



# (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104632829 B

(45)授权公告日 2018.09.25

(21)申请号 201410449863.7

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2014.09.05

F16B 35/00(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 104632829 A

审查员 熊建辉

(43)申请公布日 2015.05.20

(30)优先权数据  
14/073,806 2013.11.06 US

(73)专利权人 波音公司  
地址 美国伊利诺伊州

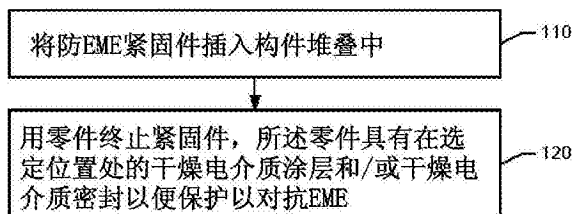
(72)发明人 R·P·怀特洛克 P·A·科罗纳多  
S·D·莫登 R·A·罗杰斯

(74)专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司 11245  
代理人 赵蓉民

权利要求书2页 说明书8页 附图8页

(54)发明名称  
提供防EME的紧固件系统

(57)摘要  
将紧固件插入构件堆叠中并用零件终止,所述零件具有在选定位置处的干燥电介质涂层和内部干燥电介质密封中的至少一者,从而保护以对抗电磁效应,即EME。



1. 一种用于紧固构件的堆叠(700)的方法,所述方法包括将紧固件(310)插入所述构件的堆叠(700)中,并用螺母终止所述紧固件(310),所述螺母具有在选定位置处的干燥电介质涂层和内部干燥电介质密封中的至少一者,从而保护以对抗电磁效应,即EME,其中所述螺母具有在近端位置处的外部电介质密封,所述密封具有在螺母(820)直径的2.0%至15.0%之间的厚度,以及在螺母(820)高度的2.2%至22.3%之间的高度。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中所述螺母具有埋头孔,所述埋头孔的高度在螺母(820)高度的3.1%至59.0%之间,所述埋头孔的直径在螺母(820)直径的51.4%至79.05%之间。

3. 根据权利要求1所述的方法,其中,至少一个所述紧固件(310)被过盈配合到所述堆叠(700)中的通孔中。

4. 根据权利要求1所述的方法,其中,终止所述紧固件(310)包括使用至少一个具有中心开口和至少一个防EME特征的零件,该防EME特征包括干燥电介质涂层和干燥内部电介质密封,所述密封被固定到所述中心开口并从所述中心开口轴向地凸出。

5. 根据权利要求1所述的方法,其中,至少一些所述紧固件(310)由垫圈(1010)和螺母(1050)的组合终止,所述垫圈(1010)具有内部近端密封(1020),所述螺母(1050)具有内部近端密封(1060)、内部远端电介质涂层(1070)以及外部电介质涂层(1080)。

6. 根据权利要求1所述的方法,其中,至少一些所述紧固件(310)由垫圈(1110)和螺母(1150)的组合终止,所述垫圈(1110)具有内部近端密封(1120)和在所述垫圈(1110)的周边处的同心脊(1130),所述螺母(1150)具有内部近端密封(1120)、内部远端密封(1180)以及外部电介质涂层(1170)。

7. 根据权利要求1所述的方法,其中,至少一些所述紧固件(310)由具有埋头孔的螺母终止,所述埋头孔的高度在螺母(820)高度的3.1%至59.0%之间,所述埋头孔的直径在螺母(820)直径的51.4%至79.05%之间。

8. 根据权利要求1所述的方法,其中,至少一些所述紧固件(310)由具有在近端位置处的外部电介质密封的螺母(820)终止,所述密封具有在螺母(820)直径的2.0%至15.0%之间的厚度,以及在螺母(820)高度的2.2%至22.3%之间的高度。

9. 一种用于终止紧固件的颈圈,所述颈圈包括:

具有中心开口的紧固件终止主体;以及

用来保护以对抗EME效应的至少一个特征,所述至少一个特征包括在选定位置处部分地覆盖所述中心开口的干燥电介质涂层和电介质密封中的至少一者,所述密封被固定到所述主体,所述涂层和所述密封具有一定厚度和成分以用于抑制闪电电流,所述选定位置包括远端位置和近端位置中的至少一个,其中所述颈圈的主体具有在近端位置处的外部电介质密封,所述密封具有在所述颈圈的主体的直径的2.0%至15.0%之间的厚度,以及在所述颈圈的主体的高度的2.2%至22.3%之间的高度。

10. 根据权利要求9所述的颈圈,其中,所述密封从所述主体轴向地凸出至少7密尔即0.1778毫米。

11. 根据权利要求9所述的颈圈,还包括完全地覆盖所述主体的外表面的电介质涂层。

12. 根据权利要求9所述的颈圈,其中,颈圈的主体还具有埋头孔,所述埋头孔的高度在颈圈高度的3.1%至59.0%之间,所述埋头孔的直径在颈圈直径的51.4%至79.05%之间。

13. 根据权利要求9所述的颈圈,其中,所述至少一个特征包括所述电介质涂层和所述电介质密封二者。

## 提供防EME的紧固件系统

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本发明是2012年3月29日提交的序列号为13/434835美国专利的部分继续。

### 背景技术

[0003] 轻质复合材料为飞机工业带来希望。纤维复合材料在比强度和刚度方面提供了超过传统金属合金的显著改善。更好的比强度和刚度转换为重量节省,而重量节省转换为燃料节省和较低的运行成本。此外,复合材料不像铝那样腐蚀,且复合材料更抗疲劳。

[0004] 复合材料飞机结构不易于导走由闪电雷击产生的极端的电流和电磁力。

[0005] 复合材料飞机结构可被配置成具有对抗来自闪电雷击的电磁效应(EME)的保护装置。例如,在表面上配备导电媒介以从下层金属紧固件系统转移走闪电电流。另外,紧固件零件之间的缝隙以及紧固件零件和结构构件之间的缝隙可被填充有电介质密封胶。即使一些电流未被转移走,密封胶也会阻止缝隙上的电弧和电火花。

### 发明内容

[0006] 根据本文的实施例,一种方法包括:将紧固件插入构件堆叠中,并使用零件来终结紧固件,该零件具有至少一个干燥电介质涂层和内部干燥电介质密封,其在选定的位置以保护以对抗电磁效应(EME)。

[0007] 根据本文的另一个实施例,一种方法包括:将紧固件插入构件堆叠中,并使用零件来终结紧固件,该零件具有干燥电介质涂层和干燥电介质密封的组合,其在选定的位置以保护以对抗电磁效应(EME)而不使用密封胶。

[0008] 根据本文的又一个实施例,终止紧固件的零件包括一个具有中心开口的紧固件终止主体和至少一个用于保护以对抗EME效应的特征。该至少一个特征包括电介质涂层和电介质密封中的至少一者,其在选定位置部分地覆盖中心开口。密封被固定到主体。涂层和密封具有一定厚度和成分以用于阻止闪电电流的。选定位置包括远端位置和近端位置中的至少一个。

[0009] 根据本文的再一个实施例,紧固件系统包括紧固件、至少一个紧固件终端零件以及紧固件和每个紧固件终端零件的防EME特征。防EME特征从由紧固件的轴上的导电树脂涂层、在紧固件的头部上的互锁电介质封皮、在紧固件头部的近端位置上的内部电介质密封、在终端零件的远端位置上的电介质密封、在终端零件的近端位置上的电介质密封、在终端零件的远端位置上的电介质涂层以及在终端零件的近端位置上的电介质涂层组成的组中选取。

