



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105009234 B

(45)授权公告日 2018.02.23

(21)申请号 201480014364.3

(22)申请日 2014.03.05

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105009234 A

(43)申请公布日 2015.10.28

(30)优先权数据

61/776996 2013.03.12 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2015.09.11

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/IB2014/059447 2014.03.05

(87)PCT国际申请的公布数据

W02014/141000 EN 2014.09.18

(73)专利权人 皇家飞利浦有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬

(72)发明人 J.E.德弗里斯 T.H.埃弗斯

J.B.A.D.范宗 H.A.C.坎彭

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
72001

代理人 江鹏飞 景军平

(51)Int.Cl.

H01F 7/20(2006.01)

G02B 26/08(2006.01)

G01R 33/12(2006.01)

H01F 3/10(2006.01)

(56)对比文件

US 2011199172 A1,2011.08.18,

US 2011199172 A1,2011.08.18,

CN 102570766 A,2012.07.11,

CN 101821606 A,2010.09.01,

CN 101501519 A,2009.08.05,

US 2005173770 A1,2005.08.11,

JP 2007312592 A,2007.11.29,

审查员 咎晓汝

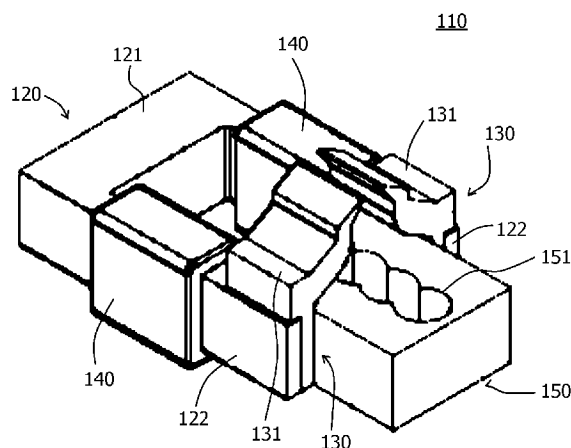
权利要求书2页 说明书7页 附图4页

(54)发明名称

用于生物传感器的马蹄形磁体

(57)摘要

本发明涉及可以成本有效地制造的马蹄形磁体(110)。在一个实施例中,磁体(110)包括轭(120)以及附接到轭(120)的臂(122)但是不与所述臂一体化的至少一个极尖(130)。可选地,轭(120)和极尖(130)由不同材料制成,特别地分别由铁和钴-铁制成。



1. 一种具有两个极尖(130,230)的马蹄形磁体(110,210),其用于传感器装置(100),包括:

- 具有横梁(121,221)和至少一个臂(122,222)的轭(120,220);
- 附接到轭(120,220)的臂(122,222)的极尖(130,230),其中臂(120,220)不与所述极尖(130,230)一体化和/或不与横梁(121,221)一体化;
- 至少一个线圈(140,240),

其特征在于线圈(140,240)在极尖(130)未附接到所述臂时和/或在臂未附接到横梁(221)时配合在臂(122,222)之上,并且安装块(150)设置在轭(120,220)的两个臂(122,222)之间,使得其抵靠相关联的臂(122,222)按压附接的极尖(130,230)。

2. 根据权利要求1所述的马蹄形磁体(110,210),

其特征在于所述附接的极尖(130,230)和轭(120,220)包括不同的材料,该材料为铁和钴-铁合金。

3. 根据权利要求1所述的马蹄形磁体(110,210),

其特征在于所述附接的极尖(130,230)螺纹接合在轭(120,220)上,借助于弹簧加压的臂夹紧和/或通过材料键合附接。

4. 根据权利要求1所述的马蹄形磁体(110,210),

其特征在于轭(120,220)、其横梁(121,221)、其臂(122,222)和/或附接的极尖(130,230)是柱形。

5. 根据权利要求1所述的马蹄形磁体(110,210),

其特征在于包括安装在轭(120,220)的两个臂(122,222)和/或极尖(130,230)之间的透镜(161)。

6. 根据权利要求1所述的马蹄形磁体(110,210),

其特征在于包括平面参考刻面(131)。

7. 根据权利要求1所述的马蹄形磁体(110,210),

其特征在于附接的极尖(130,230)与臂(122,222)一致地延伸或者垂直于或斜交于臂(122,222)延伸。

8. 一种传感器装置(100),包括

- 用于样品的容纳空间(C);
- 邻近容纳空间设置的根据权利要求1所述的马蹄形磁体(110,210);
- 用于朝向容纳空间或远离容纳空间引导光(L)的光学器件(161)。

