

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
G01L 9/00 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200610040162.3

[45] 授权公告日 2008 年 12 月 10 日

[11] 授权公告号 CN 100442036C

[22] 申请日 2006.4.28

[21] 申请号 200610040162.3

[73] 专利权人 中国科学院合肥物质科学研究院
地址 230031 安徽省合肥市西郊董铺 1130
号信箱

[72] 发明人 李民强 马亦武 王英先 唐力强
李 鹏

[56] 参考文献

CN2433624A 2001.6.6

CN1334451A 2002.2.6

JP5288623A 1993.11.2

厚膜电容式集成压力传感器感压元件研究.
虞学犬, 马以武. 仪表技术与传感器, 第 3 期.
2001

一种陶瓷电容式压力传感器的设计和实验
研究. 张宾, 梅涛, 马以武, 唐力强. 传感器
世界, 第 3 期. 2005

审查员 付 强

[74] 专利代理机构 安徽省合肥新安专利代理有限
责任公司

代理人 赵晓薇

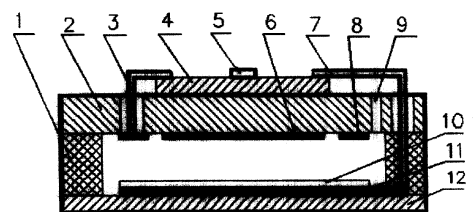
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 2 页

[54] 发明名称

一种双电容厚膜陶瓷感压元件的制备方法

[57] 摘要

本发明公开了一种双电容厚膜陶瓷感压元件的制备方法, 包括绘制平面化设计版图、电极印刷、粘结密封层的丝网印刷及烧结制备工艺。绘制平面化设计版图, 经照相制版、曝光显影, 将原图转印于丝网上构成掩模网版, 通过厚膜网版将 Pd/Ag 电极浆料淀积在陶瓷盖板和陶瓷弹性膜片上, 经流平、烘干、烧结形成电极; 通过粘结网板在陶瓷弹性膜片及陶瓷盖板边缘印刷高温粘结白玻璃层, 经流平、烘干干燥后烧结白玻璃; 在公共电极上印刷、烘干、烧结一层二氧化硅绝缘膜, 以防止感压元件过载时短接, 印刷低温粘结玻璃层后, 将上下电极粘结形成双电容厚膜陶瓷感压元件结构且经烧结制成。该发明的制备方法成本低, 工艺实现相对容易, 可靠性好, 适于批量生产。



1、一种双电容厚膜陶瓷感压元件的制备方法，包括绘制平面化设计版图、电极印刷、粘结密封层的丝网印刷及烧结，其特征在于它是按以下步骤完成的：

1.1 绘制平面化设计版图，经照相制版、感光胶曝光显影，将原图转印于丝网上构成掩模网版，选择 96% Al_2O_3 陶瓷盖板及陶瓷弹性膜片作电极板，并在净化间进行超声波清洗；

1.2 厚膜电极丝网印刷，取 Pd/Ag 电极浆料，并充分搅拌均匀浆，采用 250 目尼龙丝网，将 Pd/Ag 电极浆料置于网板上，用刮板匀浆并通过网孔把浆料均匀地印刷淀积在陶瓷基片上；印刷后的电极水平放置流平 5~15 min 后，置于 50~180℃ 下 60~80min，其中，自 50℃ 始，升温速率为 15~25℃/min，烘干，温度分别为 50℃，70℃，90℃，110℃，130℃，150℃，180℃，各温点保温 10 min 后在干燥箱内自然冷却；

1.3 Pd/Ag 电极烧结，使用 HSL-3006 六温区全自动隧道烧结炉，烧结炉带长 6m，六温区温度设置为：400℃，563℃，831℃，854℃，852℃，700℃，烧结时长 0.9~1.1 小时，烧结带速 0.83m/min；

1.4 印刷、烧结高温粘结玻璃，通过粘结网板在陶瓷弹性膜片及陶瓷盖板上印刷高温粘结白玻璃层，经流平、烘干干燥后烧结白玻璃，温度参数设置，同 Pd/Ag 电极烧结；

