



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105518435 B

(45)授权公告日 2018.08.14

(21)申请号 201480037453.X

(22)申请日 2014.07.14

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105518435 A

(43)申请公布日 2016.04.20

(30)优先权数据

13/961469 2013.08.07 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2015.12.30

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2014/046508 2014.07.14

(87)PCT国际申请的公布数据

W02015/020758 EN 2015.02.12

(73)专利权人 重航空器研究公司

地址 美国马萨诸塞州

(72)发明人 J.T.杰恩 D.R.沃尔斯诺普

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
72001

代理人 姜云霞 胡斌

(51)Int.Cl.

G01N 1/22(2006.01)

G01N 15/00(2006.01)

(56)对比文件

US 2013011930 A1, 2013.01.10,

US 2013011930 A1, 2013.01.10,

US 4968885 A, 1990.11.06,

DE 3938194 A1, 1991.05.23,

US 2012255375 A1, 2012.10.11,

CN 201063015 Y, 2008.05.21,

审查员 夏芳芳

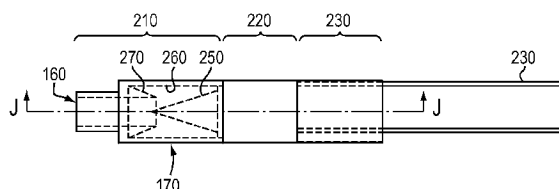
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

颗粒捕捉装置

(57)摘要

在示例性实施例中,悬浮微粒分析器和其他颗粒测量仪器中的颗粒收集效率通过颗粒捕捉装置来提高,所述颗粒捕捉装置使用多次碰撞来减少颗粒的动量直到颗粒被收集(例如,蒸发或停止移动)。颗粒收集装置包括聚焦颗粒束通过其进入的孔。收集外壳联接到孔并且具有一个或多个内表面,聚焦的颗粒束碰撞到一个或多个内表面上。在收集外壳中使用一个或多个特征以促进颗粒在外壳内碰撞多次,并且由此被蒸发或停止移动,而非通过孔溢出。



1. 一种用于在仪器中捕捉微米和/或亚微米尺寸的颗粒的颗粒捕捉装置,包括:
孔,包括微米和/或亚微米颗粒的聚焦的颗粒束通过所述孔进入所述颗粒捕捉装置;以及

收集外壳,所述收集外壳联接到所述孔并且聚焦的颗粒束被接收到所述收集外壳中,所述收集外壳具有一个或多个内表面,颗粒多次碰撞在一个或多个内表面上直到颗粒被蒸发或者停止移动以用于随后蒸发,一个或多个内表面包括布置在聚焦的颗粒束的最初轨迹中以接收颗粒的最初碰撞的第一基本上平滑的内表面,第一基本上平滑的内表面以相对于所述最初轨迹成角度定向,所述角度足以提供最初碰撞减少颗粒的动量但是保持颗粒的向前速度矢量分量的方向。

2. 如权利要求1所述的颗粒捕捉装置,其中所述孔的边界之间的区域限定入口面积,颗粒碰撞其上的一个或多个内表面的表面面积限定内部碰撞面积,并且所述内部碰撞面积与所述入口面积的比率大于20:1。

3. 如权利要求1所述的颗粒捕捉装置,其中所述颗粒捕捉装置操作为颗粒捕捉蒸发器,所述颗粒捕捉装置进一步包括:

配置成在操作期间持续地加热所述收集外壳的温度控制元件,
其中颗粒碰撞多次直到颗粒被蒸发。

4. 如权利要求1所述的颗粒捕捉装置,其中所述颗粒捕捉装置操作为颗粒捕捉收集器,所述颗粒捕捉装置进一步包括:

配置成以受控的加热循环加热所述收集外壳的温度控制元件,
其中颗粒碰撞多次直到颗粒停止移动。

5. 如权利要求1所述的颗粒捕捉装置,其中所述孔既是入口孔也是出口孔,从而使得通过相同的孔,聚焦的颗粒束进入所述收集外壳并且蒸发的颗粒离开所述收集外壳。

6. 如权利要求1所述的颗粒捕捉装置,其中所述一个或多个内表面各自是基本上平滑的表面。

7. 如权利要求1所述的颗粒捕捉装置,其中所述一个或多个内表面是以促进多次碰撞的几何形状布置的多个内表面。

8. 如权利要求7所述的颗粒捕捉装置,其中所述几何形状基本上均等地将颗粒分布到多个内表面上的所有点。

9. 如权利要求7所述的颗粒捕捉装置,其中所述角度是相对于所述最初轨迹的锐角。

10. 如权利要求7所述的颗粒捕捉装置,其中所述几何形状包括:

第一基本上平滑的内表面以相对于所述最初轨迹成第一锐角定向;
以相对于第一基本上平滑的内表面成第二锐角定向的第二内表面;以及
以相对于第二内表面成第三锐角定向的第三内表面。

11. 如权利要求10所述的颗粒捕捉装置,其中第一锐角和第二锐角是 16° 并且第三锐角是 14° 。

12. 如权利要求1所述的颗粒捕捉装置,其中所述一个或多个内表面是粗糙的表面。

13. 如权利要求12所述的颗粒捕捉装置,其中所述一个或多个内表面包括以下各项中的一个或多个:带刺铁丝网、小孔或网格。

14. 一种用于在仪器中捕捉微米和/或亚微米尺寸的颗粒的颗粒捕捉装置,包括:

孔,包括微米和/或亚微米颗粒的聚焦的颗粒束通过所述孔进入所述颗粒捕捉装置;

收集外壳,所述收集外壳联接到所述孔并且聚焦的颗粒束被接收到所述收集外壳中,所述收集外壳具有多个内表面,所述多个内表面以使得离子碰撞多次直到颗粒被蒸发或停止移动以用于随后蒸发的几何形状布置,几何形状包括布置在聚焦的颗粒束的最初轨迹中以接收颗粒的最初碰撞的第一基本上平滑的内表面,第一基本上平滑的内表面以与聚焦的颗粒束的最初轨迹成小于30度的角度定向;以及

配置成加热和/或冷却所述收集外壳的温度控制元件。

15.如权利要求14所述的颗粒捕捉装置,其中所述颗粒捕捉装置操作为颗粒捕捉蒸发器,并且所述温度控制元件被配置成在操作期间持续地加热所述收集外壳。

16.如权利要求14所述的颗粒捕捉装置,其中所述颗粒捕捉装置操作为颗粒捕捉蒸发器,并且所述温度控制元件被配置成以受控的加热循环加热所述收集外壳。

17.如权利要求14所述的颗粒捕捉装置,其中所述孔既是入口孔也是出口孔,从而使得通过相同的孔,聚焦的颗粒束进入所述收集外壳并且蒸发的颗粒离开所述收集外壳。

18.如权利要求14所述的颗粒捕捉装置,其中所述几何形状进一步包括以相对于第一基本上平滑的内表面成第二锐角定向的第二内表面;以及以相对于第二内表面成第三锐角定向的第三内表面。

19.一种用于在仪器中捕捉微米和/或亚微米尺寸的颗粒的方法,包括:

使得包括微米和/或亚微米颗粒的聚焦的颗粒束通过孔传送到颗粒捕捉装置的收集外壳内;

使得颗粒与所述收集外壳的内表面碰撞多次,颗粒的第一次碰撞撞击在所述收集外壳的第一基本上平滑的内表面上,第一基本上平滑的内表面以相对于聚焦的颗粒束的最初轨迹成角度定向,该角度足以减少颗粒的动量但是保持颗粒的向前速度矢量分量的方向;以及

加热所述收集外壳以蒸发颗粒。

20.如权利要求19所述的方法,其进一步包括:

通过与聚焦的颗粒束进入所述收集外壳的孔相同的孔,从所述收集外壳移除蒸发的颗粒。

颗粒捕捉装置

[0001] 政府许可权利

[0002] 本发明是在能源部授予的合同号DE-SC0001673下在政府支持下做出。政府在本发明中具有一定权利。

技术领域

[0003] 本公开一般涉及悬浮微粒分析器和其他颗粒测量仪器,并且更具体来说涉及可用于悬浮微粒分析器和其他颗粒测量仪器中的颗粒捕捉装置。

背景技术

[0004] 已知内燃发动机、矿物燃料发电厂、油漆/剥离设施、排气锅炉操作以及其他人为和生物源产生的细微大气悬浮微粒对气候和人类健康具有严重影响。这些悬浮微粒包括微米和亚微米尺寸的颗粒,所述颗粒具有各种尺寸分布和化学成分。这些颗粒可能通过散射或吸收太阳光而直接影响气候,并且通过改变云层覆盖而间接影响气候。另外,这些颗粒可能导致健康问题,诸如哮喘、肺癌、心血管疾病、呼吸疾病以及其他状况。考虑到它们对气候和人类健康的影响,包括微米和亚微米尺寸颗粒的细微大气悬浮微粒受到广泛的研究和监控。

