



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200510073923.0

[43] 公开日 2005 年 11 月 30 日

[11] 公开号 CN 1701753A

[22] 申请日 2005.5.23

[21] 申请号 200510073923.0

[30] 优先权

[32] 2004.5.24 [33] JP [31] 2004-153493

[71] 申请人 富士能株式会社

地址 日本国埼玉县

[72] 发明人 町屋守 秋庭治男

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司

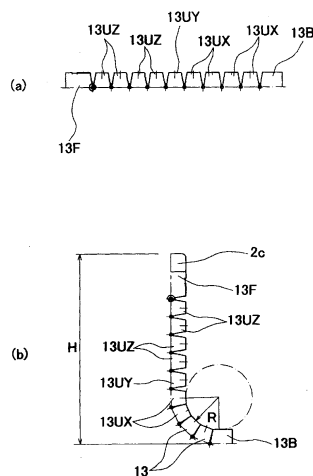
代理人 刘晓峰

权利要求书 1 页 说明书 8 页 附图 6 页

[54] 发明名称 内窥镜弯曲部

[57] 摘要

本发明提供一种内窥镜弯曲部。使具备弯曲部所需弯曲角度后，紧凑弯曲操作时弯曲部移动轨迹，加大弯曲时曲率半径的内窥镜弯曲部：组成弯曲部构造体(10)的基端侧单位角环(13UX)之间以及(13UX)和(13UY)之间连接部的合计凹槽(notch)幅度是在 $2 \cdot t_1$ 达到最小，单位角环(13UY)和(13UZ)之间连接部的合计凹槽幅度是在 $t_1 + t_2$ 达到中等，另外，连接前端侧单位角环(13UZ)之间部位的合计凹槽幅度是在 $2 \cdot t_2$ 达到最大，从最大弯曲时由单位角环(13UX)组成的圆到成 $1/4$ 圆弧角的位置，以单位角环(13UX)组成。



1. 一种内窥镜弯曲部，具有由所定数量的单位角环组成，在该各个单位角环的两端延长设置枢轴附着部，向从上述枢轴附着部逐渐远去的方向形成倾斜剪切的形状，枢轴附着前后的单位角环而构成的弯曲部构造体，其特征在于：

组成上述弯曲部构造体的各个单位角环中，在基端侧单位角环和前端侧单位角环加大基端侧单位角环侧长度，另外，缩小凹槽部的凹槽幅度而构成。

2. 根据权利要求1所述的内窥镜弯曲部，其特征在于：

上述单位角环是以具有向左右弯曲功能的一对角环为一套，向轴线方向布置的各个单位角环具有上下弯曲的功能。

3. 根据权利要求1所述的内窥镜弯曲部，其特征在于：

以将上述弯曲部构造体弯曲成最大弯曲曲率时，在基端侧形成的圆中大概成 1/4 的圆弧的位置为界线，改变位于前后的单位角环的长度以及凹槽部的凹槽幅度而构成。

内窥镜弯曲部

技术领域

本发明涉及一种构成用于医疗等领域的内窥镜插入部的弯曲部结构。

背景技术

使用于医疗等领域的内窥镜的大致构成是：在本体操作部连接插入体腔内等的插入部，并且拿出以至少可以在光源装置上装卸的形态连接的通用绳（universal cord）。插入部是从本体操作部的连接部位依次由软性部、弯曲部、前端硬质部组成。软性部是沿着插入路径向任意方向弯曲，而连接到上述软性部前端的弯曲部是可以通过设置于本机操作部的弯曲操作装置进行弯曲操作的部位。前端硬质部安装有由照明部和观察部组成的内窥镜观察机构，通过弯曲操作弯曲部控制前端硬质部的方向，从而可以指向插入路径或者改变内窥镜的观察视场。

作为弯曲部结构，具备所定数量的角环，并将前后角环通过枢轴附着针依次相互枢轴附着，从而组成弯曲部构造体。而且，在该弯曲部构造体的外周套上网状物，并在该网状物覆盖由弹性副材组成的外皮层。由此，弯曲部构造体内部以圆筒形状通道组成，并在通道内插入通过各种副材。插入通过上述通道内的副材有：传输照明光的光向导（light guide）、设置于观察部的固体摄像元件的信号光缆（如果是光学内窥镜，应为图像向导（image guide））、处置具插入通过通道以及送气送水管道。

这里，处置具插入通过通道的前端在前端硬质部，开口于观察部的附近。通过内窥镜观察机构观察体腔内部时，如果发现患处等，可以进行治疗，也可以用于采集细胞组织样本，也可以用于注入药液等。将插入部插入到体腔内的状态下，插入通过钳子以外的处置具。另外，处置具插入通过通道是从本体操作部延长到插入部内，而从该本体操作部到前端硬质部的接入部部位是由可向任意方向弯曲的可挠性管构成。

为了使弯曲部弯曲，以前后角环可以相互倾斜移动的状态进行连接，枢轴附着部在从角环的圆周方向成为 180° 的位置的两个部分被枢轴附着。而且，角环是从该枢轴附着部向 90° 的方向倾斜形成凹槽部，并按照上述凹槽部的角度控制前后角环之间的倾斜移动角度。随之，根据角环的长度及其凹槽部的倾斜角度，即凹槽幅度，决定弯曲部的弯曲曲率。另外，左右