1.5 印刷、烘干、烧结绝缘玻璃层，通过绝缘层网版在陶瓷弹性膜片上再丝网印刷淀积一层二氧化硅绝缘膜，流平 10 min 后，置于 50~180℃ 下 60~

80min, 其中自 50℃始, 升温速率为 15~25℃/min, 烘干, 温度分别为 50℃, 70℃, 90℃, 110℃, 130℃, 150℃, 180℃, 各温点保温 10 min 后在干燥箱内自然冷却, 于 580~620℃下烧结 50-70min;

1.6 印刷低温粘结玻璃, 通过粘结网板在陶瓷弹性膜片及陶瓷盖板上, 再印刷一层低温玻璃粘结层, 流平 10min;

1.7 上下电极粘结, 将陶瓷弹性膜片和陶瓷盖板粘结, 感压元件在干燥箱烘干冷却;

1.8 烧结粘结好的感压元件, 烧结温度 300℃, 400℃, 510℃, 520℃, 520℃, 400℃, 烧结带速 0.87m/min, 烧结时长 0.9~1.1 小时, 烧结成感压元件。

2、根据权利要求 1 所说的一种双电容厚膜陶瓷感压元件的制备方法, 其特征是: 所说的平面化设计版图, 其测量电极半径为 R_1 、参考电极内半径为 R_2 、参考电极外半径为 R_3 时, 则应满足 $R_3^2 - R_2^2 = R_1^2$, 且 R_2 比 R_1 大 0.5cm 以上。

一种双电容厚膜陶瓷感压元件的制备方法

所属领域 本发明涉及传感器应用领域，特别涉及一种双电容厚膜陶瓷感压元件的制备方法。

背景技术 压力传感器是我国传感器系统中应用最广的一类传感器，在精密测量、自动化控制、航空航天、汽车、冶金、化工等领域都得到广泛的应用。长期以来，国内外力敏传感器一直以电阻应变式为主，其中主要是金属箔式、半导体硅压阻式两种。金属箔式应变计灵敏度低、应变系数仅为2，采用应变胶粘贴，易受温度、湿度等环境条件影响，并随时间老化，产生零点漂移，迟滞增大，传感器性能随时间变化；半导体硅压阻式应变系数高，然而因材料对温度非常敏感，环境温度影响大，工作温度范围窄（一般不超过60℃），而且测量腐蚀性物体压力需要隔离，结构复杂、成本高。近年来，虽有薄膜应变式等新型力敏传感器出现，但因成本高等多种因素，难以满足日益增长的石化、冶金、工业过程控制等需求。

国内外从八十年代开始研究电容式压力传感器，美国专利第4345299号公开了一种电容压力传感器，包括由陶瓷材料制成的一个基座和一个膜片，基座和膜片上分别制备一个金属电极，上述基座和膜片之间固定在一起形成一个介质腔，构成压力传感器。美国专利第4735098号公开了一种电容差压传感器，包括由陶瓷材料制成的一个基座和两个膜片，基座两面和膜片的一面分别制备一个金属电极，上述基座和膜片固定在一起形成两个介质腔，构成差压力传感器。这两种传感器系周边支撑圆盘机构单电容，未能解决当大压力时，由于边缘效应，存在较大的非线性，且过载时两电极容易短接；传感器本身不带处理电路，由于分布电容的影响，难于远距离使用；基座不带排