[0010] 这些特征和功能可在各种各样的实施例中被独立实现或者在其他实施例中被组合。参考后面的具体实施方式和附图可了解实施例的进一步的细节。

### 附图说明

[0011] 图1是紧固构件堆叠的方法的示例图。

- [0012] 图2是商用飞机的示例图。
- [0013] 图3A和图3B是防EME紧固件的第一个实施例的示例图。
- [0014] 图4A和图4B是防EME紧固件的第二个实施例的示例图。
- [0015] 图5和图6是防EME紧固件的另一些实施例的示例图。
- [0016] 图7是包括复合材料构件和导电层的堆叠的示例图。
- [0017] 图8是在螺母上的选定防EME位置的示例图。
- [0018] 图9-12是具有防EME特征的垫圈和螺母的不同组合的示例图。
- [0019] 图13是具有埋头孔和外部近端密封的螺母的示例图。
- [0020] 图14和图15是没有和有金属背衬的外部近端密封的示例图。
- [0021] 图16是飞机结构的示例图。

### 具体实施方式

[0022] 参考图1,该图示出了紧固两个或更多个构件构成的堆叠的方法。在一些实施例中,堆叠的所有构件由金属(如,铝、钛)制成。在另一些实施例中,堆叠的构件中的至少一个由复合材料制成。举例来说,外部构件由复合材料制成而内部构件由金属制成。在另一些实施例中,堆叠的所有构件可由复合材料制成。

[0023] 该方法包括将紧固件插入堆叠中(框110)。在一些实施例中,紧固件被插入堆叠中的预成型通孔中。在另一些实施例中,紧固件被插入而不需要钻孔。紧固件可被钻入外部构件中,该构件的外部表面需要飞行平滑度(如,飞机蒙皮)。紧固件可具有防EME特征,其包括互锁到紧固件头部的上表面的干燥电介质层和在紧固件头部的下表面上的干燥电介质密封。

[0024] 该方法还包括使用具有防EME特征的零件终止紧固件。用于终端零件的防EME特征包括在选定位置的干燥电介质涂层和干燥电介质密封(如,电介质套筒)(框120)。

[0025] 没有这些防EME特征,电弧和火花就可能发生。当两个零件近距离接触时,且由于在两个零件间流动的大电流而击穿其间媒介的电介质特性时,电弧会发生。当大电流电离两个零件间的缝隙中的空气时火花发生,空气被击穿,电流流过缝隙。当在复合零件中的大电流引起复合材料化学击穿并产生热膨胀气体时发生热粒子喷射。

[0026] 电介质涂层和电介质密封二者通过阻塞零件之间的电气结合路径阻止电弧和火花。电介质涂层和电介质密封(单独的或组合)抑制紧固件零件之间的缝隙(如,紧固件和螺母之间的缝隙,以及垫圈和螺母之间的缝隙)以及紧固件零件和结构之间的缝隙(如,紧固件和结构、螺母和结构以及垫圈和结构之间的缝隙)上的电弧和火花。电介质密封执行阻止热气体喷射通过缝隙并保持气体在紧固件系统内的附加功能。

[0027] 另外或替代性地,紧固件的一些实施例可以通过改进电气结合路径减少电弧、火花和热粒子喷射。在这些实施例中,紧固件的轴可涂有导电涂层(如,导电树脂)以改善紧固件和堆叠之间的电气结合,从而减小了接触电阻。在一些实施例中,紧固件可以被间隙配合在孔中。在另一些实施例中,紧固件可以被过盈配合在孔中。过盈配合改善了紧固件和堆叠之间的电气结合(通过增加表面接触面积),这减小了电流密度并降低了整个路径的电阻。

[0028] 在紧固件系统的零件上使用干燥电介质涂层和密封提供了优于使用密封胶来填充缝隙的多个优点。这些优点包括安装的容易和快速。在安装之前干燥电介质密封可被添

加且涂层可被涂到紧固件零件上,以致在紧固期间,紧固件仅需要被安装。诸如遮蔽堆叠的零件、注入密封胶以及固化密封胶的额外步骤被省去了。

[0029] 另一个优点是重量的减轻。干燥电介质涂层和密封可比密封胶层薄。在一些实施例中,电介质涂层或密封的厚度可能是30密尔±10密尔。而且,如果紧固件零件的整个表面没有覆盖有干燥电介质涂层或干燥电介质密封,更少的表面面积被覆盖。

[0030] 又一个优点是冗余的防EME。紧固件的不同的实施例可与终端零件(如,螺母和垫圈)的不同的实施例结合使用以提供防EME的多种水平。

[0031] 对于商业飞机,诸如图2中示出的商业飞机200,这些优点是实质性的。该飞机200包括机身210、机翼组件220、尾翼230以及起落架组件240。在这种商业飞机200中,可能使用一百万个紧固件系统以将各种部件210-240及其子部件紧固在一块。

[0032] 在飞机200的某些位置,需要防EME。举例来说,防EME是机翼组件和其他结构所需要的。为提供防EME,根据本文中的方法机翼组件220可由多达20,000个紧固件组装。通过重量减轻以及安装这些20,000个紧固件的省时和容易性,实现的益处是实质性的。

[0033] 在下面的段落中,将描述不同类型的防EME紧固件零件。这些紧固件零件包括紧固件和终止紧固件的零件(如,螺母和垫圈)。这些紧固件零件可具有在选定位置的干燥电介质涂层和/或干燥电介质密封以保护以对抗EME。

[0034] 首先,将描述防EME紧固件。紧固件示例包括但不限于螺栓和铆钉。

[0035] 现在参考图3A和图3B,图3A和图3B示出了防EME紧固件310的第一个实施例。图3B是沿图3A中的线3B-3B剖切得到的剖视图。紧固件310包括头部320、轴330以及干燥电介质层340。紧固件头部320的上表面322具有许多机械互锁点,机械互锁点被配置为保持电介质层340。每个互锁点包括从上表面322向上延伸的凸起324。凸起324具有贴近上表面322的底切部分326。在图3A和图3B的实施例中,凸起324可被配置为辐条324,辐条324径向向外延伸并具有倒三角的横截面。

[0036] 电介质层340覆盖紧固件头部320。电介质层340不局限于任何具体的电介质材料。示例包括但不限于热固性塑料、热塑性塑料、橡胶、陶瓷以及弹性体。

[0037] 电介质层340填充底切部分以及凸起324之间的所有其他空间。电介质层340也紧密接触上表面322和凸起324。

[0038] 在一些实施例中,可以通过在紧固件头部320上流动电介质材料来形成电介质层340。当电介质材料在表面322上流动时,其填充底切部分326以及凸起324之间的所有空间。一旦电介质材料硬化,其与凸起324互锁,并因此被固定到紧固件头部320。在另一些实施例中,可以通过粉末涂敷、刷漆、电镀、喷涂、溅射、沉积或允许电介质材料填充底切部分326的任何其他工艺来形成电介质层340。

[0039] 以这种方式,电介质层340在紧固件安装之前与互锁点机械地互锁。具有电介质层340的紧固件310被预先安装到头部320。

[0040] 电介质层340到紧固件头部320的互锁对于闪电雷击是特别有利的。该互锁确保电介质层340在闪电雷击事件期间和之后保持与紧固件头部320紧密接触。

[0041] 可增强电介质层340的保留/固位。作为第一个示例,表面322可以具有粗糙度以增强电介质层340的保留。作为第二个示例,电介质层340可以由粘附到表面322的材料(如,粘接密封胶)制成。