枢轴附着角环时，整体弯曲部可向上下方向弯曲，如果按照左右及前后顺序反复执行枢轴附着，整体弯曲部可向上下及左右四个方向弯曲。

为了通过远程操作弯曲弯曲部，从构成设置于本体操作部的弯曲操作装置的卷取辊延长设置有 2 行甚至 4 行的弯曲操作金属丝。延长设置这些弯曲操作金属丝，以便在弯曲部内由金属丝向导(wire guide)按照圆周方向被确定位置的状态下可以进行推拉操作。例如，按照上下方向弯曲弯曲部时，在弯曲部内，拉住位于上下的一对弯曲操作金属丝的一方，并以类似于依次解开另一方的方式进行操作。弯曲部用来按照所愿方向操作前端硬质部，而且为了将设置于前端硬质部的内窥镜观察视场从前方到后方可以进行方向转换，至少一个方向的弯曲角度要达到 180° 以上，而最好是达到 200° 以上。因此，根据最大弯曲角度设置弯曲部的长度以及形成该弯曲部构造体的角环形状。

但是，弯曲部也可以在狭窄的体腔内进行弯曲操作，因此弯曲操作时弯曲部的移动轨迹最好是尽可能地紧凑。另外，也有可能弯曲弯曲部的状态下在处置具插入通过通道内插入通过处置具，因此为了顺利插入通过处置具，在最大限度地弯曲时曲率半径要尽可能放大。

这里，为了控制弯曲部的弯曲形状，按照轴线方向改变以根据圆周方向定位角环长度或者弯曲操作金属丝为目的而设置的金属丝向导位置。例如专利文献 1 所述。

【专利文献 1】日本专利公开平 3-218723 号公报

发明内容

根据上述传统技术，通过向弯曲部上前端侧，即前端硬质部的连接部位方向连续缩小角环长度，从而缩小弯曲部的弯曲曲率半径，并小范围旋转弯曲部，以便在狭窄的体腔管内弯曲操作弯曲部时，前端硬质部的移动轨迹会变得紧凑。其结果，可以排除在进行这个动作时在前端硬质部的体腔内壁产生的强压，不仅可以减轻被检查人员的痛苦，还可以提高弯曲部的操作性能。

可是，弯曲部要求即使在弯曲状态将处置具插入通过处置具插入通过通道内时，也要提供极其良好的操作性能。尽管在处置具插入通过通道进行插入通过的处置具有软管等软质部件，但是也有钳子等硬度极高的，即，也有像在前端的钳爪及其开关机构，向轴线方向的长度部分为硬质部分的处置具。如果弯曲弯曲部，插入通过到其内部的处置具插入通过通道也会按照与该弯曲部几乎相同的曲率弯曲，而且在最大限度的弯曲状态下，处置具插入通过通道也同样急剧弯曲。如此，在上述急剧弯曲的通道插入通过钳子等插入通过条件极差的处置

具时，会加大插入阻抗，降低操作性能，而且使处置具插入通过的通道内壁得到处置具前端的压迫，也会促使组成上述处置具插入通过通道的可挠性管发生变形或者损坏。

本发明是考虑上述内容而进行的，其发明的目的在于：使弯曲部具备所需弯曲角度的状态下，尽可能紧凑弯曲操作时弯曲部的移动轨迹，也尽可能加大弯曲时曲率半径。

为了实现上述目的，本发明提供一种内窥镜弯曲部，其弯曲部具有弯曲部构造体：由所定数量的单位角环组成；在该各个单位角环的两端延长设置枢轴附着部；向从上述枢轴附着部逐渐远去的方向形成倾斜剪切的形状；枢轴附着前后的单位角环而构成。其特征在于：构成上述弯曲部构造体的各个单位角环中，在基端侧的单位角环和前端侧的单位角环，加大基端侧单位角环长度，并缩小凹槽部的凹槽幅度。

角环由圆筒状副材组成，在其两端部，从左右或者上下及左右各一对突出的部分是由枢轴附着部形成，而且接合前后角环的枢轴附着部，以枢轴附着针固定连接。如果在左右相互附着各一对枢轴附着部，弯曲部就可以向上下弯曲。并且，如果以上下及左右相互交替地枢轴附着，弯曲部就可以向上下及左右四个方向弯曲。向上述四个方向弯曲时，如果弯曲上下方向，以上下枢轴附着的前后一对角环，就可以作用为一体物。单位角环组成为可向两个方向弯曲的结构时，以一个角环为一套组成单位角环，而单位角环组成为可向四个方向弯曲的结构时，以两个角环为一套组成单位角环。

