



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 102998786 B

(45)授权公告日 2017. 11. 03

(21)申请号 201210346424.4

(22)申请日 2012.09.14

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 102998786 A

(43)申请公布日 2013.03.27

(30)优先权数据

102011082756.0 2011.09.15 DE

(73)专利权人 徕卡显微系统(瑞士)股份公司

地址 瑞士希尔布鲁格

(72)发明人 曼佛瑞德·库斯特

(74)专利代理机构 北京清亦华知识产权代理事

务所(普通合伙) 11201

代理人 张大威

(51)Int.Cl.

G02B 21/24(2006.01)

G02B 21/22(2006.01)

(56)对比文件

CN 1238840 A, 1999.12.15,

JP 特开2000-75213 A, 2000.03.14,

CN 1238840 A, 1999.12.15,

审查员 董向坤

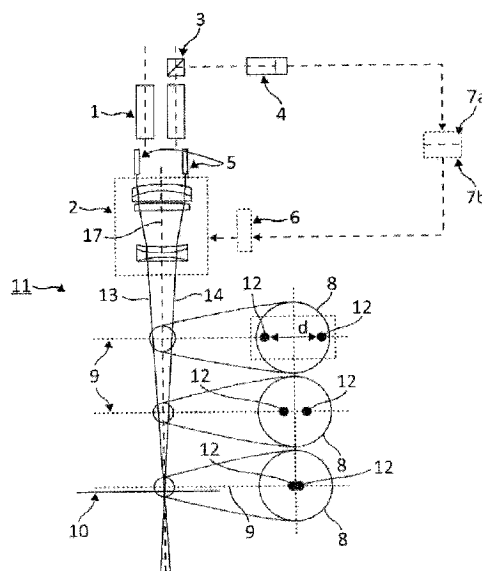
权利要求书2页 说明书8页 附图3页

(54)发明名称

用于显微镜的自动聚焦方法和设备

(57)摘要

本发明提供用于显微镜的自动聚焦方法和设备。本发明涉及用于在显微镜中自动聚焦的方法和设备,通过该方法和设备在物体上产生两个、特别是斑点状的标记,标记的彼此之间的间距代表在物体中的工作平面从显微镜的焦平面散焦的指示;当标记处于预定的间距时,工作平面位于焦平面中;且设置聚焦驱动器,聚焦驱动器根据标记间距将工作平面移置到焦平面中;调节作为标记间距的函数的工作平面被移置到焦平面中的聚焦驱动器的速度。为了允许进行快速和同时精确的聚焦,提出:检测器捕获在物体上产生的标记的像,且评估单元确定标记的间距;且控制单元调节作为被确定的标记间距的函数的聚焦驱动器的速度,工作平面以聚焦驱动器的速度被移置到焦平面中。



1. 一种用于在显微镜(11)中自动聚焦的方法,

其中,在物体上产生至少两个标记(12),所述标记(12)的彼此之间的间距(d)代表在所述物体中的工作平面(9)从所述显微镜(11)的焦平面(10)散焦的指示;

其中,当所述标记(12)处于预定的间距(d_F)时,所述工作平面(9)位于所述焦平面(10)中;

其中,所述工作平面(9)通过聚焦驱动器(6)根据所述标记(12)的彼此之间的间距(d)被移置到所述焦平面(10)中;和

其中,调节作为所述标记(12)的彼此之间的间距(d)的函数的所述聚焦驱动器(6)的速度(v),所述工作平面(9)以所述聚焦驱动器(6)的速度(v)被移置到所述焦平面(10)中,

其中,确定显微镜放大率(Γ),且其中,还调节作为所述显微镜放大率(Γ)的函数的所述聚焦驱动器(6)的速度(v)。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中所述至少两个标记(12)为斑点状的。

3. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述聚焦驱动器(6)的速度(v)是所述标记(12)的彼此之间的间距(d)的多项式函数或者指数函数。

4. 根据权利要求3所述的方法,其中所述多项式函数为二次函数。

5. 根据权利要求1-4中任一项所述的方法,其中,所述标记(12)由耦合到所述显微镜(11)的光束路径中的自动聚焦光束路径(13、14)产生。

6. 根据权利要求1-4中任一项所述的方法,其中,所述标记(12)由点光源(5)产生的自动聚焦光束路径(13、14)产生,所述点光源(5)被布置在所述显微镜(11)的光束路径中。

7. 根据权利要求6所述的方法,在具有物镜(2)和所述物镜(2)下游的变焦系统(1)的显微镜(11)的情况下,其中,所述自动聚焦光束路径(13、14)的输入耦合或者所述点光源(5)的布置在所述物镜(2)与所述变焦系统(1)之间进行。

8. 根据权利要求1-4中的任一项所述的方法,在具有物镜(2)和所述物镜(2)下游的变焦系统(1)的显微镜(11)的情况下,其中,在从所述物体反射的相应的自动聚焦光束路径(13、14)从所述显微镜(11)的光束路径中输出耦合之后,位于所述物体上的所述标记(12)的像由检测器(4)捕获。

9. 根据权利要求8所述的方法,其中,当从所述显微镜(11)的物镜(2)观察时,被反射的自动聚焦光束路径(13、14)的输出耦合在所述变焦系统(1)后面进行。

10. 根据权利要求9所述的方法,其中,在立体显微镜(11)的情况下,被反射的自动聚焦光束路径(13、14)的输出耦合从所述立体显微镜(11)的两个观测光束路径中的仅一个中进行。

11. 根据权利要求1-4中的任一项所述的方法,其中,各自具有不同波长的自动聚焦光束路径(13、14)用于产生所述标记(12)。

12. 根据权利要求11所述的方法,其中,所述波长从可见波长区域获得。

13. 根据权利要求1-4中的任一项所述的方法,其中,使用沿着所述显微镜(11)的光轴(17)前进的目标光束路径,所述目标光束路径在所述物体上产生目标标记。

14. 根据权利要求13所述的方法,其中所述目标标记为斑点状的。

15. 根据权利要求13所述的方法,其中,使用所述目标标记作为在所述物体上产生的所述至少两个标记(12)中的一个。

16. 根据权利要求13所述的方法, 其中, 除在所述物体上产生的所述至少两个标记 (12) 之外, 还使用所述目标标记。

17. 根据权利要求1所述的方法, 其中, 调节作为改变的标记 (12) 的彼此之间的间距 d' 的函数的所述聚焦驱动器 (6) 的速度 (v), 使得 $d' = d/\Gamma$, 其中 d = 所述标记 (12) 的彼此之间的间距且 Γ = 显微镜放大率。