气孔，密封时内部气体和挥发物在高温下难排除，因而封接质量不高。

中国专利第 87209178 号公开了一种耐高温抗振型的电容式压力传感器，包括一个由 75 氧化铝陶瓷材料制成的基座和一个由 95 氧化铝陶瓷材料制成的膜片，基座和膜片分别制备一对银电极，上述基座和膜片之间用云母片隔开并用铅玻璃固定在一起形成一个介质腔，构成压力传感器。该专利基座和膜片的材料膨胀系数不一致，难以保证传感器封接的可靠性和测量的稳定性；银电极表面粗糙、难以形成表面平滑光滑的电极层，给后续加工带来难度，容易造成电极短路，且银电极易氧化，不耐腐蚀，难以在其表面覆盖无机绝缘材料，用云母片来控制电容间隙工艺难度大。

中国专利第 2165438Y 号公开了一种电容式压力传感器，包括由信号线，上、下外壳，动片固定螺栓，垫片，动片，弹性膜等部件，其中将上、下外壳、动片固定螺栓、传感器弹性膜合为一个整体，动片由动片固定螺栓固定。但这种一体化实现传感器结构部件太过复杂，整个传感器显得庞大，不适应小型化微型化需求，信号线装配困难，可靠性和稳定性较差。

发明内容 本发明的目的：是针对背景技术中传感器的不足，为了满足批量生产的需要，提出一种双电容厚膜陶瓷感压元件的制备方法。该发明采用了先进的电子陶瓷技术、无中介液的干式压力测量技术、厚膜传感技术及丝网印刷、烧结工艺技术，能够研制一种高性能、低成本的新型双电容厚膜陶瓷感压元件的制备方法。

本发明的技术方案是：一种双电容厚膜陶瓷感压元件的制备方法，包括绘制平面化设计版图、电极印刷、粘结密封层的丝网印刷及烧结，其特征在于它是按以下步骤完成的：

1.1 绘制平面化设计版图，经照相制版、感光胶曝光显影，将原图转印于丝网上构成掩模网版，选择 96% Al_2O_3 陶瓷盖板及陶瓷弹性膜片作电极板，并在净化间进行超声波清洗；

1.2 电极印刷, 取 Pd/Ag 电极浆料, 并充分搅拌均匀浆, 采用 250 目尼龙丝网, 将 Pd/Ag 电极浆料置于网板上, 用刮板匀浆并通过网孔把浆料均匀地印刷淀积在陶瓷基片上; 印刷后的电极水平放置流平 5~15 min 后, 置于 50~180℃ 下 60~80min, 其中, 自 50℃ 始, 升温速率为 15~25℃/min, 烘干, 温度分别为 50℃, 70℃, 90℃, 110℃, 130℃, 150℃, 180℃, 各温点保温 10 min 后在干燥箱内自然冷却;

1.3 Pd/Ag 电极烧结, 使用烧结炉, 将陶瓷弹性膜片、陶瓷盖板一起分别置于 400℃、563℃、831℃、854℃、852℃和 700℃ 下合计 0.9~1.1 小时, 带速 0.87m/min,;

1.4 印刷、烧结高温粘结玻璃, 通过粘结网板在弹性膜片及陶瓷盖板上印刷高温粘结白玻璃层, 经流平、烘干干燥后烧结白玻璃, 温度参数设置, 同 Pd/Ag 电极烧结;

1.5 印刷、烘干、烧结绝缘玻璃层, 通过绝缘层网版在陶瓷弹性膜片上再丝网印刷淀积一层二氧化硅绝缘膜, 流平 10 min 后, 置于 50~180℃ 下 60~80min, 其中, 自 50℃ 始, 升温速率为 15~25℃/min, 烘干, 温度分别为 50℃, 70℃, 90℃, 110℃, 130℃, 150℃, 180℃, 各温点保温 10 min 后在干燥箱内自然冷却, 于 580~620℃ 下烧结 50-70min;

1.6 印刷低温粘结玻璃, 通过粘结网板在弹性膜片及陶瓷盖板上, 再印刷一层低温玻璃粘结层, 流平 10min;

1.7 上下电极粘结, 将陶瓷弹性膜片和陶瓷盖板粘结, 感压元件在干燥箱烘干冷却;

