[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl[7]
C23C 16/26
C23C 16/50 C30B 29/04
C01B 31/02

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 97190873.7

[43] 授权公告日 2003 年 5 月 7 日

[11] 授权公告号 CN 1107742C

[22] 申请日 1997.7.8 [21] 申请号 97190873.7

[30] 优先权

[32] 1996. 7. 8 [33] JP [31] 177847/1996

[32] 1996. 7.25 [33] JP [31] 196181/1996

[32] 1996. 8.15 [33] JP [31] 215558/1996

[86] 国际申请 PCT/JP97/02365 1997.7.8

[87] 国际公布 WO98/01600 日 1998.1.15

[85] 进入国家阶段日期 1998.3.9

[71] 专利权人 时至准钟表股份有限公司

地址 日本东京都

[72] 发明人 小池龙太 宫行男 杉山修
户井田孝志 关根敏一

[56] 参考文献

JP2 - 70059A 1990.03.08 C23C16/26

JP55 - 70901U 1980.05.16 G11B3/00

审查员 张京德

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所

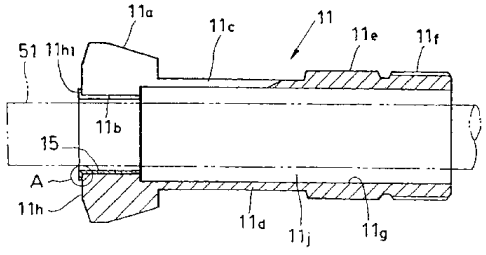
代理人 何滕云

权利要求书 3 页 说明书 24 页 附图 16 页

[54] 发明名称 导向轴套和往导向轴套上覆盖膜的形成方法

[57] 摘要

在被装在自动车床上的在切削工具附近对被加工件(51)可以转动和在轴方向滑动地进行保持的导向轴套(11)的、与被加工件(51)相滑动接触的内周面(11b)和其开口端面的靠近内周面部分(11h)上，直接或经用于提高粘结性的中间层，或先设置硬质部件再直接或经用于提高粘结性的中间层，由使用辅助电极和模型部件的等离子体 CVD 工艺而形成硬质碳膜(15)。 由此，可以显著提高导向轴套(11)的耐久性，即使是在自动车床长期使用或进行重切削时，也可以防止出现因烧伤而使切削不能进行的情况。 又，还可以防止发生因被加工件的毛刺而对导向轴套(11)的内周面所造成的损伤。



ISSN1008-4274

1. 一种往导向轴套上形成覆盖膜的方法，其中该导向轴套形成为在轴方向具有中心开口的圆筒状，在其一端部上具有外周锥形面、与被加工件相滑动接触的内周面和开槽，且当其被装在自动车床上时，可以在切削工具的附近对插入到上述中心开口内的被加工件可以转动和沿轴方向滑动地进行保持，

其特征在于：

将上述导向轴套配置在具有气体导入口和排气口的真空室内，

在该导向轴套的形成上述内周面的中心开口内插入辅助电极，并使该辅助电极处于接地电位或施加直流正电压，

将具有比该导向轴套的上述中心开口的直径要大的开口径的环状的模型部件，在该导向轴套的上述内周面开口的端面上与上述中心开口之间中心一致地得到配置，使上述端面的上述内周面的附近部分以环状露出，

在将上述真空室内排气后，从上述气体导入口向该真空室内导入含碳气体，

使上述真空室内发生等离子体，由等离子体 CVD 工艺，在上述导向轴套的上述内周面和上述端面的该内周面附近部分上形成氢化无固定形碳膜。

2. 如权利要求 1 所述的往导向轴套上形成覆盖膜的方法，作为上述真空室，使用在其内部具有阳极和灯丝的真空室；并在上述导向轴套上施加有直流电压，同时，在上述阳极上施加有直流电压，而在上述灯丝上施加有交流电压，使在上述真空室内产生等离子体。

3. 如权利要求 1 所述的往导向轴套上形成覆盖膜的方法，在上述导向轴套上施加有高频电，使在上述真空室内发生等离子体。

4. 如权利要求 1 所述的往导向轴套上形成覆盖膜的方法，在上述导向轴套上施加有直流电压，使在上述真空室内发生等离子体。

5. 一种导向轴套，该导向轴套形成为在轴方向上具有中心开口的

圆筒状，在其一端部上具有外周锥形面、与被加工件产生滑动接触的内周面和开槽，当其被装在自动车床上时，在切削工具附近对插入到上述中心开口的被加工件可以转动和在轴方向进行滑动地进行保持，

该导向轴套的特征是:在由上述中心开口所形成的内周面和该内周面开口的端面的靠近该内周面的部分上，形成有由氢化无固定形碳所构成的硬质碳膜。

6. 如权利要求5所述的导向轴套，其特征在于：在由上述中心开口所形成的内周面上，设有至少含有钨、碳和钴的超硬部件；在该超硬部件的内周面和该内周面开口的该超硬部件的端面上，形成有由上述氢化无固定形碳所构成的硬质碳膜。

7. 如权利要求5所述的导向轴套，在上述内周面和该内周面开口的端面的靠近该内周面的部分上，经用于提高与上述硬质碳膜之间的粘结性的中间层而形成该硬质碳膜。

8. 如权利要求7所述的导向轴套，其上述中间层，由钛或铬所构成的下层和由碳化硅所构成的上层的2层膜所形成。

9. 如权利要求6所述的导向轴套，在上述超硬部件上，经用于提高与上述硬质碳膜之间的粘结性的中间层而形成该硬质碳膜。

10. 如权利要求9所述的导向轴套，其上述中间层，由钛或铬所构成的下层和由碳化硅所构成的上层的2层膜所形成。

11. 如权利要求9所述的导向轴套，其上述中间层，由碳化钨膜所形成。

12. 如权利要求9所述的导向轴套，其上述中间层，由碳化钨所构成的下层和由碳化硅所构成的上层的2层膜所形成。

13. 如权利要求5所述的导向轴套，其特征在于：在由上述中心开口所形成的内周面和该内周面开口的端面的靠近该内周面的部分上设有渗碳层，在该渗碳层上形成有由氢化无固定形碳所构成的硬质碳膜。

14. 如权利要求13所述的导向轴套，在其上述渗碳层上，经用于提高与上述硬质碳膜之间的粘结性的中间层而形成该硬质碳膜。

15. 如权利要求14所述的导向轴套，其上述中间层，由钛或铬所构成的下层和由碳化硅所构成的上层的2层膜所形成。

导向轴套和往导向轴套上覆盖膜的形成方法

技术领域

本发明涉及一种被装在自动车床上的在切削工具(刀具)附近对圆棒状的被加工件以可以转动和沿轴方向滑动的方式进行保持的导向轴套、和往该导向轴套的与被加工件相滑动接触部分上形成硬质碳膜的覆盖膜形成方法。

背景技术

在被设置在自动车床的自动车床立柱上的、在切削工具附近可以转动地对圆棒状的被加工件进行保持的导向轴套中，有转动型和固定型的类型。作为转动型的导向轴套，总是与被加工件一起做转动，同时对该被加工件以可以沿轴方向滑动的方式进行保持；而作为固定型的导向轴套，自身不做转动，它对被加工件以可以转动和沿轴方向滑动的方式进行保持。

无论是哪一种类型的导向轴套，都具有外周锥形面、使其具有弹力的开槽、用于被安装在立柱上的螺纹部、和保持着被加工件的内周面。此时，该内周面由于经常与被加工件产生滑动接触，所以容易受到磨耗，特别是在固定型导向轴套中该磨耗会很激烈。

因此，一种在由该被加工件的转动或滑动而与被加工件之间产生滑动接触的导向轴套的内周面上、由钎焊等方法而粘合设置有超硬合金或陶瓷的导向轴套，例如在日本专利特开平4－141303号公报中所示的那样已被提出。

这样，通过在导向轴套的内周面上设置耐磨耗性和耐热性优良的超硬合金或陶瓷，可以具有在一定程度上抑制其磨耗的效果。

但是，即使象这样的在内周面上设置有超硬合金或陶瓷的导向轴套，对于由自动车床进行切削量大、加工速度快的重切削来说，由于超硬合金和陶瓷的磨耗系数大且热传导率低，所以也会存在使被加工件上产生损伤、或因减小导向轴套和被加工件之间在直径方向上的间

隙尺寸而发生烧伤之类的问题，从而不能提高切削量和加工速度。

对于使用固定型导向轴套的方法，由于不使其轴心产生振摆地对被加工件进行保持，所以具有可以进行高圆度的精度良好的加工、而且噪音少、自动车床的构造也不复杂而可以紧凑化等优点。

但是，由于导向轴套的内周面的磨耗与转动型的场合相比大大地增大了，所以会存在难以进一步提高切削量和加工速度这样的问题。

又，在自动车床上，经常会有将被加工件的曾经一度受到加工过的区域再次引入和保持在导向轴套内，以进行再一次的切削加工这样的情况。在这样的场合，在被加工件的曾受到过切削加工的部分上，由于在其边缘部上常常会发生被称作毛刺的小突起，所以在其被引入到导向轴套内时，会存在由该毛刺而对导向轴套的开口端面的内周面附近和内周面造成损伤这样的问题。该毛刺的发生问题，在被加工件为由高韧性的难切削材料所构成时会很显著，这时上述的问题也变得很严重。

因此，本发明的目的是解决上述这样的问题：显著提高导向轴套的与被加工件相接触的内周面的耐磨耗性，对被加工件不会造成损伤和烧损，从而可以提高施加在自动车床上的切削量和加工速度；进一步，即使在将被加工件的曾受到过切削加工的部分引入到导向轴套内进行再次切削加工那样的场合，也不会发生因被加工件上的毛刺而对导向轴套的内周面和其开口端面的靠近内周面部分产生损伤的情况，从而可以在长期内使用同一个导向轴套。

发明内容

因此，本发明提供了一种往导向轴套上的覆盖膜形成方法和导向轴套，其中，上述往导向轴套上的覆盖膜形成方法，是为了往上述那样的导向轴套的与被加工件相滑动接触的内周面、和其内周面开口着的端面的靠近内周面部分上在短时间内形成均一且牢固的硬质碳膜；而上述导向轴套，在其与被加工件相滑动接触的内周面和该内周面开口的端面的靠近内周面部分上，形成有硬质碳膜。

所谓该硬质碳膜，是指氢化无定形碳膜（水素化 マモルフマス·カ

一ボン膜），由于其具有与金刚石很相似的性质，所以也被称作类金刚石碳（DLC）。

该硬质碳膜（DLC）的硬度高（维氏硬度在3000HV以上），耐磨耗性好，摩擦系数小（为超硬合金的1/8），且耐蚀性也很优良。

因此，在其与被加工件相滑动接触的内周面上设有该硬质碳膜的本发明的导向轴套，与现有的在内周面上设有现有的超硬合金或陶瓷的导向轴套相比，就显著地提高了其耐磨耗性。

因此，当将其作为自动车床的固定型导向轴套而使用时，即使是进行切削量大和加工速度快的重切削作业，也不会发生使被加工件出现损伤或烧伤的情况，从而可以在长时间内进行高精度的加工作业。

当在上述导向轴套的内周面和其开口端的附近部分上，经用于提高与硬质碳膜之间的粘结性的中间层而形成硬质碳膜时，可以进一步牢固和难以剥离地形成硬质碳膜。

当使该中间层，例如，由钛或铬所构成的下层和由碳化硅所构成的上层的2层膜所形成时，由于下层保证了与导向轴套的内周面（基材为合金工具钢）之间的粘结性，而上层与硬质碳膜牢固地结合着，所以可以形成粘结性好的牢固的硬质碳膜。

由此，在装着该导向轴套的自动车床上，即使在进行切削量大、加工速度快的重切削作业时，也不会有硬质碳膜产生剥离的情况出现。

或者，也可以在导向轴套的内周面附近的基材上，设置至少含有钨、碳和钴的超硬部件，或形成渗碳层，并在该超硬部件或渗碳层的内周面和该内周面开口的端面的靠近内周面部分上设置硬质碳膜。这时，当经与上述相同的中间层而设置硬质碳膜时，也可以进一步提高粘结性。

本发明的导向轴套上形成覆盖膜的方法，具有下列工作顺序。

将自动车床用的导向轴套配置在具有排气口和气体导入口的、并在其内部设有阳极和灯丝的真空室内；在形成该导向轴套的与被加工件相滑动接触的内周面的中心开口内，插入棒状或线状的辅助电极；使该辅助电极为接地电位或对其施加上直流正电压。也可以在先将该辅

助电极插入到导向轴套的中心开口内的状态下，再将其与导向轴套一起配置在真空室内。

又，将具有比该导向轴套的中心开口的直径要大的开口径的环状的模型部件，以与上述中心开口之间中心一致的方式配置在该导向轴套的上述内周面开了口的端面上，以使上述端面的靠近内周面部分以环状露出。

