝合连接方式示意图,其中包含了交叉缝合和平行缝合两种缝合方式。缝合连接有多种方式,实际缝合方式包括但不限于这两种。

[0065] 缝合使复合材料和金属型芯之间具有一定界面连接强度,且在一定的外载荷作用下保持相对位置不变,纤维不断开分离,变形连续协调,缝线同时还承担着传递载荷的作用。

[0066] 在一实施例中,请参看图9,图9示出了风扇叶片缝合密度的示意图。

[0067] 在叶面部分901上靠近前缘部分902的区域内的缝合操作的密度大于在叶面部分901上靠近风扇叶片的尾缘部分903区域内的缝合操作的密度。该种缝合方式,能够更好地防止鸟撞时的近场区域叶片开裂现象。

[0068] 在另一实施例中,金属型芯与预制体通过胶膜粘贴,而后缝合,再对预制体注入树脂固化,以形成所述风扇叶片,其中预制体注入树脂固化后形成复合材料。

[0069] 也就是说,金属型芯与复合材料通过以下操作实现连接:将金属型芯与预制体通过胶膜粘贴;将粘贴后的金属型芯与预制体缝合;将经过缝合后的预制体注入树脂固化,预制体成为复合材料,最终形成夹层结构的风扇叶片。

[0070] 请参看图10,图10示出了包含有胶膜的风扇叶片的结构图。其中,复合材料1001和金属型芯1002之间通过胶膜1003粘贴,形成五层夹层结构。最内层金属型芯1002,最外侧的复合材料1001,以及复合材料1001与金属型芯1002之间的胶膜1003,缝线穿插于所有结构中。

[0071] 请参看表1,表1对比了在相同转速(3920rpm)下,图2a所示风扇叶片与传统复材叶片等效应力和应变的情况。

[0072] 表1等效应力和应变对比表

叶片类型	离心力(3920rpm) 无榫头				
	叶片 Mises 应力	TC4 Mises 应力	复材 Mises 应力	复材应变	
				X 向	Y 向
复材叶片	696.6	696.6	330.5	0.477%	0.134%
本发明叶片	489.8	489.8	314.0	0.424%	0.0462%

[0074] 此处传统复材叶片指复合材料-钛合金包边风扇叶片,以复合材料为叶片主体结构。从表1中可以看出,本发明风扇叶片的应力和应变都比传统复材叶片小,本发明风扇叶片结构方案的金属和复合材料在离心力工况下的受力和变形得到较好的改善。

[0075] 提供对本公开的先前描述是为使得本领域任何技术人员皆能够制作或使用本公开。对本公开的各种修改对本领域技术人员来说都将是显而易见的,且本文中所定义的普适原理可被应用到其他变体而不会脱离本公开的精神或范围。由此,本公开并非旨在被限定于本文中所描述的示例和设计,而是应被授予与本文中所公开的原理和新颖性特征相一致的最广范围。