1.8 烧结感压元件, 烧结温度 300℃, 400℃, 510℃, 520℃, 520℃, 400℃, 带速 0.87m/min, 烧结时长 0.9~1.1 小时, 烧制成感压元件。

所说的平面化设计版图, 其测量电极半径为 R_1 、参考电极内半径为 R_2 、参考电极外半径为 R_3 时, 则应满足 $R_3^2 - R_2^2 = R_1^2$, 且 $R_2 \geq R_1 + 0.5\text{cm}$ 。

本发明制备方法的双电容厚膜陶瓷感压元件，包括基座和膜片，基座和膜片分别由厚的陶瓷盖板和薄的陶瓷弹性膜片构成；陶瓷盖板中心设置圆形的测量电极，边缘设置环形的参考电极，构成同轴双电极结构并使两电极面积相等；陶瓷弹性膜片上设置一圆形的单电极作为公共电极，在公共电极上面覆盖一层薄的二氧化硅玻璃绝缘膜，防止陶瓷弹性膜片上的公共电极过载时与陶瓷盖板上的测量电极发生短路，公共电极与中心的测量电极构成测量电容器，公共电极与边缘环形的参考电极构成参考电容器，即构成同轴环状的双电容感压元件；

陶瓷盖板和陶瓷弹性膜片中间通过粘接玻璃层封接形成一个空心金属凹槽的空气介质腔，在空气介质腔上面设置一个通气孔使双电容感压元件的腔体与大气相通；通过设置空心金属凹槽引出双电容感压元件的电极引出线，引出参考电极引出线、测量电极引出线、公共电极引出线形成空气介质的电容器，引出线分别电连接软性电路板将后续信号处理电路与双电容感压元件集成一体，减小导线分布电容影响并适合远距离信号传输。

陶瓷盖板上带有排气孔，利于密封时内部气体和挥发物在烧结高温下排除。陶瓷盖板和陶瓷弹性膜片使用同一种电子陶瓷材料，即选择 96% Al_2O_3 作电极板。

相对于现有技术的有益效果

相对于现有技术，本发明提供了一种双电容厚膜陶瓷感压元件的制备方法，包括绘制平面化设计版图、电极印刷、粘结密封层的丝网印刷及烧结制备工艺，双电容厚膜陶瓷感压元件的制备方法成本低，工艺实现相对容易，可靠性好，而且所需生产设备投资少。采用六温区全自动隧道烧结炉，各温区温度均由微机控制，控制精度高，温度分布均匀，操作方便，批量生产时生产周期短，该制备方法消除了普通炉子快速升温时膜层表面先硬化，而内部存在气孔等弊端。

附图说明 下面结合附图和实例对本发明做进一步说明。

图 1 是本发明制备的双电容厚膜陶瓷感压元件结构图；

图 2 是双电容厚膜陶瓷感压元件的陶瓷盖板电极图；

图 3 是双电容厚膜陶瓷感压元件的陶瓷弹性膜片电极图；

图 4 是双电容厚膜陶瓷感压元件的粘接层网版图；

图 5 是双电容厚膜陶瓷感压元件的二氧化硅绝缘膜图。

根据附图进一步解释具体实施方式

图 1 是本发明制备的双电容厚膜陶瓷感压元件结构图，其中 1 为粘接玻璃层，2 为陶瓷盖板，3 为参考电极引线，4 为软性电路板，5 为测量电极引线，6 为测量电极，7 为公共电极引线，8 为参考电极，9 为通气孔，10 为二氧化硅绝缘膜，11 为公共电极，12 为陶瓷弹性膜片。

图 2 是双电容厚膜陶瓷感压元件的陶瓷盖板电极图，中心测量电极 6 和边缘参考电极 8 面积相等，电极间隙至少 0.5cm，3 为参考电极引线，5 为测量电极引线，7 为公共电极引线。