[0042] 在防EME紧固件的另一些实施例中,互锁点可以具有其他的横截面,且它们可以以其他样式被排列。其他的横截面的示例包括但不限于方形和圆形横截面。具有高应力集中区域的横截面(例如角)不被优选。圆角横截面提供更好的机械性能。

[0043] 本文的防EME紧固件不局限于互锁点的任何具体数量。然而,已经发现5至9个互锁点的范围在(与电介质层的)互锁强度和紧固件夹紧强度之间提供了良好的平衡。

[0044] 现在参考图4A和图4B,图4A和图4B示出了防EME紧固件410的第二个实施例。防EME紧固件410包括以网格排列的互锁点420。每个互锁点420包括从紧固件头部412的上表面414向上延伸的杆422。杆422终止于圆顶424。杆422以及圆顶424和紧固件头部412之间的表面限定了底切部分426。

[0045] 现在参考图5和图6,图5和图6示出了包括头部512和612和电介质密封520和620的紧固件510和610的实施例。密封520和620可被机械地附接到紧固件头部512和612。密封520和620由诸如聚四氟乙烯(PTFE)的聚合材料或诸如聚二醚酮(PEEK)和聚酰胺-酰亚胺的热塑性聚合物制成。当紧固件510或610被插入堆叠中且被终止时,其密封520或620与堆叠形成压缩接触。

[0046] 在图5的紧固件510中,密封520环绕紧固件头部512的周边装配。密封520可具有装配在紧固件头部512中的槽中的脊522。密封520抑制在紧固件头部512的边缘处的电弧和火花,且密封520阻碍在头部512下面的热膨胀气体逸出。

[0047] 在图6的紧固件610中,密封620具有O形环形状并装配在紧固件头部612的下侧中的槽中。密封620抑制电弧和火花,且密封620阻碍在堆叠和紧固件的轴614之间的任何热膨胀气体逸出。紧固件头部612的上表面和侧面可覆盖有电介质涂层630以阻止在紧固件头部612的边缘处的电弧和火花。

[0048] 现在参考图7,图7示出了包括复合材料构件710和覆盖复合材料构件710的导电层720(如,金属带、膨胀箔)的堆叠700。防EME紧固件750被插入在复合材料构件710中的通孔730中且埋头于导电层720中。在紧固件的头部754上的电介质层752与导电层720齐平。

[0049] 在一些实施例中,紧固件的轴758的整个没有螺纹的部分可被涂有具有分散在聚合物基体中的电传导粒子的干燥导电树脂涂层756(用灰色覆盖)。导电粒子的示例包括但不限于金属粒子和纳米管。已经发现树脂结合过盈配合会改进在紧固件750和复合材料构件710之间的电气结合路径。树脂填充在紧固件轴758与复合材料构件710之间的空隙。通过这样做,树脂增加了与复合材料构件710的纤维的有效接触面积。

[0050] 紧固件750可具有防旋转特征,该特征阻止紧固件750在通孔730中旋转和当紧固件750被终止(如,当将螺母被扳动到紧固件750上时)时破坏电介质层752。防旋转措施的示例包括但不限于:在紧固件轴758和构件710之间产生干涉(或摩擦)配合;为轴758提供阻止旋转的横截面形状(如,轴和通孔的六边形形状),以及将轴758键合到构件710。

[0051] 本文的紧固件可被应用在飞机的任何地方。例如,本文的紧固件可被用在门周围、电气设备间以及经受接地故障电流的零件。本文的紧固件可由标准件(如,标准螺母)终止或者紧固件可由本文的防EME零件终止。

[0052] 在下面的段落中,将描述不同类型的防EME紧固件终端零件。这些零件包括颈圈和垫圈。在下面的段落中描述的颈圈的类型是螺母,该螺母具有扳动特征,该特征使安装和移除成为可能。然而,本文的颈圈可具有易碎的扳动特征或者它们被锻造上。

[0053] 现在参考图8,图8示出了紧固件830延伸穿过堆叠800的构件和终止紧固件830的垫圈810和螺母820。图8还示出了在垫圈810和螺母820上的各种位置,这些位置可覆盖有干燥电介质涂层或电介质密封以保护以对抗EME。螺母820上的位置包括内部远端位置840、外部近端位置850和内部近端位置860。垫圈810上的位置包括内部近端位置870和内部远端位置880。术语“近端”和“远端”指的是距堆叠800的距离。举例来说,螺母820的近端位置比远端位置更靠近堆叠800。术语“内部”和“外部”指的是距紧固件轴的距离。

[0054] 取代用密封胶覆盖整个垫圈810和螺母820以保护以对抗EME,仅仅这些位置840-880中一个或更多可被干燥电介质材料覆盖或密封。

[0055] 密封自紧固件终端零件的主体轴向地凸起。在一些实施例中,密封自主体凸起至少7密尔。密封可由诸如聚四氟乙烯(PTFE)的聚合材料或诸如聚二醚酮(PEEK)和聚酰胺-酰亚胺的热塑性聚合物制成。通过使用允许聚合材料流入底切内的凸起和底切,密封可被机械地附接。

[0056] 在一些实施例中,主体的外部表面涂有电介质涂层。电介质涂层的成分的示例包括但不限于热固性塑料、热塑性塑料、陶瓷、玻璃以及弹性体。电介质涂层可通过诸如阳极转化膜(如,等离子体电解氧化)即电化学表面转化处理的工艺被施加。用于施加电介质的其他工艺包括但不限于粉末涂敷、喷涂、电镀、溅射以及沉积。

[0057] 参考图9,图9示出了包括具有在内部近端位置处的密封920的垫圈910的组合。远端位置未被覆盖。垫圈910的外表面涂有电介质材料。

[0058] 该组合还包括螺母950,该螺母950具有在外部近端位置的密封960、在内部近端位置的密封970以及在远端位置的电介质涂层980。在螺母950的外表面上没有电介质涂层。

[0059] 当螺母950和垫圈910与堆叠配合时,垫圈910的内部近端密封920被压抵于堆叠,且螺母950的内部近端密封970被接收在垫圈910的中心开口内。当螺母950被拧紧时,垫圈密封920折回且被挤压到堆叠,从而填充垫圈910和堆叠之间的任何空隙。

[0060] 参考图10,图10示出了包括具有在内部近端位置的密封1020的垫圈1010以及螺母1050的组合,该螺母1050具有在内部近端位置的密封1060、在远端位置的电介质涂层1070和在外表面上的电介质涂层1080(取代在外部近端位置的密封)。

[0061] 参考图11,图11示出了包括具有在内部近端位置的密封1120和形成于垫圈1110周边的同心脊1130的垫圈1110的组合。该组合还包括螺母1150,该螺母1150具有在内部近端位置的密封1160、在外表面上的电介质涂层1170(取代在外部近端位置的密封)以及在内部远端位置的密封1180。

[0062] 当螺母1150和垫圈1110与堆叠配合时,垫圈1110的内部近端密封1120和脊1130被压抵于堆叠,且螺母1150的内部近端套筒1160被接收在垫圈1110的中心开口中。当螺母1150被拧紧时,垫圈1110的内部近端密封1120折回且被挤压到堆叠。即使垫圈1110的近端表面与堆叠的底部表面不平行,中心脊1130也维持在垫圈1110和堆叠之间的密封。

[0063] 现在参考图12,图12示出了包括具有在内部近端和远端位置的密封1220和1230的垫圈1210的组合。在这些密封1220和1230之间有缝隙。该组合还包括螺母1250,其具有在整个外表面上的电介质涂层1270和在内部近端位置的涂层1260。