9. 根据权利要求8所述的传感器装置(100),

其特征在于光学器件包括安装在马蹄形磁体(110,210)的极尖(130,230)之间的透镜(161)。

10. 一种用于制造马蹄形磁体(110)的方法,所述方法包括以下步骤:

- 产生具有至少一个臂(122)的轭(120);
 - 产生至少一个极尖(130);
 - 将缠绕线圈放置在至少一个臂上;
 - 将所述极尖(130)附接到轭(120)的臂(122),
- 所述方法还包括以下步骤:将安装块设置在两个臂之间,使得其抵靠相关联的臂按压

附接的极尖。

11. 一种用于制造马蹄形磁体(210)的方法,所述方法包括以下步骤:

- 产生横梁(221);
- 产生具有臂(222)的至少一个极尖(230);
- 将缠绕线圈放置在臂上;
- 将所述臂(222)附接到横梁(221),

所述方法还包括以下步骤:将安装块设置在两个臂之间,使得其抵靠相关联的臂按压附接的极尖。

12. 根据权利要求10或11所述的制造方法,

其特征在于轭(120,220)、横梁(221)和/或极尖(130,230)通过电学放电制造过程、机械加工过程、金属注射成型过程或增材制造过程来产生。

13. 根据权利要求1所述的马蹄形磁体(110,210)或根据权利要求8所述的传感器装置(100)用于分子诊断、生物样品分析、化学样品分析、食物分析和/或法医分析的用途。

用于生物传感器的马蹄形磁体

技术领域

[0001] 本发明涉及马蹄形磁体、包括马蹄形磁体的传感器装置以及用于制造马蹄形磁体的方法。

背景技术

[0002] WO 2011/036634 A1公开了一种生物传感器装置,其中可以研究具有样品的药筒。包括通过间隙分离的至少两个磁性子单元的特定磁体组件用于在药筒中生成磁场而同时允许在显微镜物镜的帮助下进行光学监视。

发明内容

[0003] 将有利的是提供允许磁场的成本有效的生成的手段,尤其是在生物传感器装置的药筒中。

[0004] 该目的通过如下所述的马蹄形磁体、传感器装置、用于制造马蹄形磁体方法和马蹄形磁体或传感器装置用于分子诊断、生物样品分析、化学样品分析、食物分析和/或法医分析的用途来解决。

[0005] 其中,所述马蹄形磁体用于传感器装置包括:

[0006] -具有横梁和至少一个臂的轭;

[0007] -附接到轭的臂的极尖,其中臂不与所述极尖一体化和/或不与横梁一体化;

[0008] -至少一个线圈,

[0009] 其中线圈在极尖未附接到所述臂时和/或在臂未附接到横梁时配合在臂之上。

[0010] 其中,所述传感器装置包括:

[0011] -用于样品的容纳空间;

[0012] -邻近容纳空间设置的上述马蹄形磁体;

[0013] -用于朝向容纳空间或远离容纳空间引导光的光学器件。

[0014] 其中,所述用于制造马蹄形磁体的方法包括以下步骤:

[0015] -产生具有至少一个臂的轭;

[0016] -产生至少一个极尖;

[0017] -将缠绕线圈放置在至少一个臂上;

[0018] -将所述极尖附接到轭的臂。

[0019] 在从属权利要求中公开优选实施例。

[0020] 根据第一方面,以上提到的目的通过包括以下部件的具有(至少)两个极尖的马蹄形磁体来解决:

[0021] -具有至少一个臂的轭。

[0022] -附接到轭的所述臂但是不与所述臂一体化的极尖。

[0023] -至少一个线圈。

[0024] 根据相关的第二方面,以上提到的目的通过包括以下部件的具有(至少)两个极尖

的马蹄形磁体来解决：

[0025] -具有横梁和至少一个臂的轭。

[0026] -附接到轭的所述臂的极尖，其中臂不与所述极尖一体化和/或其中臂不与横梁一体化。

[0027] -至少一个线圈。

[0028] 换言之，马蹄形磁体的轭的至少一个臂：

[0029] (a) 附接到但是不一体化到轭的横梁而同时附接到相关联的极尖并与其一体化；

[0030] (b) 附接到轭的横梁并与其一体化而同时附接到相关联的极尖但是不与其一体化；

[0031] (c) 附接到但是不一体化到轭的横梁并且附接到相关联的极尖但是不与其一体化。

[0032] 以下解释对于这三种替换方案中的每一个都是有效的，即使仅针对它们中的一个或两个来详细描述它们。

[0033] 在该上下文中，术语“马蹄形磁体”应当一般地是指包括通过间隙分离的至少两个磁性子单元(称为“极尖”)的磁体组件。马蹄形磁体可以特别地设计用于在比如通过引用并入本申请中的W0 2011/036634 A1中所描述的生物传感器那样的传感器装置中使用。

[0034] 马蹄形磁体的轭将典型地为具有平行于彼此延伸并且通过横梁连接的两个臂的U形形状，其中极尖设置在每一个臂的远端处。

[0035] 极尖不应当与轭的相关联的臂“一体化”或者臂不应当与横梁“一体化”的特征意味着臂和极尖或横梁各自都不是单片式的，即不是单件。因而它们不包括在原子或分子水平上均匀的材料片(诸如从单个熔融体浇铸的金属片)。

[0036] 所描述的马蹄形磁体的轭和极尖和/或横梁和臂(具有或没有极尖)可以分离地预制作，因为它们不是一体化的。这在生产精力和成本方面具有显著的优点，特别是在具有如例如生物传感器装置中所需要的专用形状的马蹄形磁体的情况下。马蹄形磁体不需要从厚材料的单个块制造，而是可以从较薄的材料块制造，这最小化浪费的材料量，尤其是磁体具有复杂的三维形状的情况下。而且，最佳的单独制造方法可以分别用于轭和极尖的产生，或者分别用于横梁和臂(具有或没有极尖)的产生。

[0037] 以上公开文本包括马蹄形磁体仅具有不与其所附接到的轭的臂一体化的单个极尖的情况。优选地，马蹄形磁体的所有极尖以这种方式设计，即它们附接到轭的相关联的臂但是不与所述臂一体化。在下文中针对附接到彼此的“极尖”或“臂”所给出的解释因此对于这种类型的每一个极尖或臂都是有效的。

[0038] 类似地，以上公开文本包括马蹄形磁体仅具有不与其所附接到的轭的横梁一体化的单个臂的情况。优选地，马蹄形磁体的所有臂然后以这种方式设计，即它们附接到轭的相关联的横梁但是不与所述横梁一体化。在下文中针对“臂”所给出的解释因此对于这种类型的每一个臂都是有效的。

[0039] 线圈通常缠绕轭的臂。同样地，将典型地存在围绕轭的每一个臂的一个线圈。

[0040] 另外，马蹄形磁体的几何形状将优选地关于介于两个极尖之间的平面(镜像)对称。

[0041] 马蹄形磁体的线圈在其被供给有电流时生成磁场。为了以期望的方式对该磁场进

行引导或成形,马蹄形磁体的轭和/或(多个)极尖将优选地包括或包含可磁化材料。这可以特别地为铁磁材料,比如铁、钴或镍或其合金。

[0042] 马蹄形磁体的初始分离(即不一体化)的部分可以可选地具有以下特征中的至少一个:

[0043] -它们包括不同的材料;

[0044] -它们通过不同的方法制造;

[0045] -它们是柱形的;

[0046] -它们通过螺纹接合、夹紧和/或材料键合而附接到彼此。

[0047] 特别地,极尖和轭可以可选地包括不同的材料。此外或可替换地,臂和横梁和/或臂和极尖可以包括不同的材料。因此可以针对轭和极尖和/或臂和横梁和/或臂和极尖来分离地选择关于其技术功能而且关于成本的最佳材料。轭可以例如由铁产生而极尖由(更加昂贵的)钴-铁合金制成。

