(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 206582221 U
(45)授权公告日 2017.10.24

(21)申请号 201620896327.6

(22)申请日 2016.08.17

(30)优先权数据
62/211,250 2015.08.28 US
14/854,223 2015.09.15 US
15/059,608 2016.03.03 US

(73)专利权人 奥科宁克公司
地址 美国宾夕法尼亚州

(72)发明人 M·卡马尔 L·海洛克
H·穆拉兹莫格鲁 A·利布舍尔
G·里扎 R·品海罗
W·普拉撒姆斯里

(74)专利代理机构 北京市联德律师事务所 11361
代理人 黄大正 邓小容

(51)Int.Cl.
F16B 43/00(2006.01)
F16B 33/00(2006.01)
F16B 35/00(2006.01)
B64D 45/02(2006.01)

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

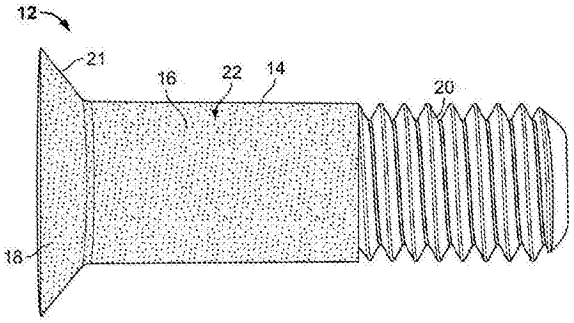
权利要求书2页 说明书10页 附图19页

(54)实用新型名称

紧固件以及包括结构和安装在所述结构中的紧固件的组合件

(57)摘要

一种用于紧固件的销构件，其包括细长的杆体，所述细长的杆体具有第一端、与所述第一端相对的第二端、具有外表面的圆柱形杆体部、位于所述细长的杆体的所述第一端的头部和位于所述细长的杆体的所述第二端的螺纹部分，所述头部包括位于所述头部的下侧的承载表面。销构件可以完全地涂覆有涂层。可适形的密封件附接至销构件，在安装期间在由紧固件施加的轴向负载的作用下，该可适形的密封件适于填充销构件的头部的承载表面与周围结构之间的微孔。密封件与销构件可以是分离和不同的。为了方便起见，密封件可以附接至销构件，但该密封件可以响应于紧固件施加的力而独立于销构件和周围结构发生形变。



CN 206582221 U

1.一种紧固件，其特征在于，包括：

销构件，其包括细长的杆体，所述细长的杆体具有第一端、与所述第一端相对的第二端、具有外表面的圆柱形杆体部、位于所述细长的杆体的所述第一端的头部和位于所述细长的杆体的所述第二端的螺纹部分，所述头部包括位于所述头部的下侧的承载表面；和

密封件，其附接至所述销构件并与所述销构件的所述头部的所述承载表面并列，所述密封件包括密封部分，所述密封部分具有第一侧和与所述第一侧相对的第二侧，唇部从所述密封部分的所述第一侧有角度地延伸出。

2.根据权利要求1所述的紧固件，其特征在于，所述密封件由铜制成。

3.根据权利要求2所述的紧固件，其特征在于，所述密封件包括从所述密封部分的所述侧轴向延伸出的管状部分。

4.根据权利要求3所述的紧固件，其特征在于，所述密封件包括在约5微米到约100微米范围内的厚度。

5.根据权利要求1所述的紧固件，其特征在于，所述销构件包括涂层。

6.根据权利要求5所述的紧固件，其特征在于，所述涂层是金属涂层。

7.根据权利要求6所述的紧固件，其特征在于，所述金属涂层选自于由金、银和铜组成的群组。

8.根据权利要求5所述的紧固件，其特征在于，所述涂层由具有大于20％IACS的导电率的材料制成。

9.根据权利要求5所述的紧固件，其特征在于，所述销构件的所述头部涂覆有所述涂层。

10.根据权利要求5所述的紧固件，其特征在于，所述销构件的所述圆柱形杆体部的所述外表面涂覆有所述涂层。

11.根据权利要求10所述的紧固件，其特征在于，所述销构件的所述头部涂覆有所述涂层。

12.根据权利要求10所述的紧固件，其特征在于，所述销构件的所述螺纹部分涂覆有所述涂层。

13.根据权利要求5所述的紧固件，其特征在于，所述销构件完全涂覆有所述涂层。

14.一种包括结构和安装在所述结构中的紧固件的组合件，其特征在于，所述紧固件包括销构件和密封件，所述销构件具有细长的杆体，所述细长的杆体具有第一端、与所述第一端相对的第二端、具有外表面的圆柱形杆体部、位于所述细长的杆体的所述第一端的头部和位于所述细长的杆体的所述第二端的螺纹部分，所述头部包括位于所述头部的下侧的承载表面，所述密封件附接至所述销构件且与所述销构件的所述头部的所述承载表面并列，所述密封件包括密封部分，所述密封部分具有第一侧和与所述第一侧相对的第二侧，唇部从所述密封部分的所述第一侧有角度地延伸出。

15.根据权利要求14所述的组合件，其特征在于，所述密封件由铜制成。

16.根据权利要求15所述的组合件，其特征在于，所述密封件包括从所述密封部分的所述侧轴向延伸出的管状部分。

17.根据权利要求16所述的组合件，其特征在于，所述密封件包括在约5微米到约100微米范围内的厚度。

18.根据权利要求14所述的组合件，其特征在于，所述销构件包括涂层。

19.根据权利要求18所述的组合件，其特征在于，所述涂层是金属涂层。

20.根据权利要求19所述的组合件，其特征在于，所述金属涂层选自于由金、银和铜组成的群组。

21.根据权利要求18所述的组合件，其特征在于，所述涂层由具有大于20％IACS的导电率的材料制成。

22.根据权利要求18所述的组合件，其特征在于，所述销构件的所述头部涂覆有所述涂层。

23.根据权利要求18所述的组合件，其特征在于，所述销构件的所述圆柱形杆体部的所述外表面涂覆有所述涂层。

24.根据权利要求23所述的组合件，其特征在于，所述销构件的所述头部涂覆有所述涂层。

25.根据权利要求23所述的组合件，其特征在于，所述销构件的所述螺纹部分涂覆有所述涂层。

26.根据权利要求18所述的组合件，其特征在于，所述销构件完全涂覆有所述涂层。

27.根据权利要求14所述的组合件，其特征在于，所述结构包括复合材料。

28.根据权利要求27所述的组合件，其特征在于，所述结构实质上由复合材料制成。

29.根据权利要求27所述的组合件，其特征在于，所述结构部分地由复合材料制成。

30.根据权利要求14所述的组合件，其特征在于，所述结构包括金属材料。

31.根据权利要求30所述的组合件，其特征在于，所述金属材料是铝。

32.根据权利要求30所述的组合件，其特征在于，所述结构实质上由所述金属材料制成。

33.根据权利要求30所述的组合件，其特征在于，所述结构部分地由所述金属材料制成。

紧固件以及包括结构和安装在所述结构中的紧固件的组合件

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请是涉及并且要求2015年9月15日提交的标题为“具有经涂 覆和经织构化的销构件的紧固件(FASTENERS WITH COATED AND TEXTURED PIN MEMBERS)”的、共同拥有且尚待审决的美国申请 序列No.14/854,223的权益的部分接续申请,该美国申请序号No.14/854,223要求2014年9月17日提交的标题为“具有经涂覆和经织构 化的销构件的紧固件(FASTENERS WITH COATED AND TEXTURED PIN MEMBERS)”的、共同拥有且尚待审决的美国临时 专利申请序列No.62/051,602的权益,该两件专利申请的整体内容在 此通过引用的方式并入本文。本申请还要求2015年8月28日提交的 标题为“用于紧固件的适形锥形密封件(CONFORMING CONICAL SEAL FOR FASTENERS)”的、共同拥有且尚待审决的美国临时专利 申请序列No.62/211,250的权益,其整体内容在此通过引用的方式并 入本文。

技术领域

[0003] 本实用新型涉及紧固件,且更具体来说,本实用新型涉及具有经 涂覆的销构件和适形的锥形密封件的紧固件。

背景技术

[0004] 连续纤维增强复合材料在主要的和次要的飞机组件中被广泛使用,以适用主要关注重量轻、更高的强度和耐蚀性的多种应用。复合材料典型地由被定向在某些方向并环绕在支持性聚合物基质中的细碳纤维构成。由于复合材料的层以多种角度被布置,并取决于主要负载的方向,由此形成的结构典型地是一种高度各向异性且异质的堆叠层压结构。复合结构的很大一部分被制造为近净成形(near net-shape),但得被钻孔以便有利于使用机械紧固件来接合组件。在 复合材料中钻紧固件孔的均匀性比不上在铝或钢上钻紧固孔,因为个 别碳纤维以不规则角度断裂并在紧固件和孔之间形成微孔。随着切割 工具的磨损,表面碎屑增加,并且毛边纤维或树脂和分层的量增加。 包含这些缺陷的复合材料微结构被称为“加工引起的微织构”。

[0005] 除了他们的加工挑战,与金属结构相比,飞机中的复合结构更易 遭受雷击损害。诸如铝等金属材料导电性很好且能够消散雷击引起的 高电流。碳纤维在抗电流的流动方面比铝高100倍。类似地,经常作 为基质与碳纤维结合使用的环氧树脂的电阻比铝的电阻高100万倍。 飞机的复合结构区段通常表现得类似于各向异性导电体。因此,由于 碳纤维和环氧树脂本身的高电阻、多层的构造以及该结构的各向异性 的本质,复合结构的雷电保护更加复杂。有些估算表明,每年每架服 役的商用飞机平均被雷击至少一次。飞机在雷雨或者雷雨周围飞行经 常会遭受直击雷以及旁侧闪击,这可能在飞机上产生电晕和流光。在这种情况下,闪电放电通常在飞机上产生,并从飞机向外延伸。当发 生放电时,附着点从飞机的头部移动并进入各种嵌板,这危害了飞机 蒙皮。放电通常穿过飞机的尾翼而离开飞机结构。

[0006] 保护飞机燃料系统免于因闪电而导致燃料蒸汽点燃甚至是更加 至关重要的。因

为商用飞机含有相对大量的燃料，并且还包含非常敏 感的电子设施，为了获得营运认证，它们必须符合特定的一组与雷击 保护有关的规定。众所周知的是，紧固件经常是用于将闪电流从飞机 蒙皮导通到诸如翼梁或翼肋等支撑结构的主要路径，并且紧固件主体 和上述结构的部件之间的不良电接触能够导致有害的紧固件电弧或 电火花。

[0007] 为了避免在紧固件/复合结构界面上发生潜在的点火，一些飞机使 用与紧固孔紧密接触的紧固件。已经知道的是，裸露的金属紧固件和 复合结构中的孔之间的紧密接触是电流消散的最佳条件。一种实现紧 固件-复合材料孔之间紧密性的方式是使用有套筒的紧固件。这种方 式包含首先将紧密配合的套筒插入到孔中。然后将过盈配合的销牵拉 入套筒中。这使套筒膨胀以使它与复合结构中的孔壁接触。虽然套筒 实质上减少了紧固件和复合结构之间的间隙，但是它不能消除由于钻 孔引起的横跨复合材料内孔表面的织构的存在所产生的小间隙。这种 加工所引起的织构也使得额外的密封剂和绝缘材料陷入其中，从而抑 制了套筒和孔之间的紧密接触。随着切割工具磨损，这种情况变得更 糟，从而导致更多且更大的加工引起的缺陷。

[0008] 为了避免这种情况，所述电流必须通过沿着紧固孔的内表面暴露 的碳纤维消散。如果紧固件没有与孔的内侧紧密接触，那么由雷击产 生的瞬时焦耳能在间隙中形成等离子体，其使空气/金属蒸汽离子化， 并产生以火花或热离子喷射形式喷出的压力聚积。金属紧固件本身的 高导电性与飞机构造中所使用的大量紧固件结合，创造了闪电附着到 紧固件的高概率的条件。

实用新型内容

[0009] 在一个实施方式中，紧固件包括销构件和密封件，销构件包括细 长的杆体，所述细长的杆体具有第一端、与所述第一端相对的第二端、 具有外表面的圆柱形杆体部、位于所述细长的杆体的所述第一端的头 部和位于所述细长的杆体的所述第二端的螺纹部分，所述头部包括位 于所述头部的下侧的承载表面；所述密封件附接至所述销构件并与所 述销构件的所述头部的所述承载表面并列。在一个实施方式中，所述 密封件由铜制成。在一个实施方式中，所述密封件包括密封部分和唇 部，所述密封部分具有第一侧和与所述第一侧相对的第二侧，所述唇 部从所述密封部分的所述第一侧延伸出。在一个实施方式中，所述唇 部从所述密封部分成角度地延伸出。在一个实施方式中，所述密封件 包括从所述密封部分的侧面轴向延伸出的管状部分。在一个实施方式 中，所述密封件包括在约5微米到约100微米范围内的厚度。在一个 实施方式中，所述销构件包括涂层。在一个实施方式中，所述涂层是 金属涂层。在一个实施方式中，所述金属涂层选自于由金、银和铜组 成的群组。在一个实施方式中，所述涂层由具有大于20％IACS的导 电率的材料制成。

[0010] 在一个实施方式中，所述销构件的所述头部涂覆有所述涂层。在 一个实施方式中，所述销构件的所述圆柱形杆体部的所述外表面涂覆 有所述涂层。在一个实施方式中，所述销构件的所述头部和所述销构 件的所述圆柱形杆体部涂覆有所述涂层。在一个实施方式中，所述销 构件的所述螺纹部分和所述销构件的所述圆柱形杆体部涂覆有所述 涂层。在一个实施方式中，所述销构件完全涂覆有所述涂层。