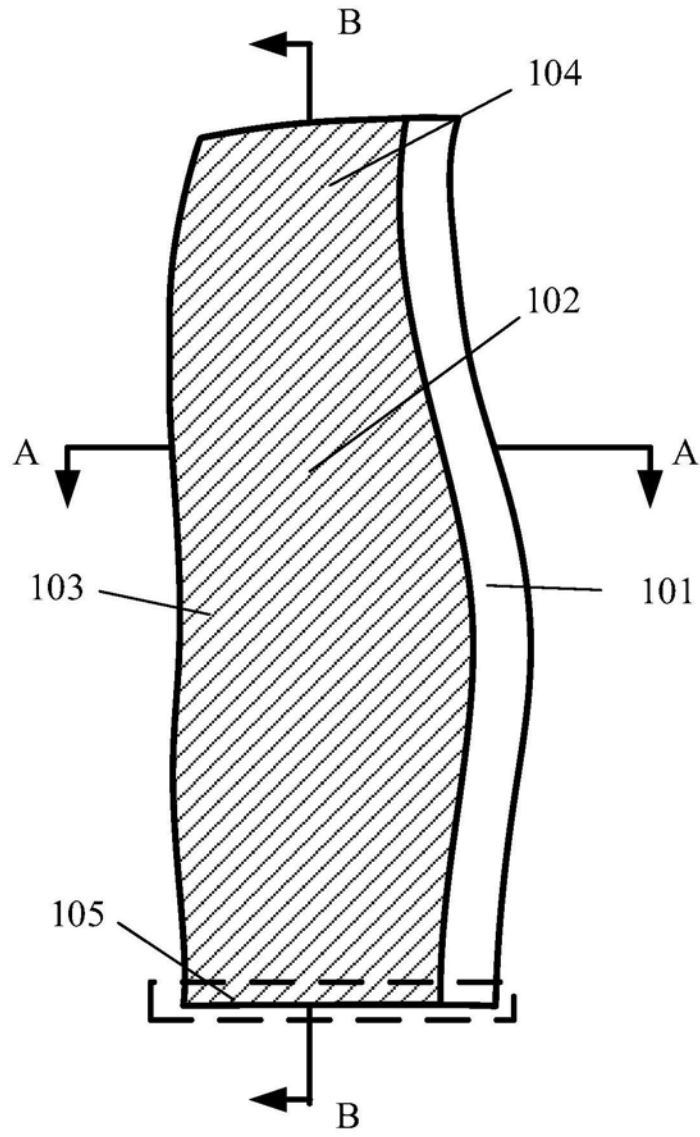


图1

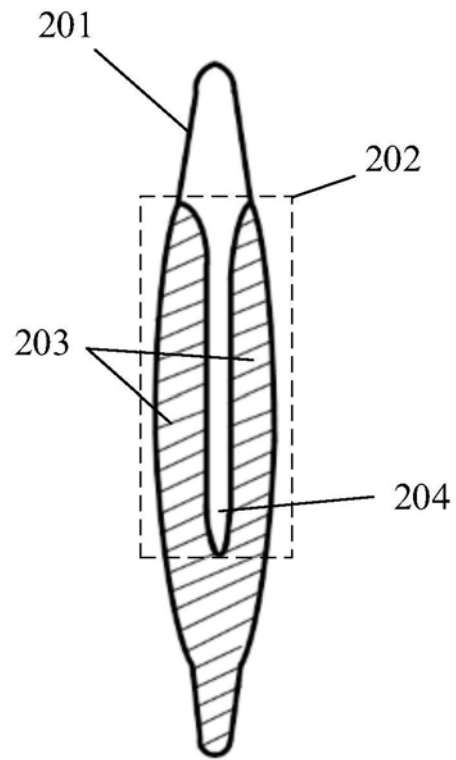


图2a



图2b

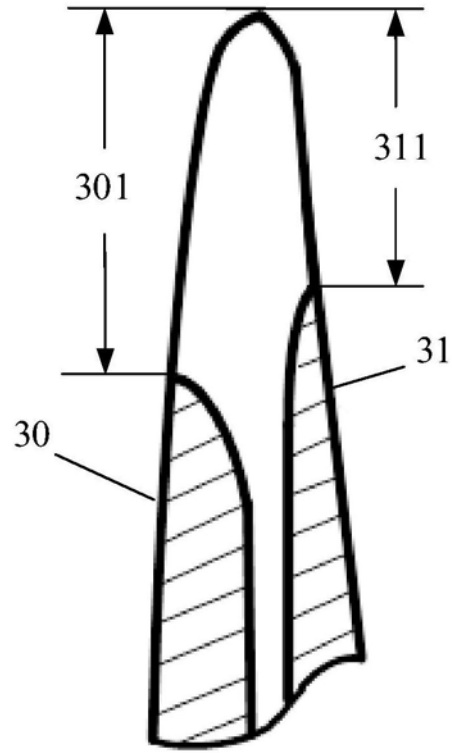


