



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 104043905 B

(45) 授权公告日 2015. 10. 28

(21) 申请号 201410250675. 1

CN 1833807 A, 2006. 09. 20,

(22) 申请日 2014. 06. 09

GB 9205072 D0, 1992. 04. 22,

(73) 专利权人 江苏大学

审查员 杨涛

地址 212013 江苏省镇江市学府路 301 号

(72) 发明人 温德平 戴峰泽 张永康

(74) 专利代理机构 江苏纵联律师事务所 32253

代理人 蔡栋

(51) Int. Cl.

B23K 26/382(2014. 01)

B23K 26/346(2014. 01)

B23K 26/70(2014. 01)

(56) 对比文件

CN 103273201 A, 2013. 09. 04,

CN 103753028 A, 2014. 04. 30,

CN 103769746 A, 2014. 05. 07,

CN 103817430 A, 2014. 05. 28,

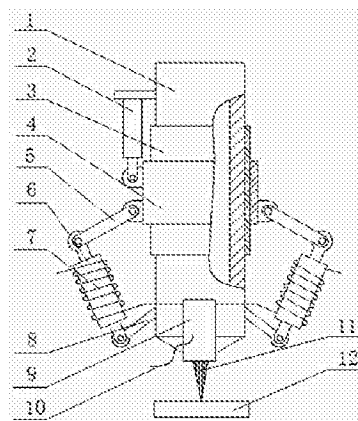
权利要求书1页 说明书5页 附图10页

(54) 发明名称

一种旋转电磁场辅助激光打孔的装置

(57) 摘要

本发明公开了一种旋转电磁场辅助激光打孔的装置, N 对铁芯沿激光头周向均匀间隔分布, 铁芯的上、下端分别与连杆和紧固在激光头下端的支撑杆铰接, 连杆的另一端铰接于导套, 导套套于同轴固定在激光头上的导柱的外壁上, 导套上端与固定在激光头上端的液压缸相连, 导套可沿着导柱上下移动, N 对线圈绕组分别套装在 N 对铁芯上并与控制器相连, N 对电板分别通过 N 对电板支撑固定于激光头下端, N 对电板处于同一水平面且每个电板均位于相邻的两个线圈绕组所成夹角的中间位置, 表面涂有绝缘层的电板通过导线与控制器相连。本发明可提高打孔效率, 可适用于所有材料的激光打孔加工。



1. 一种旋转电磁场辅助激光打孔的装置,包括激光头(1),其特征在于:还包括旋转电磁场生成装置,所述旋转电磁场生成装置安装在激光头(1)上,二者同轴;

所述旋转电磁场生成装置包括液压缸(2)、导柱(3)、导套(4)、N对连杆(5)、N对铁芯(6)、N对线圈绕组(7)、N对支撑杆(8)、N对电板(9)、导线(10)、控制器(14)和N对电板支撑(13);

N对铁芯(6)沿激光头(1)周向均匀间隔分布,铁芯(6)的上端、下端分别与连杆(5)的一端和紧固在激光头(1)下端的支撑杆(8)铰接,连杆(5)的另一端铰接于导套(4)的下端,导柱(3)固定在激光头(1)上,并与激光头(1)同轴,导套(4)套在导柱(3)外壁上,导套(4)的上端与固定在激光头(1)上端的液压缸(2)相连,导套(4)在液压缸(2)作用下可沿着导柱(3)上下移动,N对线圈绕组(7)分别套装在N对铁芯(6)上并分别与控制器(14)相连,N对电板(9)分别通过N对电板支撑(13)周向均匀固定于激光头(1)的下端,N对电板(9)处于同一水平面且每个电板(9)均位于相邻的两个线圈绕组(7)所成夹角的中间位置,电板(9)表面涂有绝缘层(15)使电板(9)与电板支撑(13)相互绝缘,电板(9)通过导线(10)与控制器(14)相连,N大于等于2且小于等于8。

2. 根据权利要求1所述的一种旋转电磁场辅助激光打孔的装置,其特征在于,两两对置的每一对线圈绕组(7)为串联接线,且线圈绕组(7)的绕向保证在通电后两两对置的线圈绕组(7)的下端产生互异相吸的磁极。