通常，组成为可向四个方向弯曲的结构时，能得到最大的弯曲曲率的是向上弯曲时。此时，单位角环是以枢轴附着以便可以向左右弯曲的前后一对角环组成一个单位角环。

而且，单位角环的长度是从圆周方向的同一方向突出的一侧枢轴附着部到另一侧枢轴附着部之间的间隔。更严谨地讲，它是固定到枢轴附着部而连接的枢轴附着针中心位置之间的间隔。另外，从上述枢轴附着部以约 90° 的方向形成倾斜，该倾斜部分是凹槽部，其剪切部分的幅度是按照从该凹槽部的倾斜角度而被决定。尽管上述单位角环的长度及其凹槽幅度是按照上述方法设置，但是在弯曲部的轴线方向连续改变或者阶段地改变单位角环的形状。连续改变形状时，利用尺寸不同的各种角环。如果采取分阶段改变形状的构成，就可以减少被使用的角环种类。因此，应分阶段改变单位角环，最好是以 2 至 3 个阶段左右进行改变。此时，如果组成为将弯曲部构造体弯曲成最大弯曲状态形成的圆中，大概成 $1/4$ 的圆弧位置为界线改变单位角环的长度及凹槽部角度的结构，就可以尽可能缩小弯曲操作弯曲部时的前端硬质部移动轨迹，而且弯曲时的曲率半径变大。

如上所述构成，无需限制弯曲部的弯曲角度，也可以实现紧凑弯曲，同时，可以扩大弯曲曲率，从而可以顺利执行狭窄体腔管内等的弯曲操作，可以减轻患者的痛苦，又提高处置具的插入通过操作性能。

附图说明

图 1 是具备本发明中弯曲部的内窥镜整体构成图；

图 2 是图 1 中弯曲部的断面图；

图 3 是表示插入部工作状态的作用说明图；

图 4 是单位角环的正面图；

图 5 是表示利用为单位角环的两种角环的正面图；

图 6 是表示直延长弯曲部构造体的状态和弯曲到 90° 的状态的构成说明图。

具体实施方式

以下，参照附图详细说明本发明的具体实施例。

图 1 表示内窥镜的整体结构，并且图 2 表示插入部前端部分的断面。

首先，在图 1 中，(1)是本体操作部，(2)是插入部，(3)是通用绳。本体操作部(1)是为让手术人员等操作内窥镜的人员用单手操作的，而插入部(2)是用于插入到体腔内的。另外，通用绳(3)具备其另一端以在光源装置上可以装卸的方式连接的光源连接器。另外，如果是电子内窥镜，还具备连接到与光源装置构成一体或单独设置的处理器接入连接器。只是，通用绳(3)的端部结构是众所周知的，因此省略其图示及说明。

在插入部(2)，从本体操作部(1)的连接部分到所定长度部分是按照该插入部的插入路径构成可以向任意方向弯曲的软性部(2a)，该软性部(2a)的前端连接了弯曲部(2b)，而且，弯曲部(2b)的前端连接了前端硬质部(2c)。如图 2 所示，前端硬质部(2c)中，在其前端面(或者前端侧面)设置有由照明部及观察部组成的内窥镜观察机构(4)，并在靠近观察部的位置有开口的处置具插入通过通道(5)。弯曲部(2b)用来控制该前端硬质部(2c)的插入方向，并改变内窥镜观察机构(4)的观察视场。该内窥镜的观察视场，为了具备自插入部(2)向前方至后方的广阔观察视场，使弯曲部(2b)的弯曲角度范围达到 180° 以上，最好是达到 200° 乃至其以上。

图 2 表示弯曲部(2b)的构成。弯曲部(2b)具备内部组成圆形通道的弯曲部构造体(10)，在该弯曲部构造体(10)套上网状物(11)，并在网状物(11)上覆盖由弹性副材组成的外皮层

(12)。由此，弯曲部构造体(10)成为弯曲部(2b)的构造体，而其内部通道里，尽管未作图示，但插入通过以前的技术说明中所述的各种副材。而且，弯曲部构造体(10)按照压缩方向具备超强的强度。并为此角环(13)由金属形成。

弯曲部构造体(10)是将角环(13)依次枢轴附着而组成，在其两端安装了连接到软性部(2a)的基端侧连接环(13B)和连接到前端硬质部(2c)的前端侧连接环(13F)。角环(13)是一种圆形环状副材，其两侧安装了枢轴附着部(13a, 13b)，而其枢轴附着部(13a, 13b)则构成了平坦的部位。另外，一端侧枢轴附着部(13a)是以相互 180° 的位置关系设置了一对，而其另一端侧的枢轴附着部(13b)也设置了一对，以使其对于一端侧的枢轴附着部(13a)构成 90° 的位置关系。上述各个枢轴附着部(13a, 13b)上分别有针插入通过孔，结合前后角环(13)的枢轴附着部(13a, 13a)之间以及枢轴附着部(13b, 13b)之间，并用枢轴附着针(14)固定粘贴，以便使前后角环(13, 13)之间根据枢轴附着针(14)的轴旋转而相对回动。例如，角环(13)左右枢轴附着部(13a)之间枢轴附着的部位是可以使前后角环(13, 13)向上下方向回动，而上下枢轴附着部(13b)之间枢轴附着的部位可以向左右方向回动。

在弯曲部构造体(10)的两端的基端侧及前端侧的连接环(13B, 13F)中，基端侧连接环(13B)具有向位于前方的角环(13)的枢轴附着部。基端侧没有设置枢轴附着部，连接到软性部(2)的连接环(15)，并以焊接或锡焊等方式加以固定。另外，前端侧连接环(13F)虽然具备与其后方角环(13)的枢轴附着部，可是前端侧并没有设置枢轴附着部。而且，该前端侧连接环(13F)是嵌合在前端硬质部(2c)的基端部，并用固定螺丝钉等加以固定。