图3

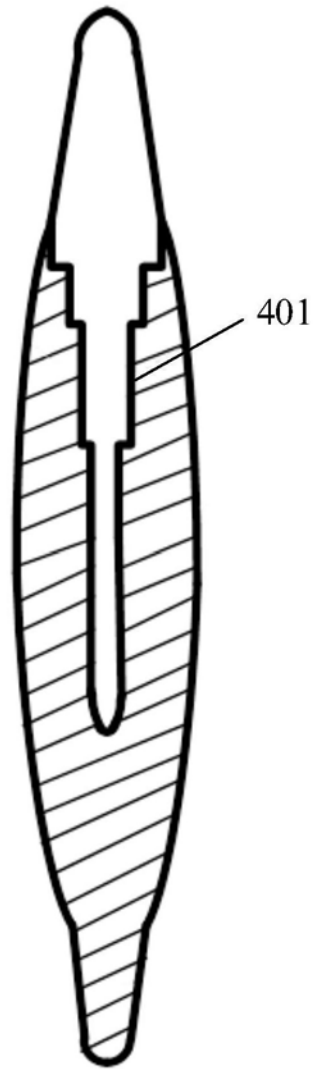


图4

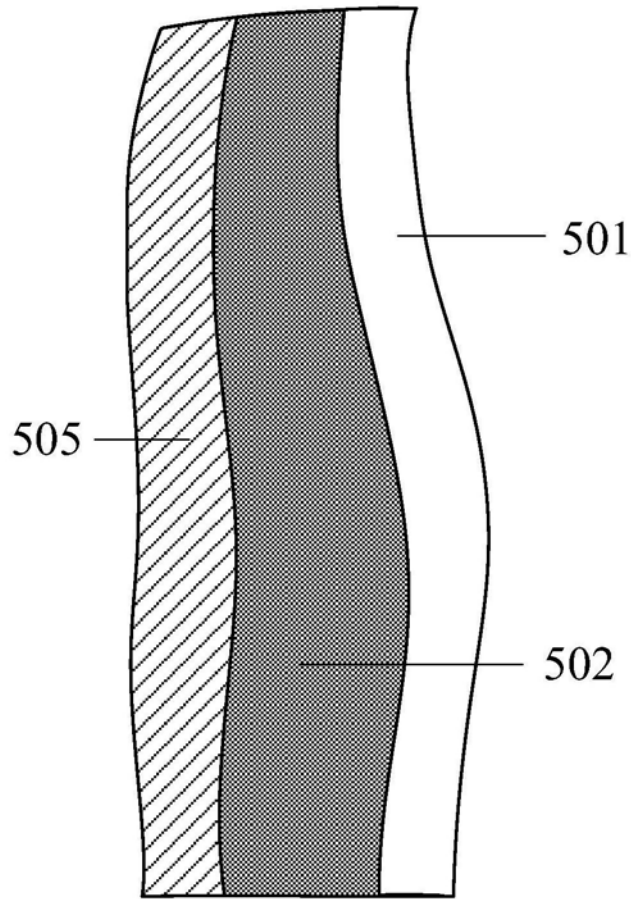


图5a