[0005] 已经开发出多种不同类型的悬浮微粒分析器和其他颗粒测量仪器来确定细微大气悬浮微粒的颗粒尺寸分布和化学成分。在一种类型的仪器中,产生聚焦的颗粒束,并且该颗粒束朝向通常平坦的收集表面引导。颗粒撞击收集表面,并且其中的一部分被留下。留下的颗粒被蒸发,并且所产生的悬浮微粒分子被提供给检测器从而产生结果。虽然这种仪器可以提供有价值的信息,但是典型的设计具有缺点。

[0006] 典型设计的一个缺点在于它们具有低颗粒收集效率。撞击收集表面的颗粒的显著百分比可能仅被弹开(即,撞击并反弹),并且丢失而非被蒸发和分析。低颗粒收集效率可能限制仪器的整体性能。虽然已经进行尝试提高颗粒收集效率,但是这些尝试具有混合的结果。

[0007] 一些尝试集中于改变颗粒性质以减少颗粒弹起。在颗粒撞击收集表面之前对颗粒进行修改。其他尝试集中于修改撞击表面,诸如使用抹油板撞击器。然而,颗粒弹起是复杂的现象。多种因素可能起作用,包括尺寸、化学成分、相(例如,液态或固态)、撞击速度等。考虑到复杂性,修改颗粒或撞击表面性质来减少颗粒弹起具有挑战性。

[0008] 其他尝试集中于应用校正以补偿低颗粒收集效率。可以将以经验确定的校准因素应用于结果以补偿颗粒弹起产生的质量损失或浓度损失。然而,确定适当的校正因素可能具有挑战性。另外,校正因素仅掩饰而不解决低颗粒收集效率的潜在问题。

[0009] 因此,需要可以用来特别提高悬浮微粒分析器和其他颗粒测量仪器中的颗粒收集效率的改进的技术。

发明内容

[0010] 在示例性实施例中,悬浮微粒分析器和其他颗粒测量仪器中的颗粒收集效率通过颗粒捕捉装置来提高,所述颗粒捕捉装置使用多次碰撞来减少颗粒的动量直到颗粒被收集(例如,蒸发或停止移动)。颗粒收集装置包括聚焦颗粒束通过其进入的孔。收集外壳联接到孔并且具有一个或多个内表面,聚焦的颗粒束碰撞到所述内表面上。一个或多个特征与内表面一起使用以促进颗粒在外壳内碰撞多次,并且由此被蒸发或停止移动,而非通过孔溢出。

[0011] 为了促进多次碰撞,可以最大化收集外壳的内部碰撞面积与孔的入口面积的比率。收集外壳的内表面的表面积限定内部碰撞面积。孔的边界限定入口面积。比率应大于1:1,并且优选地应大于20:1。在一个实施方式中,比率为约37:1。可以通过将特别几何形状用于收集外壳的内表面来最大化该比率。也可以通过改变收集外壳的内表面的表面性质来最大化该比率。另外,可以使用两种方法的组合。

[0012] 应理解,可以实施多种额外的特征和替代。此概要仅意欲作为对读者的简要介绍,而并不指示或暗示本文提及的实例覆盖本发明的所有方面,或者是本发明的必要或重要方面。

附图说明

[0013] 以下描述参照示例性实施例的附图,其中:

[0014] 图1是其中可以使用示例性特定捕捉装置的示例性悬浮微粒分析器的示意图;

[0015] 图2是使用几何形状来促进多次碰撞的示例性颗粒捕捉装置的透视图;

[0016] 图3是图2的示例性颗粒捕捉装置的第一截面;

[0017] 图4是沿图3中的主轴线J-J获得的图2和图3的示例性颗粒捕捉装置的第二截面;