[0064] 当螺母1250和垫圈1210与堆叠配合时,垫圈1210的近端密封1220被压抵于堆叠,且垫圈1210的远端密封1230被接收在螺母1250的内部近端位置内。当螺母1250被拧紧时,



垫圈1210的近端密封1220折回且被挤压到堆叠,且垫圈1210的远端密封1230折回且被挤压到螺母1250。

[0065] 同心脊不局限于本文中垫圈的周边。垫圈的其他实施例可在垫圈的上表面的中间和内部部分处具有同心脊。一些实施例可在两个表面上均具有同心脊。

[0066] 在一些实施例中,同心脊可通过在垫圈中冲压同心槽并用电介质环填充该槽形成。在另一些实施例中,可将金属脊冲压到垫圈中。

[0067] 尽管图9-12示出了两端开口的螺母950、1050、1150、1250,不过本文中的螺母并不这样限制。举例来说,本文中螺母的一端可以闭合以形成帽。该帽可由电介质材料制成,或者该帽可由内表面涂有电介质材料的金属制成。这种帽将提供对抗远端电弧和火花的附加保护。

[0068] 图9-12中的螺母950、1050、1150、1250不具有埋头孔。然而,本文的螺母可具有埋头孔。

[0069] 现在参考图13,图13示出了具有埋头孔1320和在埋头孔1320内部的内部近端密封1330的螺母1310。螺母1310还具有用于接合紧固件的螺纹的螺纹部分1340以及在螺纹部分1340的远端处的螺纹锁定特征1350。螺母1310也具有外部近端密封1360。螺母1310可以完全涂有电介质涂层。

[0070] 申请人在具有不同尺寸的埋头孔1320的螺母1310上进行闪电雷击测试,然后发现了提供特别有效保护以对抗EME的埋头孔高度( $h_{cb}$ )和直径( $d_{cb}$ )的范围。闪电雷击测试在具有高度约为0.45英寸和外部直径约为0.51英寸的螺母1310上进行。在测试期间,大电流通过由紧固件和螺母1310被紧固在一起的取样片被注入,同时观察电弧和火花。该测试揭示了范围在0.014英寸和0.264英寸之间的埋头孔高度( $h_{cb}$ ),以及范围在0.260英寸和0.400英寸之间的埋头孔直径( $d_{cb}$ )展现出优于0.300英寸埋头孔的293%kA的百分比性能增加,或者在以被观察到的电弧和火花的形式失效之前的18kA的增加。

[0071] 普遍认为直径( $d_{cb}$ )的这个范围提供了在螺母1310和紧固件之间的间隙以阻止允许电气连接以驱动雷击电流进入螺母1310的意外接触。因此,边缘和/或长尾电弧被阻止。普遍认为高度( $h_{cb}$ )的这个范围产生了在紧固件销和/或紧固件套筒之间的间隙以阻止允许电气连接以驱动雷击电流进入螺母1310的意外接触。因此,边缘和/或长尾电弧被阻止。

[0072] 这些测试结果应用到不同尺寸的螺母1310。申请人已经发现在螺母高度( $h_n$ )的大约3.1%至59.0%之间的埋头孔高度( $h_{cb}$ )以及在螺母直径( $d_n$ )的51.4%至79.05%之间的埋头孔直径( $d_{cb}$ )提供了防EME中的相似提高。

[0073] 附加参考图14。外部近端密封1360具有由 $h_s$ 表示的高度和由 $t_s$ 表示的厚度。

[0074] 申请人在具有不同尺寸的外部近端密封1360的螺母1310上进行闪电雷击测试,并且然后发现了提供特别有效保护以对抗EME的高度( $h_s$ )和厚度( $t_s$ )的范围。闪电雷击测试在具有高度约为0.45英寸和外部直径约为0.51英寸的螺母1310上进行。处于测试下的螺母1310完全涂有电介质涂层,并且它们具有埋头孔、内部近端密封和内部远端密封。处于测试下的外部近端密封1360由Torlon®聚酰胺-酰亚胺制成。在测试期间,大电流通过由紧固件和螺母1310被紧固在一起的取样片被注入,同时观察电弧和火花。该测试揭示了范围在0.010英寸和0.075英寸之间的厚度( $t_s$ )以及范围在0.010英寸和0.100英寸之间的高度( $h_s$ )的外部近端密封1360展现出优于没有密封的基准配置的3500%kA的百分比性能提高,或者

在以被观察到的电弧和火花的形式失效之前的44kA的提高。

[0075] 这些测试结果应用到不同尺寸的螺母。申请人已经发现在螺母直径( $d_n$ )的大约2.0%至15.0%之间的外部密封厚度( $t_s$ )以及在螺母高度( $h_n$ )的2.2%至22.3%之间的外部密封高度( $h_s$ )提供在防EME中的相似的提高。

[0076] 图13至图15还示出了固位渠道1420,以用来保留外部近端密封1360。除了用于填充固位渠道1420的部分1412外,外部近端密封1360具有基本矩形的形状。

[0077] 现在参考图15。在一些实施例中,外部近端密封1360也可具有在密封1360上的金属背衬1510。金属背衬1510能够保持外部近端密封1360在闪电事件期间完好,且已经发现金属背衬1510能够减少密封1360的破损。

[0078] 本文的紧固件系统不限于上述紧固件、螺母和垫圈的组合。多种防EME特征可被混合和匹配。可以使用具有不同特征的多种零件。例如,防EME特征可取自由紧固件的轴上的导电树脂涂层、在紧固件的头部上的互锁电介质封皮、在紧固件头部的近端位置上的电介质密封、在终端零件的远端位置上的电介质密封、在终端零件的近端位置上的电介质密封、在终端零件的远端位置上的电介质涂层以及在终端零件的近端位置上的电介质涂层组成的组。

[0079] 现在参考图16,图16示出了飞机机翼1610的一部分。机翼1610包括由诸如碳纤维增强塑料(CFRP)的复合材料制成的蒙皮1620。蒙皮1620可通过紧固件零件1640、1680和1690被紧固到子结构(由支架表示)1630。蒙皮1620限定闪电敏感区域1650。

[0080] 每个紧固件1640具有电介质层1642,电介质层1642与紧固件头部1644互锁。每个紧固件1640可在其轴1646上具有导电树脂涂层。

[0081] 每个紧固件1640被埋头于蒙皮1620中。电介质层1642与蒙皮1620的上表面齐平。金属箔1660覆盖蒙皮1620以耗散EME电流。表面薄膜(如,玻璃纤维环氧树脂层)1665被施加在蒙皮1620上,且表面薄膜1665由涂料1670覆盖。

[0082] 每个紧固件1640由垫圈1680和螺母1690终止。垫圈1680和螺母1690具有各种防EME特征。

[0083] 在机翼1610中可能有数以万计的紧固件1640、垫圈1680以及螺母1690。通过使用本文的防EME特征来取代注入密封胶,安装时间的节省是巨大的。重量的减小也是巨大的。

[0084] 图16示出了稍微歪斜的垫圈1680的表面和支架1630。如果垫圈1680具有在上表面上的上部套筒或同心脊,那么垫圈1680和支架1630之间的任何缝隙将被电介质材料填充并被密封。

[0085] 类似地,如果螺母1690相对垫圈1680稍微倾斜,或者如果未使用垫圈1680并且螺母1690相对于上表面稍微倾斜,那么螺母1690和垫圈1680或者螺母1690和堆叠之间的任何缝隙将被电介质材料填充并且被密封。