3. 根据权利要求1所述的一种旋转电磁场辅助激光打孔的装置,其特征在于,所述电板支撑(13)为绝缘材料制成。

一种旋转电磁场辅助激光打孔的装置

技术领域

[0001] 本发明涉及激光加工领域,特指一种利用旋转电磁场来辅助激光光打孔的装置。

技术背景

[0002] 随着微机电技术 (MEMS) 的不断发展,以及对传统产品的小型化、轻量化设计,人们对微细孔加工技术的要求越来越高,传统的机械加工方法已经无法满足微细孔的加工要求,迫切需要一种新的微细孔加工技术。激光打孔是现代制造技术领域的关键技术之一,激光打孔与其他打孔方法相比具有打孔深径比大、无接触、无工具损耗、加工速度快、表面变形小、可以加工各种材料等显著优越性,能良好地满足现代工业产品加工的要求,已得到了广泛的应用。

[0003] 现有的激光打孔方法一般是将激光束聚焦于工件表面或者表面以下某个位置,以足够高的功率密度加热和熔化材料,随后材料以液态和气态形式喷射出去达到材料去除的目的。在激光打孔过程中,熔池上方的金属蒸汽吸收激光能量发生离子化导致等离子爆炸,产生高温高压的等离子体云。最近研究表明,高温高压的等离子体云为激光打孔的第二热源,推动固液界面不断深入材料,达到熔化和气化材料并形成孔穴的目的。然而,等离子体云呈膨胀式背离熔池向外散开,达不到加热熔池的作用。当前,通用的方法是采用磁场压缩等离子体的方法抑制等离子体散失。等离子体中背离熔池运动的正负带电粒子在磁场的洛伦兹力作用下,朝向熔池表面运动,从而使等离子体贴近和撞击熔池表面,形成熔池加热的第二热源,同时等离子体撞击熔池时,动能会转变为热能,达到提高打孔效率的目的。但是,因为在静磁场作用下,平行于磁场方向的运动带电粒子不受洛伦兹力的作用,因此静磁场会产生等离子体单向压缩现象,会导致椭圆孔的产生。为了避免此类现象的发生,旋转磁场辅助激光打孔的方法得到运用。Chang Yuan-Jen 等人在文献 *Magnetic Assisted Laser Micromachining for Highly Reflective Metals*, *JLMN-Journal of Laser Micro/Nanoengineering*, 7(2012)252 (DOI 标识码为 10.2961/jlmn.2012.03.0004) 提出了一种旋转磁场辅助激光加工的实验装置,该装置通过电机带动与激光束同轴的永磁铁旋转,从而在熔池表面形成磁场。但是,安装在激光头上的永磁铁的转动会使激光头产生微震动,影响孔的位置精度,同时,改变旋转磁场的强度是通过改变永磁铁的数量来改变,因为强磁永磁铁吸引力极大,更换磁铁极不方便,从而增加了操作难度。杨光,王维等人申报的专利申请号为 201310064232.9 的一种电磁搅拌激光修复装置与 Chang Yuan-Jen 等人的装置相似,也是通过安装在激光头上的永磁铁的机械转动产生旋转磁场,也会产生激光头微震动和调节磁场强度操作不方便等缺点。同时,等离子体衰减较快,较少部分的等离子体能作为第二热源,因此,提高单位体积等离子体的能量对提高打孔效率极为重要。但是,上述两种装置所涉及的方法仅仅是改变等离子体的运动方向,不能提高单位等离子体的能量。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种旋转电磁场辅助激光打孔的装置,以保证加工精度、

提高带电粒子动能,从而提高材料熔化和气化效率,达到提高打孔效率的目的。

[0005] 为了解决以上技术问题,本发明利用周向均布的线圈绕组和电板时序得电,形成旋转电磁场,该旋转电场生成装置不会引起激光头振动,保证加工精度。旋转磁场对等离子体正负电粒子产生洛伦兹力,形成等离子体压缩效应,同时旋转电场加速带电粒子运动,提高带电粒子动能,从而使带电粒子撞击熔池时动能转变为热能更大,充分利用等离子体作为第二热源,提高材料熔化和气化效率,达到提高打孔效率的目的。具体技术方案如下:

[0006] 一种旋转电磁场辅助激光打孔的装置,包括激光头(1),其特征在于:还包括旋转电磁场生成装置,所述旋转电磁场生成装置安装在激光头(1)上,二者同轴;

[0007] 所述旋转电磁场生成装置包括液压缸(2)、导柱(3)、导套(4)、N对连杆(5)、N对铁芯(6)、N对线圈绕组(7)、N对支撑杆(8)、N对电板(9)、导线(10)、控制器(14)和N对电板支撑(13);N对铁芯(6)沿激光头(1)周向均匀间隔分布,铁芯(6)的上端、下端分别与连杆(5)的一端和紧固在激光头(1)下端的支撑杆(8)铰接,连杆(5)的另一端铰接于导套(4)的下端,导柱(3)固定在激光头(1)上,并与激光头(1)同轴,导套(4)套在导柱(3)外壁上,导套(4)的上端与固定在激光头(1)上端的液压缸(2)相连,导套(4)在液压缸(2)作用下可沿着导柱(3)上下移动,N对线圈绕组(7)分别套装在N对铁芯(6)上并分别与控制器(14)相连,N对电板(9)分别通过N对电板支撑(13)周向均匀固定于激光头(1)的下端,N对电板(9)处于同一水平面且每个电板(9)均位于相邻的两个线圈绕组(7)所成夹角的中间位置,电板(9)表面涂有绝缘层(15)使电板(9)与电板支撑(13)相互绝缘,电板(9)通过导线(10)与控制器(14)相连,N大于等于2且小于等于8。

[0008] 所述两两对置的每一对线圈绕组(7)为串联接线,且线圈绕组(7)的绕向保证在通电后两两对置的线圈绕组(7)的下端产生互异相吸的磁极,通过控制器控制线圈绕组的时序得电,形成旋转电磁场。

[0009] 所述电板支撑(13)为绝缘材料制成。

[0010] 所述两两对置分布的线圈绕组所成的夹角可调,可通过液压缸、导柱、导套、连杆和铁芯结构调节,其夹角可调范围是 $0^{\circ}\sim 180^{\circ}$ 。

[0011] 本发明通过周向均匀间隔分布的多对线圈绕组和多对电板分别进行顺序得、失电来实现磁场和电场的同步旋转,其中每一时刻的磁场方向和电场均相互垂直,以形成磁场和电场相互垂直的旋转电磁场。

[0012] 线圈绕组的励磁电流、电板间电压、线圈绕组-电板得失电频率、两两对置线圈绕组形成的夹角均可以调节,以适应激光打孔的实际工况。

[0013] 本发明装置的工作过程如下:

[0014] 第一步:激光头移动至待加工的工件上方,调节合适的焦点位置;

[0015] 第二步:由控制器调节合适的励磁电流、电板间电压和电流-电压变化频率,使旋转电磁场生成装置产生一定强度和频率的旋转电磁场;同时通过调节液压缸的伸出长度,带动连杆和铁芯转动,从而改变两两对置的线圈绕组间的夹角,间接的改变激光作用区的磁场强度和磁场分布。

[0016] 第三步:激光器工作,从激光头出光口放出激光,辐照在工件表面,进行旋转电磁场辅助激光打孔工作。

[0017] 第四步:待打孔工作完成,先关闭激光,然后再关闭励磁电流和压板电压。

[0018] 本发明具有有益效果:1. 本发明的旋转电磁场是采用周向均匀分布的线圈绕组和电板时序得电获得,不存在机械振动,即旋转电磁场辅助激光打孔装置不影响激光头的位置精度,保证加工稳定性。

[0019] 2. 本发明的旋转磁场的场强和旋转速度可分别通过改变励磁电流和线圈绕组时序得失电频率来控制,同时电场的强度可由电板间电压控制,便捷的调节激光打孔中相关电磁场工艺参数。同时,通过液压缸的伸缩可调节两两对置线圈绕组的夹角,间接地改变激光作用区域的磁场强度和磁场分布,操作极为方便。