弯曲部(2b)可以用设置于本体操作部(1)的弯曲操作装置(6)以远程操作加以弯曲。为此，在各个枢轴附着针(14)上形成了金属丝向导孔(14a)。操作金属丝(16)插入通过该金属丝向导孔(14a)，将各个操作金属丝(16)的前端部固定在前端侧连接环(13F)上。另外，操作金属丝(16)的向导(guide)也可以通过设置于角环(13)的切割弯曲部而构成。

在具备上述结构的内窥镜中，将其插入部(2)插入到体腔管内时的状态如图 3 所示。在该体腔管内，可以改变前端硬质部(2c)的方向，以便内窥镜观察视场从插入部的前方转向后方。为此，尽管弯曲操作弯曲部(2b)，但是弯曲该弯曲部(2b)时，如用实线表示，该图中的 b 显示从其以直线延伸到前方的状态至弯曲成与其成为直角时的形状，而该图中的 c 显示构成最大弯曲角度时的形状。

在弯曲部(2b)的姿势状态(b)中，需要缩短其竖放高度(H)。如果上述高度(H)变高，转变方向时，前端硬质部(2c)将被体腔管内壁严重受压。其结果，会加大弯曲操作时的阻抗，也

为患者带来巨大的痛苦。而且,如果高度(H)显著变高,就有可能发生体腔管内壁损伤的事态。处置具插入通过通道(5)插入通过了弯曲部(2b)的内部,该处置具插入通过通道(5)以与弯曲部(2b)的弯曲曲率几乎相等的曲率进行弯曲,因此,如果弯曲部(2b)的曲率半径变小,会随之急剧弯曲。其结果,很难将处置具插入到处置具插入通过通道(5)内。特别是,如钳子等,前端部分存在所定长度的硬质部分时,会急剧加大处置具插入通过通道(5)内部的插入操作阻抗,严重时也会发生操作中无法移动的现象。而且,为了让内窥镜的观察视场更大,在最大限度弯曲状态时,弯曲部(2b)应该至少可以向一个方向弯曲 180° 以上。

可是,将弯曲部(2b)构成为可以向上下及左右四个方向进行弯曲操作的状态时,通常不是使所有方向都具有相同的弯曲角度,而是使一个方向,具体地讲,将向上的弯曲角度设置成最大的角度。而内窥镜观察机构的观察视场转向后方时,通常将弯曲部(2b)向上弯曲操作,即,如图3所示的方向。由此,当向上弯曲操作,并从插入部的轴线形成 90° 角度时,可以最小限度地控制该插入部轴中心线(L)的竖放高度高度尺寸(H),并尽可能加大构成最大弯曲角度时的曲率半径(R)。

但是,如果可以将弯曲部(2b)向上下及左右四个方向进行弯曲操作,当向上弯曲时,在前后的角环(13)中,枢轴附着部(13b)之间枢轴附着的两个角环(13, 13)在向上下方向弯曲时,事实上成为一体,即,在图4中,用符号(13U)显示单位角环。虽然使向上下两个方向弯曲构成时,单位角环(13U)是由一个角环构成,但是使向上下及左右四个方向弯曲构成时,单位角环(13U)是由前后两个角环(13, 13)构成。

在此,将单位角环(13U)的轴线方向的长度尺寸设为(S)。该长度尺寸(S)是从安装在一方枢轴附着部(13a)的枢轴附着针(14)中心至安装在另一方枢轴附着部(13a)的枢轴附着针(14)中心之间的间隔。单位角环(13U)凹槽部中轴线方向间隔为凹槽幅度(T)。这里,为了在弯曲部(2b)向上弯曲;最小限度控制从插入部(2)轴线弯曲到 90° 时的高度(H);加大最大弯曲角度时的曲率半径(R),而按照如下内容构成各个单位角环(13U)。

首先,使用长度尺寸和凹槽幅度尺寸不同的两种角环。尽管各个单位角环(13U)是由两个角环组成,但是如图5所示,两种角环中,一方的角环(13P)是将长度,更具体地讲,从枢轴附着部(13a)的针插入通过孔中心至枢轴附着部(13a)的针插入通过孔中心的间隔为 s_1 ,从枢轴附着部(13a)至 90° 相位方向的凹槽部幅度为 t_1 。而另一方的角环(13Q)长度为 s_2 ,凹槽幅度为 t_2 。这里,要成为 $s_1 > s_2$, $t_1 < t_2$ 的尺寸关系。

在此,图6(a)显示弯曲部构造体(10)的上半部分的外观。如该图所示,单位角环有:组成连接角环(13P,13P)的单位角环(13UX)、连接角环(13P)和(13Q)的单位角环(13UY)以及连接角环(13Q,13Q)的单位角环(13UZ)。因此,单位角环(13UX)的长度(S)是 $2s_1$ 最长,单位角环(13UY)的长度(S)是 s_1+s_2 中为中等长度,而单位角环(13UZ)的长度(S)是 $(2s_2)$ 中为最短。在基端侧连接环(13B)依次连接所定数量的单位角环(13UX),并在前端侧的连接环(13F)依次连接单位角环(13UZ)。而且,中间设置一个单位角环(13UY)。