而且，在对真空室进行排气后，从气体导入口导入含有碳的气体；对导向轴套施加上直流电压，同时对上述阳极也施加上直流电压，并对上述灯丝施加上交流电压，使产生等离子体；由等离子体 CVD 工艺，在上述导向轴套的内周面和上述端面的靠近内周面部分上形成硬质碳膜。

又，作为在真空室内产生等离子体的方法，也可以在真空室内不设置阳极和灯丝，而是通过对导向轴套施加上高频电，或直流电压而产生等离子体。

这样，在将辅助电极插入到导向轴套的中心开口内的状态下，通过在向真空室内导入含碳气体的同时使其产生等离子体，就可以在导向轴套的内周面上快速地且在从开口端侧到内侧上以均一的膜厚形成硬质碳膜。

进一步，通过先在导向轴套的与被加工件相滑动接触的内周面的开了口的端面上，以中心一致的方式配置具有比导向轴套的中心开口的直径要大的开口径的环状的模型部件，然后形成硬质碳膜，就可以在除导向轴套的内周面以外的上述端面的从模型部件中露出的内周面附近部分上，形成硬质碳膜。

附图说明

图 1 为显示了本发明的导向轴套的一例的纵断面图，

图 2 为显示了其外观的立体图。

图 3 和图 4 为显示了本发明的导向轴套的其它不同例的纵断面图。

图 5 至图 13 为相当于分别在图 1、图 3 和图 4 中的由图 A 所围着部分的放大断面图。

图 14 为用于说明在导向轴套上形成中间层的方法的一例的装置断面图。

图 15 为实施了往本发明的导向轴套上形成覆盖膜的方法的装置的概略断面图。

图 16 为在图 15 的实施例中所使用的模型部件的立体图。

图 17 至图 21 为实施了往本发明的导向轴套上形成覆盖膜的方法的其它分别不同的装置的概略断面图。

图 22 为显示了施加在辅助电极上的直流正电压和所形成的硬质碳膜的膜厚之间的关系的曲线图。

图 23 至图 28 为分别显示了将内周面形状不同的模型部件配置在插入有辅助电极的导向轴套端面上的状态的主要部分放大纵断面图。

图 29 为只是显示了设置有使用了本发明的导向轴套的固定型导向轴套装置的自动车床的主轴附近的断面图。

图 30 为只是显示了设置有使用了本发明的导向轴套的转动型导向轴套装置的自动车床的主轴附近的断面图。

具体实施方式

以下，参照图面对本发明的实施形态进行说明。

[使用本发明的导向轴套的自动车床的说明]

首先，对使用了本发明的导向轴套的自动车床的构造进行简单的说明。

图 29 为只是显示了数控自动车床的主轴附近的断面图。在该自动车床上，设置有固定有导向轴套 11 的、并在导向轴套 11 的内周面 11b 上可以自由转动地保持着被加工件 51（用点划线所示）的状态下得到使用的固定型导向轴套装置 37。

主轴台 17，可以在该数控自动车床的图中未示的床身上沿图中的左右方向进行滑动。

在该主轴台 17 上，设置有由轴承 21 而以可以转动的状态得到支持的主轴 19。而且，在主轴 19 的前端部上，安装着弹簧夹头 13。

该弹簧夹头 13，被配置在回转套 41 的中心孔内。而且，弹簧夹头

13 的前端外周锥形面 13a 和回转套 41 的内周锥形面 41a 相互为面接触。

进一步，在中间套筒 29 内的弹簧夹头 13 的后端部上，设置有将带状的弹簧件做成线圈状而形成的弹簧 25。而且，由该弹簧 25 的作用，可以将弹簧夹头 13 从中间套筒 29 内压出。

弹簧夹头 13 的前端位置，通过与由螺纹固定在主轴 19 的前端上的盖形螺母 27 相接触而使其位置得到限制。因此，可以防止发生弹簧夹头 13 由弹簧 25 的弹力的作用而从中间套筒 29 中弹出的情况。

在中间套筒 29 的后端部上，经该中间套筒 29 设置有夹头开闭机构 31。而且，通过对夹头开闭爪 33 进行开闭，使弹簧夹头 13 产生开闭操作，从而对被加工件 51 进行保持或释放。

即，当夹头开闭机构 31 的夹头开闭爪 33 的前端部向相互打开的方向移动时，夹头开闭爪 33 的与中间套筒 29 相接触着的部分向图 29 的左方向移动，从而向左方向按压着中间套筒 29。由该中间套筒 29 的向左方向的移动，使与中间套筒 29 的左端相接触着的回转套 41 向左方向产生移动。

而且，弹簧夹头 13，由螺纹固定在主轴 19 的前端上的盖形螺母 27，可以防止其从主轴 19 中弹出。

因此，通过该回转套 41 的向左方向的移动，使弹簧夹头 13 的形成有开槽部分的外周锥形面 13a、和回转套 41 的内周锥形面 41a 之间受到强烈的按压，而使它们相互沿锥形面产生移动。

其结果是，弹簧夹头 13 的内周面的直径变小，可以对被加工件 51 进行保持。

当增大弹簧夹头 13 的内周面的直径而要释放被加工件 51 时，通过使夹头开闭爪 33 的前端部向相互闭合的方向移动，而解除将回转套 41 按压向左方向的作用力。

于是，由弹簧 25 的回复力，使中间套筒 29 和回转套 41 向图中的右方向移动。

因此，就解除了在弹簧夹头 13 的外周锥形面 13a 和回转套 41 的

内周锥形面41a之间的按压力。由此，弹簧夹头13由自身所具有的弹力而使其内周面的直径增大，从而可以释放被加工件51。

进一步，在主轴台17的前方设有立柱35，在该立柱35上配置有使其中心轴线与主轴中心线相一致的导向轴套装置37。

该导向轴套装置37，是一种在其中固定有导向轴套11的、并在该导向轴套11的内周面11b上保持着可以转动的被加工件51的固定型导向轴套装置37。

在固定在立柱35上的夹具39的中心孔上，嵌入有轴套套筒23，在该轴套套筒23的前端部上设有内周锥形面23a。

而且，在该轴套套筒23的中心孔上，嵌入配置有在其前端部上形成有外周锥形面11a和开槽11c的导向轴套11。

在导向轴套装置37的后端部上，通过转动螺纹固定在导向轴套11的螺纹部上的调整螺母43，可以对导向轴套11的内径和被加工件51的外形之间的间隙尺寸进行调整。

即，当使调整螺母43向右旋转时，导向轴套11相对于轴套套筒23向图中的右方向移动，与弹簧夹头13的场合一样，这时轴套套筒23的内周锥形面23a和导向轴套11的外周锥形面11a之间相互按压，从而使导向轴套11的前端部的内径变小。

在导向轴套装置37的进一步靠前方处，设置有切削工具（刀具）45。

而且，将被加工件51在由主轴19的弹簧夹头13所保持着的同时由导向轴套装置37所支持着；进一步，将贯通该导向轴套装置37而突出到加工区域的被加工件51，由切削工具45的进退和主轴台17的移动的合成运动而进行规定的切削加工。

下面，依据图30，对在使保持着被加工件的导向轴套产生转动的状态下得到使用的转动型导向轴套装置进行说明。在该图30中，对与图29相对应的部分，给以相同的符号。

作为该转动型导向轴套装置，有弹簧夹头13和导向轴套11做同步转动的导向轴套装置、和不做同步转动的导向轴套装置。在该图30

中所示的导向轴套装置37，为弹簧夹头13和导向轴套11做同步转动的类型。

该转动型导向轴套装置37，是由从主轴19的盖形螺母27中突出的转动驱动棒47而使导向轴套装置37得到驱动的。也可以取代该转动驱动棒47，而由齿轮或皮带轮而对导向轴套装置37进行驱动。

该转动型导向轴套装置37，在被固定在立柱35上的夹具39的中心孔上，经轴承21以可以转动的状态嵌入配置着轴套套筒23。

进一步，在该轴套套筒23的中心孔上，嵌入配置有导向轴套11。

轴套套筒23和导向轴套11，与在图29中所说明了的具有相同的构成。而且，通过在导向轴套装置37的后端部上，转动由螺纹固定在导向轴套11的螺纹部上的调整螺母43，使导向轴套11的内径变小，而可以调整导向轴套11的内径和被加工件51的外形之间的间隙尺寸。

对除导向轴套装置37为转动型这一点以外的其它的构成，由于与在图29中所说明了的自动车床的构成相同，所以省略其说明。

[本发明的导向轴套的说明]

下面，以多种实施形态对本发明的导向轴套的构成进行说明。

图1为显示了本发明的导向轴套的一例的纵断面图，图2为显示了其外观的立体图。

如这些图所示，导向轴套11显示了当其前端部为打开着时的自由状态。该导向轴套11，形成为在轴方向具有中心开口11j的大致的圆筒状，并在其长度方向的一端部上形成有外周锥形面11a，而在另一端部上具有螺纹部11f。

进一步，在该导向轴套11的中心上，设有具有不同的开口径的贯通的开口。而且，在设有外周锥形面11a一侧的内周上，形成有对被加工件51进行保持的内周面11b。又，在该内周面11b以外的区域上，形成有具有比内周面11b的内径要大的内径的台阶部11g。

而且，该导向轴套11的中心开口11j，在其设有外周锥形面11a一端部的内侧上，形成有用于保持被加工件的内周面11b；在该内周面11b以外的区域上，形成有具有比该内周面11b的内径要大的内径的台

阶部 11g。

又，该导向轴套 11，从其外周锥形面 11a 到弹簧部 11d，以 120°的间隔在 3 个部位上设有将外周锥形面 11a 沿圆周方向 3 等分了的开槽 11c。

而且，通过将该导向轴套 11 的外周锥形面 11a 按压在上述轴套套筒的内周锥形面上，使弹簧部 11d 产生挠曲变形，可以对内周面 11b 和图 1 的点划线所示的被加工件 51 之间的间隙尺寸进行调整。

进一步，在该导向轴套 11 上，在弹簧部 11d 和螺纹部 11f 之间设有嵌合部 11e。而且，通过将该嵌合部 11e 嵌合到在图 29 和图 30 中所示的轴套套筒 23 的中心孔中，就可以将导向轴套 11 在主轴的中心线上、且与主轴相平行地得到配置。

作为构成该导向轴套 11 的材料，使用合金工具钢（SKS），并在形成其外形形状和内形形状后，进行淬火处理和回火处理。

该导向轴套 11，在闭合着外周锥形面 11a 的状态下，在其内周面 11b 和被加工件 51 之间设有沿半径方向的 5~10μm 的间隙。由此，由于被加工件 51 在进出时与内周面 11b 之间产生滑动接触，所以其磨耗会成为问题。

进一步，当被用于在图 29 所示的固定型导向轴套装置上时，由于被保持在固定着的导向轴套 11 上的被加工件 51 是在高速转动时得到加工的，所以在内周面 11b 和被加工件 51 之间，会存在因高速滑动和由切削负荷而施加在内周面 11b 上的过大的来自被加工件 51 的按压力而产生烧伤的问题。

又，如上所述，在将被加工件的曾经一度被加工过的区域引入到导向轴套内进行再次切削加工时，还存在因残留在被加工件上的毛刺而使在导向轴套的内周面或开口端缘上产生损伤的问题。

因此，在该导向轴套 11 的内周面 11b 上，形成有上述的硬质碳膜（DLC）15。该硬质碳膜 15 的膜厚被设定为 1 至 5μm。

进一步，在该导向轴套 11 的内周面 11b 开口的端面 11h 的靠近内周面的部分 $11h_1$ 上，也形成有环状的硬质碳膜。

在图1中，在导向轴套11的基材（合金工具钢）上，直接或经后述的中间层形成有硬质碳膜15。

在图3所示的例中，在导向轴套11的内周面11b上，由钎焊方法固定着至少含有钨（W）、碳（C）和钴（Co）的、且其厚度为2~5mm的超硬部件12；在该超硬部件12的内周面和该内周面开口的端面12a上，形成有硬质碳膜15。

进一步，在图4所示的例中，在导向轴套11的内周面11b和该内周面开口的端面11h的靠近内周面部分$11h_1$上，设有渗碳层11i；在该渗碳层11i上，形成有硬质碳膜15。

该硬质碳膜，具有与金刚石很相似的性质。即其特点为：机械强度高、摩擦系数小、具有润滑性、以及良好的电绝缘性和高的热传导率、优良的耐蚀性等。

因此，在其内周面11b和端面11h的靠近内周面部分$11h_1$上设有硬质碳膜15的该导向轴套11，极大地提高了其耐磨耗性能，即使是在长期使用或进行重切削加工时，也可以抑制与被加工件51相接触的内周面11b上的磨耗。又，还可以抑制对被加工件51、以及导向轴套11的内周面和其开口端缘部造成损伤的情况出现，并可以大幅度地抑制在导向轴套11和被加工件51之间发生烧伤的情况。