[0011] 在一个实施方式中，一种结构和安装在所述结构中的紧固件的组 合，所述紧固件包括销构件和密封件，所述销构件具有细长的杆体， 所述细长的杆体具有第一端、与所述

第一端相对的第二端、具有外表 面的圆柱形杆体部、位于所述细长的杆体的所述第一端的头部和位于 所述细长的杆体的所述第二端的螺纹部分，所述头部包括位于所述头 部的下侧的承载表面，所述密封件附接至所述销构件且与所述销构件 的所述头部的所述承载表面并列。在一个实施方式中，所述结构包括 复合材料。在一个实施方式中，所述结构实质上由复合材料制成。在 一个实施方式中，所述结构部分地由复合材料制成。在一个实施方式中，所述结构包括金属材料。在一个实施方式中，所述金属材料是铝。 在一个实施方式中，所述结构实质上由所述金属材料制成。在一个实 施方式中，所述结构部分地由所述金属材料制成。

[0012] 在一个实施方式中，一种制作紧固件的方法，包括如下步骤：提 供销构件，所述销构件包括细长的杆体，所述细长的杆体具有第一端、 与所述第一端相对的第二端、具有外表面的圆柱形杆体部、位于所述 细长的杆体的所述第一端的头部和位于所述细长的杆体的所述第二 端的螺纹部分，所述头部包括位于所述头部的下侧的承载表面；和在 与所述销构件的所述头部的所述承载表面并列的位置将密封件附接 至所述销构件。在一个实施方式中，所述方法包括将所述销构件的至 少一部分涂覆有涂层的涂覆步骤。在一个实施方式中，所述涂层是金 属涂层。在一个实施方式中，所述金属涂层选自于由金、银和铜组成的群组。在一个实施方式中，所述涂层由具有大于20％IACS的导电 率的材料制成。在一个实施方式中，所述涂覆步骤包括将所述销构件 的所述头部涂覆有所述涂层。在一个实施方式中，所述涂覆步骤包括 将所述圆柱形杆体部的所述外表面涂覆有所述涂层。在一个实施方式 中，所述涂覆步骤包括将所述销构件的所述头部和所述圆柱形杆体部 涂覆有所述涂层。在一个实施方式中，所述涂覆步骤包括将所述销构 件的所述螺纹部分和所述圆柱形杆体部涂覆有所述涂层。在一个实施 方式中，所述涂覆步骤包括将所述销构件完全涂覆有所述涂层。

[0013] 在一个实施方式中，一种将紧固件安装至结构的方法，包括如下 步骤：提供具有销构件和密封件的紧固件，所述销构件包括细长的杆 体，所述细长的杆体具有第一端、与所述第一端相对的第二端、具有 外表面的圆柱形杆体部、位于所述细长的杆体的所述第一端的头部和 位于所述细长的杆体的所述第二端的螺纹部分，所述头部包括位于所 述头部的下侧的承载表面，所述密封件适于定位在所述销构件上以便 所述密封件与所述销构件的所述头部的所述承载表面并列；和在安装 位置将所述紧固件安装至所述结构。在一个实施方式中，所述方法包 括将所述销构件的至少一部分涂覆有涂层的涂覆步骤。在一个实施方 式中，所述涂层是金属涂层。在一个实施方式中，所述金属涂层选自 于由金、银和铜组成的群组。在一个实施方式中，所述涂层由具有大 于20％IACS的导电率的材料制成。在一个实施方式中，所述涂覆步 骤包括将所述销构件的所述头部涂覆有所述涂层。在一个实施方式 中，所述涂覆步骤包括将所述圆柱形杆体部的所述外表面涂覆有所述 涂层。在一个实施方式中，所述涂覆步骤包括将所述销构件的所述头 部和所述圆柱形杆体部涂覆有所述涂层。在一个实施方式中，所述涂 覆步骤包括将所述销构件的所述圆柱形杆体部和所述螺纹部分涂覆 有所述涂层。在一个实施方式中，所述涂覆步骤包括将所述销构件完 全涂覆有所述涂层。在一个实施方式中，所述结构包括复合材料。在 一个实施方式中，所述结构实质上由所述复合材料制成。在一个实施 方式中，所述结构部分地由所述复合材料制成。在一个实施方式中， 所述结构包括金属材料。在一个实施方式中，所述金属材料是铝。在

一个实施方式中，所述结构实质上由所述金属材料制成。在一个实施 方式中，所述结构部分地由所述金属材料制成。在一个实施方式中， 所述方法进一步包括修剪步骤，所述修剪步骤将所述密封件修剪成与 所述结构平齐。在一个实施方式中，所述修剪步骤包括打磨所述密封 件。在一个实施方式中，所述方法进一步包括在所述结构的外表面上 提供金属网(metallic mesh)的步骤，其中当所述紧固件位于其安装 位置时，所述紧固件的所述密封件与所述金属网直接物理电接触。在 一个实施方式中，所述密封件包括密封部分和唇部，所述密封部分具 有第一侧和与所述第一侧相对的第二侧，所述唇部从所述密封部分的 所述第一侧延伸出，所述唇部与所述金属网直接物理电接触。在一个 实施方式中，所述金属网由铜制成。

附图说明

[0014] 图1是销构件的一个实施方式的侧视图，该销构件的选定表面涂 覆有材料；

[0015] 图2是密封件的一个实施方式的仰视透视图；

[0016] 图3是将分别示出在图1和2中的销构件和密封件组装在一起的 仰视透视图；

[0017] 图4是图1所示的经涂覆销构件的外表面的一个实施方式的照 片；

[0018] 图5是图1所示的经涂覆销构件的一个实施方式的外表面形貌的 照片；

[0019] 图6和图7是具有织构化表面的销构件的一个实施方式的照片；

[0020] 图8是具有适形的密封件的销构件的一个实施方式的侧视图；

[0021] 图9A和9B分别是适形的密封件的一个实施方式的俯视图和侧视 图；

[0022] 图10示出了已安装的紧固件的应力分布分析的屏幕截图；

[0023] 图11是安装在结构中的标准紧固件的横截面的微照片；

[0024] 图12A是示出了安装在结构中的标准紧固件的微照片，而图12B 是示出了图8所示的销构件和密封件被安装在结构中的微照片；

[0025] 图13A和13B描绘了显示含有安装于其中的图8的紧固件的结构 在打磨步骤前和打磨步骤后的照片；

[0026] 图14A和14B分别为图8的紧固件在打磨步骤之前和之后的示意 性图示；

[0027] 图15A是安装在具有相关联铜网的结构中的标准紧固件的微照 片，而图15B是安装在具有相关联铜网的结构中的图8所示紧固件的 微照片；

[0028] 图15C是图表和对应于该图表中的具体数据点的有关照片，该图 表示出了图8所示的紧固件和标准紧固件之间的齐平公差(flushness tolerance)；

[0029] 图16A和16B是安装在结构中的常规紧固件的微照片(分别处于 40倍和600倍放大率)，而图16C和16D是安装在结构中的图8所 示的紧固件的微图片(分别处于25倍和1000倍放大率)；

[0030] 图17A是示出雷击损害对安装在结构中的标准紧固件的影响的照 片，而图17B是示出雷击损害对安装在结构中的图8所示的紧固件的 影响的照片；

[0031] 图17C是示出雷击损害对安装在结构中的标准紧固件的影响的微 照片，而图17D是示出雷击损害对安装在结构中的图8所示的紧固件 的影响的微照片；

[0032] 图18A到18F示出了一系列模拟结果，该结果示出了图8的紧固 件的接触电阻的降低和最优化电紧密性；和

[0033] 图19是示出接触电阻率－图8所示的紧固件(具有经涂覆销构件 的紧固件)和阳极紧固件之间的预加载力的关系图表。

具体实施方式

[0034] 参照图1,在一个实施方式中,销构件12包括细长的杆体14，该杆体14具有圆柱形杆体部16、位于圆柱形杆体部16一端的头部18和位于圆柱形杆体部16相对端的螺纹部分20。在一个实施方式中，头部18是埋头形的头部(countersunk head)。在一个实施方式中,头部18的外表面(包括头部18的下侧表面(例如承载表面)21)和 圆柱形杆体部16涂覆有涂层22。在一个实施方式中,涂层22是钨。 在另一实施方式中,涂层22是钼。在另一实施方式中,涂层22是耐 熔金属,例如钽或铌。在另一实施方式中,涂层22是耐熔陶瓷,例 如氧化铝(Al_2O_3)、二氧化硅(SiO_2)或其它金属氧化物。在另一实 施方式中,仅头部18的外表面被涂覆有涂层22。在另一实施方式中， 仅圆柱形杆体部16的外表面被涂覆有涂层22。在一个实施方式中， 涂层22降低了电接触电阻并减小了引弧冲击/电弧损伤的可能性。在 一个实施方式中,涂层22包括高电导率(高于20％IACS)并且与结 构是电化学兼容(galvanically compatible)的以抗腐蚀,例如,阳极指 数小于1.0V。在一个实施方式中,该结构包括复合结构。在另一实施 方式中,该结构包括金属结构。在另一实施方式中,该结构包括纤维 金属层压结构。

[0035] 在一种实施方式中,涂层22是具有大约1纳米到大约200微米 范围内的厚度的薄膜涂层。在一种实施方式中,通过物理气相沉积来 施加涂层22。在另一种实施方式中,通过化学气相沉积来施加涂层 22。在另一种实施方式中,通过选择性添加处理来施加涂层22。在另 一种实施方式中,通过电镀来施加涂层22。在另一种实施方式中,通 过喷雾法来施加涂层22。在另一种实施方式中,通过冷喷法来施加涂 层22。在另一种实施方式中,通过热喷法来施加涂层22。在另一种 实施方式中,通过等离子体喷涂来施加涂层22。在另一种实施方式中， 通过溅射沉积法来涂施加涂层22。

[0036] 在另一种实施方式中,头部18的外表面和圆柱形杆体部16的外 表面被织构化。在一种实施方式中,销构件12的头部18的外表面和 圆柱形杆体部16的外表面被织构化,以顺应(conform to)在复合结 构中钻出的紧固孔中内在的由加工引起的微织构,并且提供销构件12 和该复合结构之间的机械互锁。在一种实施方式中,织构化的销构件12在安装紧固件的过程中挖掘出过量被包埋的密封剂,同时使紧固件 与该结构紧密接触,由此降低界面处的电接触电阻。本文中所使用的 术语“紧密接触”意指销构件12的织构化外表面被变形进入销构件 和复合结构之间所有的或实质上所有的孔隙。在另一种实施方式中， 仅头部18的外表面被织构化。在另一种实施方式中,仅圆柱形杆体 部16的外表面被织构化。

[0037] 在一种实施方式中,通过诸如介质喷砂等的表面重塑方法生成销 构件12的织构化表面。在一种实施方式中,销构件12的织构化表面 被喷砂处理。在一种实施方式中,喷砂处理采用细粒度玻璃珠介质 (100-170目)。在一种实施方式中,进行喷砂处理直到销构件12的待 织构化的外表面被完全覆盖。在一种实施方式中,喷砂处理进行至少 一分钟。在一种实施方式中,喷砂处理进行大约一分钟。在一种实施 方式中,喷砂处理进行两次。在另一种实施方式中,销构件12的织 构化表面通过去除工艺而生成,例如选择性的电刻蚀、激光蚀刻、喷 砂和机械抛光。在另一种实施方式中,销构件12的织构化表面通过 化学蚀刻来生

成。在一种实施方式中，所述化学蚀刻利用50/50盐酸 (HCl)。在一种实施方式中，所述化学蚀刻进行大约30分钟。在一种 实施方式中，销构件12用蒸馏水清洗大约15-20秒，并用加压的室 温空气干燥大约1到2分钟。

[0038] 在另一种实施方式中，销构件12的头部18的表面和圆柱形杆体 部16的表面通过如上所述的涂覆工艺和织构化工艺的组合而被涂覆 和织构化。在一种实施方式中，所述涂覆和织构化工艺的组合基于其 特定的负载模式能被用于形成销构件12的功能特征。例如，在一种 实施方式中，在预负载较高的情况下，进行织构化/涂层化以降低接触 电阻。在没有预负载且与复合层没有紧密接触的位置，希望减少等离 子的生成和电弧形成/损害。

[0039] 在一种实施方式中，销构件12是紧固件的一部分，所述紧固件 适于将多个工件彼此固定在一起，并且适于被安装在这些工件的对准 的孔内。在一种实施方式中，所述工件由复合材料制成。在另一种实 施方式中，所述工件由金属制成。在另一种实施方式中，所述工件由 纤维金属层压材料制成。在一种实施方式中，所述紧固件包括锁定构 件(图中未示出)。在一种实施方式中，所述锁定构件是螺母。在另一 种实施方式中，所述锁定构件是轴环(collar)。在一种实施方式中， 紧固件10包括销构件12和安装在销构件12的头部18的承载表面21 上的密封件24，如图2和3所示，并将在下文进一步详细讨论。

[0040] 在飞机经历雷击时，闪电通常先附着于销构件12的头部18。在 一种实施方式中，经涂覆和/或织构化的销构件12提高了接触电阻。这样，所有的固体表面在微观尺度是粗糙的，并且两个工体之间的接 触发生在由两个表面上的凸出物的机械接触产生的离散点处。对于所 有固体材料而言，真实接触面积是表观接触面积的一小部分。随着所 述接触点的靠近，电流线变得更加扭曲，并且流线归拢到一起穿过“a 点”。电结点由大量接触“a点”构成并且通常被以界面的电接触电 阻来表征，电流通过“a点”从一个连接器组件传导到另一个连接器 组件。