18. 根据权利要求17所述的方法, 其中 Γ = 变焦放大率。

19. 根据权利要求1所述的方法, 其中, 从在恒定的聚焦驱动器的速度下所述标记 (12) 的彼此之间的间距 (d) 的变化率确定所述显微镜放大率。

20. 一种用于在显微镜 (11) 中自动聚焦的自动聚焦设备, 通过所述自动聚焦设备在物体上产生至少两个标记 (12), 所述标记 (12) 的彼此之间的间距 (d) 代表在所述物体中的工作平面 (9) 从所述显微镜 (11) 的焦平面 (10) 散焦的指示; 当所述标记 (12) 处于预定的间距 (d_F) 时, 所述工作平面 (9) 位于所述焦平面 (10) 中; 且设置聚焦驱动器 (6), 所述聚焦驱动器 (6) 根据所述标记 (12) 的彼此之间的间距 (d) 将所述工作平面 (9) 移置到所述焦平面 (10) 中,

其中, 检测器 (4) 捕获在所述物体上产生的所述标记 (12) 的像, 且评估单元 (7a) 确定所述标记 (12) 的间距; 且控制单元 (7b) 调节作为被确定的所述标记 (12) 的彼此之间的间距 (d) 的函数, 还作为显微镜放大率 (Γ) 的函数的所述聚焦驱动器 (6) 的速度 (v), 所述工作平面 (9) 以所述聚焦驱动器 (6) 的速度 (v) 被移置到所述焦平面 (10) 中。

21. 根据权利要求20所述的自动聚焦设备, 其中所述至少两个标记 (12) 为斑点状的。

22. 根据权利要求20所述的自动聚焦设备, 其中, 至少一个点光源 (5) 被设置用于产生相关联的自动聚焦光束路径 (13、14), 所述自动聚焦光束路径 (13、14) 在所述物体上产生至少一个标记 (12)。

23. 根据权利要求22所述的自动聚焦设备, 其中, 一个点光源 (5) 和两个或更多个分束器 (3) 被设置, 以在所述物体上产生两个或更多个标记 (12)。

24. 根据权利要求22所述的自动聚焦设备, 其中, 所述点光源 (5) 被布置在所述显微镜 (11) 的光束路径中。

25. 根据权利要求24所述的自动聚焦设备, 其中, 对于具有物镜 (2) 和所述物镜 (2) 下游的变焦系统 (1) 的显微镜 (11), 所述点光源 (5) 被布置在所述物镜 (2) 与所述变焦系统 (1) 之间。

26. 根据权利要求20至25中的任一项所述的自动聚焦设备, 其中, 对于具有物镜 (2) 和所述物镜 (2) 下游的变焦系统 (1) 的显微镜 (11), 在从所述物体反射的相应的自动聚焦光束路径 (13、14) 从所述显微镜 (11) 的光束路径中输出耦合之后, 位于所述物体上的所述标记 (12) 的像由检测器 (4) 捕获, 分束器 (3) 被设置用于输出耦合。

27. 根据权利要求26所述的自动聚焦设备, 其中当从所述显微镜 (11) 的物镜 (2) 观察时, 所述分束器 (3) 被布置在所述变焦系统 (1) 后面。

28. 根据权利要求26所述的自动聚焦设备, 其中, 对于立体显微镜 (11), 用于输出耦合被反射的自动聚焦光束路径 (13、14) 的分束器 (3) 被布置在所述立体显微镜 (11) 的两个观测光束路径中的仅一个中。

用于显微镜的自动聚焦方法和设备

技术领域

[0001] 本发明涉及用于显微镜、特别是手术显微镜的自动聚焦方法和自动聚焦设备。

背景技术

[0002] 已知的自动聚焦设备包括用于产生自动聚焦光束路径的自动聚焦光学部件,自动聚焦光束路径在物体上产生自动聚焦图案,自动聚焦光束路径通常通过偏转元件被引导到物体上。此外,这种类型的自动聚焦设备包括自动聚焦评估单元,检测器光束路径通过偏转元件被递送到自动聚焦评估单元,该检测器光束路径代表自动聚焦光束路径的从物体反射的辐射。

[0003] DE4131737C2描述了一种用于具有主物镜的立体显微镜的自动聚焦设备。用该自动聚焦设备,投影光束路径由投影光学部件产生,且转而在通过主物镜之后,在物体表面上产生线条图案。从物体反射的投影光束路径的光被耦合输出且被递送到光敏的空间分辨的位置检测器。散焦操作导致线条图案(条状纹理(linear marking))的像在位置检测器上的横向移动,该横向移动通过自动聚焦评估单元被记录且被使用作为用于聚焦驱动器的再聚焦的闭环控制信号。为了自动聚焦,后者调节正被使用的物镜的拦截距离(intercept distance),或者将整个立体显微镜沿着光轴移置。

[0004] 基于根据DE4131737C2描述的布置,DE102006040636B3提出一种自动聚焦设备,其中具有单独地可控制和可调节的微镜(micromirror)的微镜阵列以共用方式被设置作为用于自动聚焦光束路径和投影光束路径的偏转元件,且被设置作为用于检测器光束路径的偏转元件。通过微镜阵列,通过对微镜相应地应用控制,自动聚焦图案可以受控制的方式在其位置和几何形状方面以及在其光强度方面被改变。另外,可以使用在任何情况下均存在于显微镜中用于照明物体的照明光学部件来产生自动聚焦光束路径。因而,微镜阵列可以具有两种功能:一方面,微镜阵列从照明光束路径产生用于在物体上产生自动聚焦图案的自动聚焦光束路径;另一方面,微镜阵列将检测器光束路径耦合输出,检测器光束路径转而被引导到自动聚焦评估单元上。这个文件描述了通过适当调节微镜阵列中的微镜而产生两个点光束。从微镜阵列发出的点光束通过显微镜的主物镜且由主物镜聚焦。如果两个点光束的交叉点位于物体之上或之下,那么两个斑点在物体上可见。为了自动聚焦,具有固定的焦距的主物镜被移动,直到仅一个斑点(当散焦时可见的两个斑点的合并)在物体上可见。用变焦距物镜(具有可变焦距的物镜),相应地调节焦距。关于使用所描述的自动聚焦设备的这种类型或其他类型的自动聚焦,明确地参考上述专利文件DE102006040636B3。通过这种参考,相应的公开清楚地意欲成为本申请的组成部分。