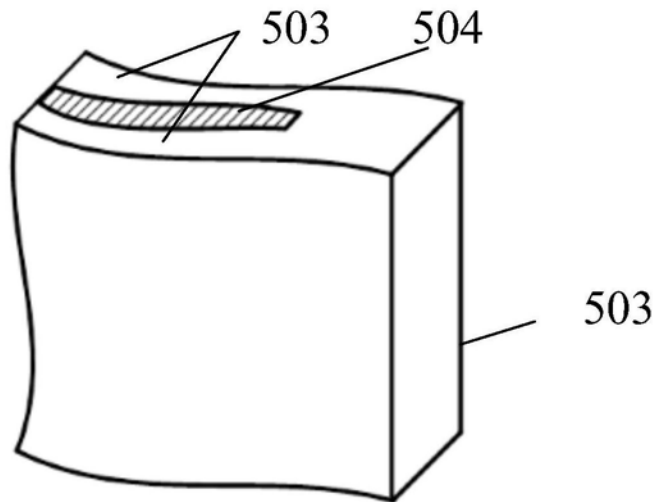


图5b

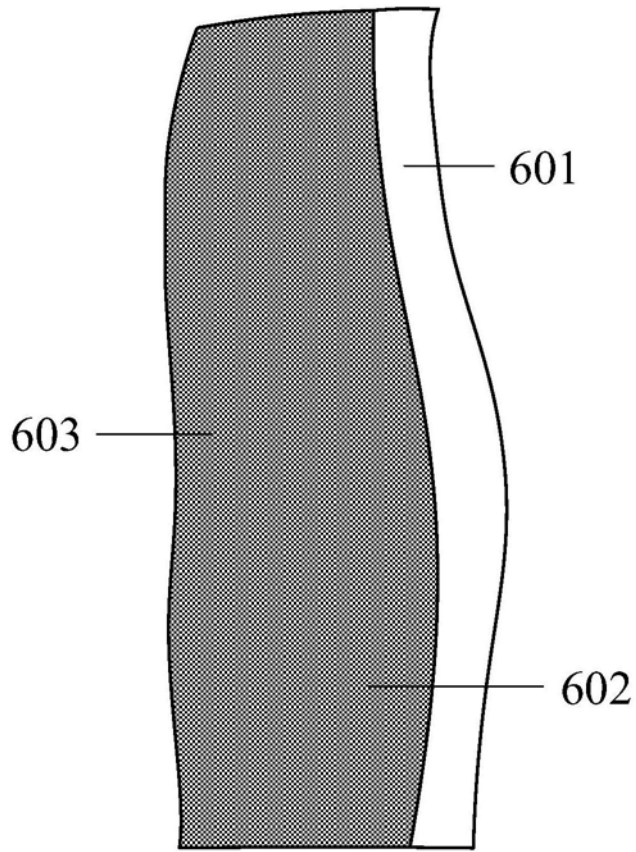


图6a

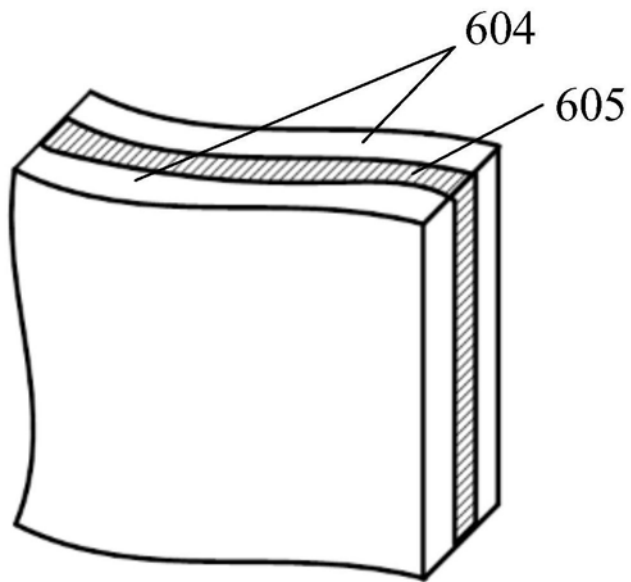