因此，本发明的导向轴套11，可以显著地提高在长期使用时的可靠性，且还可以被用于固定型的导向轴套装置上。

下面，参照图5至图13，对该导向轴套11的内周面11b和端面11h的靠近内周面部分$11h_1$的设有硬质碳膜15的部分的各种构成例进行说明。

图5至图7，各为相当于图1的A部放大图。图5所示的，是在导向轴套11的内周面11b和端面11h的靠近内周面部分$11h_1$的基材(合金工具钢）上，直接形成1~5μm膜厚的硬质碳膜时的情况。

图6所示的，是在导向轴套11的内周面11b和端面11h的靠近内周面部分$11h_1$的基材上，经为提高与硬质碳膜15之间的粘结性而设的中间层16而形成1~5μm膜厚的硬质碳膜15时的情况。

该中间层16，使用元素周期表第IVb族中的元素硅(Si)、锗(Ge)、或硅或锗的化合物。又，也可以是象碳化硅（SiC）或碳化钛（TiC）那样的含碳化合物。

图7所示的，是使其中间层16由钛（Ti）或铬（Cr）所构成的下层16a、和由碳化硅（SiC）所构成的上层16b的2层膜所形成时的情况。

这样，下层16a的钛或铬起着保持与导向轴套11的基材之间的粘结性的作用；而上层16b的碳化硅（SiC）则与硬质碳膜以共价键相结合，起着与该硬质碳膜强烈结合的作用。

这是因为，钛（Ti）和铬（Cr）与构成导向轴套11的合金工具钢之间具有很高的结合力；并且，构成碳化硅（SiC）的硅和碳都是元素周期表第IVb族的元素，且硬质碳膜也由碳所构成，它们都具有金刚石构造，从而使两覆盖膜可以以高的结合力相结合。

图8至图10相当于图3的A部放大图，它们都是在导向轴套11的内周面11b的基材上，先由钎焊等方法粘合上厚度为2~5mm的超硬部件12，再在其内周面12b和其开口侧的端面12a上形成硬质碳膜15的。这样，可以进一步提高导向轴套11的耐久性。

在图9所示的例中，是在超硬部件12的内周面12b和端面12a上，进一步经用于提高粘结性的中间层16而形成硬质碳膜15。该中间层16，例如是由碳化钨（Wc）所形成的。

在图10所示的例中，使其中间层16由钛(Ti)或铬(Cr)所构成的下层16a、和由碳化硅（SiC）所构成的上层16b的2层膜所形成。

或者，也可以使该中间层16的下层16a由碳化钨所形成，而使上层16b由碳化硅所形成。

在这些例中，作为设在硬质碳膜15的下层的超硬部件12，使用至少含有钨、碳和钴的超硬部件。例如，使用含钨（W）为85~90％、含碳（C）为5~7％、和作为粘合剂含钴为3~10％的组成。

又，也可以使用碳化钨（Wc）等超硬合金、或碳化硅等陶瓷烧结体。在进行陶瓷烧结时，通常是将铬（Cr）、镍（Ni）、钴（Co）等

作为粘合剂而添加的。但在该添加较少时，如图 8 所示，也可以不经中间层 16，而是直接在该硬质部件 12 上形成硬质碳膜 15。

但是，当如上所述那样直接在超硬合金上形成硬质碳膜 15 时，由于受到来自在形成该超硬合金时所用的粘合剂等（特别是钴(Co)）的不良影响，有可能使硬质碳膜 15 产生剥离。

因此，如图 9 或图 10 所示，最好是在超硬部件 12 和硬质碳膜 15 之间形成用于提高粘结性的中间层 16。

通过经该中间层 16 而形成硬质碳膜 15，由于因与超硬部件 12 的粘合剂不会直接相接触而避免了受到不良影响，所以可以防止硬质碳膜 15 的剥离。

图 11 至图 13，相当于图 3 的 A 部放大图，它们所显示的例子是，取代在导向轴套 11 的内周面 11b 上设置超硬部件 12，而是在内周面 11b 附近的基材上形成渗碳层 11k，再在形成有该渗碳层 11k 的内周面 11b 和端面 11h 的靠近内周面部分 $11h_1$ 上形成硬质碳膜 15。

所谓渗碳，是钢件的表面硬化方法之一，是一种可以使表层硬化而内部仍原样保持强韧性的众所周知的处理方法。

这里，是在例如由甲烷（CH_4）或乙烯（C_2H_4）等含碳的渗碳性气体和氮气（N_2）的运载气体的混合气体气氛中，由下列那样的条件而进行渗碳处理的。

（渗碳条件）

温度 1100℃

时间 30 分

渗碳深度 0.5mm

这样，当在导向轴套 11 的内周面 11b 的表层上形成渗碳层 11k，如图 11 所示，是可以在其表面直接形成硬质碳膜 15 的。但如图 12 或图 13 所示，若在该表面上进一步先形成用于提高粘结性的中间层 16，再经该中间层 16 而形成硬质碳膜 15 的话，则更好。

作为该中间层 16，如上所述，可以使用元素周期表第 IVb 族的硅（Si）、锗（Ge）、或硅或锗的化合物。

又，如图13所示，也可以使该中间层16由钛（Ti）或铬（Cr）所构成的下层16a、和由碳化硅（SiC）所构成的上层16b的2层膜所形成。

这样，中间层16的下层16a的钛或铬起着保持住与导向轴套11的基材之间的粘结性的作用，而上层16b的碳化硅与硬质碳膜15之间以共价键相结合，起着与该硬质碳膜15产生强烈结合的作用，从而可以防止硬质碳膜的剥离。

[中间层的形成方法的说明：第14图]

下面，对在导向轴套11的内周面11b和端面11h的靠近内周面部分$11h_1$上形成上述中间层16的方法进行说明。

作为中间层的形成方法，可以使用溅射法、离子镀法、或化学气相沉积（CVD）法及喷镀法。

作为一例，参照图14对用溅射法的中间层形成方法进行说明。

在具有气体导入口93和排气口95的真空室91的一壁面91a的内侧上，设有靶罩96，在这里配置着作为中间层材料的靶90。而且，以使该靶90和端面11h相对向的方式配置上导向轴套11。这时，使导向轴套11的中心开口11j的轴线相对于靶（ターゲット）90的表面为垂直配置。

又，以将除该导向轴套11的端面11h的靠近内周面部分$11h_1$以外的外周面覆盖住的方式，卷附着铝箔等罩部件94。

而且，该导向轴套11与直流电源92相接续，靶90与靶电源97相接续。

在这样设置后，由图中未示的排气装置从排气口95进行真空排气，使真空室91内的真空度达到3×10^{-5}torr以下。

其后，从气体导入口93中导入作为溅射气体的氩（Ar）气，使真空室91内的真空度调整到3×10^{-3}torr。

而且，对导向轴套11从直流电源92施加上负60V的直流负电压，并对靶90从靶电源97施加上负50V的直流电压。

于是，在真空室91内就产生等离子体，由该等离子体中的离子对

靶 90 的内表面进行溅射。由此，从该靶 90 的表面被溅射出的中间层的材料，就附着在导向轴套 11 的没有被罩部件 91 所覆盖着的部分上，从而可以只是在内周面 11b 和端面 11h 的靠近内周面部分 $11h_1$ 上形成上述的中间层 16。

或者，当为在内周面 11b 上设有超硬部件 12 的导向轴套时，如图 9 和图 10 所示，可以在超硬部件 12 的内周面 12b 和端面 12a 上形成中间层 16。

该中间层 16 的形成膜厚被设定为 0.5μm 的程度。但在其为 2 层构造时，使上层和下层均为 0.5μm 的程度。

在形成为 1 层的中间层时，作为靶 90 使用碳化硅（SiC）或碳化钨（WC）。在形成为 2 层的中间层时，开始时用钛（Ti）或铬（Cr）作为靶 90 进行溅射，形成中间层的下层；然后，用碳化硅（SiC）作为靶 90 进行溅射，形成中间层的上层。

[硬质碳膜的形成方法的说明]

下面，参照图 15 至图 28，对往本发明的导向轴套上形成硬质碳膜的方法进行说明。

在这里，首先对在形成硬质碳膜前的导向轴套 11 的制作方法进行简单的说明。

用合金工具钢（SKS），先进行切削加工，以形成外周锥形面 11a、弹簧部 11d、嵌合部 11e、螺纹部 11f、以及中心开口（1）的内周面 11b 和具有比该内周面 11b 大的内径的台阶部 11g。

然后，进行放电加工，在该导向轴套 11 的外周锥形面 11a 侧上以 120°的间隔形成开槽 11c。

进一步，进行研磨加工，对内周面 11b、外周锥形面 11a、和嵌合部 11e 进行研磨，从而得到在形成硬质碳膜之前的导向轴套 11。

又，根据需要，在该导向轴套 11 的内周面 11b 上粘合上述的超硬部件 12 或形成渗碳层 11k。

并且，由上述方法，预先在该导向轴套 11 的内周面和端面的靠近内周面部分 $11h_1$ 上，或在超硬部件 12 的内周面 12b 和端面 12a 上预先

形成中间层 16。

（第 1 方法：图 15、16）

图 15 为用于实施往该导向轴套上形成硬质碳膜的方法中的第 1 方法的装置的断面图。

在图 15 中，符号 61 为具有气体导入口 63 和排气口 65 的真空室，在其中的中央上部上，配设有阳极 79 和灯丝 81。在该真空室 61 内的中央下部，以将其下部固定在绝缘支持具 80 上的方式垂直配置着上述的导向轴套 11。

而且，在该导向轴套 11 的中心开口 11j 内，插入配设有经真空室 61 与接地电位相接续着的细棒状的辅助电极 71。这时，使辅助电极 71 位于导向轴套 11 的中心开口 11j 的中央部（大致的轴线）上。又，该辅助电极 71 由不锈钢等金属材料所制成。

进一步，在导向轴套 11 的内周面 11b 开口的端面 11h 上，以使其中心与中心开口 11j 的中心相一致的方式，配置着具有其直径比导向轴套 11 的内周面 11b 的直径要大 2mm 左右的开口部 53a 的环状的模型部件 53，使端面 11h 的靠近内周面部分 $11h_1$ 以环状露出。

该模型部件 53 的外观在图 16 中示出。该模型部件 53，与辅助电极 71 同样地，也是由不锈钢（SUS）所形成的。该模型部件 53 的外径尺寸，被设定为与导向轴套 11 的端面 11h 的大小大致相同。

又，辅助电极 71，最好是以其前端不从模型部件 53 的上端面突出的方式被配置在位于 1~2mm 左右的内侧。

又，通过将该导向轴套 11 的外周面用铝箔等四部件 84 进行覆盖，可以使在外周面上不会形成硬质碳膜。

而且，从排气口进行真空排气，使真空室 61 内的真空度达到 3×10^{-5}torr.

然后，从气体导入口 63 向真空室 61 内导入作为含碳气体的苯（C_6H_6），使真空室 61 内的压力控制在 5×10^{-3}torr。

接着，对该导向轴套 11 从直流电源 73 施加上负 3KV 的直流电压，并对阳极 79 从阳极电源 75 施加上正 50V 的直流电压，进一步对灯丝

81 从灯丝电源 77 施加上 10V 左右的交流电压，以使其输入有 30A 的电流。

由此，就在真空室 61 内的导向轴套 11 的周围区域上产生了等离子体，由等离子体 CVD 工艺，使只是在导向轴套 11 的露出的内周面 11b 和端面 11h 的靠近内周面部分 $11h_1$ 上形成硬质碳膜。

在该图 15 所示的硬质碳膜的形成方法中，通过以插入到导向轴套 11 的中心开口 11j 内的方式设置辅助电极 71，就可以不仅在导向轴套 11 的外周部上，而且在内周部上也形成等离子体。

又，由于由此不会发生作为异常放电的空心放电现象，所以可以提高硬质碳膜 15 的粘结性。

进一步，由于在导向轴套 11 的内周面的长度方向上电位特性是均一的，所以使得形成于内周面 11b 上的硬质碳膜的膜厚分布也均一化了。而且，由于成膜速度很快，所以可以在短时间内从开口端面侧到开口内侧形成具有均一膜厚的硬质碳膜。

该辅助电极 71 的直径，只要比导向轴套 11 的开口径小一些即可。但最好是，相对于形成着硬质碳膜的内周面 11b，设置 5mm 左右的间隙、即等离子体形成区域。理想情况是，使该辅助电极 71 的直径和导向轴套 11 的开口径之比为 1/10 以下。当使辅助电极 71 变细时，也可以使其为线状。

而且，在上述说明中，该辅助电极 71 是由不锈钢所形成的，但也可以将其由钨 (W) 、钽 (Ta) 这样的高熔点金属材料所制成。又，该辅助电极 71 的断面形状为圆形。