[0018] 图5是展示图4中的区域K的细节的图2-4的示例性颗粒捕捉装置的放大横截面;以及

[0019] 图6是图2-5的示例性颗粒捕捉装置中的示例性单个颗粒轨迹的射线跟踪模型。

具体实施方式

[0020] 参照图1,示例性悬浮微粒分析器100可以包括三个主要部分:悬浮微粒取样腔110、颗粒分尺寸腔120和颗粒成分检测腔130。悬浮微粒取样腔110吸入具有微米和/或亚微米颗粒的装载颗粒的气体(例如,大气空气),并产生聚焦的颗粒束115。在一个实施方式中,悬浮微粒取样腔110包括在真空系统的拉动下的一系列孔透镜。透镜用来聚焦颗粒并控制超音速气体膨胀和颗粒加速,从而形成聚焦的颗粒束115。聚焦的颗粒束115被传递到颗粒分尺寸腔120。在颗粒分尺寸腔中,颗粒根据由于膨胀到真空中而产生的依赖于其尺寸的速度分布被分开。在一个配置中,颗粒分尺寸腔120包括将电荷施加到颗粒的颗粒充电单元(未示出)和其中电场使得颗粒偏转的偏转部分(未示出)。偏转的程度与颗粒尺寸(取决于尺寸的速度、取决于尺寸的电荷和施加的电压)有关。使得窄尺寸范围内的颗粒穿过离轴缝,并离开颗粒分尺寸腔并进入颗粒成分检测腔130。在另一个配置中,颗粒分尺寸腔120包括束斩断器(未示出),该束斩断器交替地阻挡和通过聚焦的颗粒束115从而产生连续的束脉冲。颗粒经历速度分散,其中速度与颗粒尺寸反比地相关。因此,在每个束脉冲行进时,其在行进的方向上传播,其中较小的颗粒比较大的颗粒先到达。由此,分类的尺寸的颗粒被传

递到颗粒成分检测腔130。

[0021] 颗粒检测腔130包括颗粒捕捉装置140和检测器150。聚焦的颗粒束通过孔160进入颗粒捕捉装置140。聚焦的颗粒束115随后被接收到联接至孔160的收集外壳170中。颗粒捕捉装置140的温度改变元件180被布置成取决于实施方式来加热和/或冷却收集外壳170。温度改变元件180可以包括电阻加热元件、热电冷却元件(例如,珀尔帖冷却器)、将热或冷液体循环通过闭环循环系统的加热或冷却系统、辐射加热源(诸如CO₂激光)或者能够改变外壳170的温度的另一种类型的元件。

[0022] 颗粒基本上被保留在颗粒捕捉装置140的收集外壳170中,直到它们被蒸发(例如,由于来自温度改变元件180的热量)或者停止移动(例如,用于受控的加热循环中的随后蒸发)。通常,颗粒捕捉装置140可以取决于实施方式而操作为颗粒捕捉蒸发器或颗粒捕捉收集器。在颗粒捕捉装置140操作为颗粒捕捉蒸发器的实施方式中,温度改变元件180可以持续地加热收集外壳170以便基本上立即(即,尽快)蒸发收集的颗粒。在颗粒捕捉装置140操作为颗粒捕捉收集器的实施方式中,温度改变元件180可以执行受控的加热循环,其中热周期穿插有相对的冷周期。进入的颗粒可以遭遇最初的冷收集外壳170,从而使得收集的颗粒不会立即被蒸发。收集的颗粒稍后可以经历加热和蒸发。可以精确地控制加热循环以允许研究颗粒挥发性从而提供关于颗粒成分的进一步信息。

[0023] 蒸发的颗粒190被传递到检测器150,该检测器可以是质谱仪。在一个实施方式中,蒸发的颗粒通过与聚焦的颗粒束最初进入的孔相同的孔160传递到检测器。也就是说,蒸发的颗粒190沿着与它们作为聚焦的颗粒束115进入的轴线相同的轴线离开颗粒捕捉装置140。孔160位于检测器150的检测区域内。在检测器150包括质谱仪的实施方式中,孔在质谱仪的离子形成腔内。

[0024] 如以上所论述,先前的收集表面已经遭受低颗粒收集效率。颗粒的显著百分比仅从收集表面弹开而丢失,从而使得它们不被蒸发或者被收集以供稍后蒸发。并非尝试消除颗粒弹起,颗粒捕捉装置140假设颗粒将弹起,并且使用多次碰撞来减少颗粒的动量直到它们被收集(例如,蒸发或停止移动)。颗粒捕捉装置140的收集外壳170包括一个或多个内表面,颗粒多次碰撞在所述内表面上。内表面的表面积限定内部碰撞面积。颗粒捕捉装置140的孔160的边限定入口面积。为了使得颗粒被收集而非丢失,在实际约束内最大化内部碰撞面积与入口面积的比率(本文称为“捕捉效率比率”)。捕捉效率比率应大于1:1,并且优选地应大于20:1。在一个实施方式中,捕捉效率比率为约37:1。