[0020] 3. 本发明的旋转电磁场生成装置安装固定在激光头上,紧随激光头的移动,从而使旋转电磁场的作用不受工件尺寸的限制。

[0021] 本发明装置适合各种材料的激光打孔加工。

附图说明

[0022] 图1是本发明旋转电磁场生成装置的主视图。

[0023] 图2是本发明旋转电磁场生成装置的俯视图。

[0024] 图3是本发明旋转电磁场生成装置的原理图。

[0025] 图4是本发明实施例1线圈绕组1-1'和水平方向与之垂直的电板A-A'得电产生旋转电磁场的过程示意图。

[0026] 图5是本发明实施例1线圈绕组2-2'和水平方向与之垂直的电板B-B'得电产生旋转电磁场的过程示意图。

[0027] 图6是本发明实施例1线圈绕组3-3'和水平方向与之垂直的电板C-C'得电产生旋转电磁场的过程示意图。

[0028] 图7是本发明实施例1线圈绕组1'-1和水平方向与之垂直的电板A'-A得电产生旋转电磁场的过程示意图。

[0029] 图8是本发明实施例1线圈绕组2'-2和水平方向与之垂直的电板B'-B得电产生旋转电磁场的过程示意图。

[0030] 图9是本发明实施例1线圈绕组3'-3和水平方向与之垂直的电板C'-C得电产生旋转电磁场的过程示意图。

[0031] 图10是本发明一对线圈绕组和电板通电后产生的电磁场分布图。磁场和电场相互垂直,图中电场方向由垂直于图纸向外。

[0032] 图中:1、激光头,2、液压缸,3、导柱,4、导套,5、连杆,6、铁芯,7. 线圈绕组,8、支撑杆,9、电板,10、导线,11、激光束,12、工件,13、电板支撑,14、控制器,15、绝缘层,16、电场方向,17、磁场方向。

具体实施方式

[0033] 下面结合附图和实施例详细说明本发明提出的方法及装置的细节和工作情况。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用于解释本发明,并不用于限定本发明。

[0034] 实施例1

[0035] 用本发明进行旋转电磁场辅助激光打孔的装置如图1和图2所示包括激光头1,和旋转电磁场生成装置,旋转电磁场生成装置安装在激光头1上,与激光头同轴;旋转电磁

场生成装置包括液压缸 2、导柱 3、导套 4、三三对连杆 5、三三对铁芯 6、三对线圈绕组 7、三对支撑杆 8、三对电板 9、导线 10、控制器 14 和三对电板支撑 13；三对铁芯 6 沿激光头 1 周向均匀间隔分布，铁芯 6 的上端、下端分别与连杆 5 的一端和紧固在激光头 1 下端的支撑杆 8 铰接，连杆 5 的另一端铰接于导套 4 的下端，导柱 3 固定在激光头 1 上，并与激光头同轴，导套 4 套在导柱 3 外壁上，导套 4 的上端与固定在激光头 1 上端的液压缸 2 相连，导套 4 在液压缸 2 作用下可沿着导柱 3 上下移动，三对线圈绕组 7 分别套装在三对铁芯 6 上并分别与控制器 14 相连，三对电板 9 分别通过三对电板支撑 13 周向均匀固定于激光头 1 的下端，三对电板 9 处于同一水平面且每个电板 9 均位于相邻的两个线圈绕组 7 所成夹角的中间位置，电板 9 表面涂有绝缘层 15 使电板 9 与电板支撑 13 相互绝缘，电板 9 通过导线 10 与控制器 14 相连。

[0036] 两两对置的线圈绕组 7 为串联接线，且线圈绕组 7 的绕向保证在通电后两两对置的线圈绕组 7 的下端产生互异相吸的磁极。每个线圈绕组 6 为 500 匝。

[0037] 电板支撑 13 由聚丙烯材料制成。

[0038] 本发明通过周向均匀间隔分布的多对线圈绕组 7 和多对电板 9 分别进行顺序得、失电来实现磁场和电场的同步旋转，其中每一时刻的磁场方向和电场均相互垂直，以形成磁场和电场相互垂直的旋转电磁场。