又，在该实施例中所使用的模型部件 53，具有下列作用。

即，在往这样的导向轴套 11 上形成硬质碳膜的方法中，在导向轴套 11 的内面和外周部上都会产生等离子体。而且，在导向轴套 11 的端面上容易集中电荷，使开口端面区域与内面相比以高电位的状态发生所谓的边缘效应。这时，导向轴套 11 的端面附近的等离子体的强度比其它区域的要大，而且也不稳定。

进一步，在导向轴套 11 的端部区域上，会受到来自内面的等离子

体和外周部的等离子体双方等离子体的影响。

而且，当在这样的状态下形成硬质碳膜时，在从导向轴套 11 的端面 11h 到数 mm 内侧的区域、和其它区域之间，会产生有所不同的硬质碳化膜的粘结性，并且膜的质量也会有所不同。

因此，当如图 15 所示，当先在导向轴套 11 的内周面 11b 开口的端面 11h 上配置上模型部件 53 再形成硬质碳膜时，上述膜质量和粘合性不同的区域就不会在导向轴套 11 的内面上形成，而是形成于模型部件 53 的开口内面上。

又，当使导向轴套 11 的内周面的开口径的尺寸设定在 10mm 左右以下的较小值时，会存在形成于辅助电极 71 和导向轴套的内周面 11b 之间的等离子体随时间的延长变得不稳定，从而使硬质碳膜的形成变得不能进行的问题。

该等离子体的不稳定问题，可通过在具有比导向轴套 11 的内周面 11b 的开口径要大的开口径的模型部件 53 的开口部 53a 上诱发出等离子体而得到防止。

这是因为，在比导向轴套的内周面 11b 的开口径要大的模型部件 53 的开口部 53a 内，可以使之发光总是稳定的等离子体。

由在该模型部件 53 的开口部 53a 上所发生的等离子体，就可以在导向轴套 11 的端面的露出在模型部件 53 的开口部 53a 内的环状的靠近内周面部分 $11h_1$ 上，形成稳定的硬质碳膜。进一步，通过将发生在该模型部件 53 的开口部 53a 上的等离子体引入到导向轴套 11 的中心开口 11j 内，就可以在其内周面 11b 上也形成稳定的硬质碳膜。

其结果是，目前成为问题的，在将被加工件的曾一度被加工过的区域引入到导向轴套内时，由在保持着被加工件的切削工序中，用切削工具进行加工时所产生的被加工件的边缘部分的毛刺而使导向轴套 11 的内周面上发生损伤这种情况就可以得到大幅度的抑制。

（第 2 方法：图 17）

下面，参照图 17，对作为由与上述方法不同的实施形态往导向轴套上形成硬质碳膜的方法的第 2 方法进行说明。

图 17 为用于实施该第 2 方法的装置的断面图。在该图 17 中，对与图 15 相对应的部分使用同一符号，并省略对它们的说明。

在该第 2 方法中所使用的装置的真空室 61，在其内部没有设置阳极和灯丝。

在使用该装置的硬质碳膜形成方法中，与使用图 15 中所示的第 1 方法的不同之处仅仅是：在真空室 61 内插入配置有被接地着的辅助电极 71，在其端面上配置有模型部件 53 的导向轴套 11 上经匹配电路 67 从具有 13.56MHz 的振荡频率的高频电源 69 施加有高频电；和向真空室 61 内导入作为含碳气体的甲烷（CH_4），使其真空度为 0.1 torr。

这时，也可以不仅在导向轴套 11 的外周面侧上、而且还在内周面侧上发生等离子体，并由等离子体 CVD 工艺在导向轴套 11 的内周面 11b 和其端面的靠近内周面部位 $11h_1$ 上形成硬质碳膜。特别是，在与辅助电极 71 相对的内周面 11b 上，可以在短时间内在其全长上形成大致具有均一膜厚的硬质碳膜 15。

（第 3 方法：第 18 图）

下面，依据图 18，对作为进一步由与上述方法不相同的实施形态往导向轴套上形成硬质碳膜的方法的第 3 方法进行说明。

图 18 为用于实施该第 3 方法的装置的断面图。在该图 18 中，也同样地，对其与图 15 相对应的部分给以相同的符号，并省略对它们的说明。

在该第 3 方法中所使用的装置，在真空室 61 内也没有设置阳极和灯丝。

在使用该装置的硬质碳膜的形成方法中，与使用图 15 中所示的装置的第 1 方法相比，其不同之处仅仅是；在真空室 61 内插入配置有被接地着的辅助电极 71，对在其端面上配置有模型部件 53 的导向轴套 11 从直流电源 73’施加有只是负 600V 的直流电压；和向真空室 61 内导入作为含碳气体的甲烷（CH_4）气体，使其真空室调整为 0.1 torr。

这时，也可以不仅在导向轴套 11 的外周面侧上、而且还在内周面侧上也发生等离子体，并由等离子体 CVD 工艺在导向轴套 11 的内周面

11b 和其端面的靠近内周面部分 $11h_1$ 上形成硬质碳膜。特别是，在与辅助电极 71 相对向的内周面 11b 上，可以在短时间内在其全长上形成具有大致均一膜厚的硬质碳膜 15。

这些硬质碳膜的形成方法，可以同样地适用于在图 1 至图 13 中所说明了的往导向轴套 11 上形成各种膜构成的硬质碳膜。

进一步，在由上述各实施形态的往导向轴套上形成硬质碳膜的方法中，作为含碳气体，是说明为使用了甲烷或苯气体的。但也可以使用除甲烷以外的乙烯等含碳气体，或使用已烷等含碳液体的蒸发蒸气。

（从第 4 至第 6 方法：图 19、20、21）

下面，参照图 19 至图 21，对作为往本发明的导向轴套上形成硬质碳膜的进一步其它的实施形态的第 4 至第 6 方法进行说明。

图 19 至图 21，是显示了分别用于实施第 4 至第 6 方法的装置的示图，它们分别显示了使用与在上述图 15、图 17 和图 18 中所示的装置相同的装置而在导向轴套上形成硬质碳膜的例子。因此，在与这些图中相同的部分上给以相同的符号，并省略对它们的说明。

在由图 19 的装置的第 4 方法、由图 20 的装置的第 5 方法、和由图 21 的装置的第 6 方法中，与上述第 1、第 2 和第 3 方法的不同之处是：

由嵌入在导向轴套 11 的中心开口 11j 内的绝缘子 85，而使辅助电极 71 无论是相对于导向轴套 11 还是相对于真空室 61 都为以绝缘的方式得到支持，并在该辅助电极 71 上从辅助电极电源 83 施加有直流正电压（例如为正 20V）。

该施加在辅助电极 71 上的直流正电压和形成于导向轴套 11 的开口内面上的硬质碳膜的膜厚之间的关系，在图 22 的曲线图中示出。

在该图中，使施加在辅助电极 71 上的直流正电压从 0V 变化到 30V；进一步，该图显示了当导向轴套 11 的开口内面和辅助电极 71 之间的间隙尺寸分别为 3mm 和 5mm 时的硬质碳膜的膜厚情况。又， 曲线 a 显示了当上述间隙为 3mm 时的特性，而曲线 b 显示了当上述间隙为 5mm 时的特性。

如这些曲线 a、b 所示，当增大施加在辅助电极 71 上的直流正电压时，硬质碳膜的膜形成速度得到提高。又，当导向轴套 11 的开口内面和辅助电极 71 之间的间隙尺寸增大时，硬质碳膜的膜形成速度也得到提高。

而且，当导向轴套 11 的开口内面和辅助电极 71 之间的间隙尺寸为 3mm 时（曲线 a），若施加在辅助电极 71 上的电位为 0 V 的接地电压，则在导向轴套 11 的中心开口 11j 的内面上不会发生等离子体，所以不能形成硬质碳膜。

但即使在该场合，当提高施加在辅助电极 71 上的直流正电压时，也会在导向轴套 11 的中心开口 11j 内的辅助电极 71 的周围上发生等离子体，从而可以形成硬质碳膜。

因此，即使对中心开口 11j 的直径为较小的导向轴套的内周面，若依据通过往辅助电极 71 上施加直流正电压而使用的该实施形态，也可以形成硬质碳膜的覆盖膜。

这样的作用，对由图 19 至图 21 所示的任何一种方法来说，在往导向轴套 11 上形成硬质碳膜时都是一样的。

（模型部件的不同例子：图 23~图 28）

下面，依据图 23 至图 28，对模型部件 53 的开口部 53a 的形状为不相同的各种例子进行说明。

图 23 中所示的模型部件 53，相当于在由图 15 至图 21 中所示的实施形态上所使用的模型部件，其开口部 53a 的直径在轴方向的全长上均一地形成着。

图 24 所示的模型部件 53，其开口部 53a 由大径部 a 和小径部 b 所构成。而且，小径部 b 的开口径比导向轴套 11 的内周面 11b 的开口径要大 2mm 左右，而大径部 a 的开口径比小径部 b 的开口径进一步要大 2mm 左右。

图 25 所示的模型部件 53，其开口部 53a 由大径部 a、小径部 b、以及位于该大径部 a 和小径部 b 之间的锥形部 c 所构成。而且，以小径部 b 的开口径比导向轴套 11 的内周面 11b 的开口径要大 2mm 左右、

而大径部 a 的开口径比小径部 b 的开口径又要大 2mm 左右的方式，使锥形部 c 的开口径徐徐地产生变化。

图 26 所示的模型部件 53，其开口部 53a 由小径部 b 和锥形部 c 所构成。而且，使小径部 b 的开口径比导向轴套 11 的内周面 11b 的开口径要大 2mm 左右，而锥形部 c 的最大径为比小径部 b 的开口径要大 2 至 5mm 左右。

图 27 所示的模型部件 53，其开口部 53a 仅由锥形部 c 所构成。而且，使该锥形部的最小开口径比导向轴套 11 的内周面 11b 的开口尺寸要大 2mm 左右，而最大口径比最小口径要大 2 至 5mm 左右。

图 28 所示的模型部件 53，其开口部 53a 由大径部 a、中径部 d 和小径部 b 所构成。而且，小径部 b 的开口径比导向轴套 11 的内周面 11b 的开口径要大 2mm 左右，而大径部 a 的开口径比小径部 b 的开口径要大 2 至 5mm 左右。又，中径部 d 的开口径被设定为在大径部 a 和小径部 b 的之间。即，该模型部件 53，其开口部 53a 的断面形状为阶梯状。

这些在图 24 至图 28 中所示的模型部件 53，由于其开口部 53a 与在图 23 中所示的模型部件 53 的不同，或具有锥形部 c，或具有阶梯状的断面形状，所以与在图 23 中所示的模型部件 53 相比，可以顺利地进行往导向轴套 11 的中心开口 11j 内的辅助电极 71 的周围区域上导入等离子体的操作。

因此，可以使在导向轴套 11 的中心开口 11j 内的辅助电极 71 的周围区域上更加稳定地发生等离子体，从而可以更加稳定地形成硬质碳膜。

（补充说明）

由上述各实施形态的硬质碳膜的形成方法，可以同样地适用于形成在图 1 至图 13 中所说明了的往导向轴套 11 上的、具有各种膜层构造的硬质碳膜 15。

又，在这些覆盖膜的形成方法中，通过对导向轴套 11 的外周部由罩部件 84 进行覆盖，使在导向轴套 11 的外周面上不会形成硬质碳膜。又，在端面 11h 的除靠近内周面部分 $11h_1$ 以外的区域上，由于由模型

部件53所覆盖着，所以也不会形成硬质碳膜。

由此，可以高精度地维持导向轴套11的外形尺寸；又，还具有可以防止在形成有开槽11c的外周锥形面11a的部分上其韧性降低的优点。

但，即使不使用罩部件84，而使在导向轴套11的外周面上也形成有硬质碳膜时，也不会发生刚才所说的问题。

又，在由上述各实施形态的往导向轴套上形成硬质碳膜的方法中，作为含有碳气体，是以用甲烷（CH_4）或苯（C_6H_6）为例进行了说明的，但也可以使用乙烯（C_2H_4）或己烷（C_6H_{14}）等。

进一步，对这些含碳气体，也可以用氩（Ar）等电离电压低的惰性气体进行稀释后再使用。这时，具有可以使导向轴套的圆筒内的等离子体更加稳定的效果。

又，通过在生成硬质碳膜时添加少量（1％以下）的添加物，可以提高其润滑性和硬度。

例如，当添加氟（F）或硼（B）时，润滑性增加；而添加铬（Cr）、钼（Mo）或钨（W）时，则硬度增大。

又，在将导向轴套配置在真空室内后，在形成硬质碳膜之前，可以先产生氩（Ar）或氮（N_2）等的等离子体，使之对导向轴套的圆筒内面进行轰击，然后再发生甲烷或苯等由含碳气体所产生的等离子体,形成硬质碳膜。