[0005] 另一种自动聚焦设备从EP1241506B1已知。这里,使用在手术显微镜上存在用于文件编制目的的(视频)摄像机来定位显微镜的正确焦点位置。摄像机包括图像采集设备和信号处理器单元,信号处理器单元使用例如对照方法确定最佳焦点。通过摄像机中的接口和显微镜中的另一接口,为了聚焦,将由摄像机产生的闭环控制信号传递到显微镜的控制单元中,控制单元对显微镜中的相应的定位单元应用控制,定位单元改变物镜焦距用于自动

聚焦。除了上述(视频)摄像机之外,单独的测量模块不与这种系统一起使用。

[0006] 在EP1255146B1中以类似的方式进行自动聚焦;这里,通过评估显微镜图像传感器的图像内容的变化而产生二维直方图,且从该直方图获得特定的运动活动性。由此,自动聚焦单元可以基于被确定的数据将焦点放置到具有最大活动性的区域,即例如放置到用手术仪器研究的区域。

[0007] DE3328821C2公开了一种用于显微镜的自动聚焦设备,具有至少两个交替切换的光源,例如红外二极管,光源靠近显微镜的光瞳被彼此相邻布置。从光源发出的光束被反射到显微镜的光束路径中。光源照明特别地代表由透明条纹和反射条纹构成的格栅的标记。该标记自动准直地成像到自身。如果物体位于显微镜的焦点处,那么在返回路径上,朝向物体通过标记的透明条纹前进的光束再一次通过标记的相同区域前进。然而,如果物体不位于焦点处,那么在物体处反射时通过标记的透明条纹前进的光束经历横向偏移,且到达布置在透明条纹之上或之下的反射条纹(根据散焦的表示)。如果反射条纹邻近透明条纹彼此成特定角度地被布置,那么也可以确定散焦的表示。

[0008] 最近,一种被称为“SpeedSpot”的自动聚焦设备从Leica model M720 OH5手术显微镜已知,该自动聚焦设备与在物体上产生两个斑点状的标记的两个激光束一起工作,当物平面的焦点位置是最佳的时,两个斑点状的标记转而合并成一个斑点。用户选择固定的聚焦速度用于自动聚焦。聚焦发生,使得通过使物平面更接近焦平面而使间隔开的激光斑点合并成一个斑点。如果在最佳焦平面与物平面之间有大偏差,那么使用者通常认为使物平面更接近最佳焦平面的步骤是费时的。在高放大率下,相反地,固定的聚焦速度可以使焦平面的区域被太迅速地通过。由于在高放大率下的浅景深,激光点的合并的检测(特别地由使用者检测)经常是仅困难地可能的。

[0009] 因此,在本发明的情况下出现的目的是基于特别是斑点状的标记的使用改进自动聚焦方法,使得不管被设置的显微镜放大率如何,都可能简单、精确和快速地自动聚焦。

发明内容

[0010] 上述目的通过一种用于在显微镜中自动聚焦的方法而实现,其中,在物体上产生至少两个、特别是斑点状的标记,所述标记的彼此之间的间距代表在所述物体中的工作平面从所述显微镜的焦平面散焦的指示;其中,当所述标记处于预定的间距 d_F 时,所述工作平面位于所述焦平面中;和其中,所述工作平面通过聚焦驱动器根据所述标记间距被移置到所述焦平面中,调节作为所述标记间距的函数的所述聚焦驱动器的速度(即,所述工作平面被移置到所述焦平面中的速度)。

[0011] 此外,本发明的目的是一种用于实现上述方法的相应的自动聚焦设备,该自动聚焦设备包括捕获在物体上产生的标记的像的检测器、以及确定标记的间距的评估单元,其中,此外,设置控制单元,控制单元调节作为被确定的标记间距的函数的聚焦驱动器的速度。

[0012] 没有一般性限制,以下将考虑其中标记间距在标记的显微镜像中被确定的情况。

[0013] 本发明不限于使用两个标记。当然,也可以使用超过两个的标记。然后标记的间距需要被适当地限定。根据本发明,然后可以转而利用每两个标记的间距来调节聚焦驱动器的速度。可选地,在这样的情况下,从每两个标记的多个间距形成或限定另一参考变量(例

如,平均间距、间距的和等等)将是可能的,然后调节作为该另一参考变量的函数的聚焦驱动器的速度。

[0014] 本发明的进一步的优点和实施例从各个从属权利要求和以下描述以及附图中将变得明显。

[0015] 本发明的优点

[0016] 根据本发明,为了自动聚焦,调节作为位于物体上的标记的间距的函数的聚焦驱动器将工作平面移置到焦平面中的速度。为了简化说明,以下将假设,没有一般性限制,工作平面位于焦平面中的标记的预定间距 d_F 意欲等于零,即当工作平面被最佳聚焦时,标记彼此合并或变成重合的。

[0017] 聚焦驱动器的速度(也被称为“聚焦速度”)将与标记的间距成比例地被控制。换言之,标记间的间距越小,被选择的聚焦速度(聚焦驱动器的速度)越慢。相反地,标记间彼此分开得越远,被选择的聚焦驱动器的速度(聚焦速度)越大。为了进一步说明,将假设,没有一般性限制,在物体上产生恰好两个标记。在聚焦时,两个标记朝向彼此移动,且当到达焦平面时合并。在稍后讨论的特殊情况下,使用两个标记,其中一个为由沿着光轴的相应的光束路径产生的所谓的目标标记。在聚焦操作期间目标标记保持不动,而另一标记朝向所述目标标记移动。