图6b

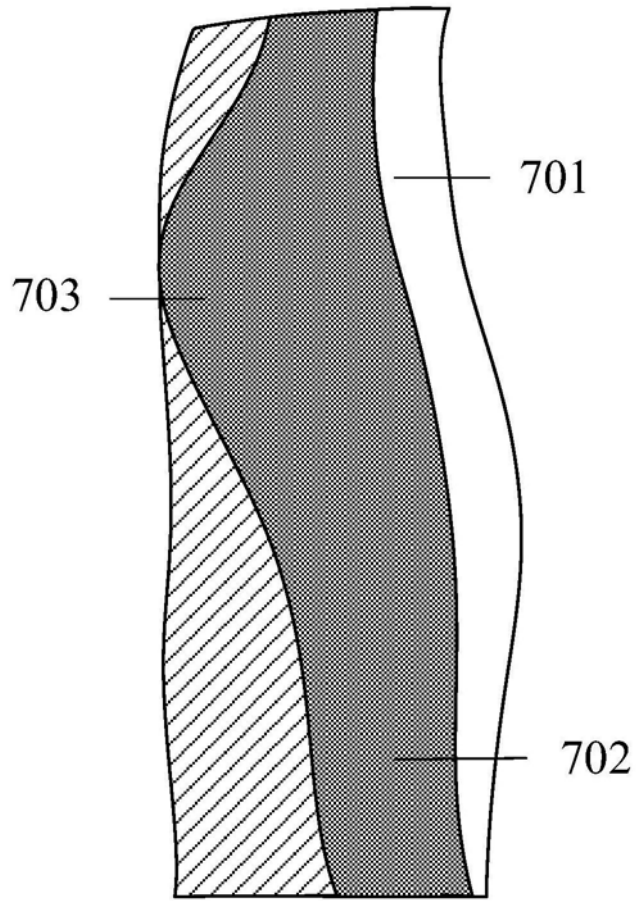


图7

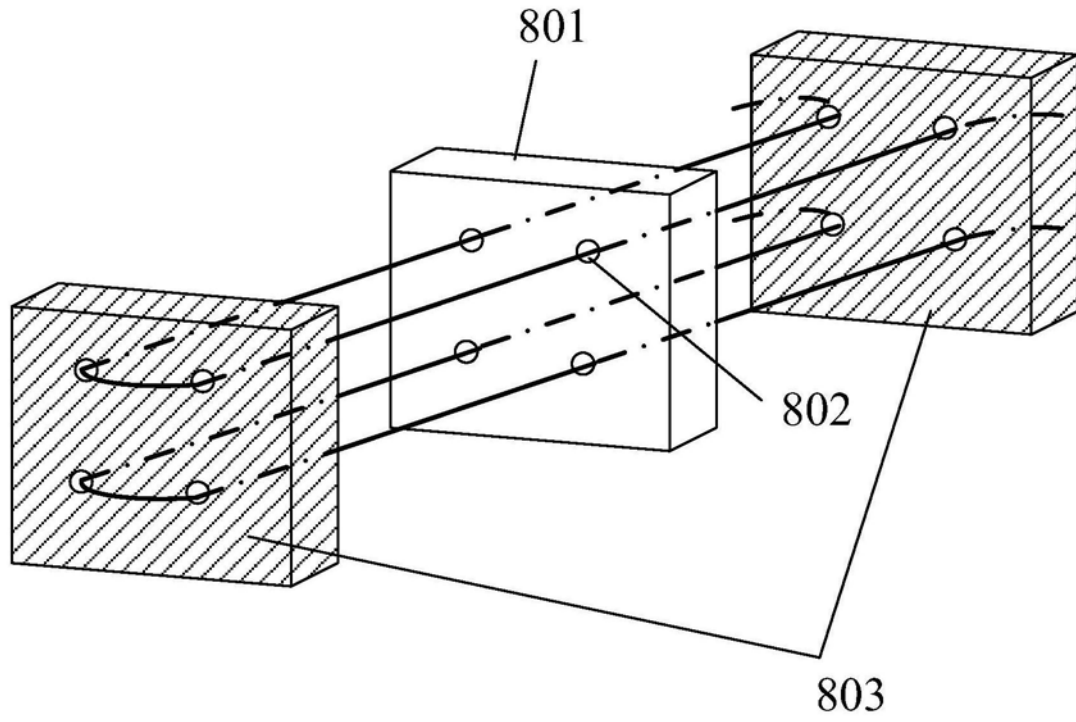


图8a