[0048] 虽然具有不同材料(例如对于轭和极尖)的马蹄形磁体的前述构造是可能的,但是如果轭和极尖包括相同的材料(特别是铁),则实现优选的简单且成本有效的设计。

[0049] 存在极尖和轭和/或臂和横梁可以如何附接到彼此的若干可能性。极尖和/或横梁可以例如螺纹接合在轭的臂上,因此允许稍后拆卸。此外或可替换地,臂可以通过材料键合而附接到极尖和/或横梁,例如通过胶合、熔接或焊接。在又一实施例中,臂可以通过夹紧附接到极尖和/或横梁,例如通过夹紧到弹簧加压的臂。

[0050] 在优选实施例中,安装块可以设置在轭的两个臂之间,使得其抵靠轭的相关联的臂按压极尖(或抵靠其相关联的臂按压两个极尖,如果两个极尖未一体化地附接到轭的话)。因此,极尖可以布置在关于轭的定义明确的位置处,并且安装块也还可以用于其它部件的附接。在该实施例中,按压力可以通过(多个)臂的弹性生成。安装块将典型地由非磁性材料产生,例如由铝产生,使得其不影响由马蹄形磁体生成的磁场。

[0051] 轭、其横梁、其至少一个臂和/或极尖可以优选地为柱形以便允许简化的制造。在该上下文中,术语“柱形”以其宽泛的数学含义来使用,即是指具有通过包括平行线的表面连接的全等顶表面和底表面的主体。如果顶表面和底表面例如为圆盘,则实现以词语的较窄含义的圆柱形。如在此所应用的,以词语的宽泛含义的柱形有时还称为“拉伸体”。

[0052] 线圈可以直接缠绕轭的对应臂。然而,在优选实施例中,轭和附接的极尖的设计使得线圈在极尖未附接到此时和/或在臂未附接到横梁时配合在轭的臂之上。这允许线圈的预制作以及该预制作的(即已经缠绕的)线圈在极尖或横梁此后可以连接到的轭的臂上的稍后布置。因此,保护极尖的通常敏感和脆弱的机械构造以防线圈缠绕期间的损坏。

[0053] 马蹄形磁体可以可选地还包括安装在轭的两个臂之间和/或轭的两个极尖之间的至少一个透镜。透镜允许与邻近极尖的样品的光学相互作用,其中所述样品可以同时被马蹄形磁体所生成的磁场达到。

[0054] 马蹄形磁体可以优选地包括平面参考刻面以便允许磁体关于另一部件(例如样品)的对准或调节。参考刻面可以特别地提供在轭或极尖上并且其可以平行于样品应当布置在其中的平面。

[0055] 在一个实施例中,附接的极尖可以与轭的对应臂一致地延伸。在另一实施例中,极尖可以垂直于(优选实施例)或斜交于所述臂延伸。

[0056] 根据第三方面,本发明的实施例包括具有以下部件的传感器装置:

[0057] -用于样品的容纳空间。

[0058] -邻近前述容纳空间设置的以上所述种类的马蹄形磁体(即具有轭和极尖,其中轭的至少一个臂附接到轭的极尖和/或横梁但是不与所述极尖和/或横梁一体化,并且具有线圈)。

[0059] -用于朝向容纳空间和/或远离容纳空间引导光的光学器件。

[0060] 传感器装置的容纳空间可以特别地设计成容纳收容要检查的样品的药筒。而且,光学器件优选地设计成引导光通过马蹄形磁体的极尖之间的空间。

[0061] 在优选实施例中,传感器装置的光学器件包括安装在马蹄形磁体的极尖之间的透镜。在这样的透镜的帮助下,可能对容纳空间中的样品成像而不需要比如显微镜物镜那样的空间消耗部件。

[0062] 根据第四方面,本发明的实施例涉及用于制造马蹄形磁体的第一方法。该方法包括可以以所列举的或任何其它适当的次序执行的以下步骤:

[0063] -产生具有至少一个臂的轭。

[0064] -产生至少一个极尖。

[0065] -将所述极尖附接到轭的所述臂。

[0066] 根据第五方面,本发明的实施例涉及用于制造马蹄形磁体的第二方法。该方法包括可以以所列举的或任何其它适当的次序执行的以下步骤:

[0067] -产生横梁。

[0068] -产生具有臂的至少一个极尖。

[0069] -将所述臂附接到横梁。

[0070] 该方法可以特别地应用于制造以上所述种类的马蹄形磁体。该方法和所述马蹄形磁体是相同发明概念的不同实现,即从分离的轭和极尖和/或分离的臂和横梁构造磁体组件。针对这些实现中的一个提供的解释和限定因此对于其它实现也是有效的。

[0071] 制造方法可以优选地还包括在将极尖附接到所述臂之前(第一方法)和/或在将臂附接到横梁之前(第二方法)将缠绕线圈放置在轭的臂上的步骤。这具有以下优点:线圈的缠绕可以分离地完成并且不影响轭和/或极尖的可能敏感的部件。

[0072] 轭和极尖和/或横梁和具有臂的极尖的分离产生可以通过任何适当的方法完成。特别地,轭、横梁和/或极尖(具有或没有臂)可以通过以下产生

[0073] -电学放电制造(EDM);

[0074] -机械加工;

[0075] -金属注射成型;

[0076] -增材制造,例如电子束熔化(EBM)、直接金属激光烧结(DMLS)、选择性激光熔化(SLM)、选择性激光烧结(SLS)、直接激光沉积(DLD)、激光加工净成形(LENS)、直接金属沉积(DMD)或激光金属沉积(LMD)。

[0077] 分离的部分(例如轭和极尖)可以可选地通过相同的过程制造。然而,还存在机会使用用于这些部分(例如用于轭和用于(多个)极尖)的不同制造技术。额外的特征可以例如包括在轭中,诸如圆化边缘,以避免线圈导线的切割,从而导致对于例如金属注射成型的偏好,而相关联的极尖可以例如为了精度起见而借助于导线EDM来制作。

[0078] 本发明还涉及以上描述的马蹄形磁体和/或传感器装置用于分子诊断、生物样品分析、化学样品分析、食物分析和/或法医分析的用途。分子诊断可以例如在直接或间接附接到目标分子的磁珠或荧光颗粒的帮助下达成。

附图说明

[0079] 本发明的这些和其它方面将从以下描述的实施例显而易见并且将参照这些实施例进行阐述。

[0080] 在附图中：

[0081] 图1示出根据本发明的第一实施例的马蹄形磁体的透视图；

[0082] 图2分离地示出图1的马蹄形磁体的轭；

[0083] 图3分离地示出图1的马蹄形磁体的极尖；

[0084] 图4分离地示出图1的马蹄形磁体的线圈；

[0085] 图5示出到通过包括图1的马蹄形磁体的传感器装置的切口上的透视图；

[0086] 图6示出根据本发明的第二实施例的马蹄形磁体的透视图。

[0087] 相同的参考标号或者通过100的整数倍数而不同的标号在图中是指等同或类似的部件。

具体实施方式

[0088] WO 2011/036634 A1公开了一种容纳用于对药筒中的磁珠成像的显微镜物镜透镜的马蹄形磁体。极尖之间的间隙需要相当宽以使得能够利用显微镜物镜透镜成像并且以得到足够均一的磁场。为了顾及显微镜物镜透镜，磁体具有复杂的三维形状。而且，磁体相对大。极尖之间的间隙中的磁场的要求暗示着磁体具有大约20 μ m的极尖位置和距离的紧密度容限。

[0089] 形状、尺寸、容限和材料使得该磁体成为相对昂贵的部件。材料稀有并且因此昂贵。容限以及在制造过程中材料的磁性性质不应当受影响的事实暗示着常规的制造方法为电学放电制造(EDM)，其是精确但缓慢并且因此昂贵的方法。部件的尺寸和形状暗示着基础材料的量相对大(对于磁体的典型设计，大约2600mm³)并且许多该基础材料被浪费。