[0025] 可以通过减少入口面积来稍微增加捕捉效率比率。孔160的最小尺寸可以由允许聚焦的颗粒束完全进入的聚焦的颗粒束的宽度限定。可以通过最大化内部碰撞面积来更显著地增加捕捉效率比率。内部碰撞面积可以通过收集外壳170的内表面的几何形状和/或通过收集外壳170的内表面的表面性质来最大化。在镜面反射占优势的情况下可以使用几何形状。在基本上平滑的内表面的情况下,颗粒可以通过镜面反射以相对可预测的方式弹起。内表面的几何形状可以增加镜面反射,从而使得颗粒与内表面重复地碰撞直到它们被蒸发或停止移动。

[0026] 参照图2-5,展示促进多次碰撞的示例性几何形状。在此实例中,颗粒捕捉装置140具有大体上圆柱形的配置,并且在很大程度上关于其主轴J-J对称。颗粒捕捉装置140的前部210包括孔160和收集外壳170。前部210可以由材料(例如难熔金属,诸如钨或钼)的固

体件构成。颗粒捕捉装置140的加热器主体部分220用作温度改变元件,在此状况下,当将电流施加到电线240时提供电阻加热。加热器主体部分220可以由材料(例如难熔金属,诸如钼或钨)的固体件构成。颗粒捕捉装置140的热支承部分230是连接到加热器主体220和包围电线240的一部分的薄壁管。通过应用连续或循环的加热,颗粒捕捉装置140可以用作颗粒捕捉蒸发器或颗粒捕捉收集器,如以上所论述。加热器主体220内部或者加热器主体220的前部的嵌入式热电偶(未示出)允许温度测量。

[0027] 聚焦的颗粒束可以进入孔160并被接收到收集外壳170中。如图3-5中所示,收集外壳170包括几个基本上平滑的内表面250、260、270,聚焦的颗粒束的颗粒碰撞在所述表面上,并且其一部分弹起(例如,反弹)。内表面250、260、270被布置成根据具体情况在颗粒被蒸发或停止移动之前促进多次碰撞并且最小化颗粒通过孔160溢出的可能性。几何形状可以用来以类似于光学领域中的累计球的方式(其将光分布在所有角度上)将颗粒基本上均等地分布到内表面250、260、270上的所有点。

[0028] 在所描绘的实例中,第一内表面250被定位成接收颗粒的最初碰撞。第一内表面250以与颗粒捕捉装置140的主轴线J-J成锐角(且由此以与聚焦的颗粒束的轨迹成锐角)定向,从而使得最初碰撞(呈现镜面反射)减少颗粒的动量,但是保持颗粒的向前速度矢量分量的方向。也就是说,该定向使得颗粒进一步弹起(呈现镜面反射)到收集外壳170中而非朝向孔160。优选地,主轴线J-J(和颗粒束轨迹)与第一内表面250之间的角度小于 30° 。更窄的角度可能导致更高效但是更大的颗粒捕捉装置140。在一个实施方式中,主轴线J-J(和颗粒束轨迹)与第一表面250之间的角度为 16° 。第一表面250可以具有基本上圆锥形的形状,其具有 16° 的顶角。

[0029] 第二内表面260以与第一内表面250成锐角定向,并且被配置成接收下一次碰撞(呈现镜面反射)。该定向再次使得颗粒进一步弹起(呈现镜面反射)到收集外壳170中而非朝向孔160。在一个实施方式中,第二内表面260平行于主轴线J-J,从而使得第二内表面260与第一内表面之间的角度也为 16° 。第二内表面260可以具有基本上圆柱形的形状。

[0030] 颗粒可以在第一内表面250与第二内表面260之间重复地弹起,并且可以最终遭遇第三内表面270。第三内表面270以相对于第二内表面260成锐角定向,并且被配置成保留在朝向孔160的方向上移动的颗粒。在一个实施方式中,第二内表面260与第三内表面270之间的角度为 14° 。第三内表面270可以被基本上地成形为截头圆锥形,在其顶点处具有孔160。