如上所述,单位角环(13UX)之间以及(13UX)和(13UY)之间连接部的合计凹槽幅度是在 $2t_1$ 达到最小,单位角环(13UY)和(13UZ)之间连接部的合计凹槽幅度是在 t_1+t_2 达到中等,而连接单位角环(13UZ)之间部位的合计凹槽幅度是在 $2t_2$ 达到最大。

可是,如果对于操作金属丝(16)施加张力弯曲弯曲部(2b),并不是全部弯曲部(2b)开始弯曲,而是从基端侧依次弯曲。即,连接基端侧连接环(13B)和与其邻接的单位角环(13UX)之间构成凹槽部的壁面,继而连接该单位角环(13UX)和位于其前方的单位角环(13UX)之间构成凹槽部的壁面,从而依次向前端侧弯曲。因此,在进行弯曲部(2b)的弯曲操作时,如图6(b)所示,虽然基端侧是弯曲的,但是前端侧也有直线状态。即,弯曲操作弯曲部(2b)时,首先其基端侧被立起,经过图6(b)所示状态,前端侧被弯曲而达到最大的弯曲状态。

在此,如图6(b)所示,在弯曲部(2b)的整体长度中,当弯曲部(2b)为 90° 弯曲状态,即最大弯曲状态时,单位角环(13UX)成为曲率半径(R),可是该曲率半径(R)的圆中 $1/4$ 的圆弧角位置,由单位角环(13UX)构成。由此,可以加大弯曲始端部分的曲率半径。只是,如果弯曲部(2b)的全长都是由单位角环(13UX)构成,高度(H)就会极大地增高。可是,前端侧安装了长度比该单位角环(13UX)短的一个单位角环(13UY)和比其更短的多个单位角环(13UZ),因此可以缩短从插入部(2)轴线形成 90° 时的高度(H)。因此,在弯曲弯曲部(2b)时的前端硬质部(2c)移动轨迹中,弯曲部(2b)以对于插入部(2)轴线形成 90° 的状态立起时,需要最宽的空间。这里,如果以最小限度控制该高度(H),移动轨迹就会紧凑,从而可以提高弯曲部(2b)的操作效率,并可以减轻被检查人员的痛苦。

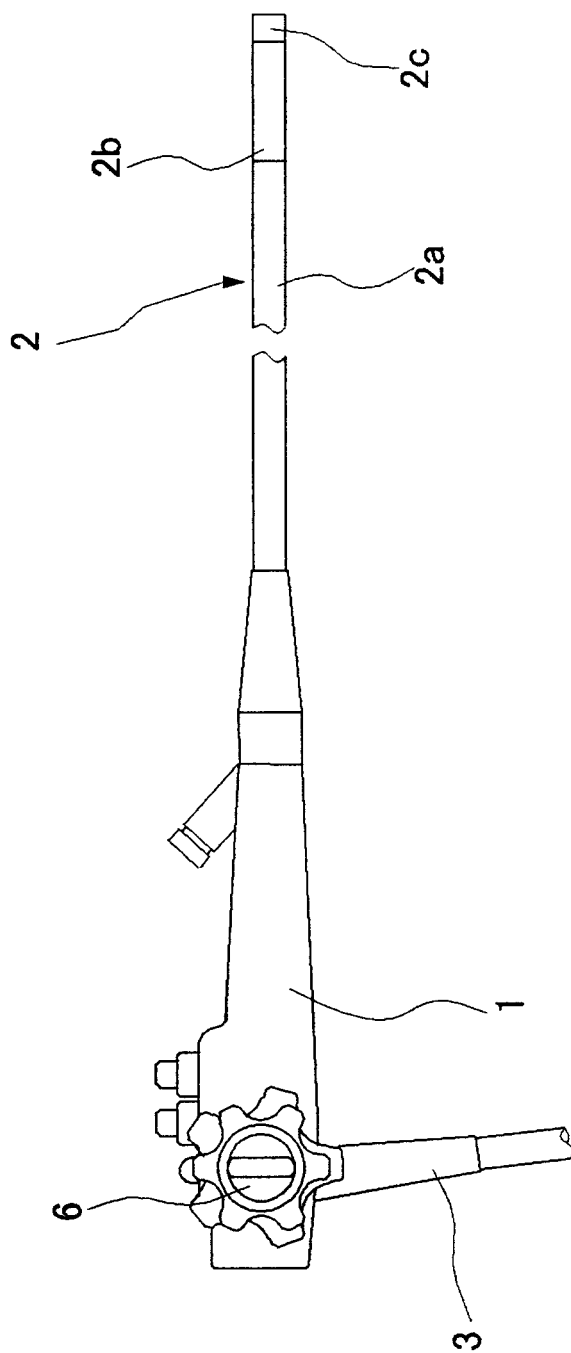
最大限度弯曲弯曲部(2b)时,与由其中单位角环(13UX)组成的部位相比,由位于其延长线上单位角环(13UZ)构成的部位的曲率半径变得更小。可是,由于其间存在单位角环(13UY),缓和曲率半径的移行,并且在该移行部的前阶段弯曲,因此曲率半径的移行相当于单位角环(13UX)和单位角环(13UZ)之间的曲率半径差,其弯曲变化程度小。由此,在最大限度弯曲弯曲部(2b)的状态下,在处置具插入通过通道(5)内插入通过处置具时,处置具在起始阶段为柔