[0090] 为了解决以上问题并且降低可以在生物传感器中使用的磁体的成本，提出采取以下措施中的一个或多个：

[0091] -将磁体拆分成若干部分，例如两个极尖和轭，以减少浪费的材料量。

[0092] -给出极尖和/或轭的二维形状以用于容易处理(例如利用相对简单的EDM装备)。

[0093] -在极尖上创建参考平面以用于极间隙关于药筒的精确定位，从而导致具有相对大容限的轭。

[0094] -允许在分离的缠绕工具上产生线圈并且在完成时将它们放置在轭上，因此在缠绕线圈的过程中不会将任何压力置于高度精确的磁体上。

[0095] 图1示意性地示出根据以上原理设计的马蹄形磁体110。磁体包括以下部件：

[0096] -具有通过横梁121连接的两个平行臂122的轭120。臂122的远端包括凹陷123。

[0097] -以与前述凹陷123处的支柱132镜像对称的方式附接到臂122的两个极尖130。极尖130垂直于臂122延伸。

[0098] -围绕轭120的臂122定位的两个线圈140。

[0099] 在所示实施例中,在包括非磁性材料(例如铝)的安装块150的帮助下,将极尖130附接到轭的臂122。安装块包括用于光的经过的中央孔151。轭120和极尖130二者优选地由铁制成。

[0100] 相比于类似尺寸的单片式马蹄形磁体,提出的磁体110所需要的原始材料的体积少大约30%。

[0101] 图5示出马蹄形磁体110如何安装在用于单个颗粒检测的系统(生物传感器装置100)的外壳160中。装置100包括其中已经放置可更换药筒C的容纳空间。还示出极尖130的参考平面131,以及在辅助安装块150的帮助下将极尖夹紧到轭的夹紧螺丝62。该辅助块放置在极尖的下部之间。

[0102] 所提出的低成本磁体110优选地与小型、单个透镜成像光学器件组合,从而取代对于显微镜物镜透镜的需要。如所示的,两个或更多这样的成像透镜161放置在辅助安装块150上方的极尖之间。还图示了用于光照药筒C中所感兴趣的区域的光束 L_i 以及具有用于对所述区域成像的检测光的光锥 L_d 。用于对磁珠成像的小型透镜161允许马蹄形磁体的尺寸中的减小。

[0103] 图6示出根据本发明的第二实施例的马蹄形磁体210的透视图。磁体210包括以下部件:

[0104] -包括横梁221和两个臂222的轭220。

[0105] -以镜像对称的方式设置在臂222的端部处的两个极尖230。

[0106] 相比于第一实施例,每一个极尖230在此与相关联的臂222一体化地形成,而横梁221和臂222附接到彼此但不是一体化的(即不是一片式的)。而且,横梁221可选地包括洞H,从而允许接入诸如显微镜物镜或透镜(未示出)之类的光学器件。没有这样的洞(而是整块横梁)的实施例当然也是可能的。

[0107] 如第一实施例中那样,磁体210的分离部分(即一方面的横梁221和另一方面的具有一体化臂222的极尖230)具有可以容易地制造的柱形形状。横梁221可以可选地由不同于(多个)极尖/(多个)臂的材料制成和/或可以通过不同的方法制造。

[0108] 所描述的本发明的实施例可以以各种方式进行修改,例如:

[0109] -轭和极尖二者可以由CoFe(50%钴-50%铁合金)制成以得到最大磁场强度,或者轭可以由Fe制成而极尖由CoFe制成,或者横梁可以由Fe制成而极尖和臂由CoFe制成等。

[0110] -极尖和轭(或横梁和臂)可以通过材料键合附接到彼此,例如通过胶合,使得不再需要辅助块。

[0111] -极尖和轭可以布置在一条线上而不是以直角取向,因而允许线圈的简单制造和简单安装。

[0112] -轭和/或极尖(或横梁和具有臂的极尖)可以借助于机械加工、借助于金属注射成型和/或借助于增材制造(比如电子束熔化、直接金属激光烧结、选择性激光熔化、选择性激光烧结、直接激光沉积、激光加工净成形、直接金属沉积或激光金属沉积)来制作。它们可以通过相同或不同的过程来制造。

[0113] 总结而言,已经描述了由三个简单部分(例如(例如铁)轭和两个(例如钴-铁)磁尖)制成的低成本马蹄形磁体的实施例。该设计的成本降低通过以下来实现:(1)使用不昂

贵的铁来用于其中不需要大磁通量的马蹄形磁体的部分以及仅在靠近其中要求大磁场的极尖的地方可选地使用较为昂贵的钴-铁，(2)将磁体分离成三个部分以减少生产中的材料损失，以及(3)靠近磁尖进行参考以放宽容限。所描述的磁体可以例如应用于磁性生物传感器，特别是用于单个颗粒检测的磁性生物传感器。