这样，通过进行由惰性气体的轰击前处理，使导向轴套的圆筒内壁的温度上升而成为活性状态。同时，圆筒内壁的表面上的不纯物被轰击出来，使表面得到清洁处理。由这些效果，可以进一步提高形成于导向轴套的内周面上的硬质碳膜的粘结性。

进一步，在作为含碳气体的甲烷、苯、或乙烯气体中，也可以添加进氩（Ar）气、氮（N_2）气、氦（He）气、或氢（H_2）气。

这样，当在含碳气体中添加进氩气或氮气时，可以对膜的形成速度进行控制。因此，可以使硬质碳膜致密化；进一步，通过由氮或氩对硬质碳膜表面进行溅射，可以除去粘结性和膜质量不良的硬质碳膜，

提高膜质量。又，当在含碳气体中添加氢气时，可以由氢来填埋碳元素的悬空键，从而具有可以提高硬质碳膜的膜质量的效果。

而且，在对如以上所述的本发明的硬质碳膜形成方法的实施形态的说明中，是对在导向轴套 11 的端面的靠近内周面部分 $11h_1$ 的、从内周面和端面部之间的边界区域起延长 1mm 左右的区域上设有硬质碳膜的实施形态进行了说明的。但不仅限于如此，也可以在延长 1mm 以上的区域上形成硬质碳膜。

又，以上对模型部件 53 的开口部 53a 的最小径，是以比导向轴套 11 的内周面 11b 的开口径要大 2mm 左右为例进行了说明的。但也可以使模型部件 53 的开口部 53a 的直径，比导向轴套 11 的内周面 11b 的开口径为大 3 至 6mm。这时，模型部件 53 的开口部 53a 也具有与上述实施形态相同的作用，可以得到同样的效果。

进一步，在以上的实施形态的说明中，作为对等离子放电不稳定的对策，是以在模型部件 53 上设置比内周面 11b 的开口径要大的开口部 53a 为例而进行了说明的。

但，以使形成于辅助电极 71 和导向轴套 11 的内周面 11b 之间的等离子体的放电稳定化为目的，本发明也可以适用于具有 10mm 以上的内周面 11b 的开口径的导向轴套 11 上。

如上所说明的那样，通过在自动车床的转动型或固定型导向轴套装置上使用本发明的在其与被加工件相滑动接触的内周面和插入有被加工件侧的端面的内周面附近设有硬质碳膜的导向轴套，就可以防止出现因被加工件的毛刺而损伤导向轴套的内周面的情况，而且可以在不发生损伤和烧伤的情况下正常地对被加工件进行切入量较大的切削加工，大幅度提高加工效率。

又，由其耐久性的大幅度提高，延长了可以连续加工的时间，使自动车床的工作效率也得到显著的提高。又，通过在固定型导向轴套装置上使用，可以高效地进行加工精度（特别是圆度）高的切削加工。