[0086] 根据本公开的一个方面,提供了一种方法包括:将紧固件插入构件堆叠中,并用零件终止紧固件,所述零件具有在选定位置处的干燥电介质涂层和内部干燥电介质密封中的至少一者以保护以对抗电磁效应(EME)。有利地,至少一些紧固件由垫圈和螺母的组合终止,垫圈具有外部和内部近端密封,螺母具有外部电介质涂层和内部近端涂层。有利地,密封被用于保护以对抗电弧、火花和热粒子喷射;且其中涂层被用来保护以对抗电弧和火花。有利地,构件是飞机构件,其中至少一个由复合材料制成。有利地,构件包括飞机蒙皮和金

属构件。有利地至少一些紧固件由垫圈和螺母的组合终止,该垫圈具有内部近端密封和涂有电介质涂层的外部表面,该螺母具有外部近端密封、内部近端密封和内部远端电介质涂层。

[0087] 根据本公开的一个方面,提供了用于终止紧固件的零件,该零件包括:具有中心开口的紧固件终止主体;和用于保护以对抗EME效应的至少一个特征,所述至少一个特征包括在选定位置处部分地覆盖中心开口的干燥电介质涂层和电介质密封中的至少一者,所述密封被固定到主体,所述涂层和所述密封具有一定厚度和成分以用于抑制闪电电流,所述选定位置包括远端位置和近端位置中的至少一个。有利地,所述零件是颈圈。有利地,所述零件是垫圈。有利地,电介质密封位于颈圈上的远端位置。有利地,所述颈圈具有用于保留外部近端密封的固位渠道以及在密封外侧的金属背衬。

[0088] 根据本公开的一个方面,提供了紧固系统包括:紧固件、至少一个紧固件终端零件以及用于紧固件和每个紧固件终端零件的防EME特征,所述防EME特征取自由如下特征构成的组:紧固件的轴上的导电树脂涂层;在紧固件的头部上的互锁电介质封皮;在紧固件头部的近端位置上的内部电介质密封;在终端零件的远端位置上的电介质密封;在终端零件的近端位置上的电介质密封;在终端零件的远端位置上的电介质涂层;以及在终端零件的近端位置上的电介质涂层。有利地,电介质密封被用于保护以对抗电弧、火花和热粒子喷射;且其中,电介质涂层被用于保护以对抗电弧和火花。