[0031] 应理解,镜面反射是理想化的状况,并且即使在基本上平滑的表面的情况下,颗粒在它们如何反弹方面也呈现出一些变化。尽管有此变化,示例性颗粒捕捉装置140的示例性几何形状也可以最小化溢出的颗粒数量。参照图6中所示的单个颗粒轨迹60的射线跟踪模型,可以看出颗粒有可能在其进入收集外壳170之后经历多次碰撞并且最终被蒸发或停止移动。

[0032] 如以上所提及,作为特定几何形状的替代或添加,可以使用收集外壳170的一个或多个内表面的表面性质来促进多次碰撞。当将表面粗糙度引入到一个或多个内表面中时,碰撞的颗粒可能经历更随机的反射,从而使得漫反射占优势。表面粗糙度可以通过添加有刺铁丝网(例如,铁丝式“鸟巢”)、由多孔材料构造表面(例如,提供凹处和裂缝)、添加由纳米技术过程或蚀刻过程制成的微米级或纳米级网格或者增加表面粗糙度的一些其他方式来引入。表面粗糙度以及由其产生的漫反射可以与特定几何形状一起用来提高颗粒收集效

率。然而,在一些情况下,漫反射也可能限制颗粒收集效率并且被证明是不需要的。

[0033] 虽然以上描述论述本公开的各种示例性实施例,但是应显而易见的是,在不脱离本公开的预期精神和范围的情况下,可以进行若干修改和/或添加。

[0034] 例如,虽然以上论述颗粒装置140可以用于设计成测量细微大气悬浮微粒的示例性悬浮微粒分析器100中,但是应理解,此装置140也可以用于多种其他类型的仪器中,包括测量来自非大气源的颗粒的其他颗粒测量仪器。这些颗粒测量仪器可能缺乏示例性悬浮微粒分析器100的一些能力,例如根据颗粒尺寸产生结果的能力,并且可能具有除示例性悬浮微粒分析器100的能力以外的额外能力。

[0035] 另外,虽然以上论述某些材料(诸如钼和钨)和某些形状(诸如圆柱形、圆锥形和截头圆锥形),但是应理解,颗粒捕捉装置140并且具体来说收集外壳170可以由多种不同的材料构成并且以适用于本文描述的目标的多种不同的形状形成。通常,应理解,意欲仅通过实例来进行以上描述。权利要求如附随文件所述。