[0041] 当利用间隙配合在复合结构中安装紧固件时，被安装的销构件12 的主要负载承载表面是头部18的承载表面21。这是一种如下所述的 电接触：通过该电接触希望传导高频高压电流，并且该电接触是有效 防雷击的第一道防线。如果所述电流具有容易流动的路径，将不会发 生电弧以及产生的损害。由于异种材料、存在的电绝缘膜(如飞机密 封剂)和/或表面上的硬氧化层以及复合材料的不规则切割图案，所述 销或螺栓-复合材料的界面(pin or bolt to composite interface)被证明 可能是无效的电接触。为了允许电流容易地流动通过销/螺栓-复合材 料的界面，希望界面接触电阻较低。

[0042] 接触电阻高度依赖于施加在两个表面上使所述表面接触的负载 以及接触的材料表面的电学和机械性能。在界面处具有高导电性的软 材料降低了接触电阻，更高的负载也同样能够降低接触电阻。销构件 接合处的负载由预负载来提供，并且主要依赖于几何形状/设计。如上 所述，使用头部18的承载表面21上的材料涂层22或织构以同时提 供在接触界面处的低电阻率材料和为了更好地与所述结构接触的软 适形层。具有高导电性的软材料(诸如铜、金、银或其他金属/材料) 能够被用于降低接触电阻(参见例如图2和3所示的铜密封件24)。

[0043] 如上所述，销构件12的表面也能被织构化以使得与周围的复合 层更好的紧密接触。当安装织构化的销构件12时，织构化的销构件 变形进入到在给复合层钻孔过程中所产生的小空隙中。当织构化的表 面变形进入到空隙中时，它们在紧固件安装过程中置换被包

埋的密封 剂。销构件12的插入使得过量的密封剂被挤到销构件12/复合材料界 面的外面。因此，织构化的销构件12在紧固件的安装过程中挖掘出 了过量的被包埋的密封剂，同时使销构件12与复合结构紧密接触。为了提高适形性和机械互锁的水平，通过调整销构件12表面的抛光 织构(surface texture)以提供表面微粗糙度(Sa)值。在一种实施方式 中，表面粗糙度(Sa)大于0.5微米。

[0044] 如上所述，图1示出了具有钨涂层的销构件12的一个实施方式。在一种实施方式中，使用等离子体喷涂在销构件12上沉积钨并获得 等于或大于7微米的表面粗糙度(Sa)。图2示出了密封件24，并且图 3示出了安装有密封件24的销构件12，从而提高与头部18的承载表 面21上的复合材料层的紧密性。在一种实施方式中，密封件24是截 头圆锥，其形状和尺寸被调整以配合在头部18的承载表面21上。在 另一种实施方式中，这也能通过在头部18的承载表面21上涂覆铜来 实现。在另一种实施方式中，密封件24是自备垫圈(captive washer)。 在另一种实施方式中，密封件24涂覆有涂层。在一种实施方式中， 密封件24的所述涂层包括涂层22。

[0045] 图4示出了经涂覆销构件12的织构差异的照片，而图5示出了 经涂覆销构件12的表面形貌。在一种实施方式中，销构件12的经涂 覆表面具有7.5微米的平均表面粗糙度(Sa)。图6和7分别是40×和 190×放大倍数下的织构化销构件12的照片。如图6和7中所示，织 构化销构件12表现出实质上的粗抛光。在一种实施方式中，织构化 销构件12提供了沿着销构件12的织构化表面改进的电接触，这使得 由密封剂引起的介电效应减少到最小，促进了更容易地传导电流，降 低了跨销构件12/复合材料界面的电势，并由此使得在没有任何如电 弧放电的击穿效应的情况下传导电流。

[0046] 在一种实施方式中，在间隙配合的孔中，在销构件12的杆体14 和复合材料层之间没有预负载，因此电接触是相对弱的。因此，确保 销构件12和复合材料层之间有效的电流流动将是困难的。在没有足 够的电流被头部18的承载表面21传导的情况下，将有可能在杆体14 和邻近的复合材料层之间的间隙处发生电弧放电。在这种情况下，电 弧放电的形成通常在金属蒸汽本身中开始。具有高导电率的高温熔融 材料的存在将确保不会出现足够的金属蒸汽以启动电弧放电。即使开 始电弧放电，等离子体量将是少的。如果接触是有效的，更高的导电 率也将确保电流更容易地在杆体14和复合材料层之间传导。如前所 述，在某些实施方式中，材料(如钨、钼或耐熔金属/陶瓷)能被用作 销构件12的杆体14上的涂层22，以确保减少电弧放电损伤。因为雷 击生成高频电流，电流由于“趋肤效应”一般将靠近紧固件表面流动。 销构件12上的涂层也有助于以下方面：更高温度熔点和高导电率的 材料将携带大部分电流，从而减少紧固件熔融或等离子体生成的可能 性。

[0047] 因此，经涂覆/经织构化的销构件12：

[0048] • 改进了复合材料和紧固件表面之间的电接触；

[0049] • 尽可能地减少了雷击过程中紧固件的电弧放电；

[0050] • 提供了间隙填充和机械互锁的能力；

[0051] • 降低了在紧固件杆体周围电弧放电的过程中等离子体形成的可 能性；

[0052] • 在紧固件中发生电弧放电的情况下，减少生成等离子体的量以 使等离子体更容易地被包容纳。

[0053] 具有适形的锥形密封件的经涂覆紧固件

[0054] 参考图8、9A和9B，在一个实施方式中，紧固件110包括销构 件112，该销构件112具有细长的杆体部114，该杆体部114具有平 滑的圆柱形杆体部115、位于该平滑的圆柱形杆体部115一端的头部 116和位于该平滑的圆柱形杆体部115相对端的螺纹部分117。在一 个实施方式中，头部116是埋头形的头部。在一个实施方式中，锁定 构件适于被安装至销构件112(图中未示出)。在一个实施方式中， 锁定构件是啮合销构件112的螺纹部分117的具有螺纹的螺母。在另 一实施方式中，锁定构件是适于被锻造进入销构件112的螺纹部分 117的锁定凹槽中的轴环。

[0055] 在一个实施方式中，销构件112被完全涂覆有涂层119。在一个 实施方式中，涂层119是金属涂层。在一个实施方式中，涂层119是 软金属涂层。也就是说，涂层119被施加至细长的杆体部114(包括 平滑的圆柱形杆体部115和螺纹部分117)以及头部116(包括头部116的下侧(例如承载表面120))。在一个实施方式中，涂层119 是铜。在另一实施方式中，涂层119是银。在另一实施方式中，涂层 119是金。在其它实施方式中，涂层119由具有高导电率的材料制成， 例如具有大于20％IACS的导电率的材料。

[0056] 在其它实施方式中，涂层119可以由在销构件12的实施例中谈 到的涂层22中的任意一种构成，这些已经在上面详细描述过。

[0057] 在另一实施方式中，销构件112部分地涂覆有涂层119。在一个 实施方式中，涂层119被施加到销构件112的头部116，包括头部116 的下侧120。在另一实施方式中，涂层119被施加到头部116(包括 头部116的下侧120)并且被施加到销构件112的平滑的圆柱形杆体部115。在另一实施方式中，涂层119被施加到销构件112的平滑的 圆柱形杆体部115。在另一实施方式中，涂层119被施加到销构件112 的平滑的圆柱形杆体部115和螺纹部分117。

[0058] 在另一实施方式中，销构件112不包括涂层119。

[0059] 仍然参考图8、9A和9B，在一个实施方式中，适形的密封件118 被附接至细长的杆体部114且与销构件112的头部116的承载表面 120并列。在一个实施方式中，密封件118与销构件112是分离且不 同的。在一个实施方式中，密封件118可以被定位在结构的孔中，且然后该销构件112可以在安装紧固件110的过程中被插入到密封件 118中。在一个实施方式中，密封件118是截头圆锥形状，且包括中 心定位的圆形通孔122，该通孔122的尺寸和形状被设计为与销构件 112的杆体部114的周边相匹配且与销构件112的头部116的承载表 面120并列。在一个实施方式中，密封件118包括密封部分121。在 另一实施方式中，唇部123从密封部分121的一侧延伸出。在一个实 施方式中，唇部123从密封部分121向上成角度。在另一实施方式中， 管状部分125从密封部分121的相对侧轴向延伸出。在一个实施方式 中，密封件118由铜制成。在一个实施方式中，密封件118的密封部 分121具有在约5微米到约100微米范围内的厚度。

[0060] 应当注意的是，销构件112和紧固件10适于安装于其中的结构 150的所有固体表面在微观尺度是粗糙的。表面微粗糙度由尖峰和槽 谷组成，它们的形状、高度的差异、平均间隔及其它几何特征取决于 用来加工这些表面的工艺细节。两个工体之间的接触在由两个表面上 的凸出物之间的机械接触产生的离散微点处发生。对于所有固体材料 而言，真实接触面积是用于宽范围常规接触负载的表观接触面积的一 小部分。

[0061] 参考图10和11，当通过该接触表面来施加机械负载时，接触凸 出物的形变模式是弹性的、塑性的或弹性和塑性的混合，这取决于局 部机械应力和诸如弹性系数和硬度等材

料属性。在匹配组件是金属的 块状电界面中，接触表面通常包含氧化物或其它电绝缘层。通常情况 下，仅接触表面的凸出物处的电绝缘膜被位移或横跨界面的电势超过 电绝缘膜的介电强度时，界面才变得导电。为了简便起见，在电连接 器领域中，离散点通常被假定是圆形的。在匹配表面的粗糙度形貌是 各向同性的情况下，这种假设提供了可接受的平均接触点的几何描 述。虽然这种假设对于金属结构是可以接受的，但在匹配表面以定向 的微织构为特征或在本质上是明显的各向异性的时，其变得无效。紧 固件与其周边的CFRP结构之间的真实接触面积占表观面积非常小的 百分比，这归因于CFRP结构的多层构造和各向异性的本质，这又进 一步使得紧固件和周边CRFP结构之间的电接触的质量变得复杂。

[0062] 图12A示出了安装在结构(例如铝板)中的标准紧固件，其显示 了销构件的头部与该结构之间的微间隙。在一个实施方式中，参考图 12B，适形的密封件118适于使紧固件(例如销构件112的头部116 的承载表面120)和承受最小机械负载的结构150之间的真实接触面 积最大化。在一个实施方式中，结构150包括复合材料。在另一实施 方式中，结构150实质上由复合材料制成。在另一实施方式中，结构 150部分地由复合材料制成。在另一实施方式中，结构150包括金属 材料。在一个实施方式中，该金属材料是铝。在另一实施方式中，结构150实质上由金属材料制成。在另一实施方式中，结构150部分地 由金属材料制成。

[0063] 在一个实施方式中，适形的密封件118包括多层构造，该多层构 造具有提供宏观适形性(macroscopic conformity)的相对软但又具有 高导电性的基层和提供微观适形性的更软顶层。

[0064] 在一个实施方式中，下文描述安装具有密封件的紧固件110的方 法。在一个实施方式中，参考图8、9A、9B、13A、13B、14A和14B，该方法包括如下步骤：将销构件112涂覆有涂层119(如上所述的完 全或部分地涂覆)，将密封件118附接至紧固件110(例如销构件112)，和将紧固件110安装至结构150。在一个实施方式中，当不像如上所 述的那样向销构件112涂覆涂层119时，则可以不包括涂覆步骤。在 另一实施方式中，在安装紧固件110的过程中，密封件118可以被定 位在结构150的孔中，且然后将销构件112插入至密封件118中。在 一个实施方式中，与安装步骤有关的，通过锁定构件(例如螺母或轴 环)向紧固件110施加预负载，且通过具有定位在销构件112的头部 116和结构150之间的密封件118的销构件112向结构150施加力。由于密封件118适形销构件112的头部116和结构150之间的内在微 粗糙度，所以密封件118的一部分被向着销钉元件112的边缘向上挤 压并从结构150的表面之上突出。参考图13A、13B、14A和14B，通过打磨密封件118的顶部(例如靠近唇部123的地方)和在必要时 打磨结构150的方式将密封件118修整成与结构150的表面相平齐。在一个实施方式中，打磨步骤与为施加涂料152来制备结构150表面 的准备工作同时进行。

[0065] 图15A和15B是示出不具有密封件118的销构件的横载面的照片 (图15A)和显示具有密封件118的销构件112的横截面照片(图 15B)。如图所示，密封件118的内含与铜网154一起被提供，这改 进了涂料粘性。

[0066] 参考图15C，紧固件110改进了结构150中的埋头范围，在该范 围上保持与铜网154的连接。如图15C中所示的图表，图左侧所示的 紧固件110的齐平公差比图右侧所示的不具有密封件的基线密封件更 宽。

[0067] 图16A至16D是示出在不具有密封件的常规紧固件(图16A和 16B)与具有密封件18的紧固件(图16C和16D)之间的销/CFRP 界面的差别的照片。密封件118和CFRP结构50之间

的微观适形性 加强了从紧固件至结构150的电流转移并减少了电弧放电。

[0068] 图17A至17D是示出了不具有密封件118的紧固件(图17A和 17C)以及具有密封件118的紧固件(图17B和17D)对铝板的破坏 效果之间的差别。密封件118增加了紧固件110和结构之间在邻近密 封件118的区域中的电紧密度。如将在下文所更详细描述的,这降低 了靠近锁定构件(例如螺母或轴环)的电场的量级。