进一步，依据往本发明的导向轴套上的覆盖膜形成方法，在导向轴套的与被加工件产生滑动接触的内周面和其开口端面的靠近内周面部

分上，可以在短时间内以均一的膜厚形成粘结力良好的硬质碳膜(DLC)。

因此，如上所述，可以生产性能良好的对用于自动车床的导向轴套装置的具有高耐久性的导向轴套进行制造。

图 1

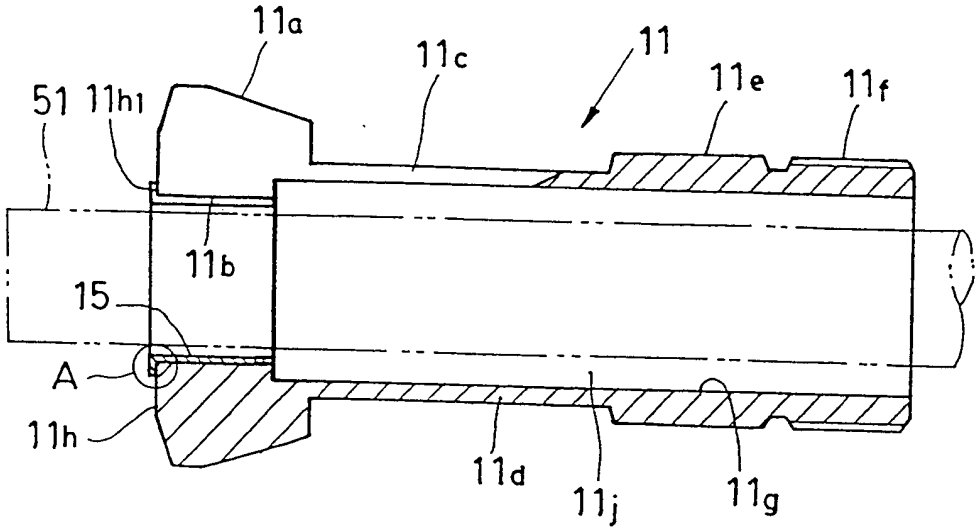

11a
11c
11
11e
11f
51
11h1
11b
15
A
11h
11d
11j
11g

图 2

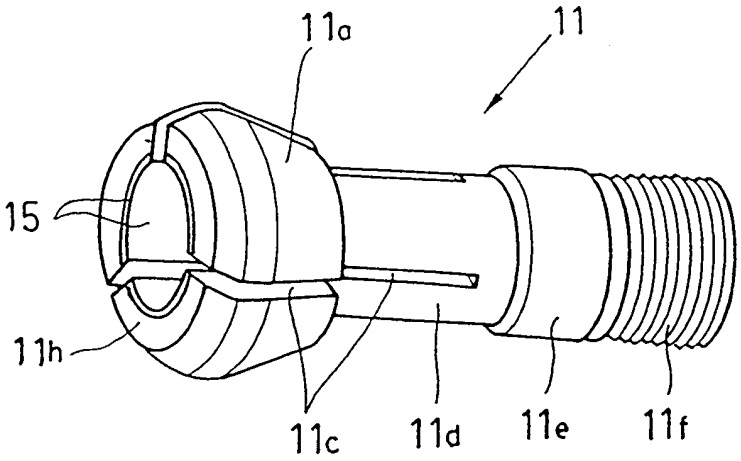

11a
11
15
11h
11c
11d
11e
11f

图 3

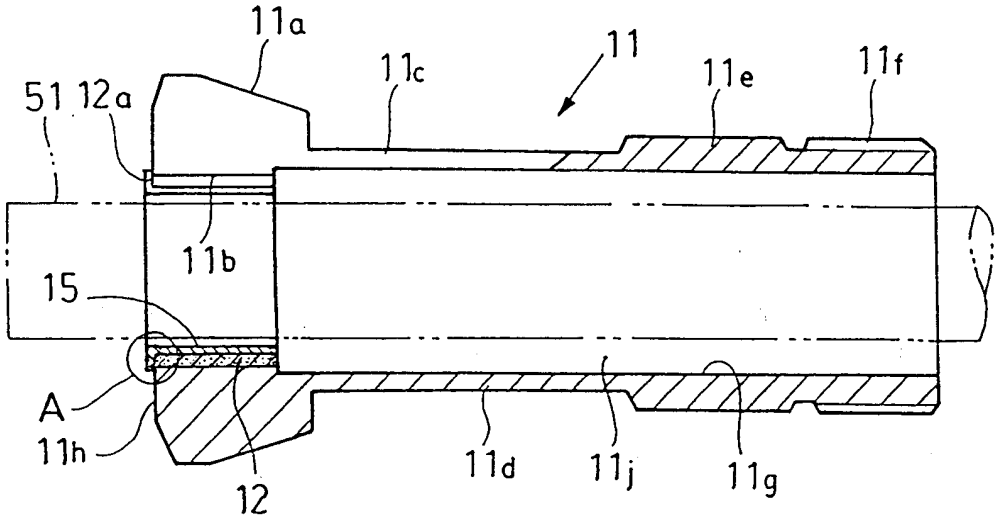

11a
11c
11
11e
11f
51
12a
11b
15
A
11h
12
11d
11j
11g

图 4

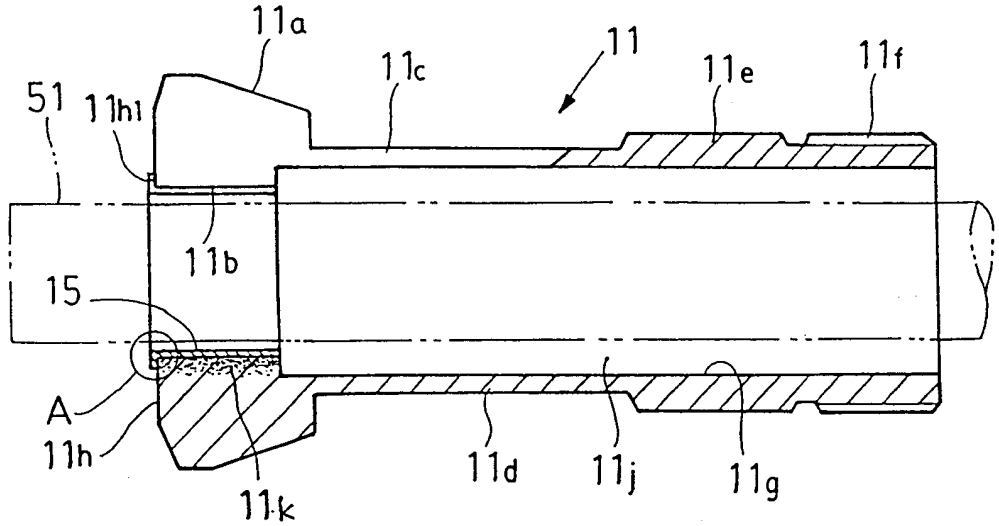

11a
11c
11
11e
11f
51
11h1
11b
15
A
11h
11k
11d
11j
11g

图 5

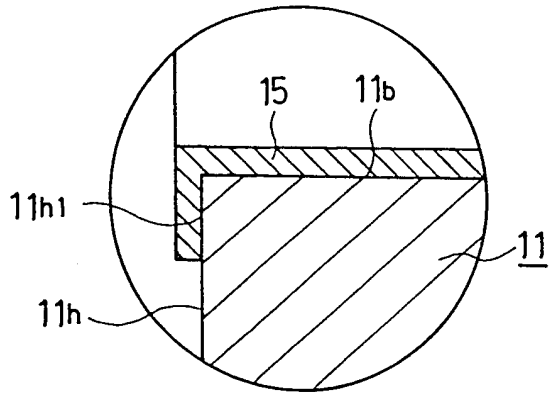

15
11b
11h1
11
11h

图 6

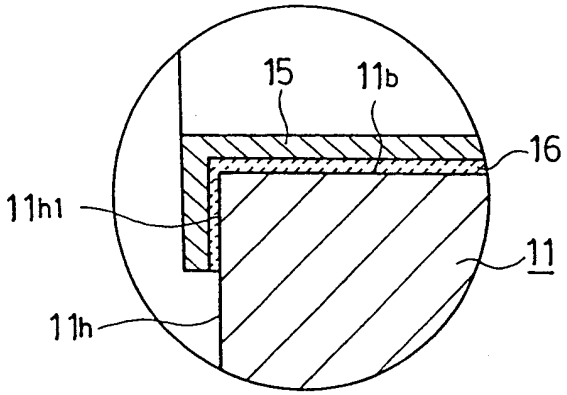

15
11b
16
11h1
11
11h

图 7

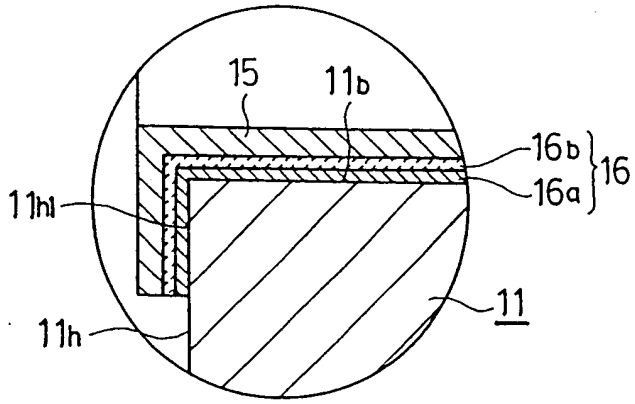

15
11b
16b
16a
16
11h1
11
11h

图 8

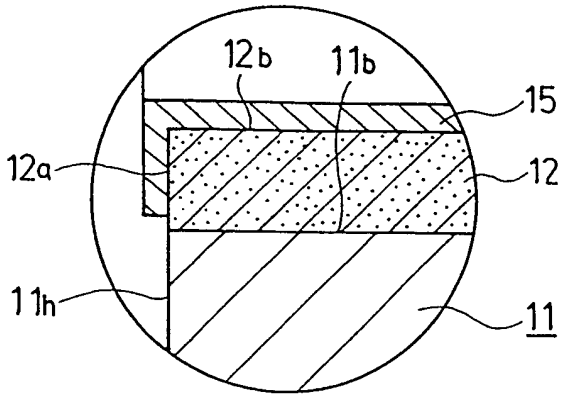