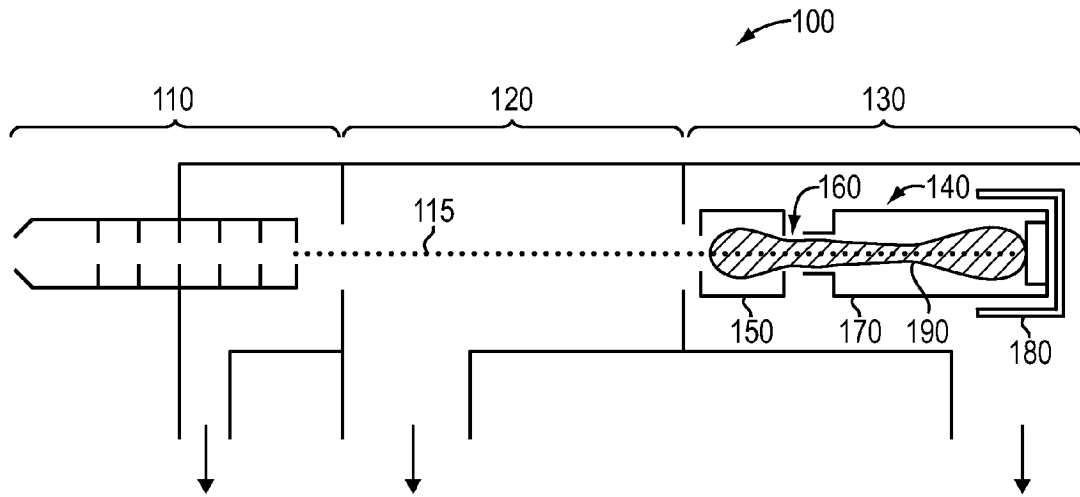


图 1

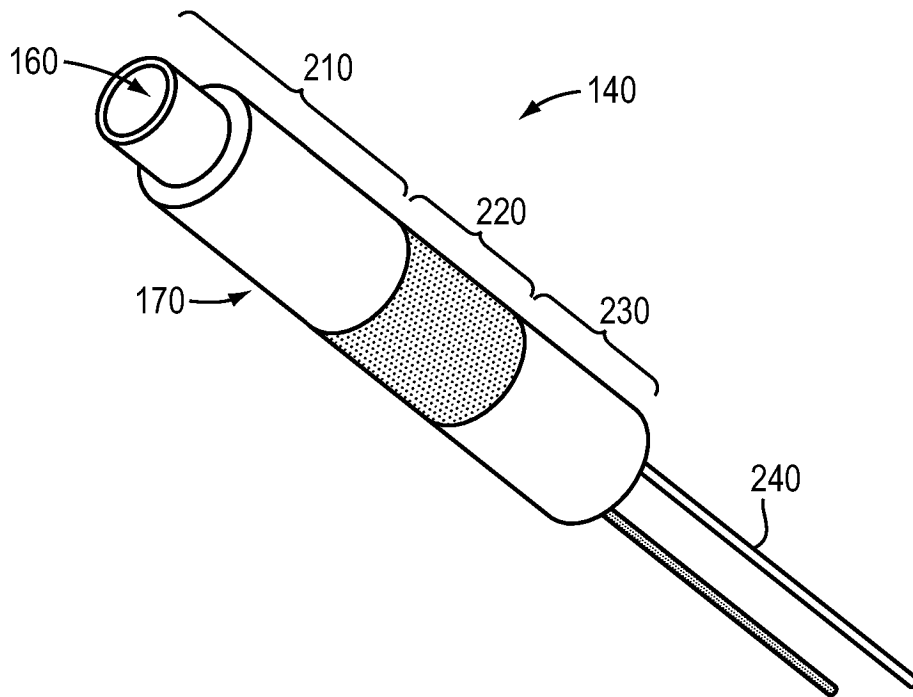


图 2

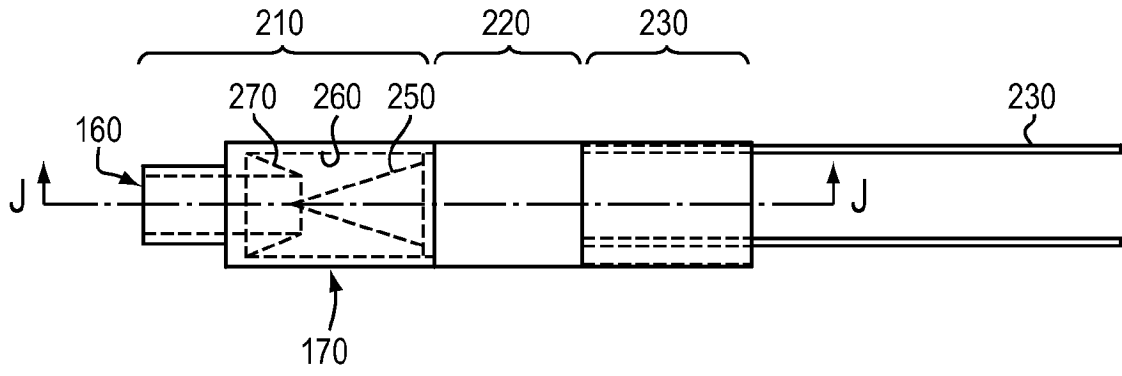


图 3