[0039] 如图 3 所示，三对线圈绕组和三对电板均匀间隔分布在同一圆周上，使线圈绕组 1-1'、2-2'、3-3'、1'-1、2'-2、3'-3 按顺序得失电，此处线圈绕组的编号表示对应线圈绕组得电后，磁场方向由前一个编号对应的线圈绕组指向后一个编号对应的线圈绕组，如线圈绕组 1-1' 得电，磁场方向由 1 指向 1'；同时，控制器也同步控制使电板 A-A'、B-B'、C-C'、A'-A、B'-B、C'-C 按顺序得失电，此处电板的编号表示对应电板得电后，电场线由前一个编号对应的电板指向后一个编号对应的电板，如 A-A' 得电，电场方向由 A 指向 A'；二者得失电周期相同，使得对置分布的线圈绕组产生异性相吸的磁场时，在水平方向同时产生与磁场方向相互垂直的电场，形成相互垂直的电磁场，各组线圈绕组和电板顺序得失电即可形成旋转的电磁场。旋转电磁场产生的过程是当顺序给线圈绕组 1-1' 和电板 A-A' 同时通电时，产生如图 4 所示的相互垂直的电磁场；当控制器顺序给线圈绕组 2-2' 和 B-B' 同时通电时，则产生了偏转了 60° 的相互垂直的电磁场如图 5 所示；当控制器给线圈绕组 3-3' 和电板 C-C' 同时通电时，则产生了相对于前一个电磁场偏转了 60° 的相互垂直的电磁场如图 6 所示；图 7 为线圈绕组 1'-1 和电板 A'-A 得电的电磁场情况；图 8 为线圈绕组 2'-2 和电板 B'-B 得电的电磁场情况；图 9 为线圈绕组 3'-3 和电板 C'-C 得电的电磁场情况；图 4 至图 9 为旋转电磁场的一个周期，随后线圈绕组和电板在控制器的作用下进入后续的循环周期，形成不断旋转的电磁场。

[0040] 实施本发明装置的工作过程如下：

[0041] 第一步：激光头 1 移动至待加工的工件 12 上方，调节焦点位置在工件 12 表面；

[0042] 第二步：由控制器 14 调节励磁电流为 1.5A、电板间电压为 40V 和线圈绕组 - 电板得失电频率为 100Hz，使旋转电磁场生成装置产生一定强度和频率的旋转电磁场；同时通过调节液压缸 2 的伸出长度，带动连杆 5 和铁芯 6 转动，从而使两两对置的线圈绕组 7 间的夹角为 180°。

[0043] 第三步：激光器工作，从激光头 1 出光口放出激光，辐照在工件 12 表面，进行旋转

电磁场辅助激光打孔工作。

[0044] 第四步：待打孔工作完成，先关闭激光，然后再将励磁电流和压板电压置零。

[0045] 本发明产生旋转电磁场的原理及线圈绕组夹角调节原理如图 10 所示。

[0046] 当两两相对的线圈绕组 7 中，电流从左侧线圈绕组 7 流入，从右侧线圈 7 流出，根据右手定则可以判断，得知两线圈绕组通过铁芯在延长相交区域产生自右向左的磁场，磁感线两端较密，中间较稀疏，中间区域的磁感线穿过了放置在激光头 1 下面的工件 12。两两相对的线圈绕组 7 之间的夹角是可以通过液压缸 2 的伸缩来间接控制的：液压缸 2 伸出带动导套 4 下降，液压缸 2 收缩带动导套 4 上升；通过连杆 5、铁芯 6 角度的变化，使得：两相对线圈 7 的夹角增大，夹角增大使得磁场线穿过区域较浅，适合加工的工件厚度较小；两相对线圈 7 的夹角减小，夹角增大使得磁场线穿过区域加深，适合加工的工件厚度加大。与磁场线平面垂直的电板 9 通电，产生与磁场相互垂直的电场。

[0047] 当线圈绕组 7 周期时序得电时，线圈 7 产生的磁感线将围绕着激光头 1 的中心旋转，同时，电场方向时刻与对应的磁场方向垂直，因此电场方向也将围绕激光头同步旋转，从而形成旋转的电磁场。

[0048] 实施例 2

[0049] 参见图 1 和图 2，本实施例的装置与实施例 1 相同，不同之处在于采用了两对连杆 5、两对铁芯 6、两对线圈绕组 7、两对支撑杆 8、两对电板 9 和两对电板支撑 13，线圈绕组 7 的匝数是 600 匝。