12b
11b
15
12a
12
11h
11

图 9

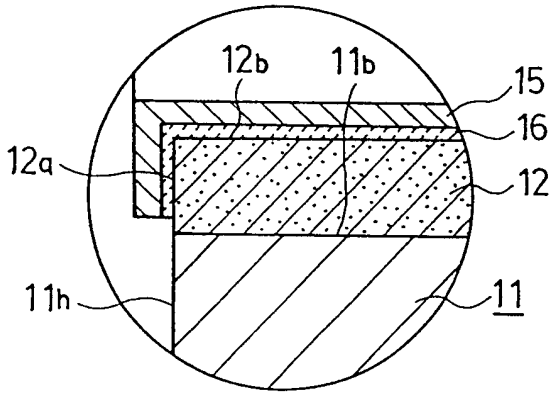

12b
11b
15
16
12a
12
11h
11

图 10

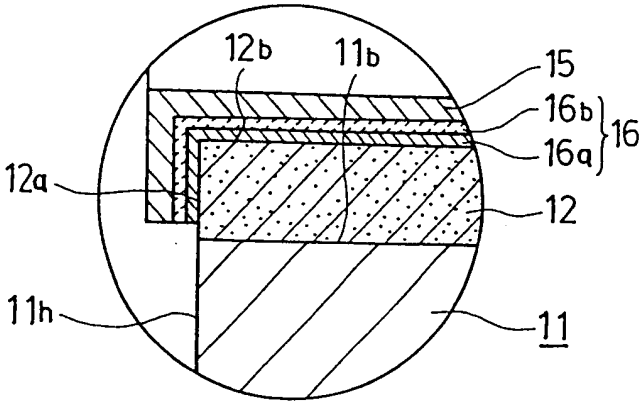

12b
11b
15
16b
16
16a
12a
12
11h
11

图 11

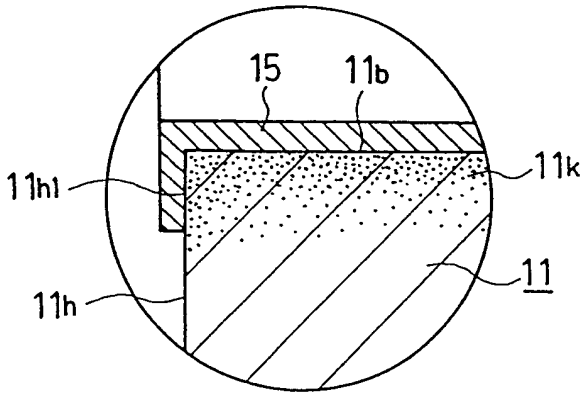

15
11b
11k
11h1
11
11h

图 12

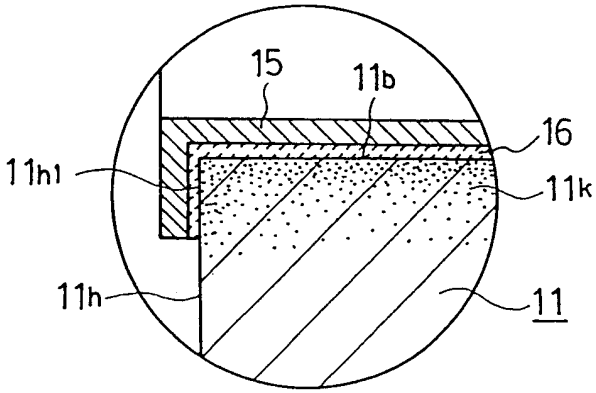

15
11b
16
11h1
11k
11h
11

图 13

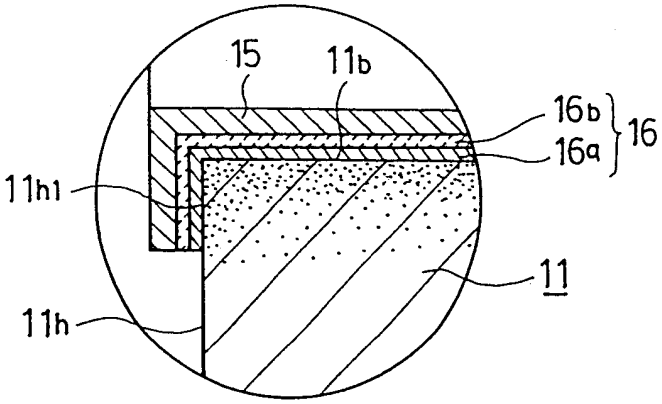

15
11b
16b
16a
16
11h1
11
11h

图 14

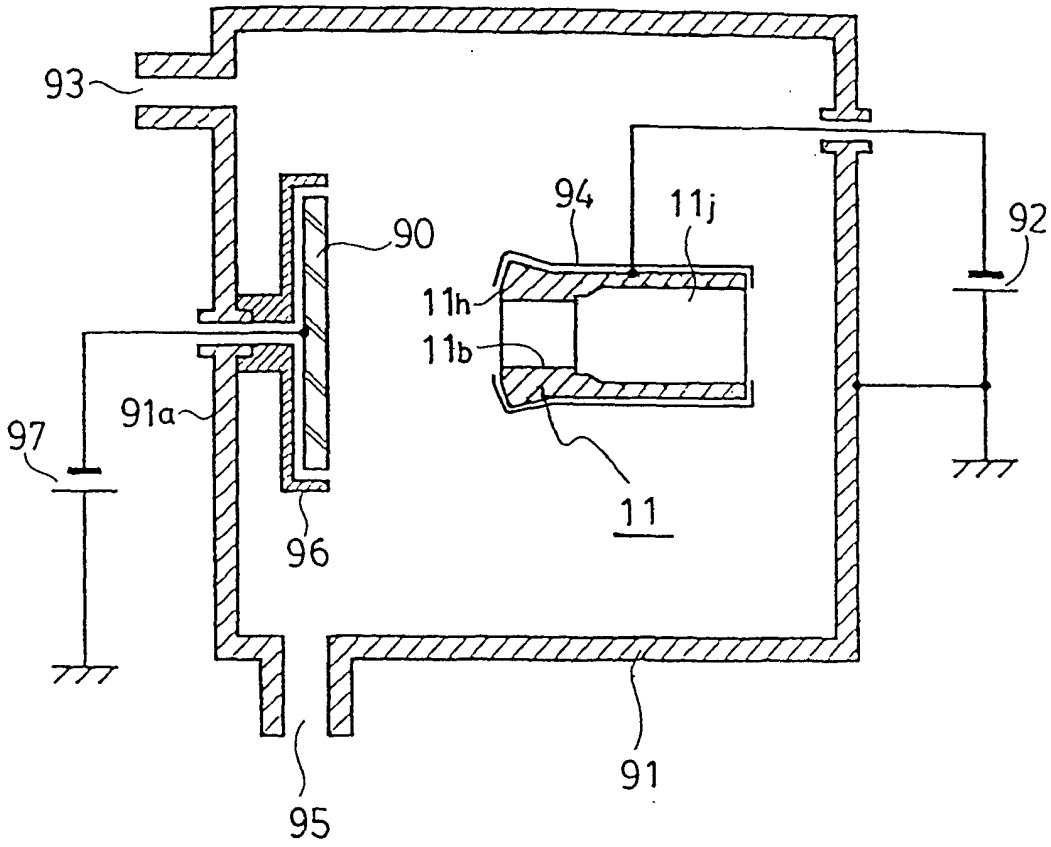


图 15

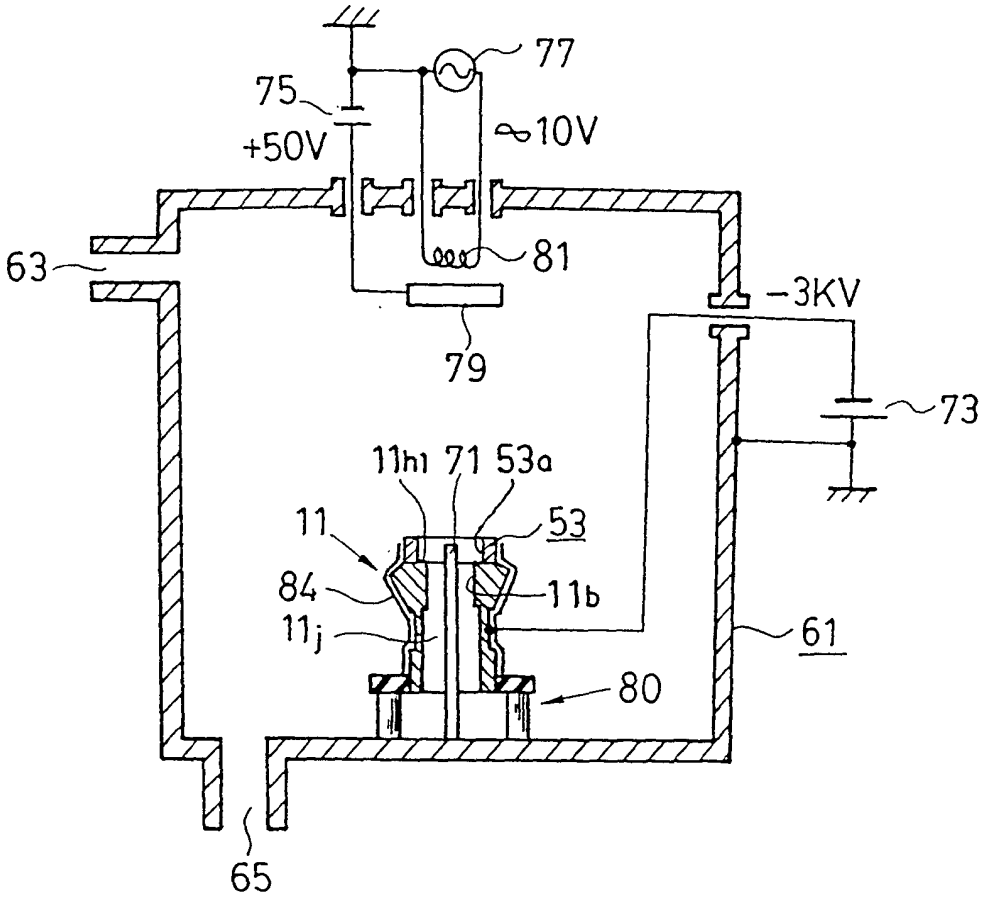

77
75
+50V
~10V
63
81
-3KV
79
73
11h1 71 53a
11
53
84
11b
11j
61
80
65

图 16

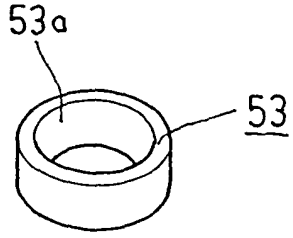

53a
53

图 17

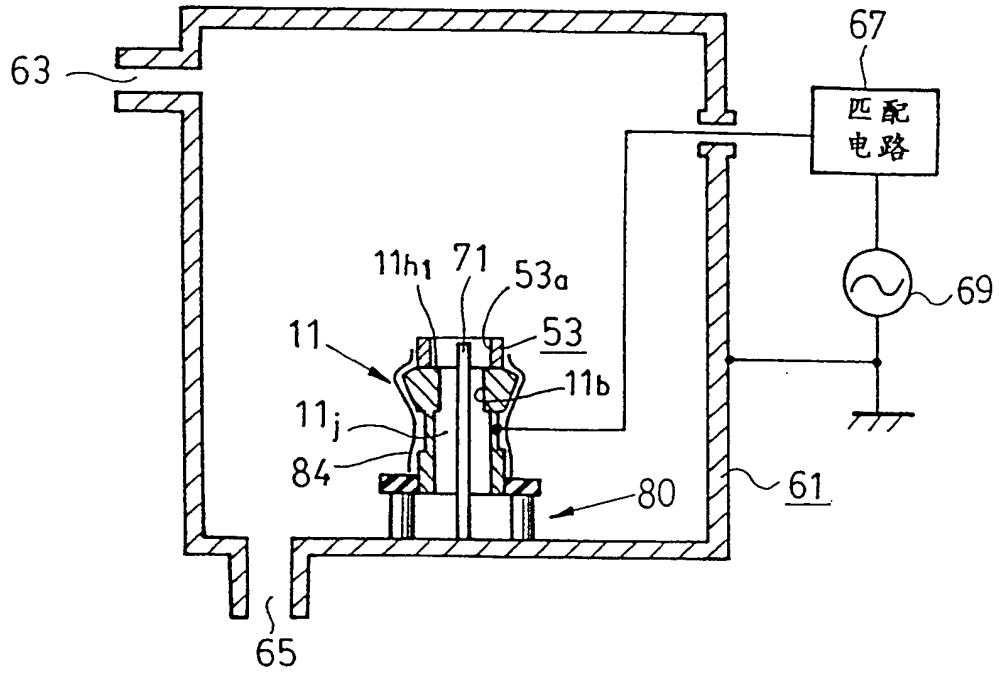

63
67
匹配电路
69
11h1
71
53a
53
11
11b
11j
84
80
61
65

图 18

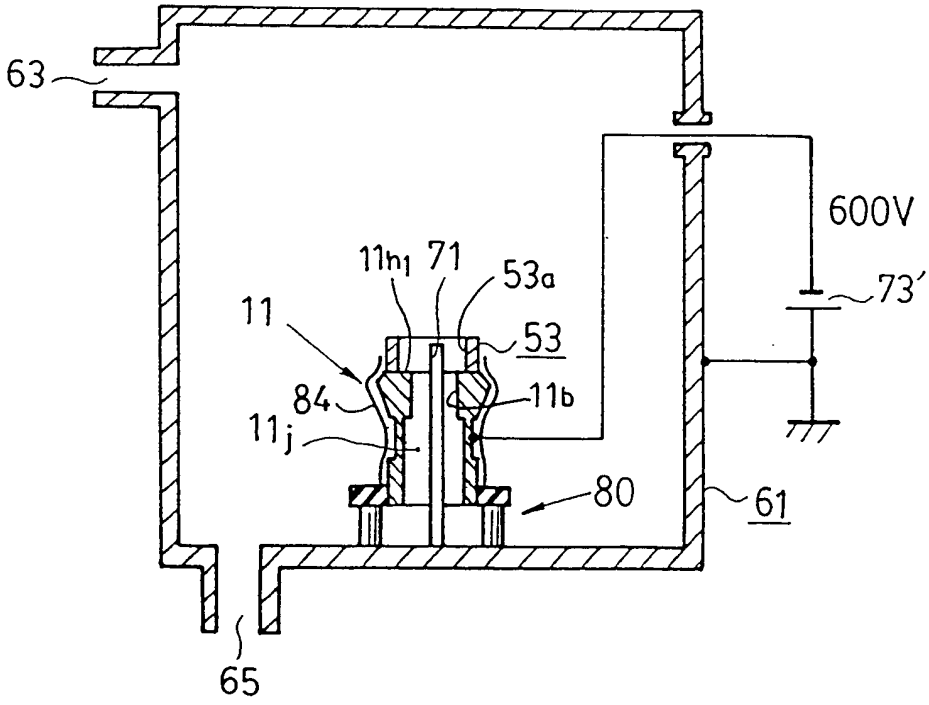

63