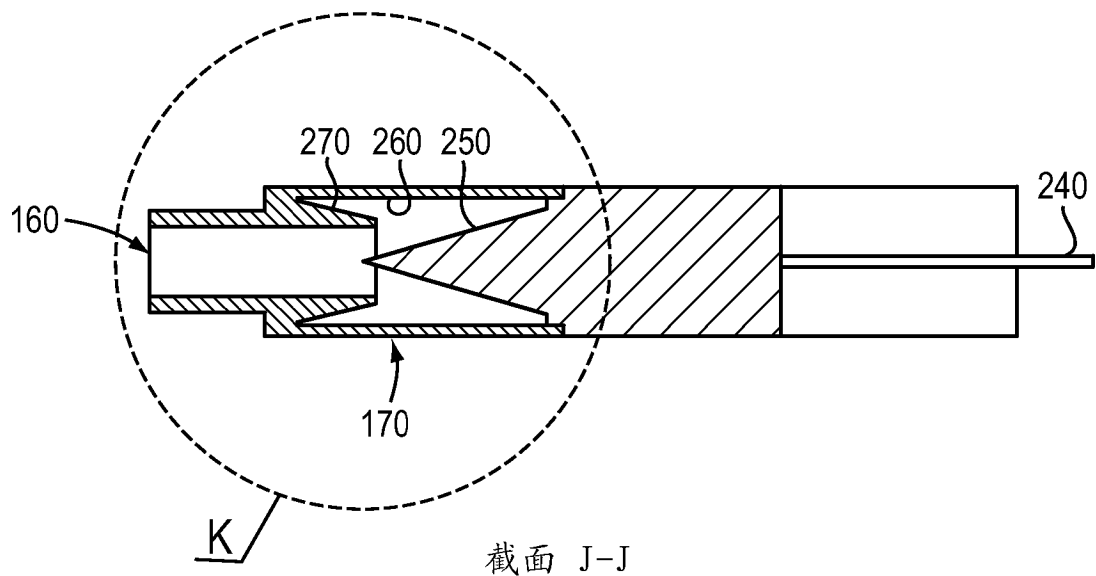
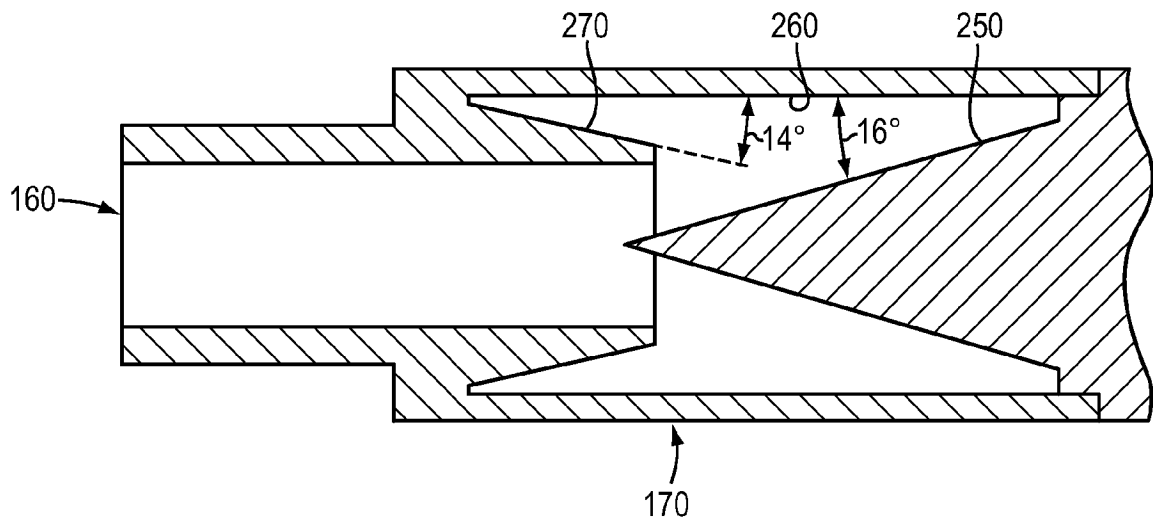


图 4



细节K

图 5

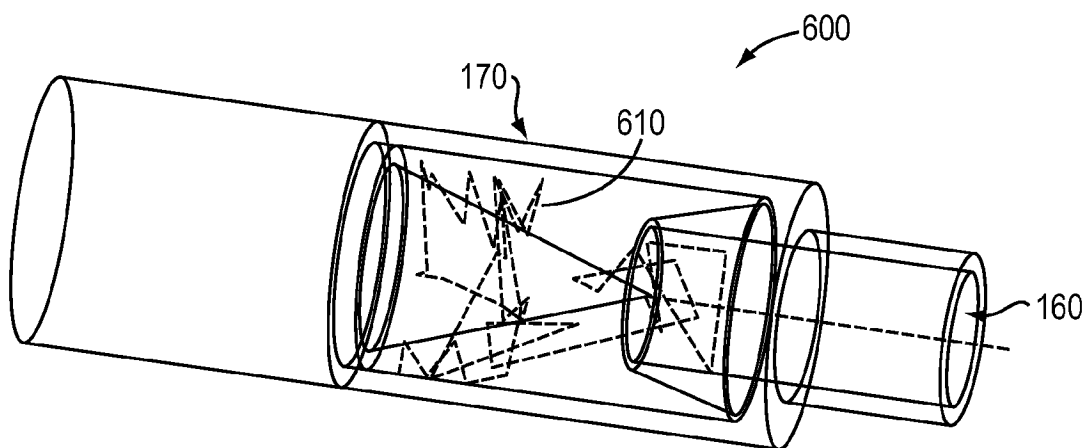


图 6