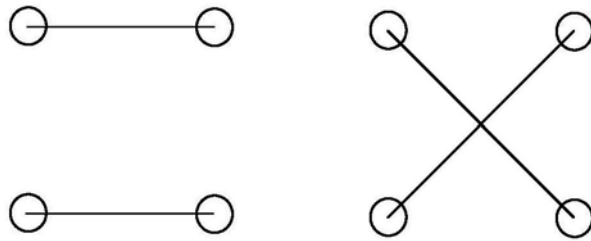


图8b

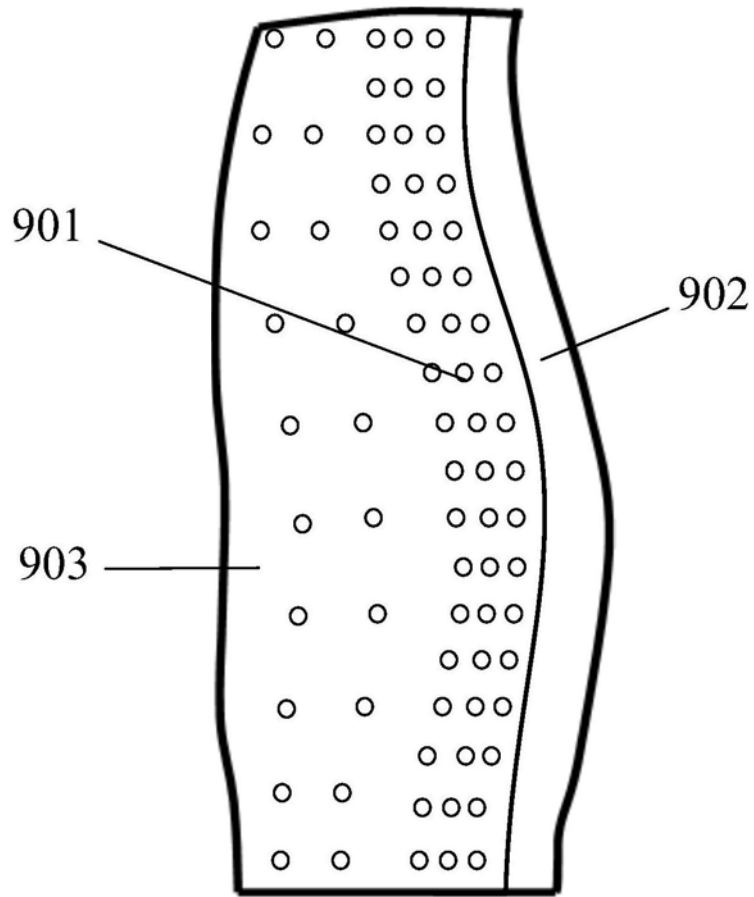


图9

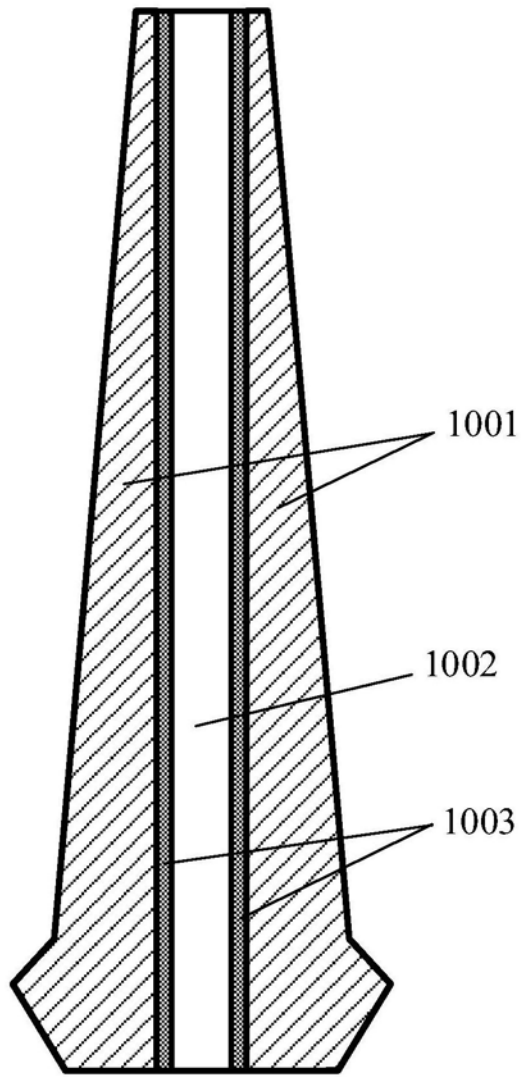


图10