600V
73'
11h1
71
53a
11
53
84
11b
11j
80
61
65

图 19

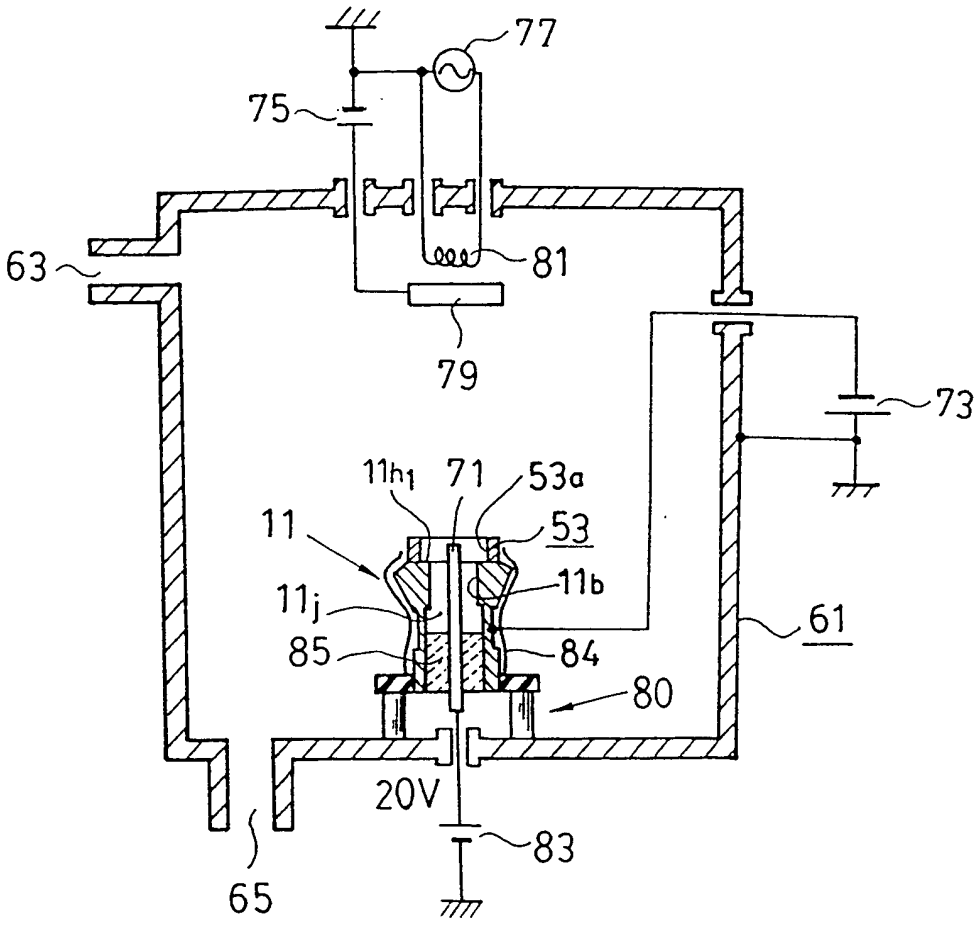


图 20

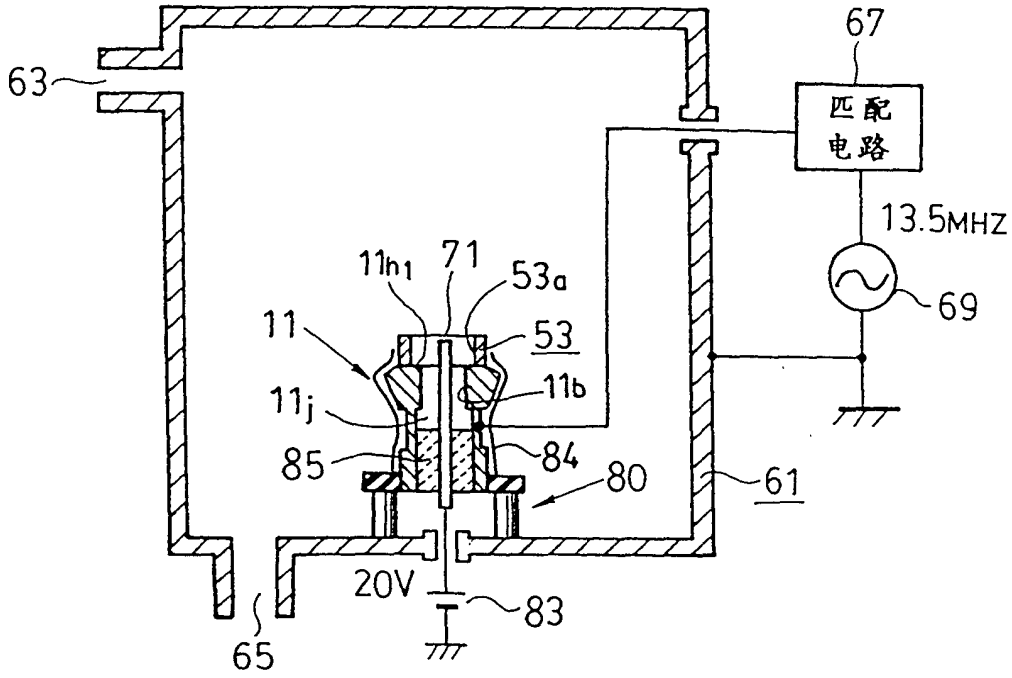

63
67
匹配
电路
13.5MHZ
69
11h1
71
53a
11
53
11b
11j
85
84
80
61
20V
83
65

图 21

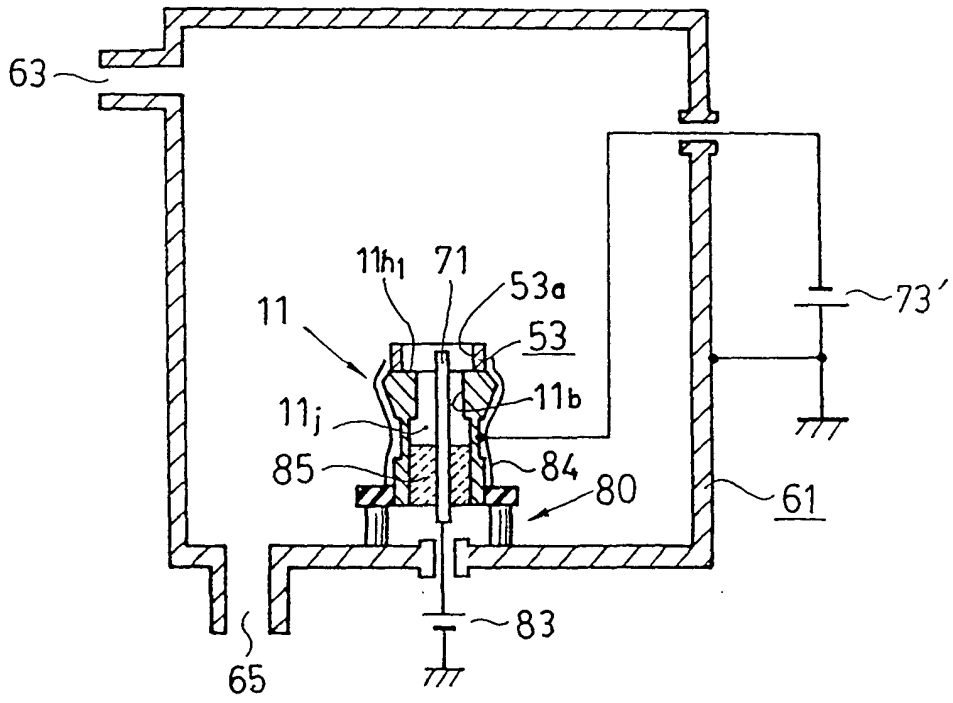

63
11h1
71
53a
11
53
11b
11j
85
84
80
61
73'
83
65

图 22

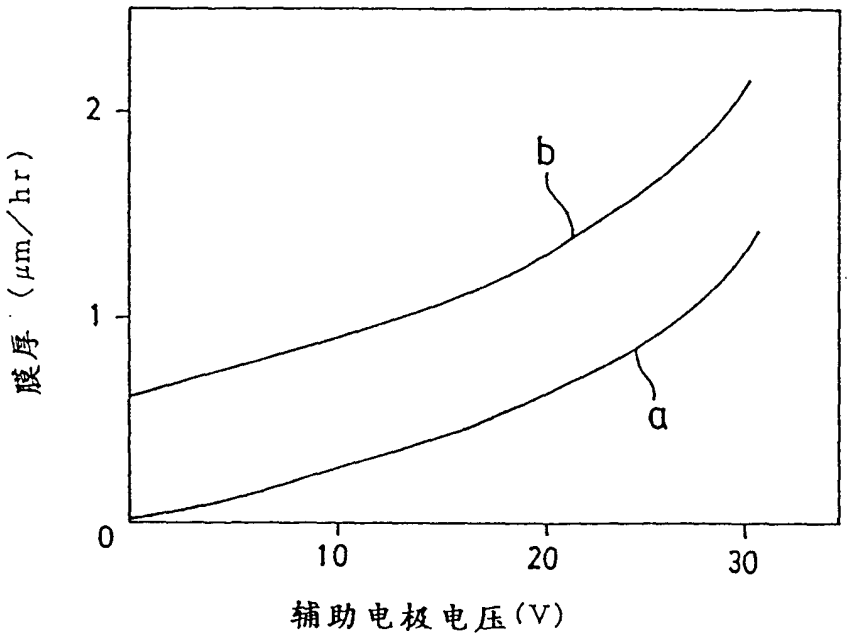


图 23

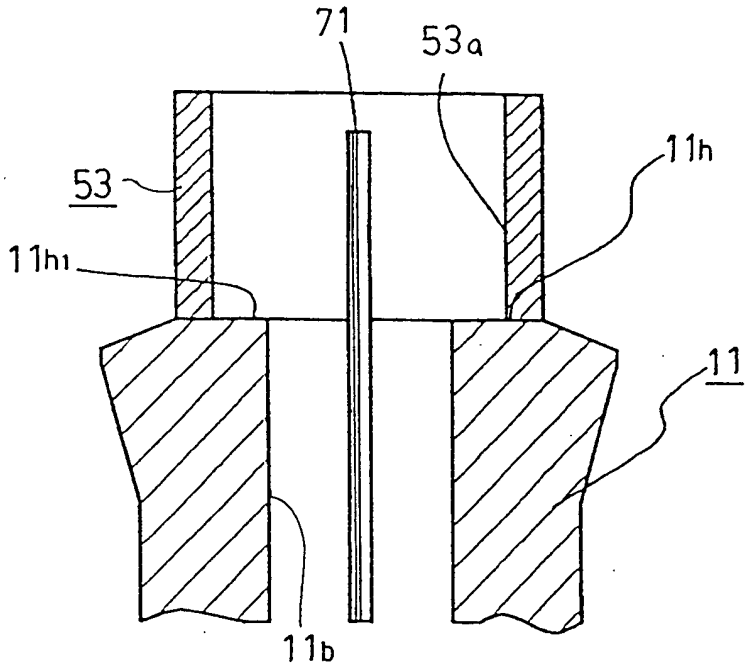


图 24

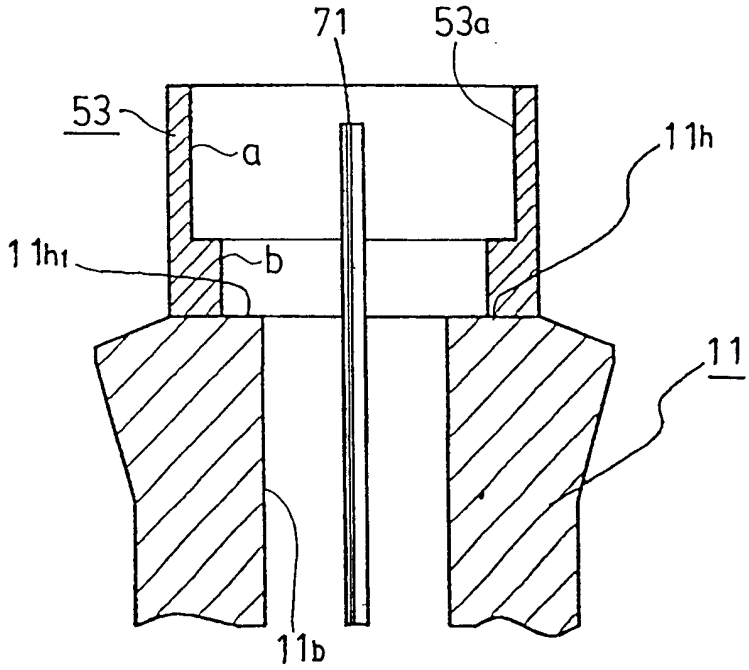


图 25

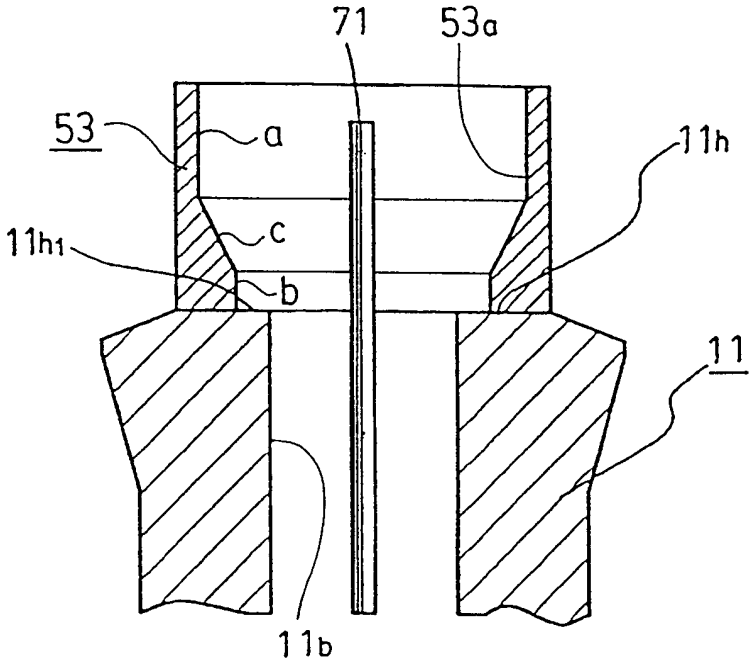


图 26

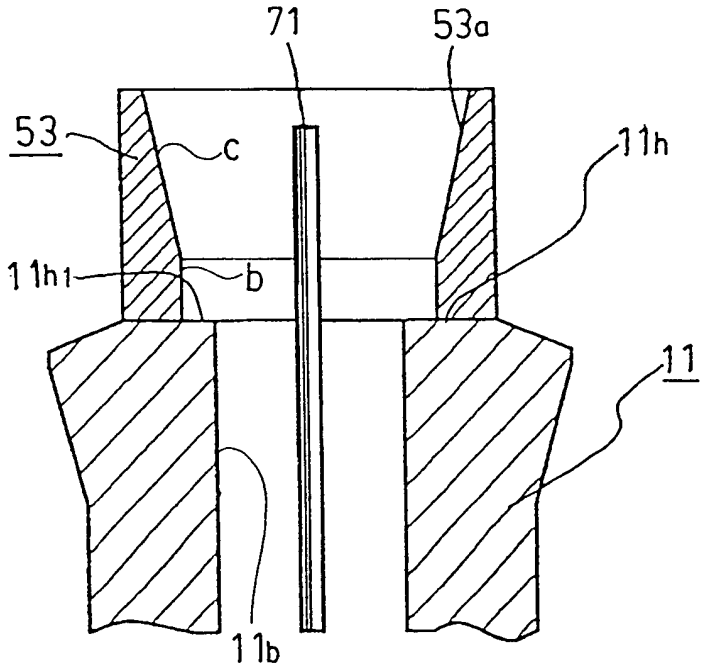


图 27

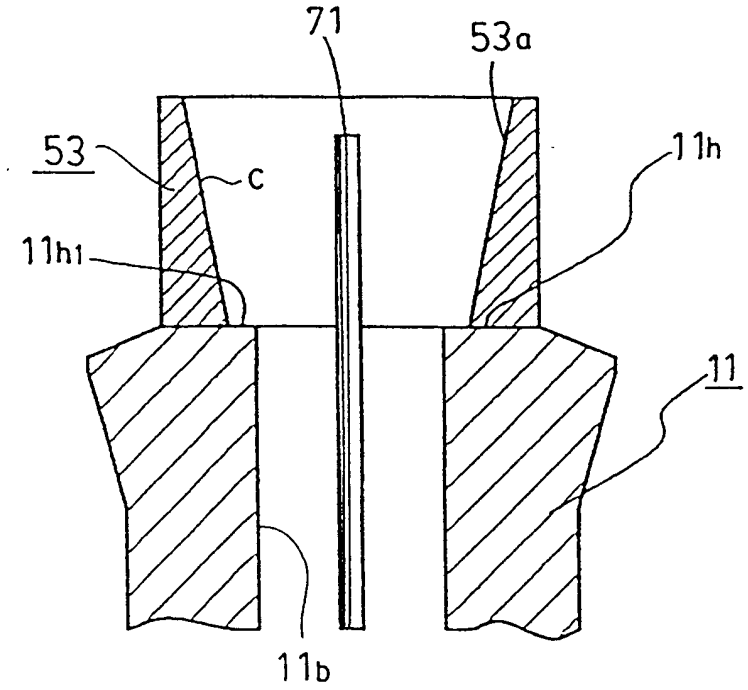


图 28

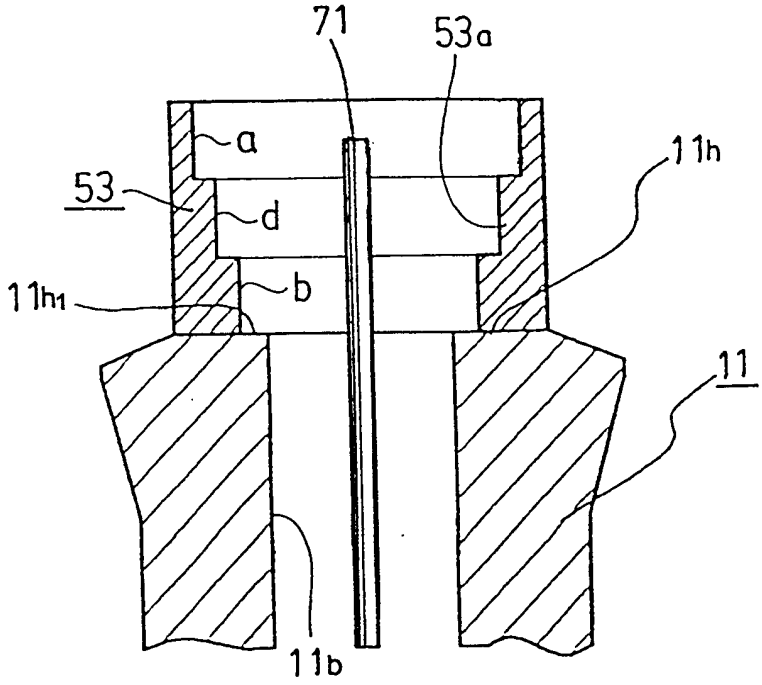


图 29

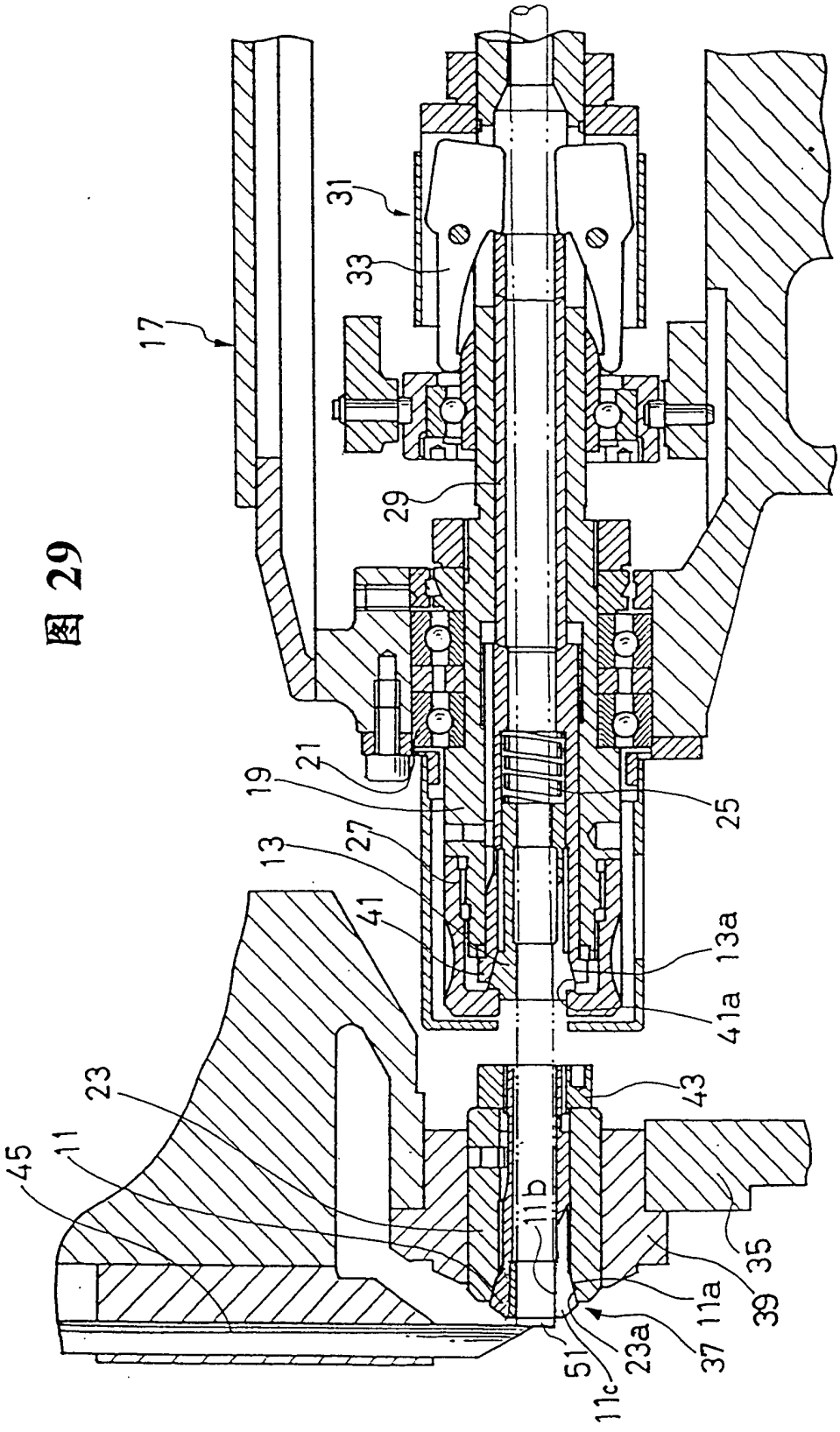

17
31
33
29
19
21
25
13
27
41
13a
41a
23
43
45
11
11b
35
39
11a
37
23a
51
11c

图 30