图 3 是双电容厚膜陶瓷感压元件的陶瓷弹性膜片电极图，其中 3 为参考电极引线，5 为测量电极引线，7 为公共电极引线，11 为公共电极。

图 4 是双电容厚膜陶瓷感压元件的粘接层网版图，其中 1 为粘接玻璃层。

图 5 是双电容厚膜陶瓷感压元件的绝缘膜图，其中 10 为二氧化硅绝缘膜。

实施例，一种双电容厚膜陶瓷感压元件的制备方法，该方法的操作步骤为：

一、绘制平面化设计版图：

为减少温度影响和边缘效应，设计时在陶瓷弹性膜片 12 上设置一圆形的单电极作为公共电极 11，陶瓷盖板 2 上设置双电极并使其面积相等，构成同轴环状的双电容感压元件，中心为测量电极 6，边缘环形为参考电极 8，参考电极外侧是固支边。设测量电极半径 R_1 ，参考电极内半径 R_2 ，参考电极外半

径 R_3 ，则应满足 $R_3^2 - R_2^2 = R_1^2$ ，同时 R_2 比 R_1 大 0.5cm 以上，以减小测量电容和参考电容之间的干扰，本实施例中，陶瓷盖板设计 R_1 为 6.82cm， R_2 为 7.32cm， R_3 为 10.0cm，A 为测量电极引出端，B 为参考电极引出端，C 为公共电极引出端。厚膜版图经照相制版，并经感光胶曝光显影，将原图转印于丝网上构成掩模网版。

陶瓷盖板和陶瓷弹性膜片选择：双电容厚膜陶瓷感压元件采用电容变间隙式原理，由 96% Al_2O_3 陶瓷盖板 2 及陶瓷弹性膜片 12 作电极板，陶瓷弹性膜片 12 具有零力学滞后、高弹性、抗腐蚀、抗磨损、蠕变和迟滞小的特点，兼有较高的热导率和电绝缘强度。制作陶瓷盖板和陶瓷弹性膜片的厚膜时注意陶瓷板的材质、尺寸、粗糙度、翘曲以及表面的缺陷与污染等，并在净化间进行超声波清洗。

电极浆料选择：要求浆料即有良好的触变性和流动性，又有一定的粘度，使得在刮板运动的转印过程中，能很好地通过掩膜图形淀积在基板表面，印刷结束后浆料又不流趟，能保持掩膜图形不模糊，在浆料印刷到基板上后，让印刷表面的网线痕迹，通过表面张力和重力的作用而自动流平，使厚膜的表面光滑，厚度均匀，边缘变形消失。丝网印刷前从冰箱中取出 Pd/Ag 电极浆料，并充分搅拌均匀浆。

二、厚膜电极丝网印刷：

本发明厚膜印刷重视印刷厚膜即陶瓷弹性膜片 12 和陶瓷盖板 2 的均匀性、印刷电极的光滑性、印刷材料和基板的粘结性和湿润性、膜厚的控制、印刷分辨率等。绷制丝网是保证高质量细线图形的关键工序之一，丝网网线与框边及印刷图形主要线条（大部分线条与框边平行）成 45° 角，橡皮刮板要顺着图形线条方向移动才能保证每个图形漏印浆料量均匀。在绷制丝网过程中，如因操作不当，未使网线与框边形成 45° 角，或刮板运动时施力不匀，都会导致图形线条变形，边缘呈锯齿状。印刷前要根据丝网的大小、目数、张力，通过

反复的试验调节丝网印刷机，确定丝网与基板间的距离高度，高度太小，丝网回弹力小，膜层变薄，重现性差，而且还容易粘丝网，印刷图案不清晰，粘丝网还容易形成气泡和针孔；若高度太大，膜层变厚，丝网和掩膜会受力产生变形，影响图形精度，也会加剧丝网和刮板的磨损。印刷速度慢，压力大，转印浆料越多，基片表面光洁，接触部分增大，有利于浆料转移。本发明采用 250 目尼龙丝网，取适量 Pd/Ag 电极浆料于网板上，用刮板匀浆并通过网孔把浆料均匀地印刷沉积在陶瓷弹性膜片 12 和陶瓷盖板 2 上，其图案由丝网下面的掩膜图形决定。