软的弯曲状态，而且只可以在曲率半径的移行部更弯曲其曲率半径的差那样，从而确保插入操作的顺利进行。对此，在弯曲部(2b)的全长连接单位角环(13UZ)时，弯曲部(2b)整体曲率半径将变小，处置具的插入通过效果变差。

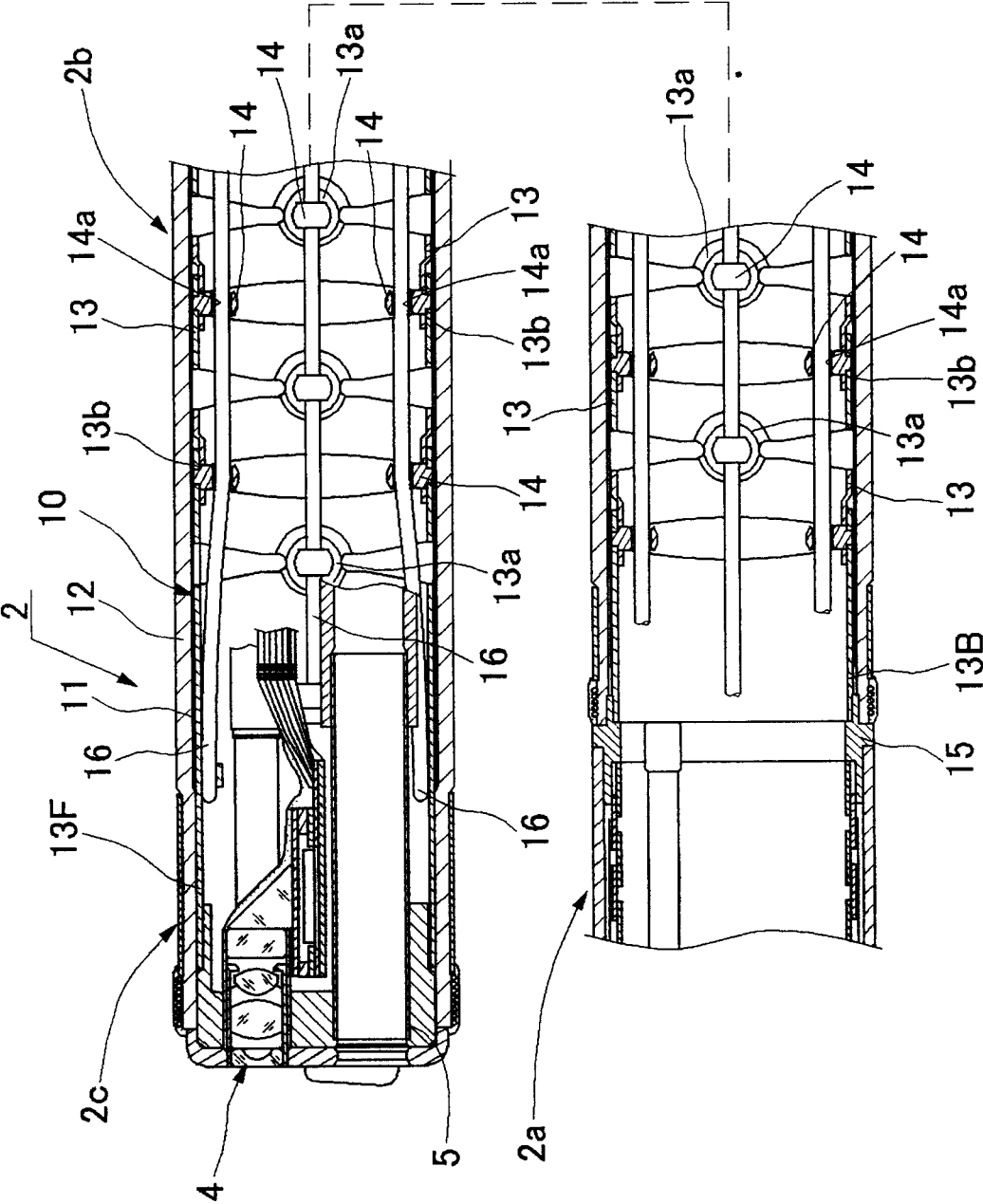
另外，即使连续更换单位角环的长度或者凹槽部的幅度，与上述发明的构成相比，会导致高度尺寸(H)变高或曲率半径尺寸(R)变小，或者高度尺寸(H)变高并曲率半径尺寸(R)变小。