[0018] 因为聚焦驱动器的速度与标记间距成比例地被调节,所以在离开焦点的间距大的情况下,聚焦速度更大,以便使用者不再认为相应的调焦是费时的。相反地,对于离开焦点的间距小,聚焦速度更小,以便,特别地在标记迅速地朝向彼此移动的高显微镜放大率下,相应的速度“节流”发生。如以下将进一步单独地说明的,显微镜放大率也可以作为另一参数结合到聚焦速度控制系统中。

[0019] 如果聚焦驱动器速度与标记间距之间的比例关系可以由多项式函数或指数函数表示,那么已经被证明是有利的。二次函数或指数函数是特别有利的。

[0020] 多项式函数可以以下形式存在:

$$[0021] \quad v(d) = k_0 d^0 + k_1 d^1 + k_2 d^2 \dots k_{x-1} d^{x-1} + k_x d^x,$$

[0022] 其中, v 表示聚焦速度,且 d 表示标记间距。 k_0 至 k_x 表示第 x 阶多项式函数的系数。在实践中,四阶函数是足够的;二次函数(二阶多项式函数)是有利的。

[0023] 指数函数具有以下形式:

$$[0024] \quad v(d) = k_0 * e^{k_1 d},$$

[0025] 其中, k_0 和 k_1 是指数函数的系数。

[0026] 为了在物体上产生标记,相应的自动聚焦光束路径被耦合到显微镜的光束路径中。为了产生相应的自动聚焦光束路径,使用一个或多个点光源是有利的。“点光源”需要被理解为点状的光源,例如LED或激光光源,其呈现出特别是高平行性的辐射。使用激光二极管是特别优选的。激光二极管的辐射可以用作用于在物体上产生标记的自动聚焦光束路径。为此,自动聚焦光束路径通过分束器被耦合到显微镜的光束路径中。可选地,然而,两个(或更多个)点光源也可以被直接布置在显微镜的光束路径中。在这种情况下,如果两个点光源被布置在显微镜的光束路径的最外面的边缘处(特别地在物镜的观测光瞳之外),那么是有利的。

[0027] 现代显微镜(特别是手术显微镜)包括被布置在显微镜物镜之后的变焦系统。立体

显微镜包括用于每个观测通道的单独的变焦系统,立体显微镜在两个通道中产生相同的放大率。用这样的显微镜,自动聚焦光束路径的输入耦合通过分束器在物镜与一个变焦系统(在立体显微镜的情况下是多个变焦系统)之间进行是有利的。类似地,在被布置在显微镜的光束路径中的点光源的情况下,所述光源被布置在物镜与一个变焦系统(多个变焦系统)之间。这样的布置的结果是,不管被设置的变焦放大率如何,在物体上的标记(激光斑点)的直径都保持相同,而如果检测器(对于其部件)被布置在变焦系统后面,那么标记的像相应地被放大。

[0028] 将点光源布置在物镜与一个变焦系统(多个变焦系统)之间或者将自动聚焦光束路径在物镜与一个变焦系统(多个变焦系统)之间输入耦合的进一步重要的优点是,然后两个自动聚焦光束路径可以在主动横截面(以下是“观测光瞳”)之外输入耦合。下面在示例性的实施例的情况下将再次单独地讨论这种配置。

[0029] 一般而言,所使用的变焦系统是被布置在成像到无限远的物镜后面的远焦的变焦系统。在这样的情况下,自动聚焦光束路径在显微镜的光束路径中平行于显微镜的光轴延伸。再一次,将自动聚焦光束路径(当使用激光二极管时是激光束路径)在观测光瞳之外输入耦合或产生是有利的。当使用不同类型的物镜时,如果标记需要在焦平面中合并,那么自动聚焦光束路径(当使用激光二极管时是激光束路径)需要相应地以会聚或发散的方式被布置。原则上,自动聚焦光束路径相对于光轴的精确对准不是至关重要的,假如被产生的标记在焦平面中具有离开彼此的预定的独特或明确的间距 d_F ;该间距也可以不等于零。

[0030] 在手术显微术中通常使用的变焦系统的变焦因数为6(最大变焦放大率至最小变焦放大率);通常使用的变焦系统是具有典型地20cm至50cm的可调节的焦距的多焦点物镜或所谓的变焦距物镜。

[0031] 通过显微镜物镜延伸的自动聚焦光束路径在物体上产生相应的标记。从物体反射的标记的辐射(以下为了简单被称为“从物体反射的自动聚焦光束路径”)通过显微镜的一个观测光束路径或多个观测光束路径延伸。通过相应的分束器将标记的像从显微镜的观测光束路径中耦合输出是有用的。当变焦系统存在时,在变焦系统后面(当从物镜观察时)进行该输出耦合是有利的。分束器将被输出耦合的光束路径引导到检测器(摄像机)上,然后在检测器(摄像机)的光敏传感器表面上产生标记像。在立体显微镜的情况下,被反射的自动聚焦光束路径的输出耦合仅从立体显微镜的两个观测光束路径中的一个中进行是有用的,因为单视场的(monoscopic)标记像的成像对于确定标记的间距来说是完全足够的。

[0032] 特别地在手动的自动聚焦的情况下,例如由外科医生作为手术显微镜的操作员,使用相应的自动聚焦光束路径的不同波长来产生标记是有用的,然后该波长应该从可见波长区域获得。这也使检测对焦平面的通过容易,因为然后标记“切换”颜色。因而,容易监测聚焦方向。

[0033] 在自动的自动聚焦的情况下,相反地,使用对人眼不可见(即,特别地来自红外波长区域)的标记是有用的。当然,必须注意的是,用于将自动聚焦光束路径输入耦合和输出耦合的分束器以及用于捕获标记像的检测器被设计用于所使用的自动聚焦光束路径波长。

[0034] 根据以上已经指出的实施例,可以使用通过沿着显微镜的光轴延伸的目标光束路径在物体上产生的目标标记。这样的目标标记的优点是,聚焦目的地(即正被聚焦的围绕目标标记的区域)被指示。特别地,对于具有隆起和凹陷的三维物体结构,这是有利的。在这方

面,使用可见的目标标记是有利的,以便外科医生或显微镜的其他操作员可以看到哪个物体区域正被聚焦。除如以上所描述的为了自动聚焦使用的在物体上产生的(至少)两个标记之外,还可以使用目标标记。