厚膜电极流平并烘干：陶瓷弹性膜片 12 和陶瓷盖板 2 上的电极印刷后，水平放置流平 10 min，让厚膜表面上的网线痕迹在表面张力和重力的作用下自动流平，形成表面光滑，厚度均匀，边缘整齐的膜，网纹也随之消失。流平还利于避免后续烧结工艺中起泡，流平时间不宜太长，否则图案会变模糊。流平后放电热鼓风干燥箱中烘干，先加热到 50℃，保温 10min，后间隔升温点为 50℃，70℃，90℃，110℃，130℃，150℃，180℃，每次恒温 10 min，关加热并使陶瓷弹性膜片 12 和陶瓷盖板 2 在干燥箱内自然冷却。

三、Pd/Ag 电极烧结：

使用 HSL-3006 六温区全自动隧道烧结炉，烧结炉带长 6m，六温区温度设置为：400℃，563℃，831℃，854℃，852℃，700℃，烧结带速 0.83m/min，设置温度后开机预热约两小时，使各温区温度升至预设值并使炉内温度恒定均衡。再从进片口放入烘干的陶瓷弹性膜片 12 和陶瓷盖板 2，水平放置勿重叠，避免拾取时造成机械性损伤。红外加热是一种热辐射加热的方式，红外炉各温区温度均由微机控制，控制精度高，温度分布均匀，操作方便，批量生产时生产周期短，该烧结方法消除了普通炉子快速升温时膜层表面先硬化，而内部存在气孔等弊端。烧结时长约 1 小时，期间防止炉体运行卡带。

四、印刷、烧结高温粘结玻璃：

通过粘结网板在陶瓷弹性膜片 12 及陶瓷盖板 2 上印刷高温粘结白玻璃层（软化点温度约为 800 °C），同样要流平，烘干干燥。网板用酒精棉球擦净。烧结白玻璃，温度参数设置同 Pd/Ag 电极烧结。

五、印刷、烘干、烧结绝缘玻璃层：

为防止感压元件受力时电容间隙减小，使陶瓷弹性膜片 12 和陶瓷盖板 2 电极短接，通过绝缘层网版在作为公共电极的陶瓷弹性膜片 12 上再丝网印刷淀积一层玻璃薄层即二氧化硅绝缘膜 10，流平 10 min 后烘干。放置马弗炉烧结固化二氧化硅绝缘膜 10，烧结温度 600 °C，烧结时间 50-70 分钟，固化时间为 50-70 分钟。

六、印刷低温粘结玻璃：

通过粘结网板在陶瓷弹性膜片 12 及陶瓷盖板 2 上印刷高温玻璃粘结层处，再印刷一层低温粘结玻璃层 1，流平 10 min。

七、上下电极粘结：

将陶瓷弹性膜片 12 和陶瓷盖板 2 粘结，粘结时 C 对 C' 作为公共电极引出端 7，A 对 A' 作为测量电容引出端 5，B 对 B' 作为参考电容引出端 3，通过粘结密封网版将上下电极边缘印刷玻璃粘结，各粘结点应充分对齐，电极粘结时用力均匀，保证感压元件电容间隙各处均匀一致。粘结前应对电极或者陶瓷通气孔 9 等处残留的细屑粉体颗粒作适当擦拭，防止粘接后电极之间短路。粘结的感压元件在干燥箱烘干冷却。