而且，通过妥当设置单位角环(13UX)及单位角环(13UZ)的数量及其形状，以便其具备所需弯曲角度。

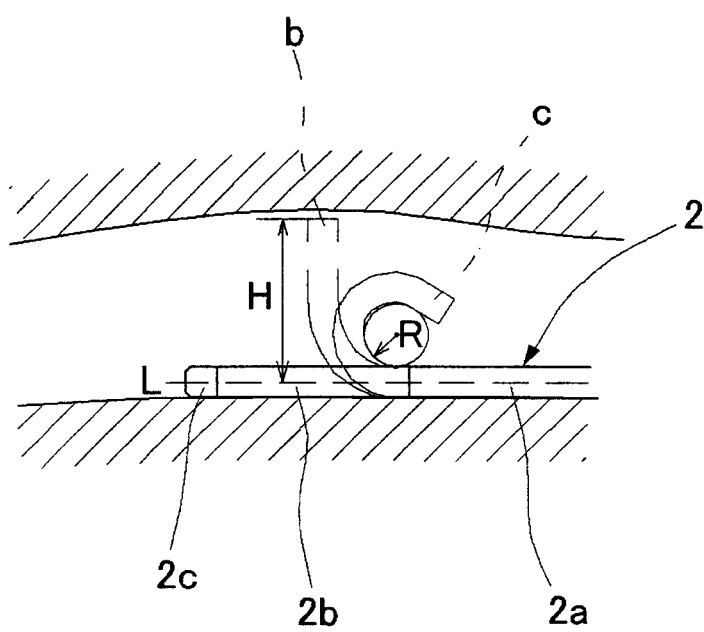
【图 1】



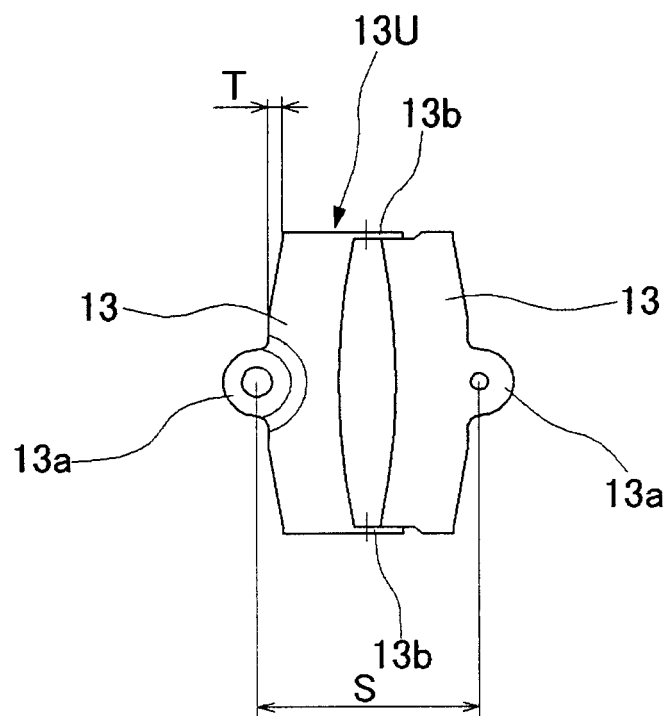
【图 2】



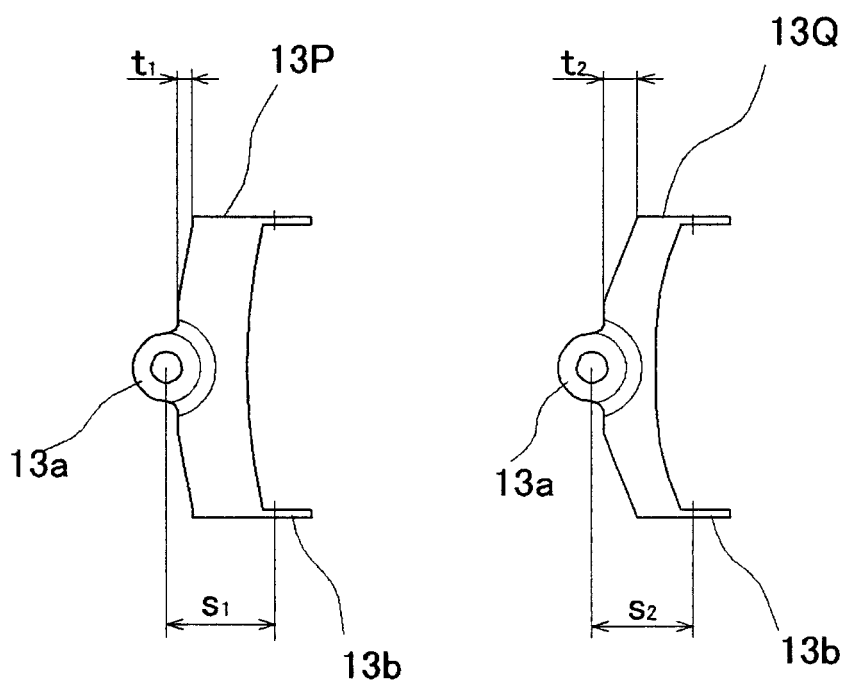
【图 3】



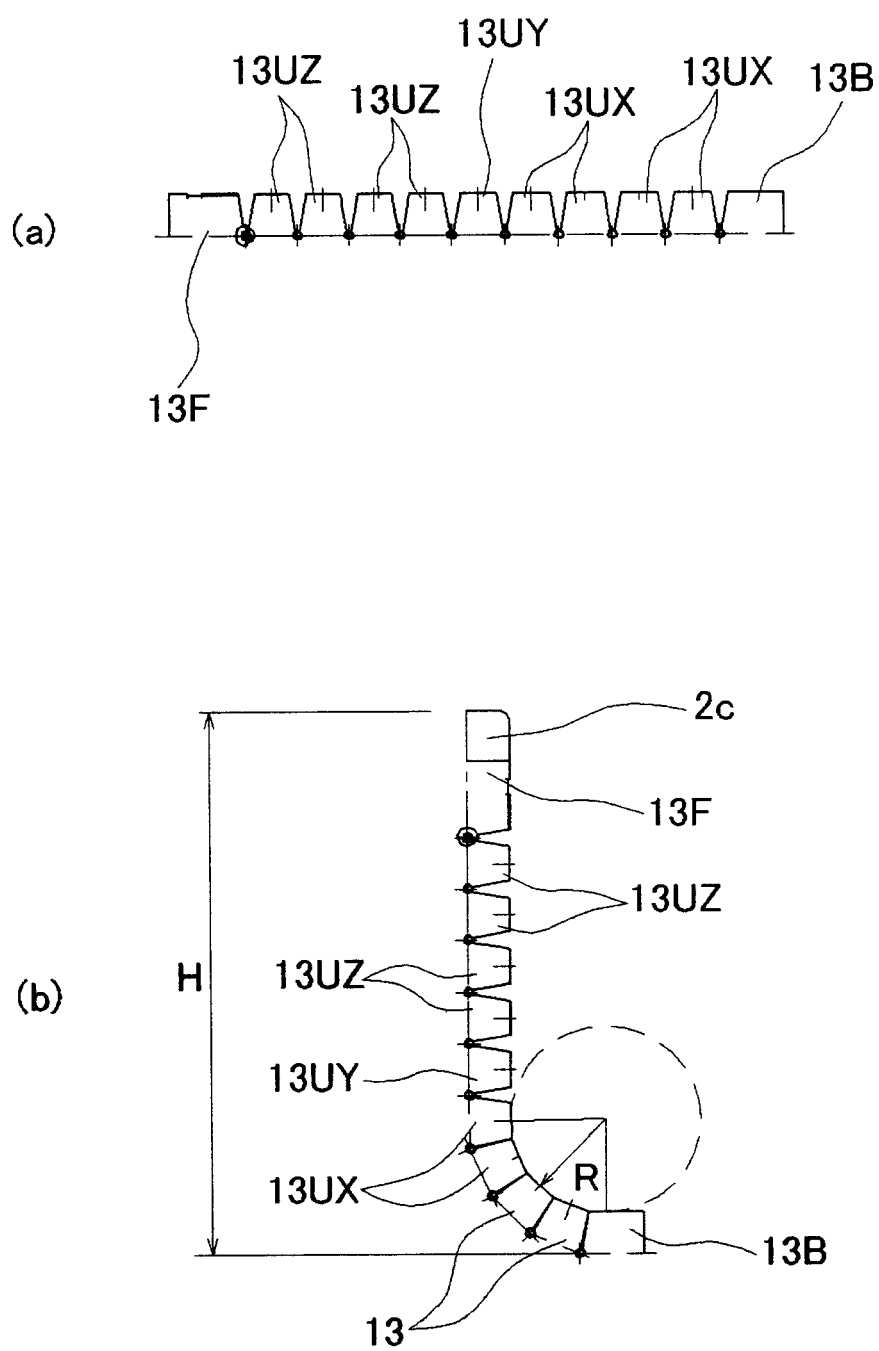
【图 4】



【图 5】



【图 6】



专利名称(译)	内窥镜弯曲部		
公开(公告)号	CN1701753A	公开(公告)日	2005-11-30
申请号	CN200510073923.0	申请日	2005-05-23
[标]申请(专利权)人(译)	富士写真光机株式会社		
申请(专利权)人(译)	富士能株式会社		
当前申请(专利权)人(译)	富士能株式会社		
[标]发明人	町屋守 秋庭治男		
发明人	町屋守 秋庭治男		
IPC分类号	G02B23/24 A61B1/00 A61B1/005 A61B1/05		
CPC分类号	A61B1/0055 A61B1/05		
代理人(译)	刘晓峰		
优先权	2004153493 2004-05-24 JP		
其他公开文献	CN100376200C		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明提供一种内窥镜弯曲部。使具备弯曲部所需弯曲角度后，紧凑弯曲操作时弯曲部移动轨迹，加大弯曲时曲率半径的内窥镜弯曲部：组成弯曲部构造体(10)的基端侧单位角环(13UX)之间以及(13UX)和(13UY)之间连接部的合计凹槽(notch)幅度是在 $2 \cdot t_1$ 达到最小，单位角环(13UY)和(13UZ)之间连接部的合计凹槽幅度是在 $t_1 + t_2$ 达到中等，另外，连接前端侧单位角环(13UZ)之间部位的合计凹槽幅度是在 $2 \cdot t_2$ 达到最大，从最大弯曲时由单位角环(13UX)组成的圆到成 $1/4$ 圆弧角的位置，以单位角环(13UX)组成。