[0069] 参考图18A到18F,其示出了模拟结果,密封件118减小了销构 件112的头部116周围的接触电阻,由此实现了优化的电紧密度。该 纳米级的适形性改进了电流向飞机结构150的上板的转移。在雷击期 间,附接至头部116的外部放电会趋向附接至具有更大电场的区域。在紧固件110具有密封件118的情况下,电场会低得多,这导致具有 平面场分布的所谓的等电位表面。这种电场的平面效应使得由穿过尖 锐边缘的大的集中流动造成的结构损坏的量降到最低。

[0070] 密封件118的优点在于大幅度地降低了紧固件组件中紧固件110 和周边材料之间的电荷累积。时间依赖性电位具有较低的峰值,这导 致螺母区域的承载表面周边的电场量级的大幅度降低。典型地,螺母 区域和尖锐边缘周边的大电场会导致介电击穿和边缘流光效应。电场 的大幅度降低是增强的电流传输的直接结果。

[0071] 参考图19,紧固件110包括减小的接触电阻。接触电阻测量结果 显示出具有涂层119和密封件118的紧固件110相对于不具有涂层 119和密封件118的基线销构件具有改进的电流转移。

[0072] 应该理解的是,本文公开的实施方式仅是示例性的,而且在不背 离本实用新型的精神和范围的情况下,本领域的技术人员可以做出多 种变化和修改。所有的这些变化和修改都旨在被包括在权利要求的范 围内。

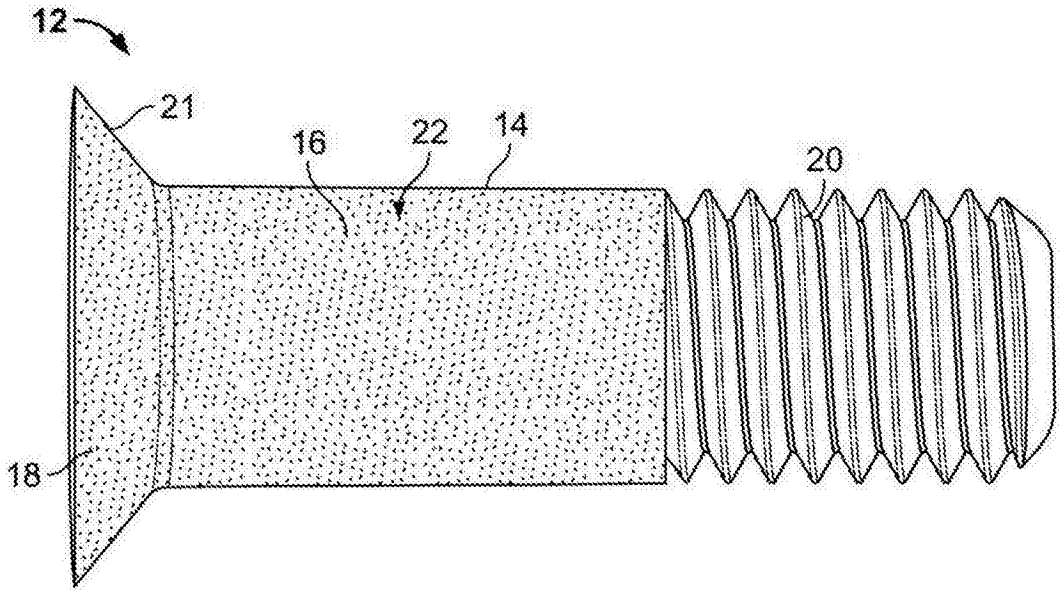


图1

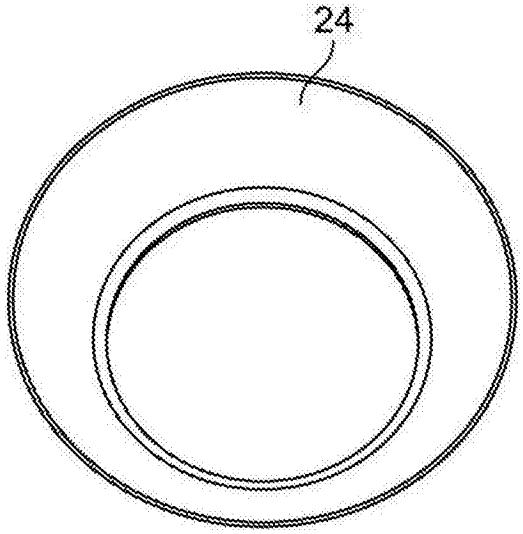


图2

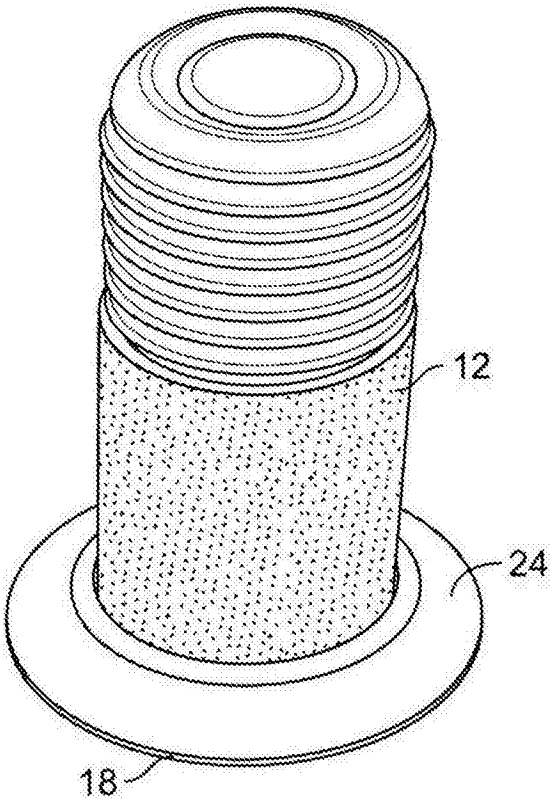


图3

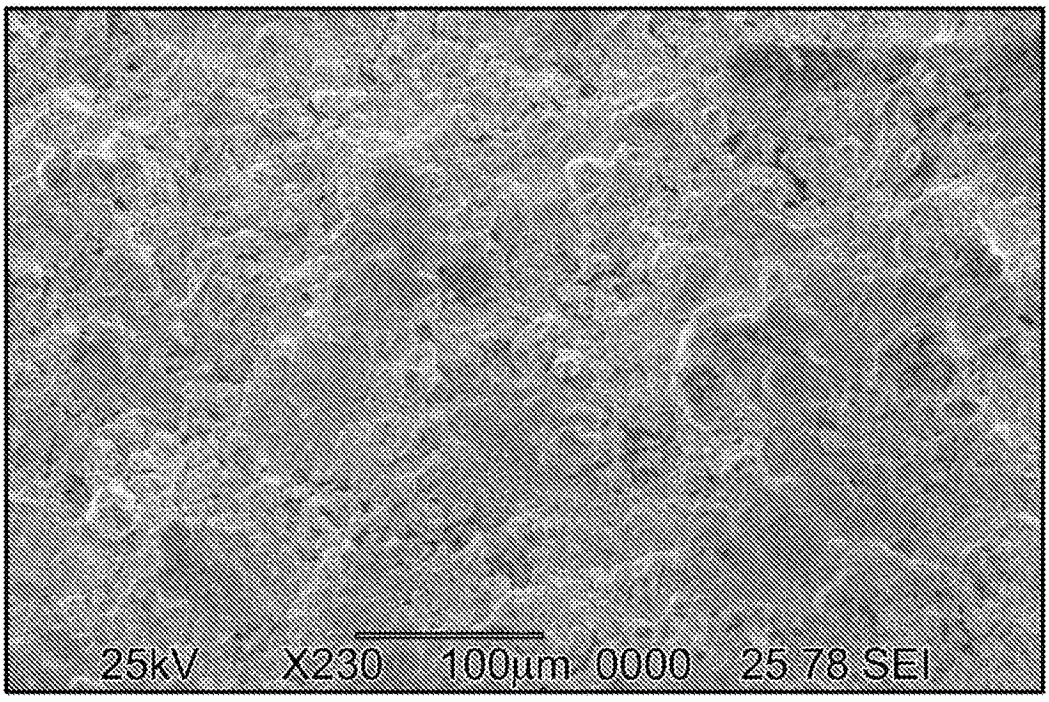


图4

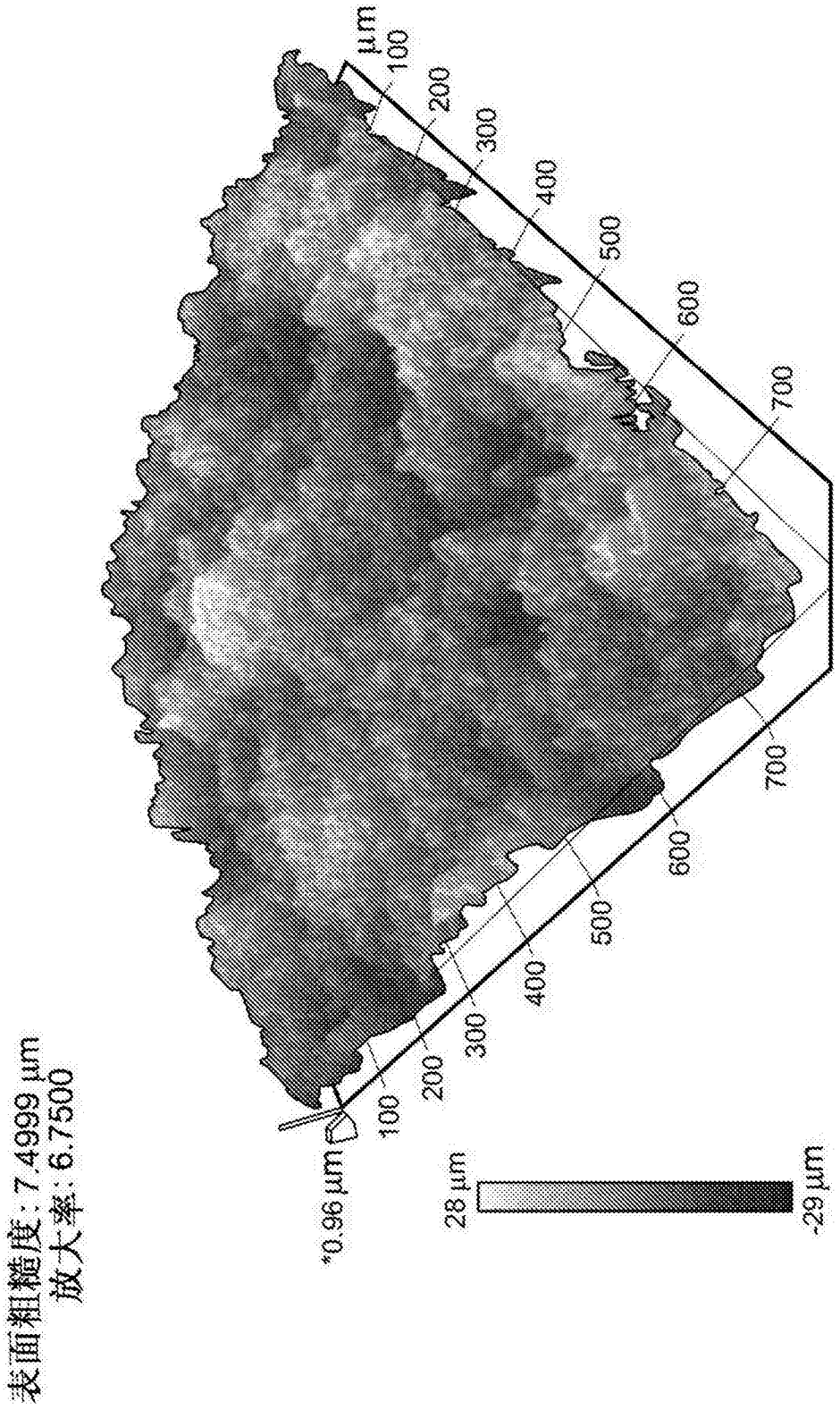

µm
100
200
300
400
500
600
700
*0.96 µm
28 µm
-29 µm
表面粗糙度: 7.4999 µm
放大率: 6.7500