[0089] 因此,所述防EME特征提供了使结构较少地依赖于几何构型的额外优点。即使终端零件的配合面不是完全齐平,仍然提供防EME。

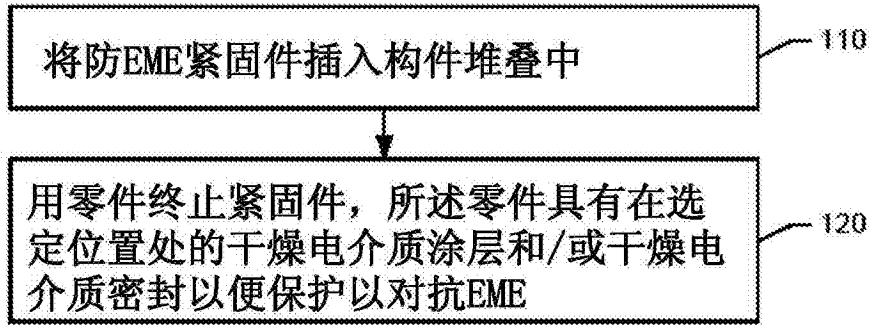


图1

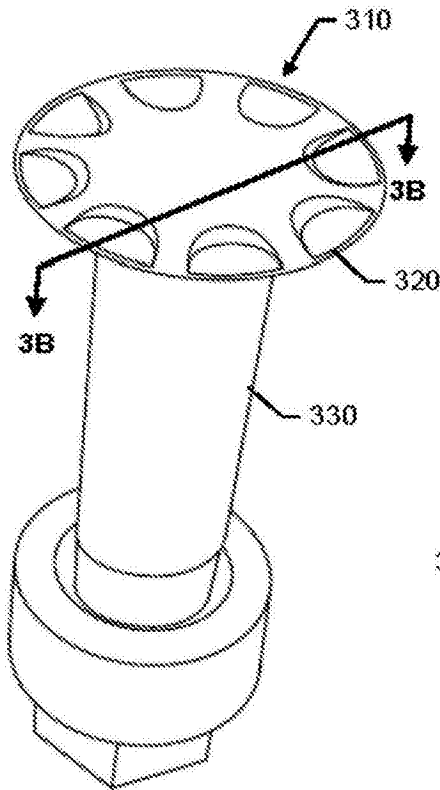


图3A

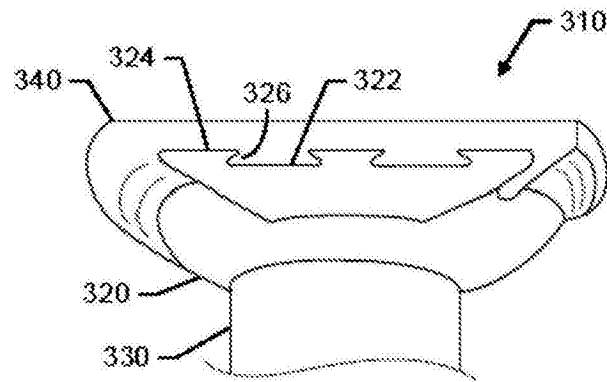


图3B

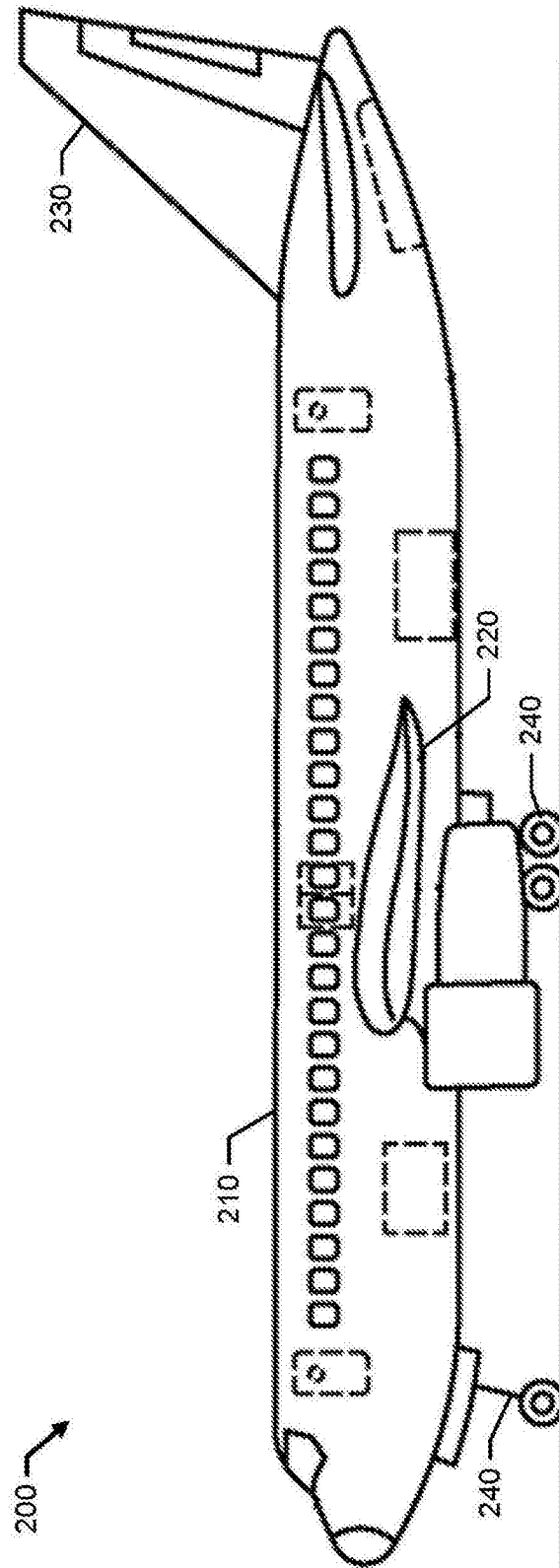


图2

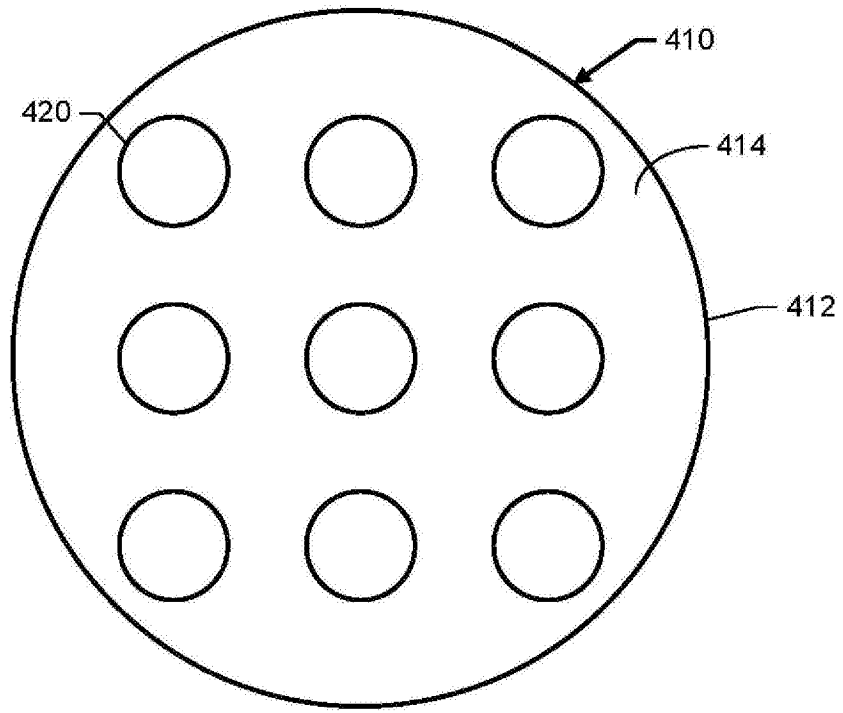


图4A