[0114] 虽然已经在附图和前述描述中详细说明和描述了本发明，但是这样的说明和描述要被视为是说明性或示例性而非限制性的；本发明不限于所公开的实施例。本领域技术人员在实践所要求保护的本发明时，通过研究附图、公开文本和随附权利要求，可以理解和实现对所公开的实施例的其它变型。在权利要求中，词语“包括”不排除其它元件或步骤，并且不定冠词“一”或“一个”不排除多个。单个处理器或其它单元可以满足权利要求中所记载的若干项的功能。在相互不同的从属权利要求中记载某些措施的仅有事实不指示这些措施的组合不能用于获益。权利要求中的任何参考标记不应当解释为限制范围。

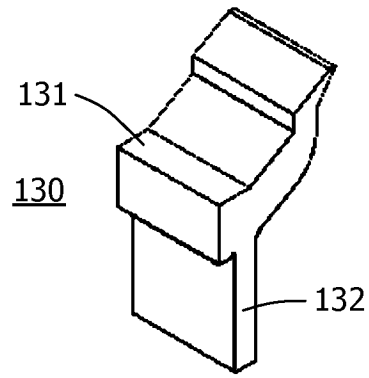


图 3

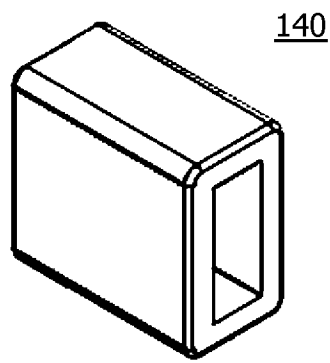


图 4

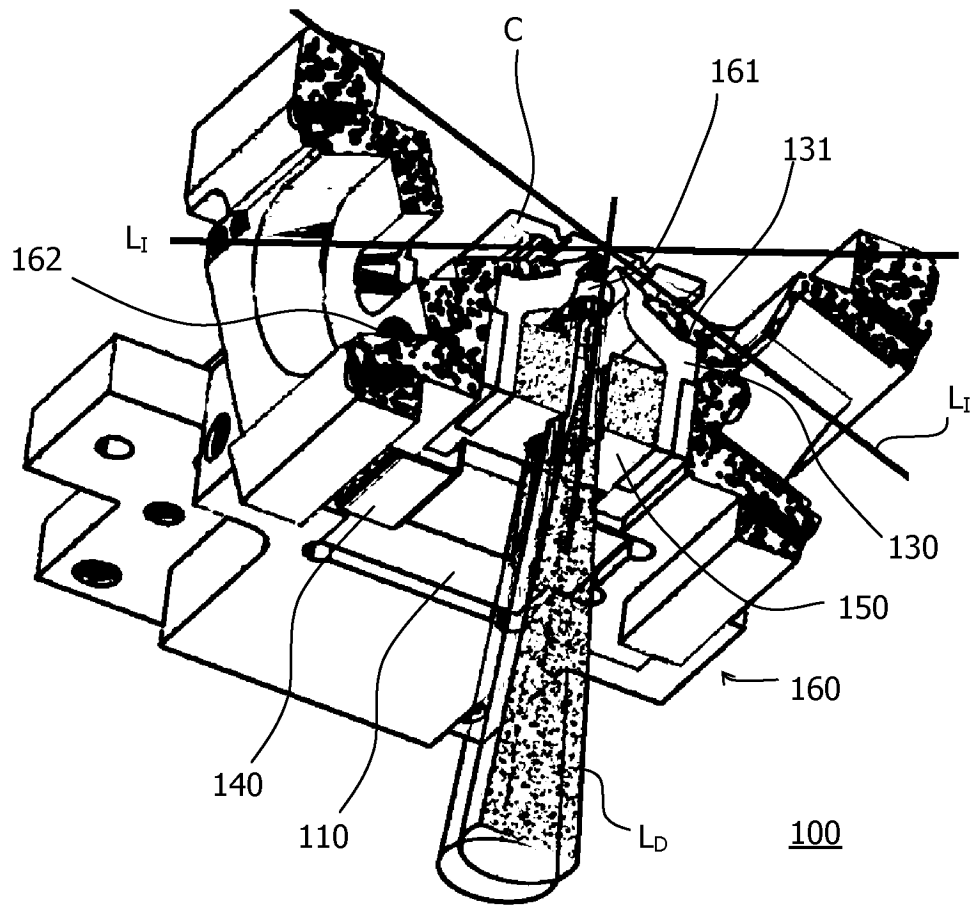


图 5

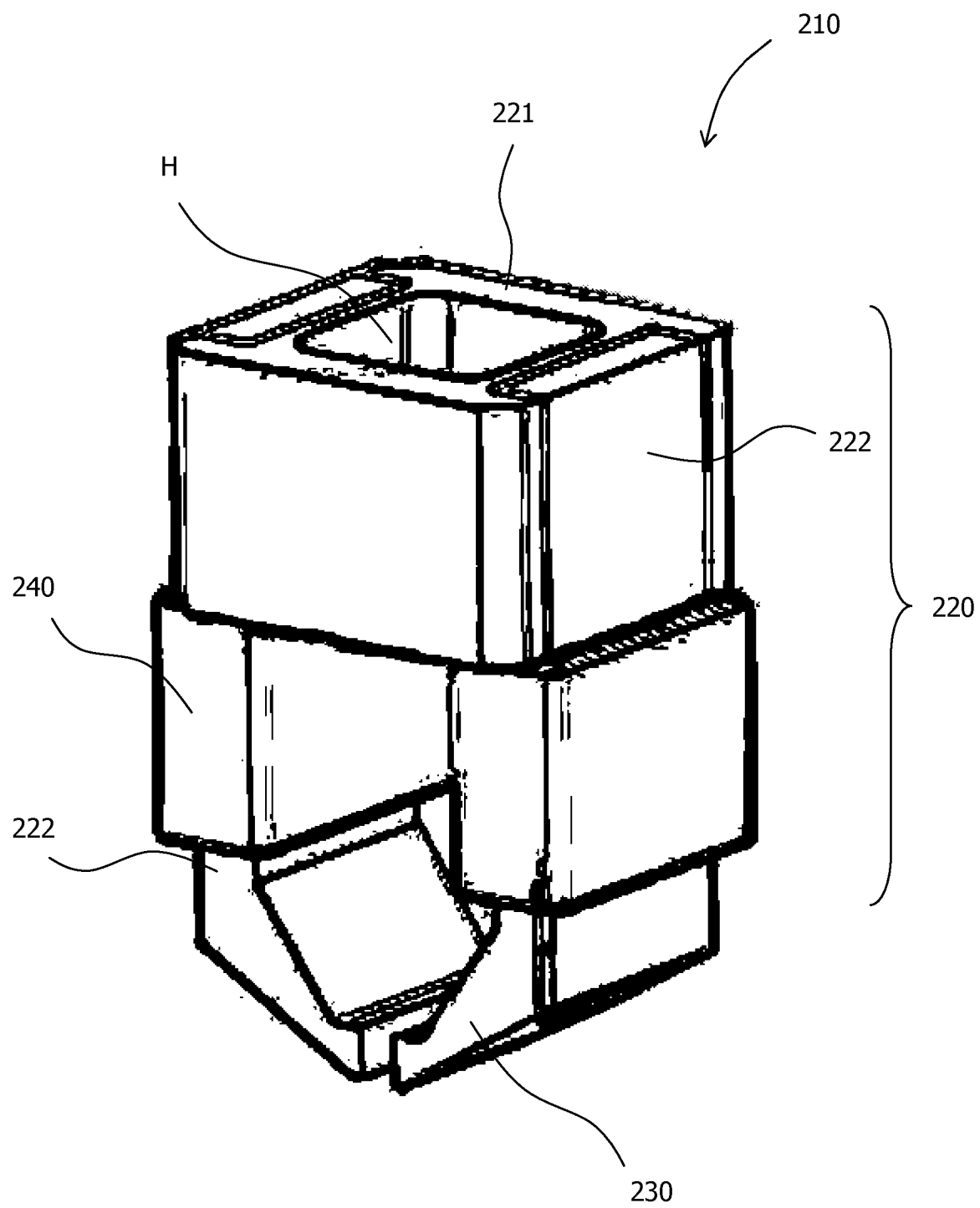


图 6