八、烧结粘结好的感压元件：

烧结温度 300°C，400°C，510°C，520°C，520°C，400°C，带速 0.87m/min，烧制完毕，一种双电容厚膜陶瓷感压元件制成。

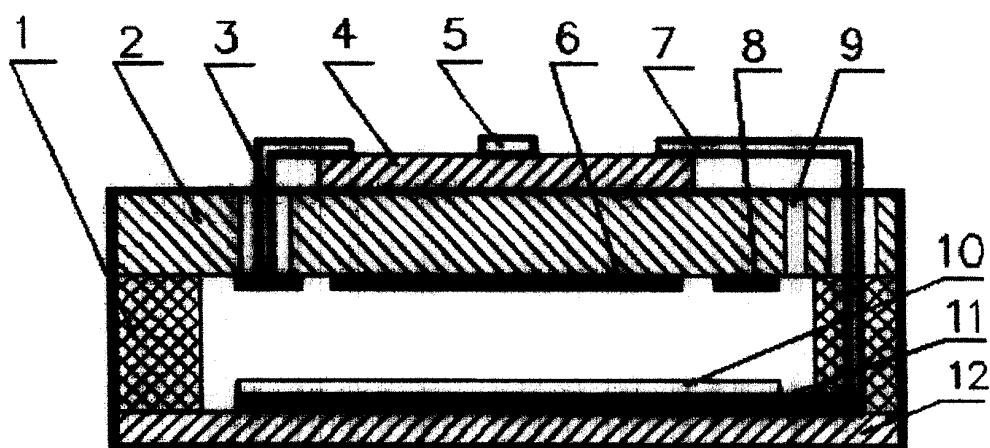


图 1

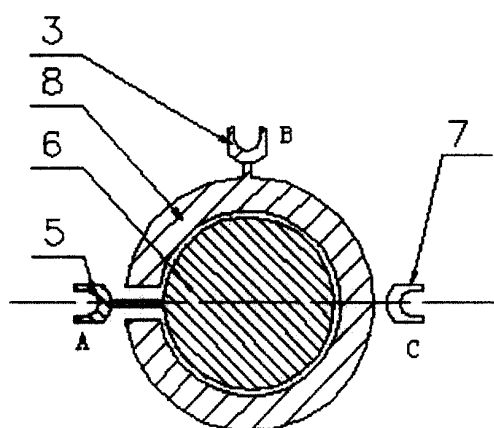


图 2

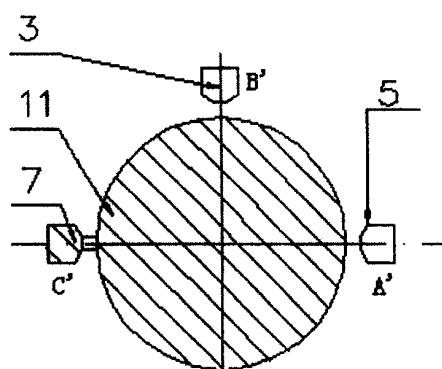


图 3

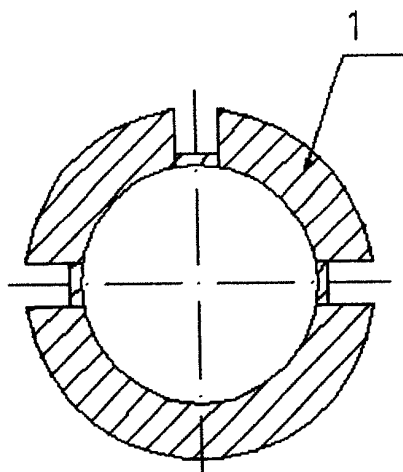


图 4

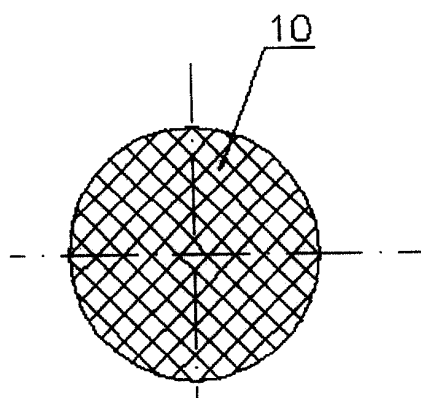


图 5