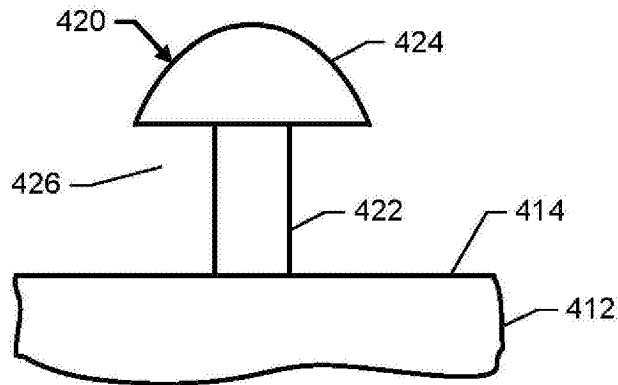


图4B

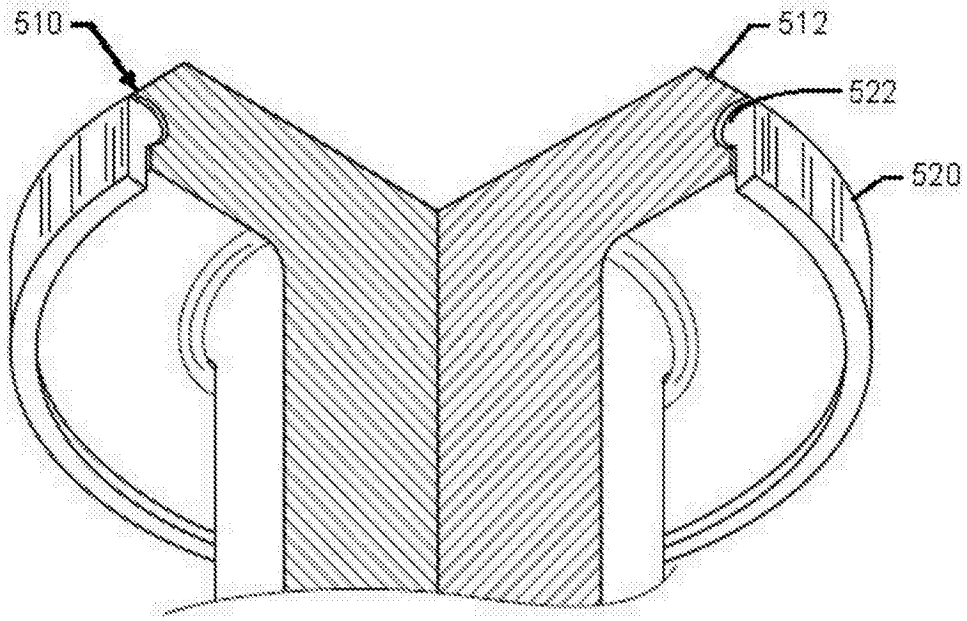


图5

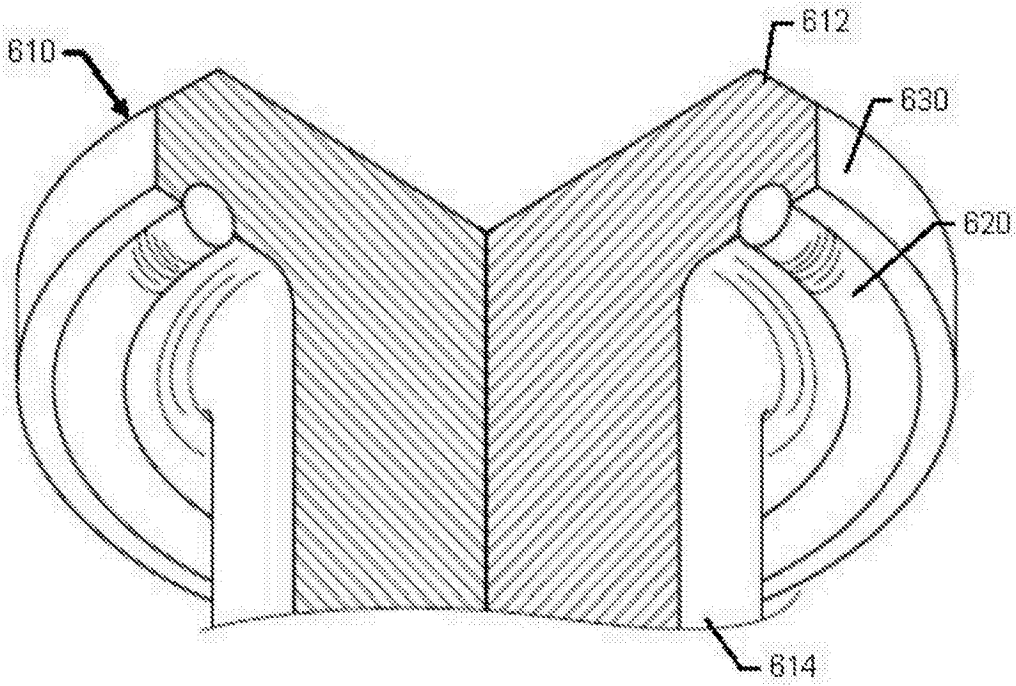


图6

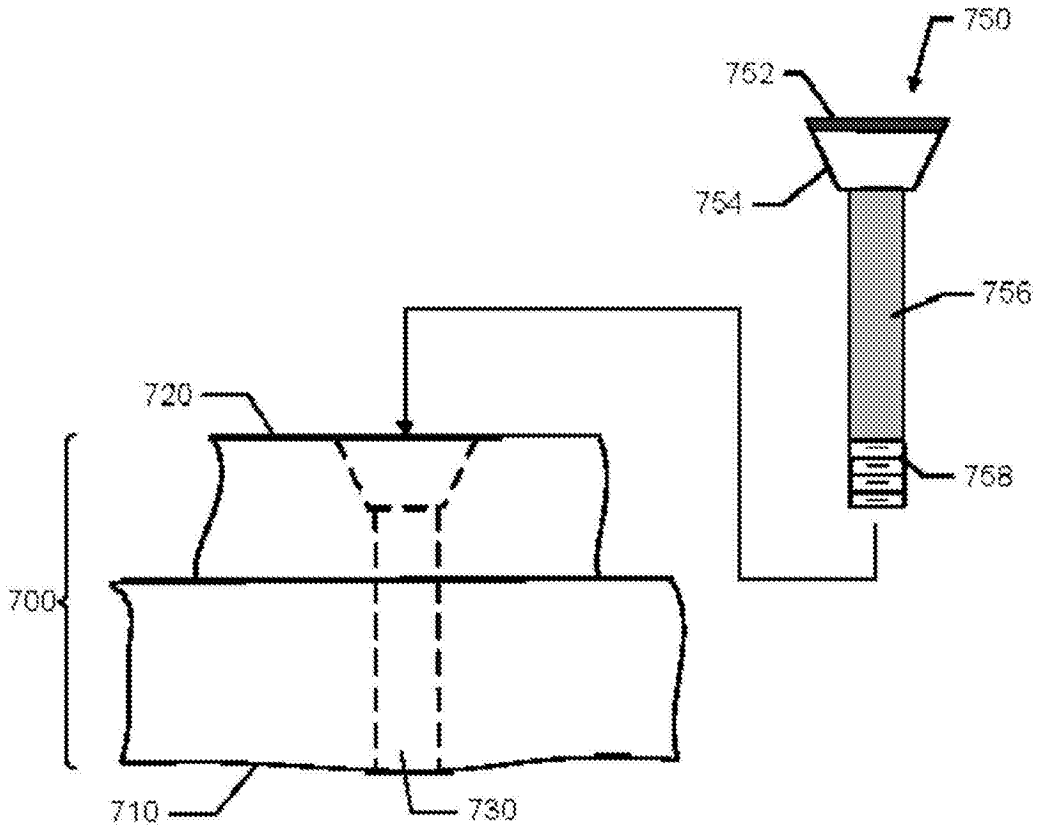


图7

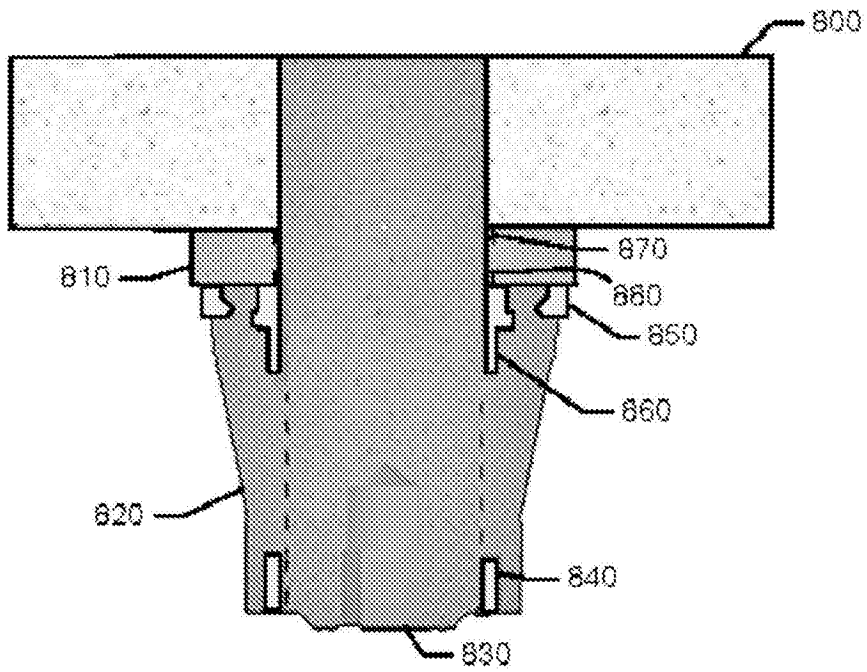


图8



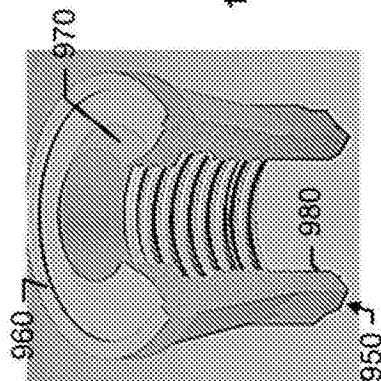
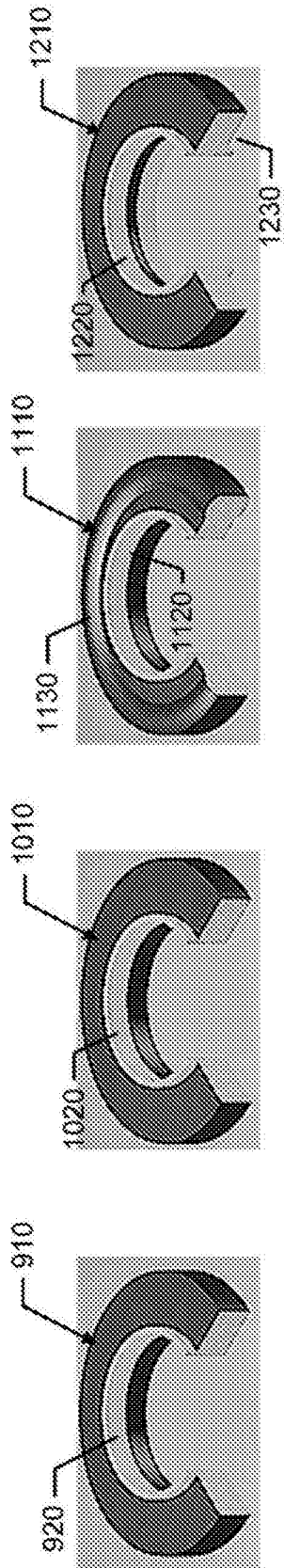