[0035] 可选地,根据标记间距,目标标记还可以代替为了自动聚焦使用的标记中的一个。在这种情况下,一个标记接近固定的目标标记,且当到达焦平面时这两个标记彼此合并(没有一般性限制)。

[0036] 为了使用手动的自动聚焦系统,使用可见的自动聚焦光束来产生可见的标记是特别有利的,在这种情况下使用不同的波长(例如红色标记和绿色标记)。在这种情况下,显微镜的操作员同时看到正被聚焦的物体区域,以便目标标记不是绝对必需的。在自动的自动聚焦的情况下,另一方面,使用不可见的标记(特别地来自红外波长区域)是特别优选的。自动聚焦标记然后不影响显微镜操作员对物体区域的光学研究。然而,在这种情况下,使用可见的目标标记是有用的,以便显微镜操作员(外科医生)可以检测正被聚焦的物体区域且可以在适用时主动地改变该物体区域。

[0037] 以上关于标记的陈述也适用于目标标记的产生,特别是关于相应的目标光束路径的输出耦合以及关于用于产生目标光束路径的点光源的布置和使用。

[0038] 如早先已经指出的,还调节作为显微镜放大率的函数的聚焦驱动器的速度是有用的。在高显微镜放大率下,当工作平面接近焦平面时标记接近彼此的速度比在更低的显微镜放大率下的标记接近彼此的速度大得多。然而,对于工作平面与焦平面之间的预定间距,在高显微镜放大率下的在传感器/检测器上的两个标记点之间的间距也比在低显微镜放大率下的两个标记点之间的间距更大。然而,如果在两种情况下焦平面与当前工作平面之间的间距是相同的,那么聚焦速度应该也具有相同的值。因此,使聚焦驱动器速度与标记间距之间的比例关系还依赖于显微镜放大率的参数是有用的。

[0039] 对于这个有利的实施例,显微镜放大率的值必须被递送到自动聚焦评估和控制单元。因为可改变的显微镜放大率主要由可改变的变焦放大率确定,所以将变焦放大率 Γ 递送到评估和控制单元是足够的。 Γ 的值通常为在0.4与2.4之间。

[0040] 通过改变被确定的标记间距来说明显微镜放大率是有利的。没有一般性限制,下面将仅考虑变焦放大率。标记间距的以下改变是特别优选的:

[0041] $d' = d / \Gamma$

[0042] 在高变焦放大率($\Gamma = 2.4$)下,大的标记的间距 d 相应地被降低至 d' 。然而,在低变焦放大率($\Gamma = 0.4$)下,小标记间距 d 被增大至 d' 。因此,通过标记间距的这种改变,可以消除变焦放大率对聚焦速度的影响。所有必需的是在以上所描述的方程中用 d' 代替 d 。

[0043] 对于用于自动聚焦的该配置,从在恒定的聚焦驱动器的速度下标记间距的变化率确定显微镜放大率是可能的。具体地:显微镜放大率越高,当接近焦平面时在物体上的标记将朝向彼此移动的速度越大,如果聚焦驱动器的速度仍然被设置为恒定值。例如,对于已知的显微镜放大率,可以用在恒定的聚焦驱动器的速度下标记间距的变化率校准该系统,且在随后操作时被设置的特定的显微镜放大率可以从该校准曲线被确定。可选地,在当今的现代显微镜中,作为一般规则,显微镜放大率或变焦放大率可以被截取或选择作为电子信号。

[0044] 本发明进一步涉及一种用于实现以上详细讨论的根据本发明的方法的自动聚焦

设备。关于该方法及其实施例的所有陈述对于根据本发明的自动聚焦设备都是同样有效的,不需要对该目的单独说明。因此,自动聚焦设备及其实施例的以下描述将限于为此所必需的装置元件。

[0045] 根据本发明的自动聚焦设备包括用于捕获在物体上产生的标记的显微镜像的检测器;还设置有确定标记的间距的评估单元。作为被确定的标记间距和可选地另外的显微镜参数(例如,特别是显微镜放大率或变焦放大率)的函数,聚焦驱动器的速度(即,工作平面被移置到焦平面中的速度)由控制单元调节。在这方面,需要说明的是,聚焦驱动器可以操作地连接至相应的多焦点物镜或变焦距物镜,多焦点物镜或变焦距物镜的焦距在预定范围内是可改变的。可选地或另外地,(至少)显微镜物镜可以在光轴的方向上被移动,以便调节焦点。再次可选地或另外地,为了聚焦目的,待研究的物体被定位在其上的显微镜载台可以沿着光轴移动。因此,聚焦驱动器可以对所描述的部件中的一个或多个起作用,“聚焦驱动器的速度”始终意欲是指在物体中的工作平面被移置到焦平面中的速度。

[0046] 用于在在显微镜中自动聚焦的自动聚焦设备的特别合适的配置可以被描述如下:在显微镜物镜的朝向远离物体的侧面上,两个点光源被布置在被布置在物镜下游的变焦系统之前。假设物镜成像到无限远。点光源产生平行于光轴延伸的自动聚焦光束路径。点光源特别地被布置在观测光瞳之外。如果物体的工作平面位于焦平面中,那么由自动聚焦光束路径在物体上产生的标记合并或变成重合的。当从物镜观察时,分束器被布置在变焦系统后面,分束器将标记的像从显微镜的观测光束路径中耦合输出且将标记的像递送到检测器(摄像机)。在具有两个变焦系统用于产生两个观测光束路径的立体显微镜的情况下,如果分束器被布置在两个变焦系统中的一个后面(即在两个观测光束路径中的一个中),那么是足够的。检测器可操作地连接至评估单元。标记像中的标记的间距的确定在这个评估单元中发生。对聚焦驱动器速度的相应的控制信号与标记间距相关联。相应的控制单元将这个信号传送到聚焦驱动器。聚焦驱动器转而连接至负责使显微镜聚焦的相应的显微镜部件。该显微镜部件可以是以下部件中的一个或多个:多焦点物镜或变焦距物镜,物镜的 z 位移,和仅显微镜载台的 z 位移(“ z 位移”是指在光轴的方向上的位移)。当使用多焦点物镜时,如果散焦发生在多焦点物镜可以覆盖的范围之外,除用多焦点物镜聚焦之外还提供通过移动物镜或显微镜载台的聚焦作用可能是有用的。