图5

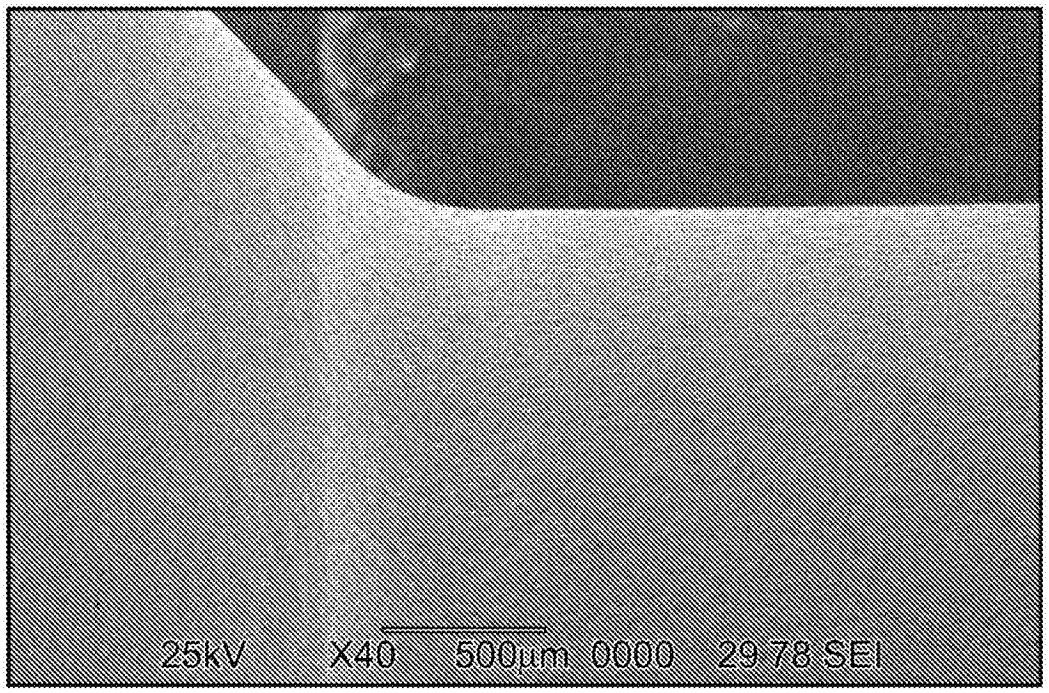


图6

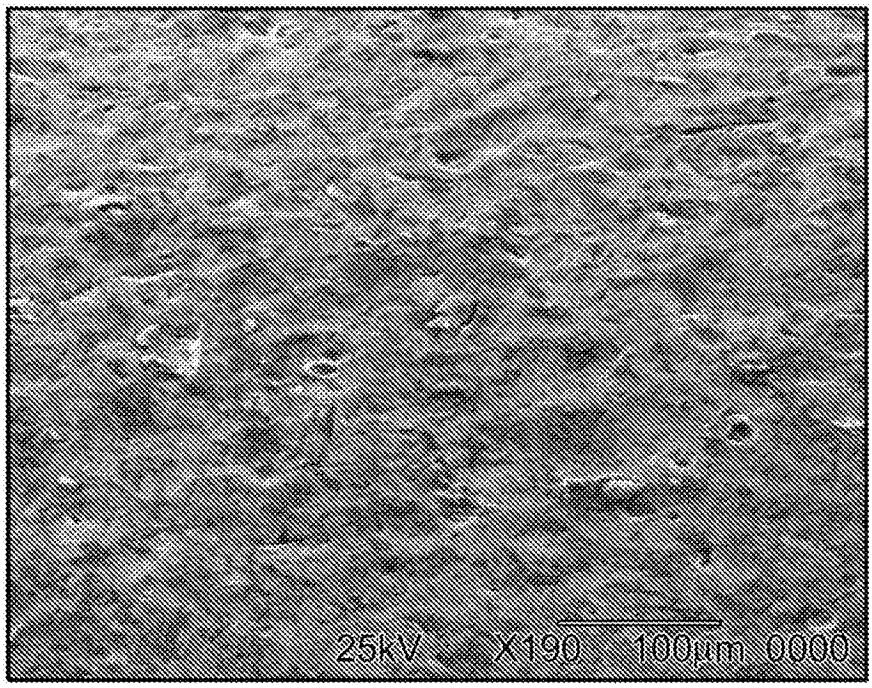


图7

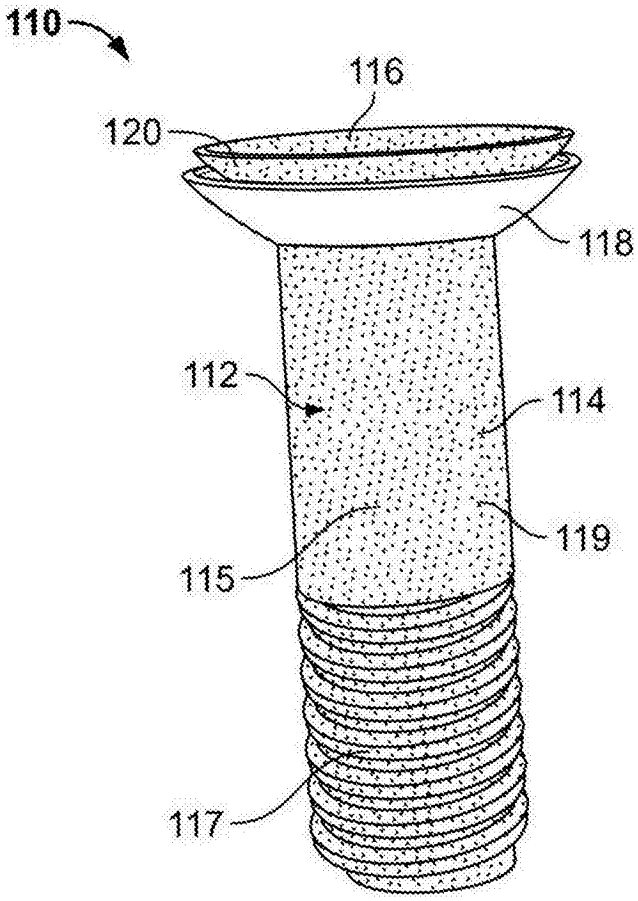


图8

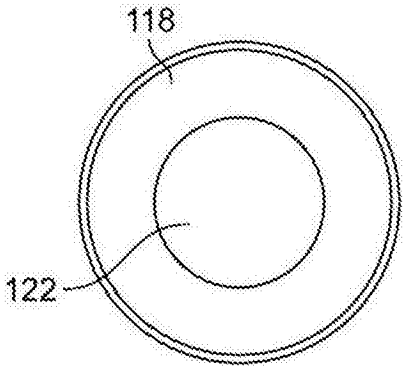


图9A

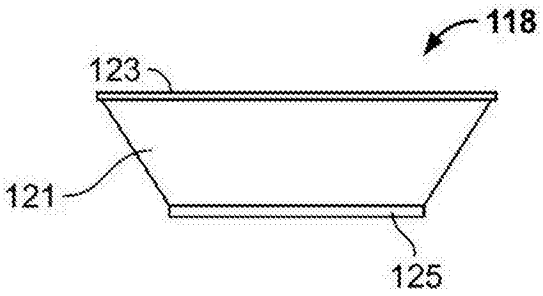

118
123
121
125

图9B

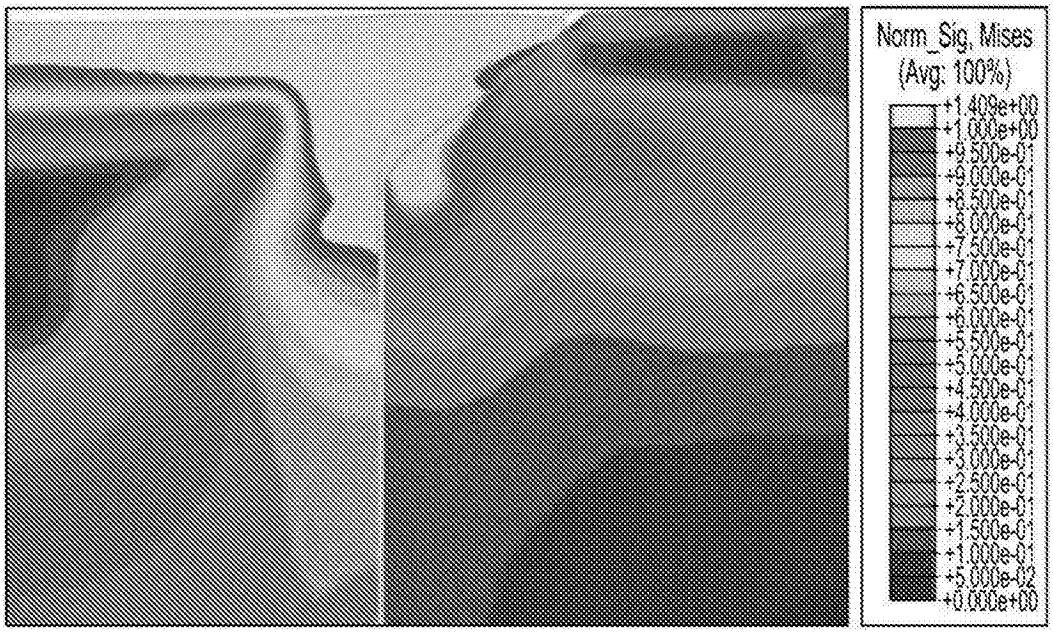

Norm_Sig, Mises
(Avg: 100%)
+1.409e+00
+1.000e+00
+9.500e-01
+9.000e-01
+8.500e-01
+8.000e-01
+7.500e-01
+7.000e-01
+6.500e-01
+6.000e-01
+5.500e-01
+5.000e-01
+4.500e-01
+4.000e-01
+3.500e-01
+3.000e-01
+2.500e-01
+2.000e-01
+1.500e-01
+1.000e-01
+5.000e-02
+0.000e+00