图9

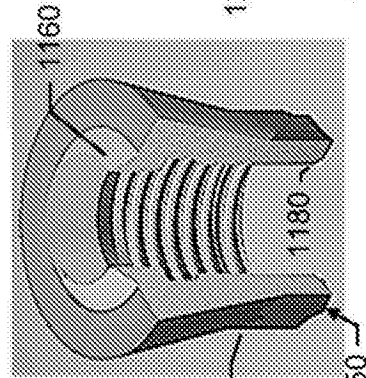
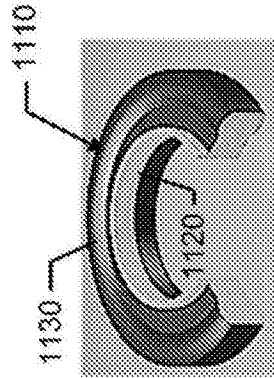


图10

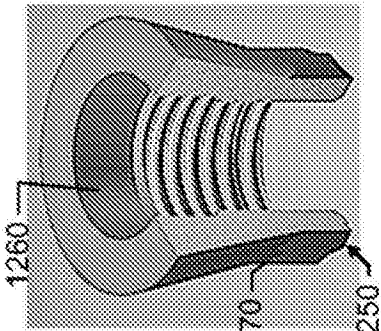
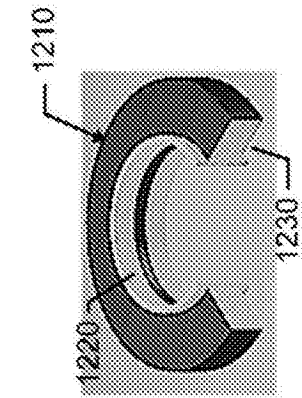


图11

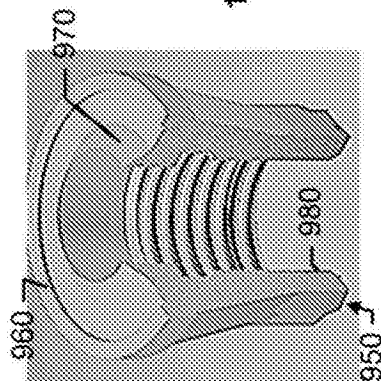
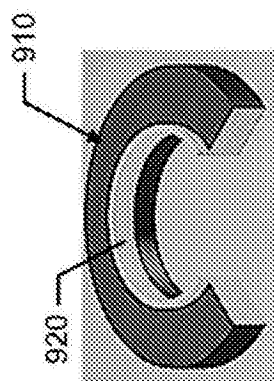


图12

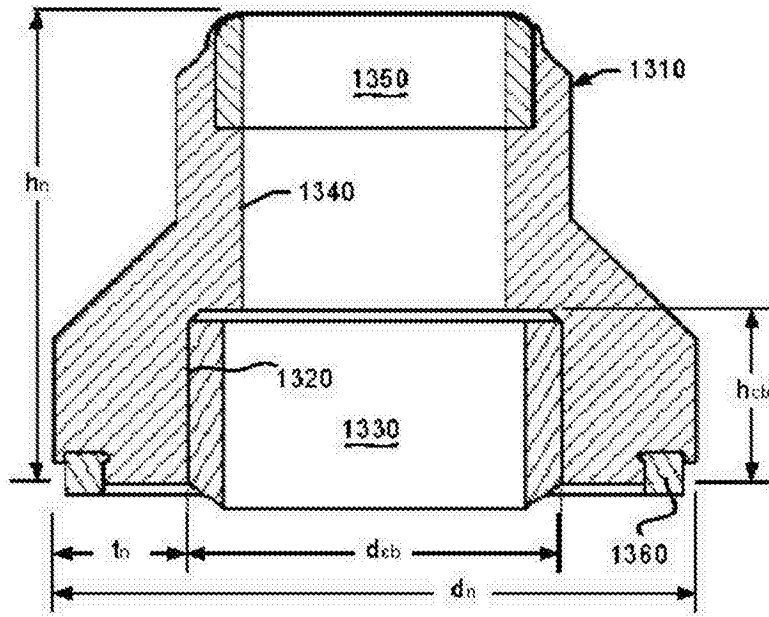


图13

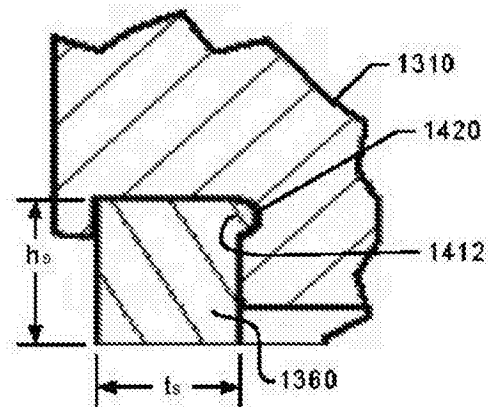


图14

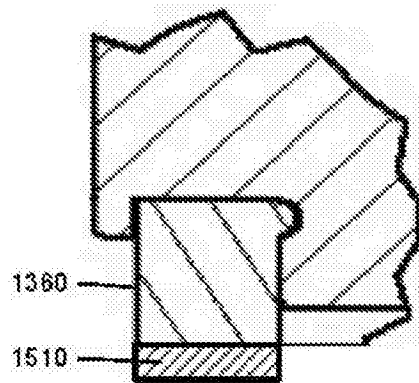


图15

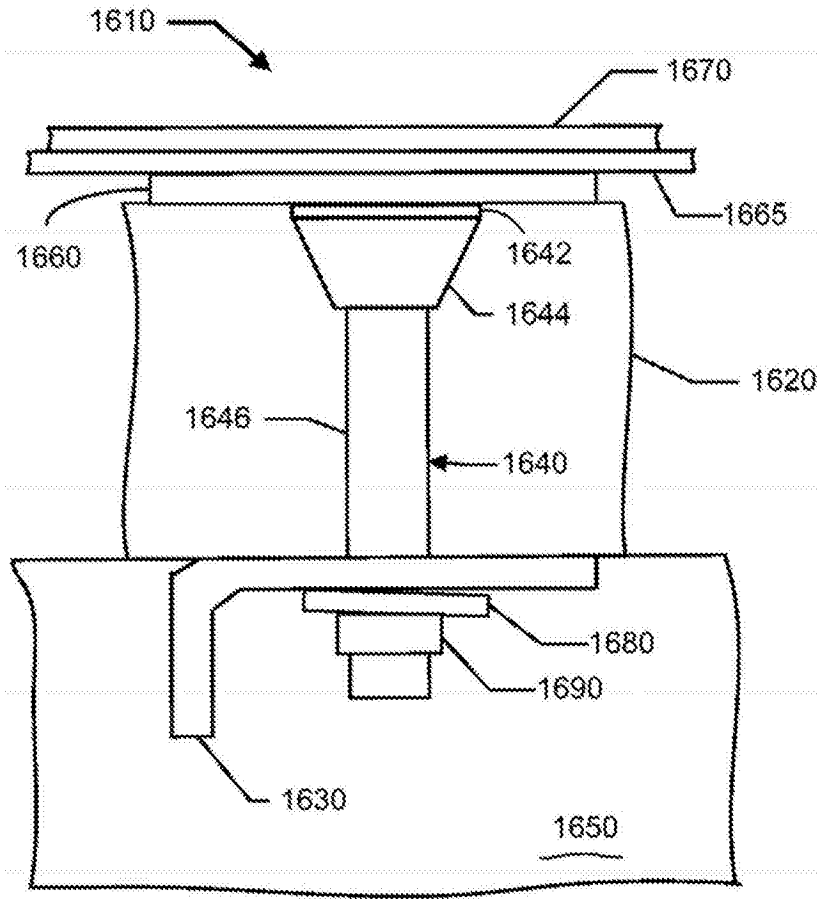


图16