[0047] 需要理解的是,在不脱离本发明的范围的情况下,以上所详述的特征和以下将被说明的特征不仅可用于所指出的特定的组合中,而且可用于其他组合中或者单独地被使用。

[0048] 基于示例性的实施例在附图中示意性地示出本发明,且下面将参考附图详细描述本发明。

附图说明

[0049] 图1示意性地示出在立体显微镜中的根据本发明的自动聚焦设备的配置;

[0050] 图2示意性地示出在优选的实施例中的标记间距与聚焦速度之间的比例关系;和

[0051] 图3示意性地示出通过图1的显微镜的主光束路径的横截面。

[0052] 部件列表

[0053] 1-变焦系统 2-物镜 3-分束器 4-检测器 5-点光源 6-聚焦驱动器 7a-评估单元

7b-控制单元 8-像段 9-工作平面 10-焦平面 11-(立体)显微镜 12-标记13、14-自动聚焦光束路径 15-控制曲线 16-控制曲线 17-光轴 18-物镜的透明孔19-观测光瞳 20-变焦系统光瞳 d -标记的间距 d_F -在焦平面中的标记的间距 v -聚焦驱动器的速度 d' -改变的标记间距 Γ -显微镜放大率/变焦放大率

具体实施方式

[0054] 图1示意性地示出用于在显微镜11中自动聚焦的自动聚焦设备的特别优选的实施例。仅显微镜(这里是立体显微镜)的最基本的部件被示出到说明本发明所必需的程度。在本实施例中,立体显微镜11包括多焦点物镜2以及由两个变焦通道组成的变焦系统1。这里,未示出立体显微镜的另外的部件,例如双目镜管。为了简单,将假设显微镜11的聚焦唯一地通过多焦点物镜2进行。因此,在此情况下,不考虑物镜2和/或显微镜载台(未示出)为了聚焦目的的移动。

[0055] 自动聚焦设备基本上由检测器4、组合成一个共用单元的评估单元7a和控制单元7b、以及控制多焦点物镜2的聚焦驱动器6组成。检测器4可以是(CCD)摄像机,其捕获在将用显微镜11研究的物体上的标记12的像。标记12的间距 d 在评估单元7a中被确定。评估单元7a和控制单元7b也可以彼此分离地实现;特别地,评估单元7a也可以是检测器4的组成部分,而控制单元7b转而可以是聚焦驱动器6的组成部分。

[0056] 图1示出三个像段或像区域8,像段或像区域8示出在物体上的标记12的像,物体的工作平面9与焦平面10有间距。像段8可以是由摄像机/检测器4捕获的像的一段。最上面的像段8与远离焦平面10的上面的工作平面9相关联。中间的像段8与更接近焦平面10的中间的工作平面9相关联;最低的像段8与非常接近焦平面10的工作平面9相关联。当工作平面9接近焦平面10时,在该像段8中的标记12的间距 d 相应地减小。在最低的像段8中,标记12接触彼此;在到达焦平面10时,标记12将合并或变成重合的。然后相应的间距 d_F 为0。

[0057] 在本实施例中,使用依次各自由点光源5产生的两个自动聚焦光束路径13和14来产生标记12。两个点光源5(在这种情况下是激光二极管)被布置在显微镜11的光束路径中的物镜2的观测光瞳之外(在这方面,也参见图3的说明)。点光源5产生平行于显微镜11的光轴17延伸且由物镜2聚焦在焦平面10中的自动聚焦光束路径13、14。

[0058] 如果选择具有来自可见区域的波长的自动聚焦光束路径,那么位于当前工作平面9的物体上的标记是可见的。在这样的情况下,使用两个不同的波长是有用的。例如,在焦平面10之上,右侧的标记12将具有颜色1,而左侧的标记12将具有颜色2;在焦平面10已经被通过之后,颜色将“被切换”,即右侧的标记12然后将具有颜色2,而左侧的标记12将具有颜色1。由此,可以容易地检测聚焦方向。

[0059] 在物体上存在的标记12由显微镜部件和检测器/摄像机部件成像到检测器4的检测器表面上。如已经说明的,相应的像段8在图1中示出。设置优选地被布置在变焦系统1后面(当从物镜2观察时)的分束器3,以便将标记像输出耦合。因为单视场的标记像对于评估标记间距 d 来说是足够的,所以将分束器3布置在立体显微镜11的两个观测光束路径中的仅一个中是适当的。

[0060] 评估单元7a使用本身已知的图像处理方法评估在标记像中的两个标记12的间距 d 。根据被确定的标记间距 d ,控制单元7b产生用于聚焦驱动器6的相应的信号。控制单元7b

的信号控制聚焦驱动器6的速度,即当前工作平面9被移动到焦平面10中的速度。为此,负责在多焦点物镜2中聚焦的透镜元件以与标记间距成比例的相应的速度被移动。

[0061] 对于在当前工作平面9与焦平面10之间的大间距 d (参见最上面的像段8),高聚焦速度由控制单元7b选择,且将相应的信号发送到聚焦驱动器6。当标记间距 d 减小时,聚焦速度变得更低。对于非常小的间距 d (参见最低的像段8),聚焦速度被设置得相应地低,以便使得能够受控制地接近焦平面10。这可以防止无意地通过焦平面10。 v 与 d 之间的关系优选地为二次的或指数的。

[0062] 图2定性地示出聚焦速度(以 $1/\text{min}$ 为单位)与改变的标记间距 d' (以 mm 为单位)之间的优选的关系。通过将标记间距 d 除以变焦放大率 Γ ($\Gamma=0.4$ 至 2.4)而确定值 d' 。图2示出两个优选的控制曲线15和16;控制曲线15描述 v 与 d' 之间的指数关系,而控制曲线16产生 v 与 d' 之间的多项式关系、特别是二次关系。显然明白的是,在两种情况下,对于大标记间距,存在与聚焦速度近似线性的关系,而当标记间距减小时,聚焦速度更大地降低。根据图2所示出的函数中的一个有利地被存储作为控制单元7b中的控制曲线。可以提供:当用户要求时,适配这个函数。