图10

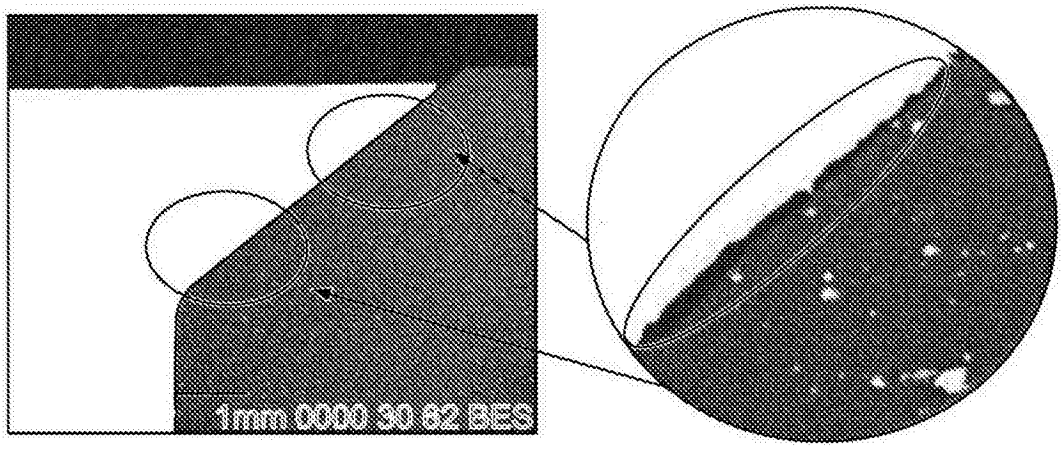

1mm 0000 30 62 BES

图11

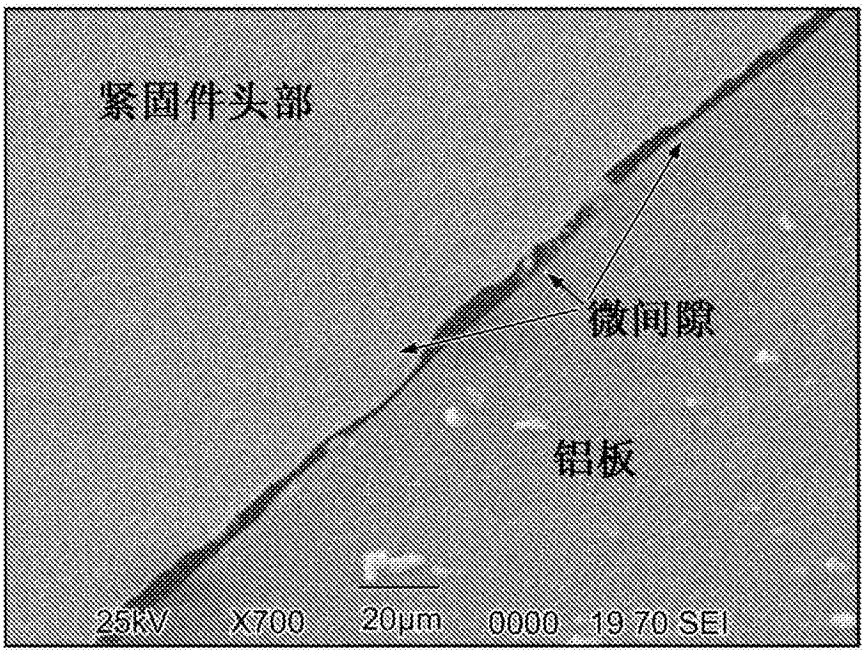

紧固件头部
微间隙
铝板
25kV X700 20μm 0000 19 70 SEI

图12A

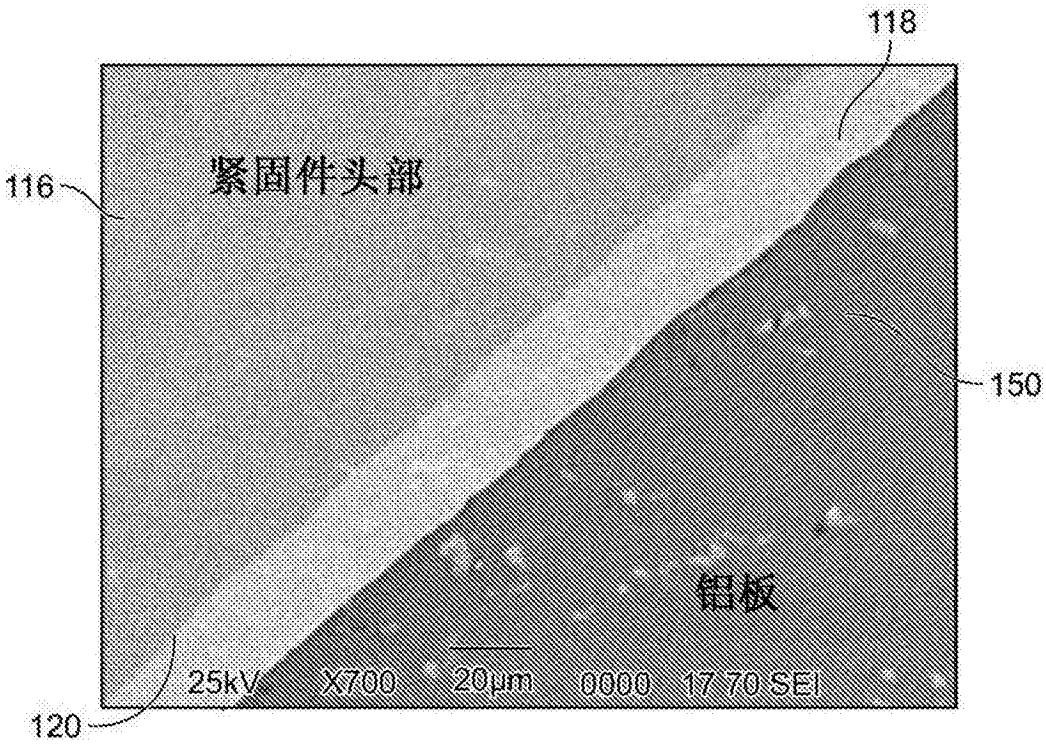

118
116
紧固件头部
150
铝板
120
25kV X700 20μm 0000 17 70 SEI

图12B

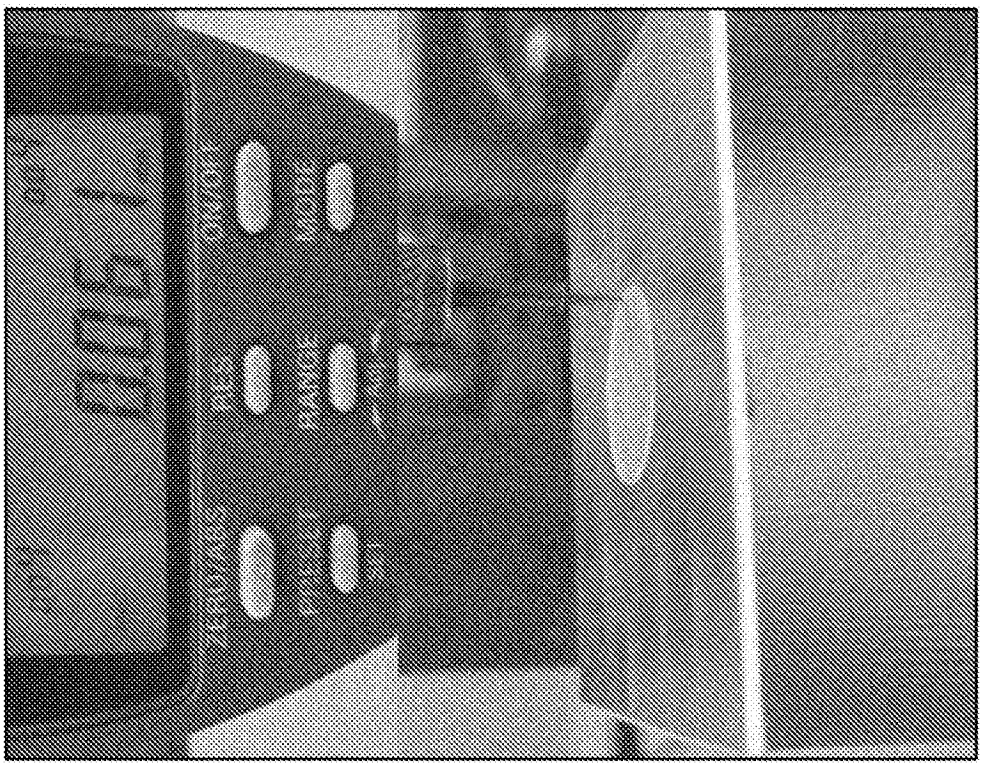


图13A

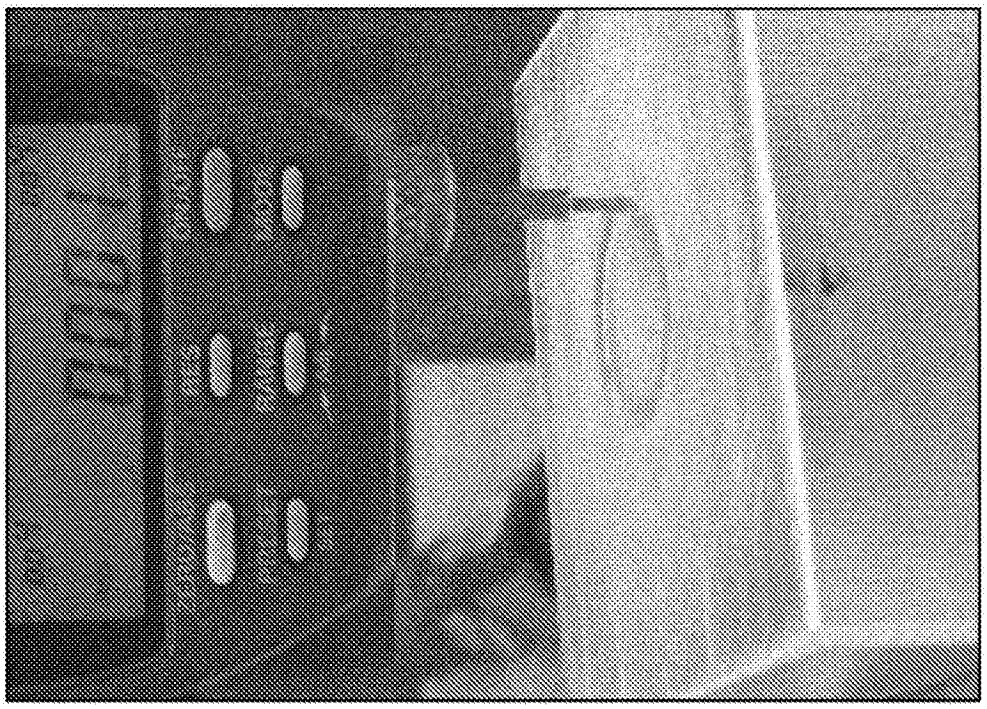


图13B

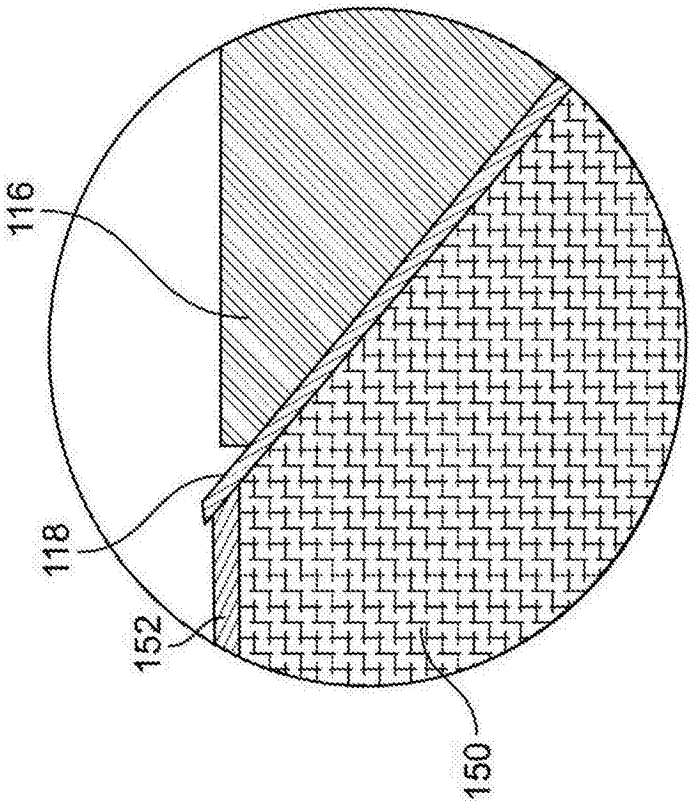


图14A

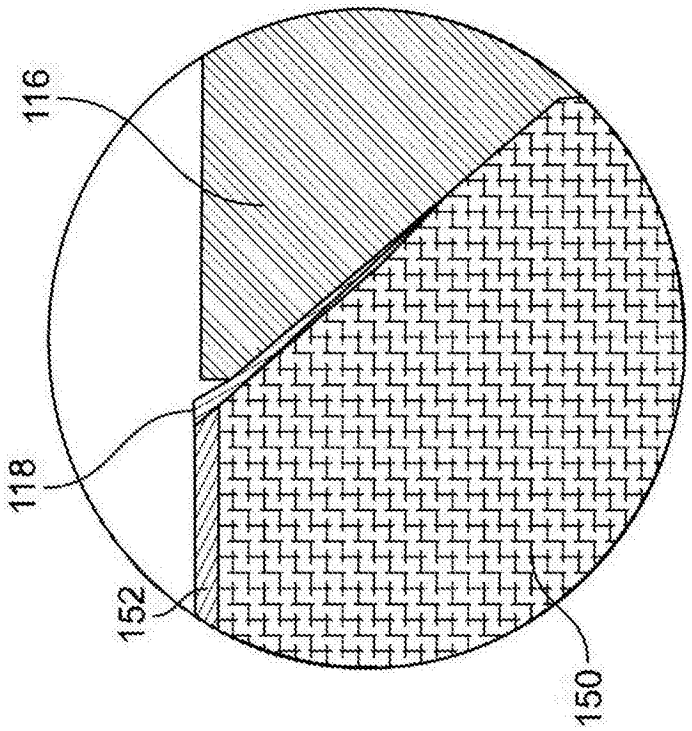


图14B

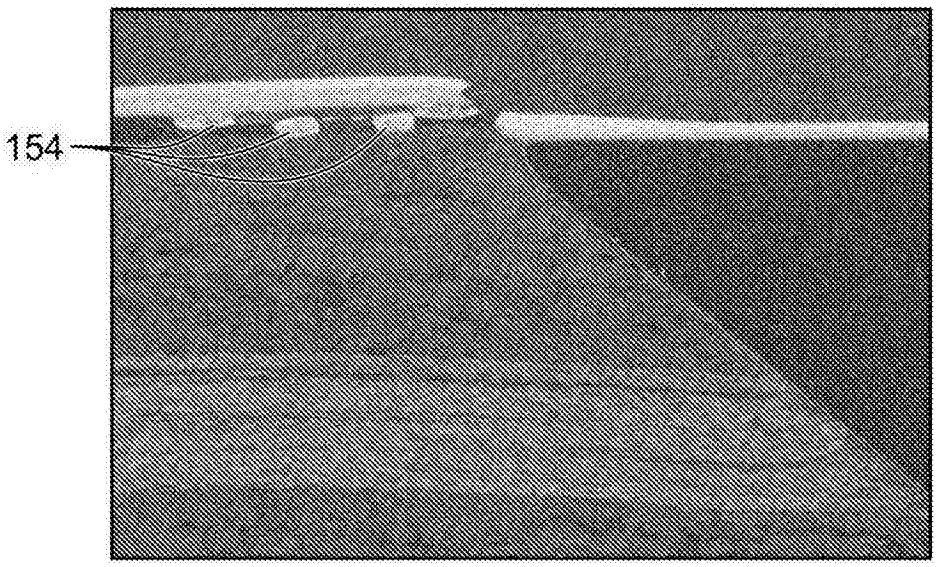


图15A

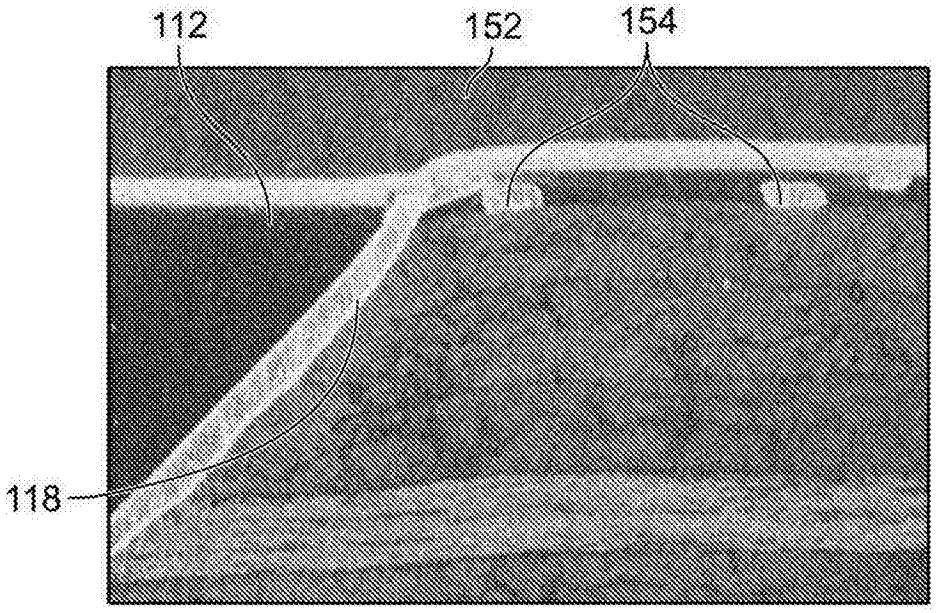


图15B

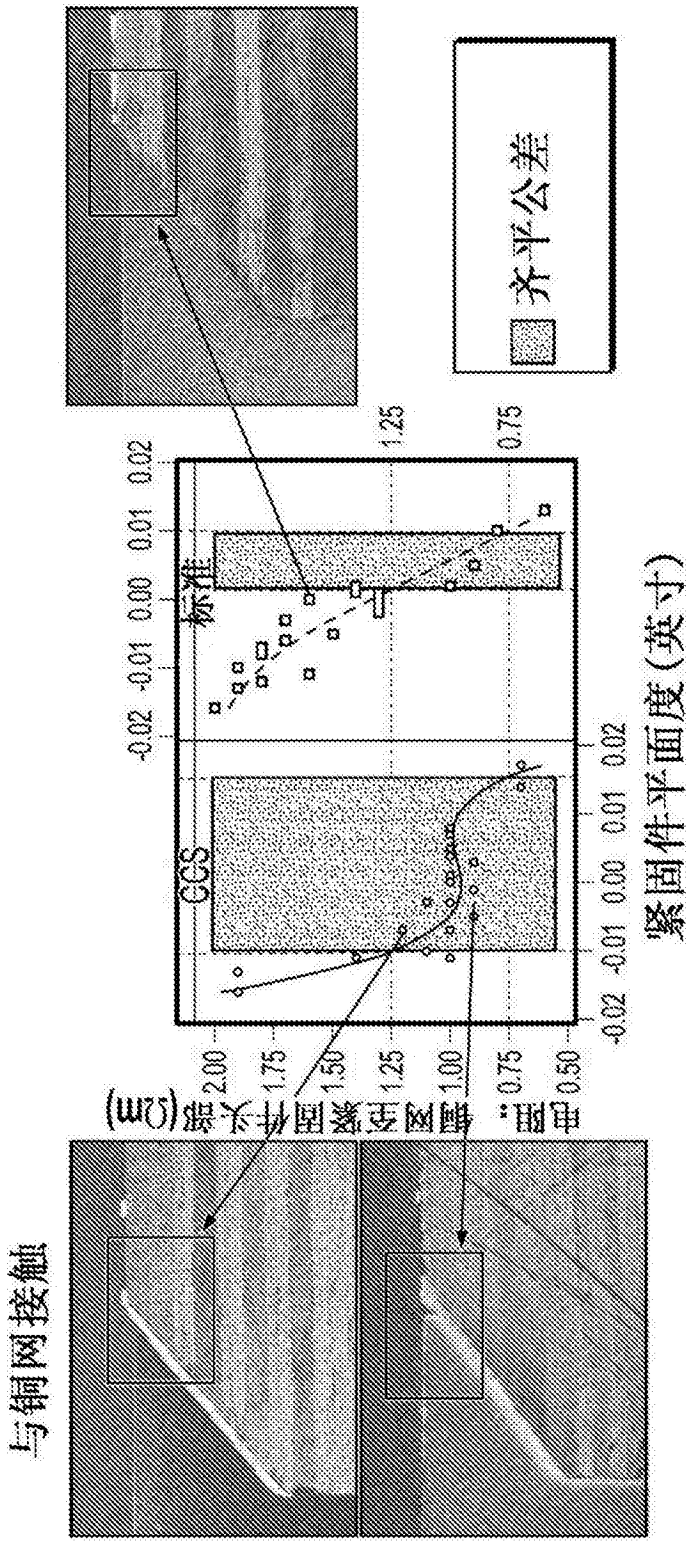


图15C

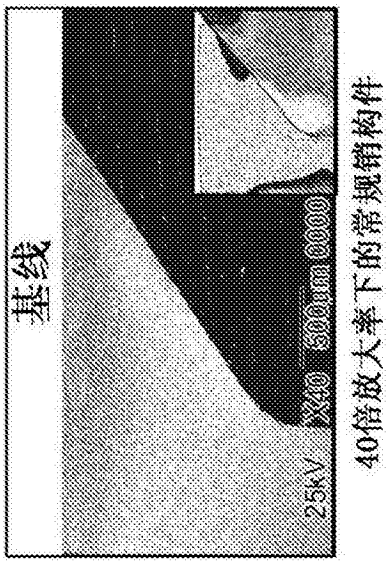

基线
25kV X40 500μm 0000
40倍放大率下的常规销构件

图16A


25kV X600 20μm 0000 2274 SEI
600倍放大率下的常规销构件

图16B


112
118
150
1000倍放大率下的具有密封件的销构件

图 16D

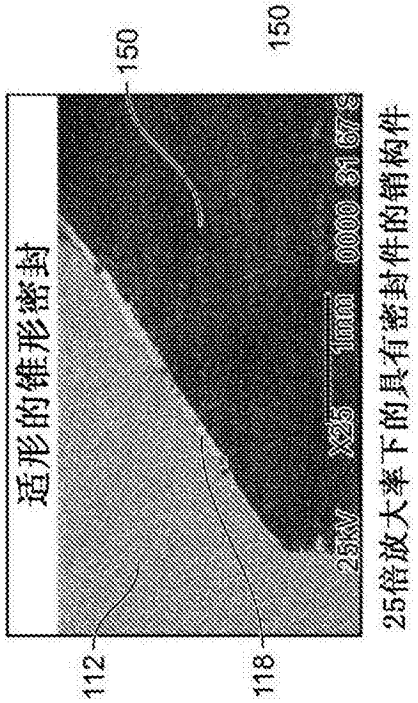

适形的锥形密封
150
112
118
25倍放大率下的具有密封件的销构件

图 16C

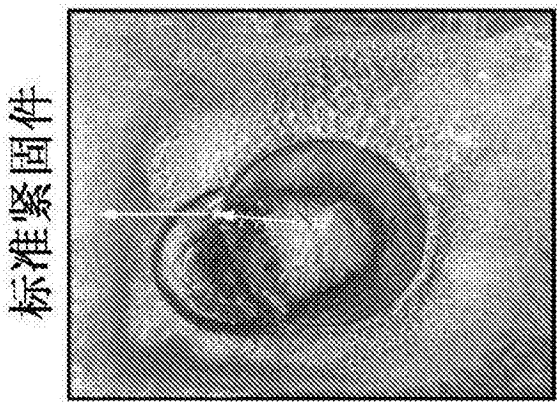


图17A

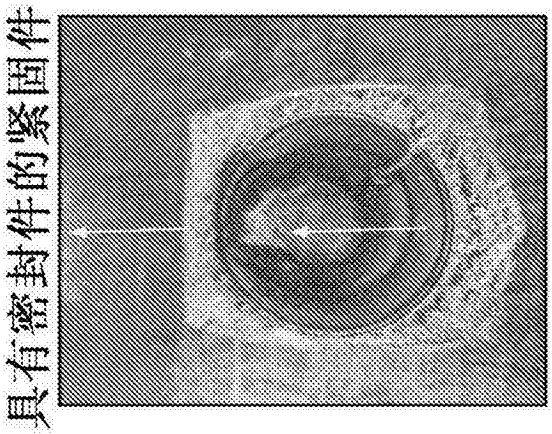


图17B

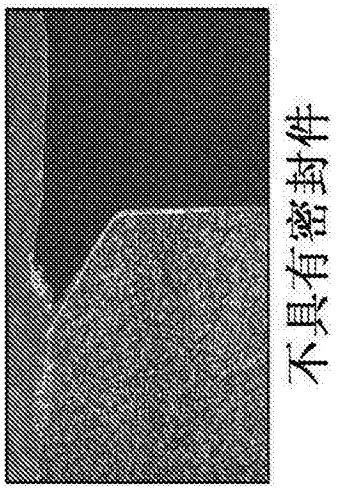


图17C

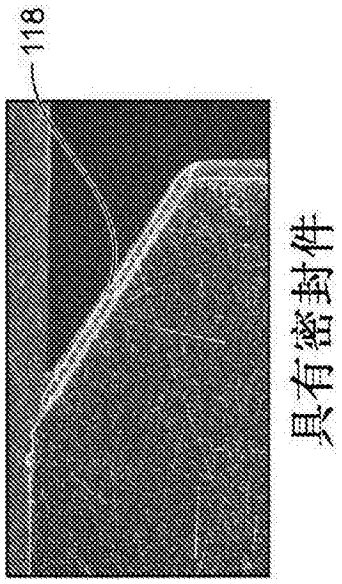

118
具有密封件

图17D

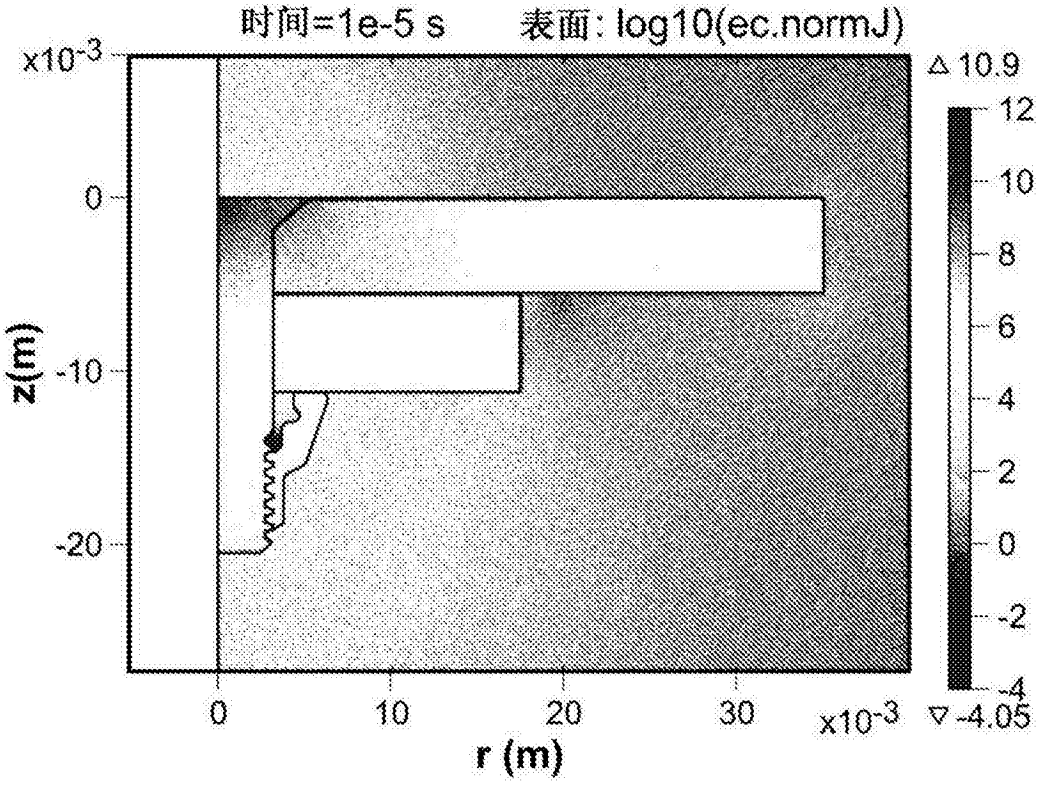

时间=1e-5 s
表面: log10(ec.normJ)
x10-3
0
-10
-20
z(m)
0
10
20
30
x10-3
r (m)
△ 10.9
12
10
8
6
4
2
0
-2
-4
▽ -4.05