[0063] 图3示意性地示出通过如图1所示的显微镜的(主)光束路径的横截面。例如,该横截面位于物镜2与变焦系统1之间的点处(参见图1)。示出围绕变焦系统1的两个通道的物镜2的横截面。变焦系统光瞳或者更精确地两个变焦通道的光瞳被标为20。在物镜的平面中的观测光瞳19主要由变焦系统(变焦通道)的入射光瞳限定。观测光瞳19与物镜的边缘之间的区域被称为物镜的透明孔18。

[0064] 如果自动聚焦光束路径13、14被布置在物镜的透明孔18的区域中,那么这导致以下重要的优点:两个自动聚焦光束路径13、14可以在观测光瞳19之外被耦合输入。相反地,如果自动聚焦光束路径13、14在变焦系统1之后(当从物镜2观察时)被耦合输入,那么自动聚焦光束路径13、14将需要被直接放置在观测光瞳19中,以便允许自动聚焦光束路径13、14撞击物体;然而,这会导致渐晕。

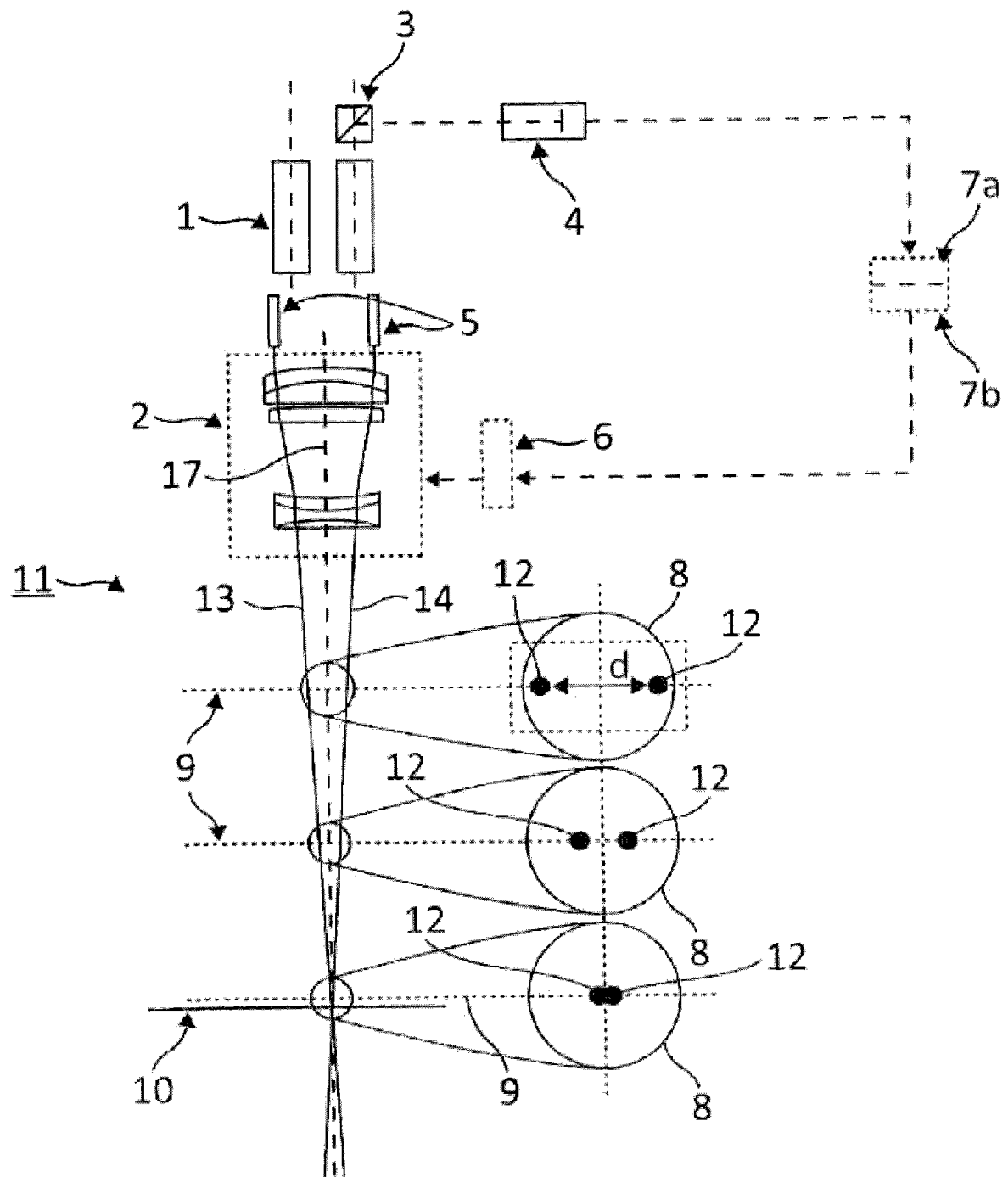


图1

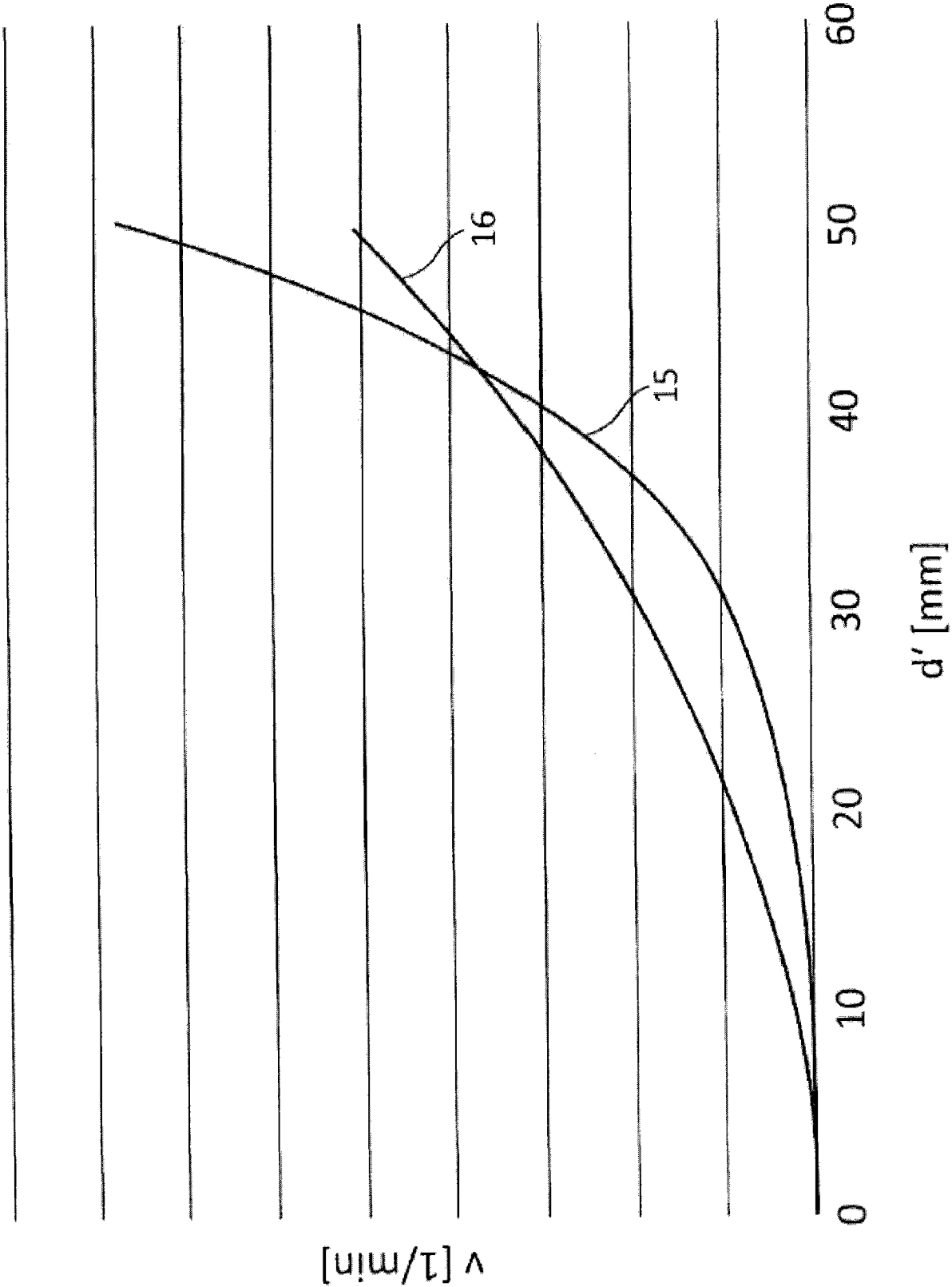


图2

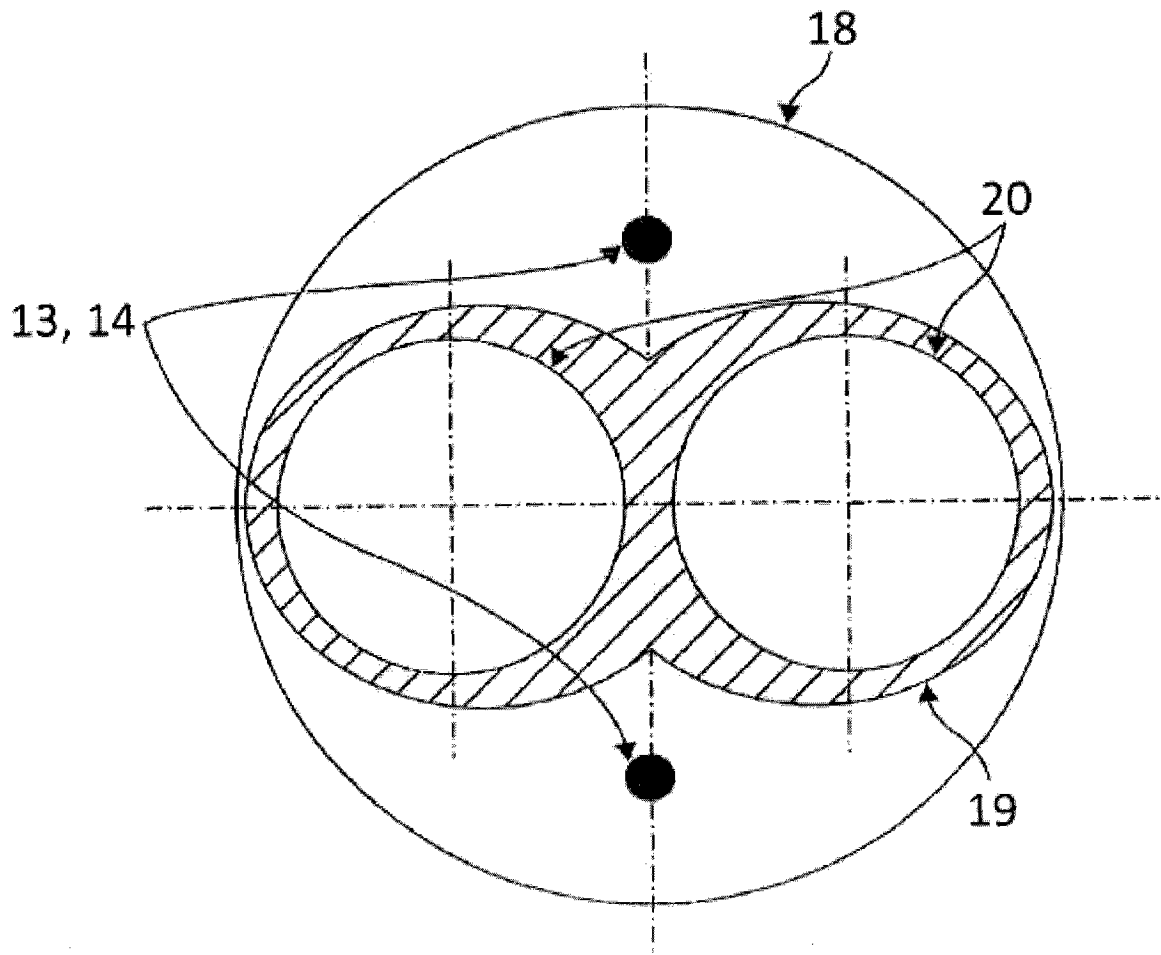


图3