图18A

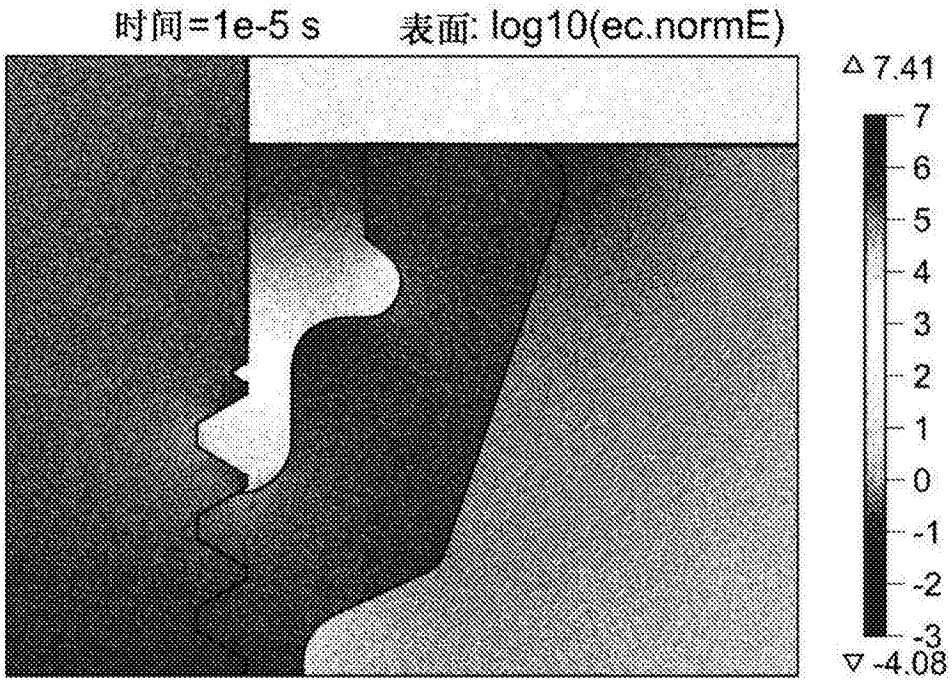

时间=1e-5 s 表面: log10(ec.normE)
△7.41
7
6
5
4
3
2
1
0
-1
-2
-3
▽-4.08

图18B

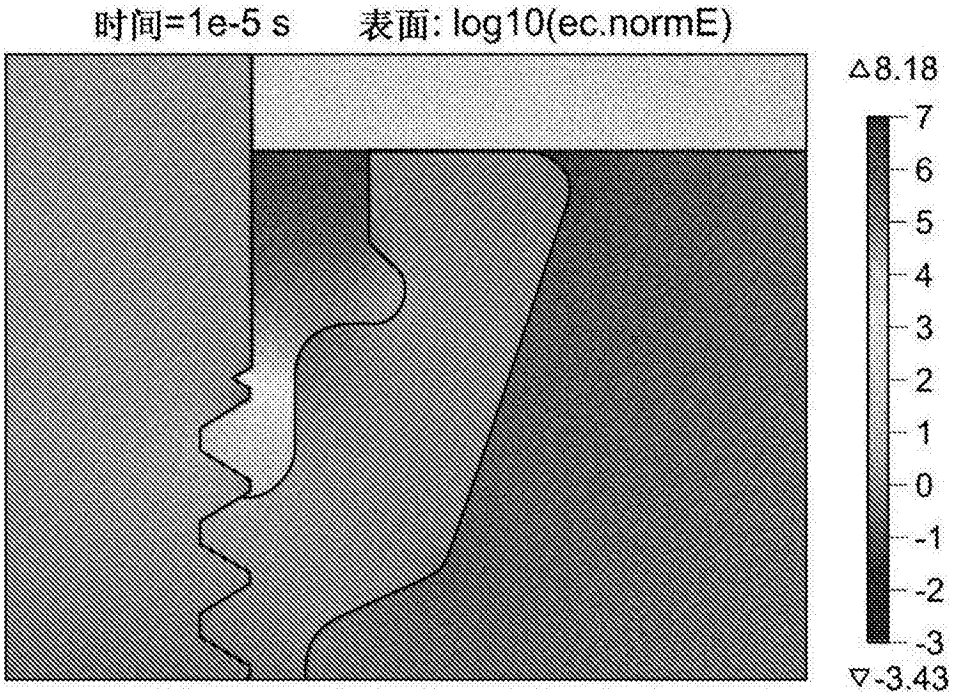

时间=1e-5 s 表面: log10(ec.normE)
△8.18
7
6
5
4
3
2
1
0
-1
-2
-3
▽-3.43

图18C

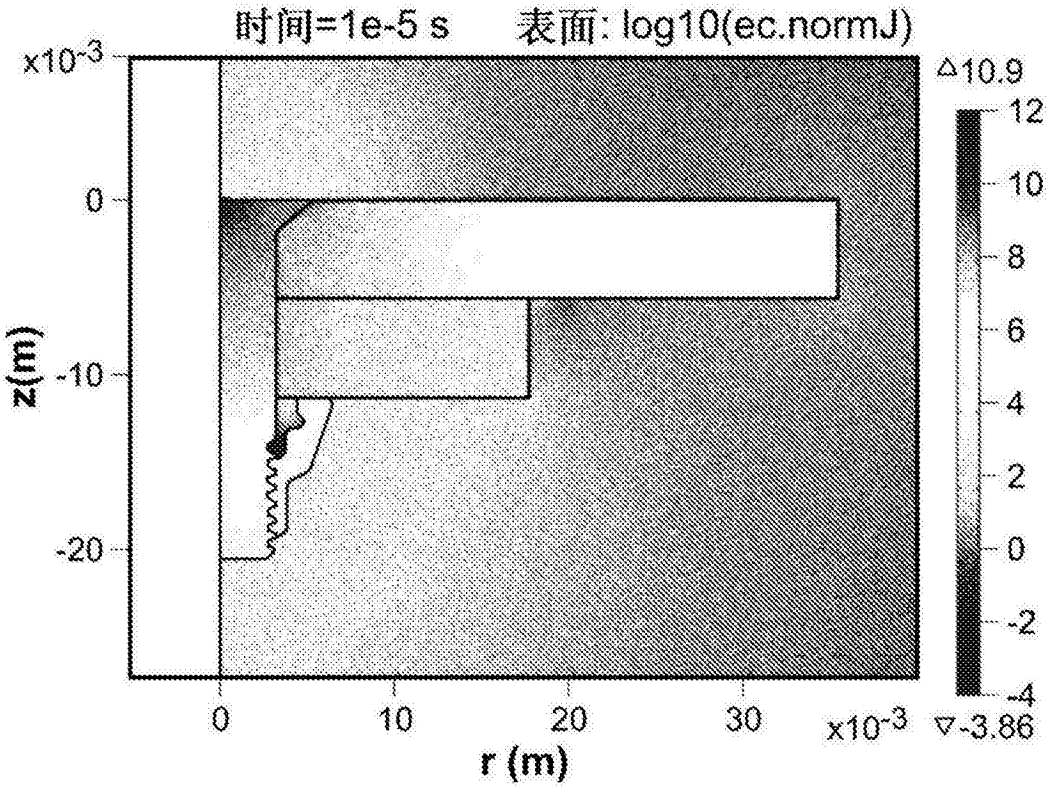

时间=1e-5 s 表面: log10(ec.normJ)
x10-3
0
-10
-20
z(m)
0
10
20
30
x10-3
r (m)
△10.9
12
10
8
6
4
2
0
-2
-4
▽-3.86

图18D

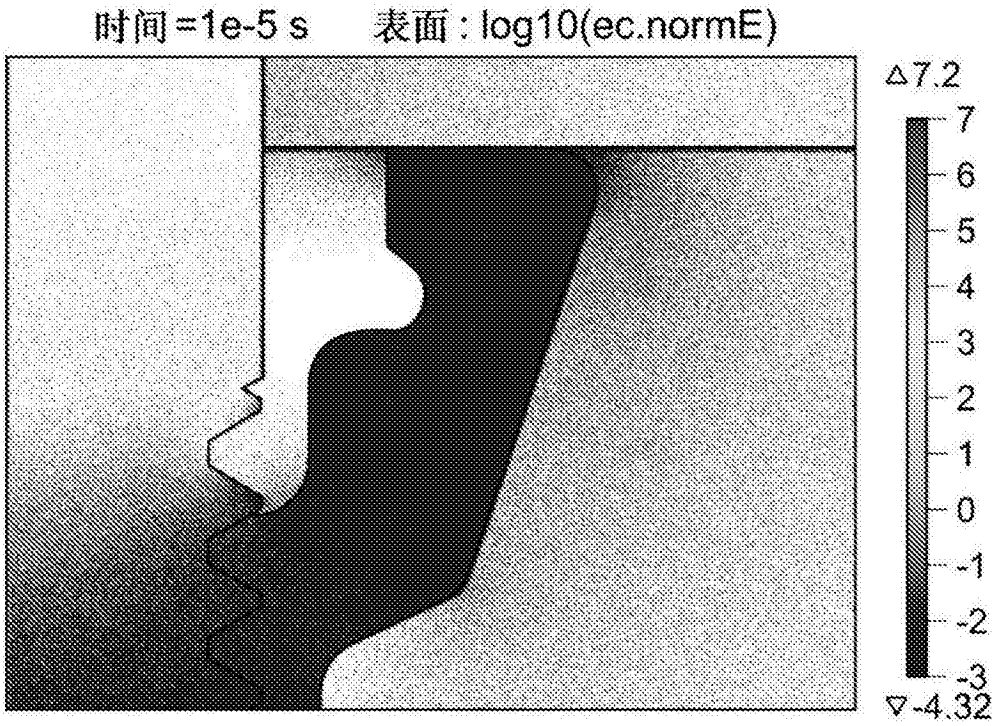

时间=1e-5 s 表面 : log10(ec.normE)
△7.2
7
6
5
4
3
2
1
0
-1
-2
-3
▽-4.32

图18E

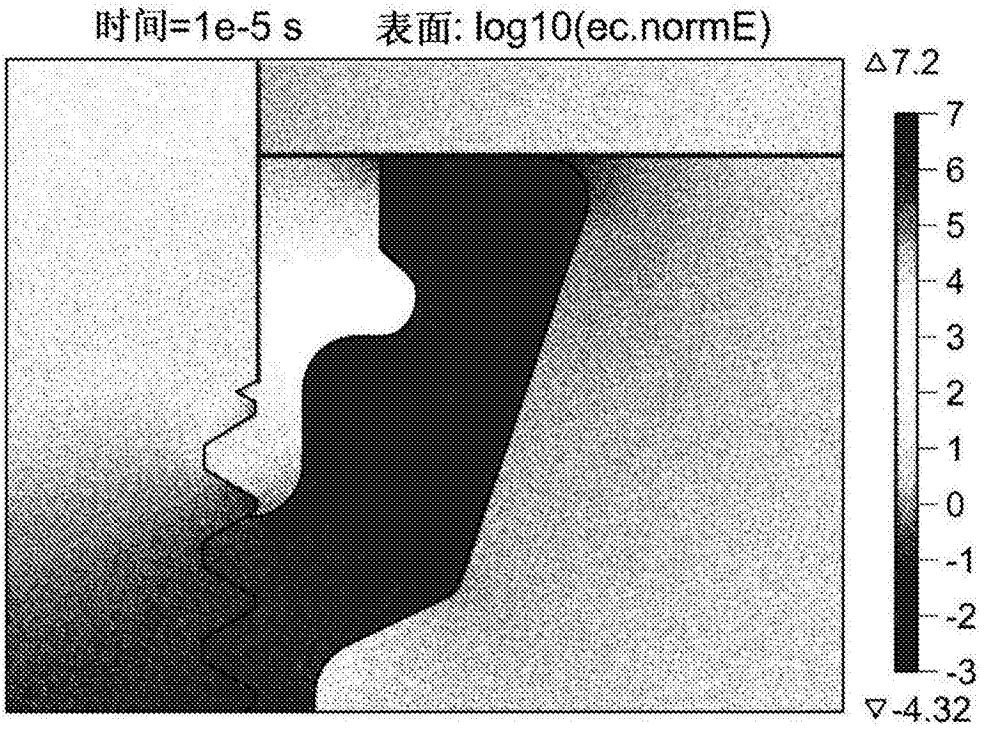


图18F

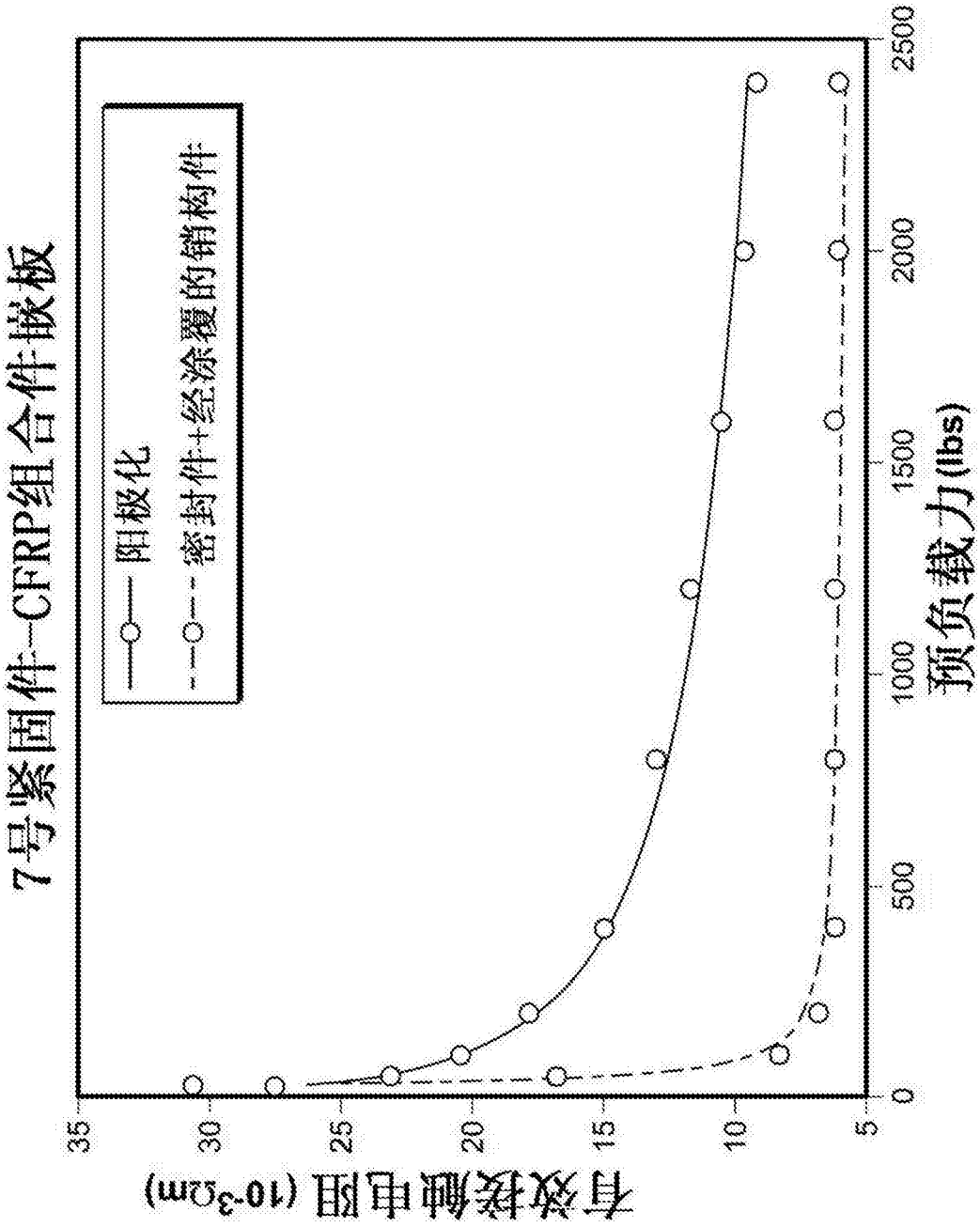

7号紧固件-CFRP组合件嵌板
阳极化
密封件+经涂覆的销构件
有效接触电阻 (10-3Ωm)
预负载力(lbs)
35
30
25
20
15
10
5
0
500
1000
1500
2000
2500

图19