[0050] 由控制器 14 调节励磁电流为 1.8A、电板间电压为 60V 和电流 - 电压变化频率为 100Hz，使旋转电磁场生成装置产生一定强度和频率的旋转电磁场；同时通过调节液压缸 2 的伸出长度，带动连杆 5 和铁芯 6 转动，从而使两两对置的线圈绕组 7 间的夹角为 120° 。

[0051] 实施例 3

[0052] 参见图 1 和图 2，本实施例的装置与实施例 1 相同，不同之处在于采用了八对连杆 5、八对铁芯 6、八对线圈绕组 7、八对支撑杆 8、八对电板 9 和八对电板支撑 13，线圈绕组 7 的匝数是 700 匝。

[0053] 由控制器 14 调节励磁电流为 2A、电板间电压为 100V 和电流 - 电压变化频率为 200Hz，使旋转电磁场生成装置产生一定强度和频率的旋转电磁场；同时通过调节液压缸 2 的伸出长度，带动连杆 5 和铁芯 6 转动，从而使两两对置的线圈绕组 7 间的夹角为 90° 。

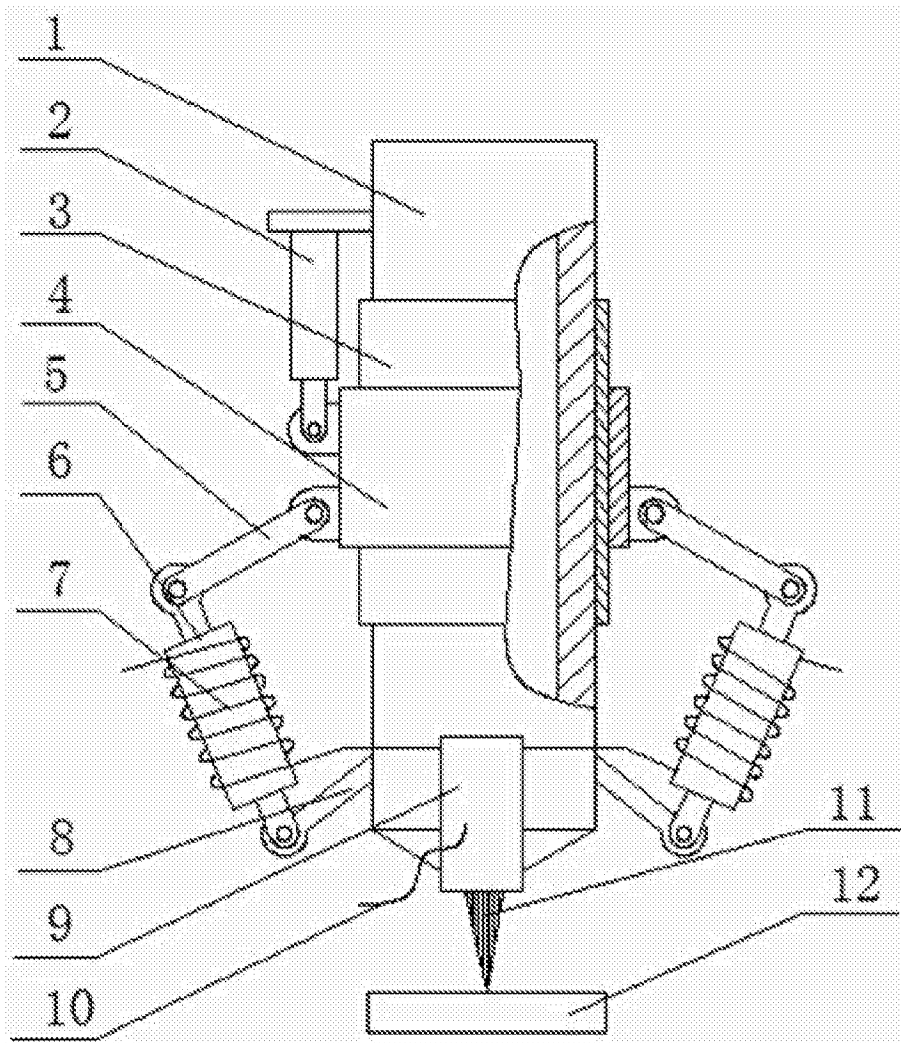


图 1

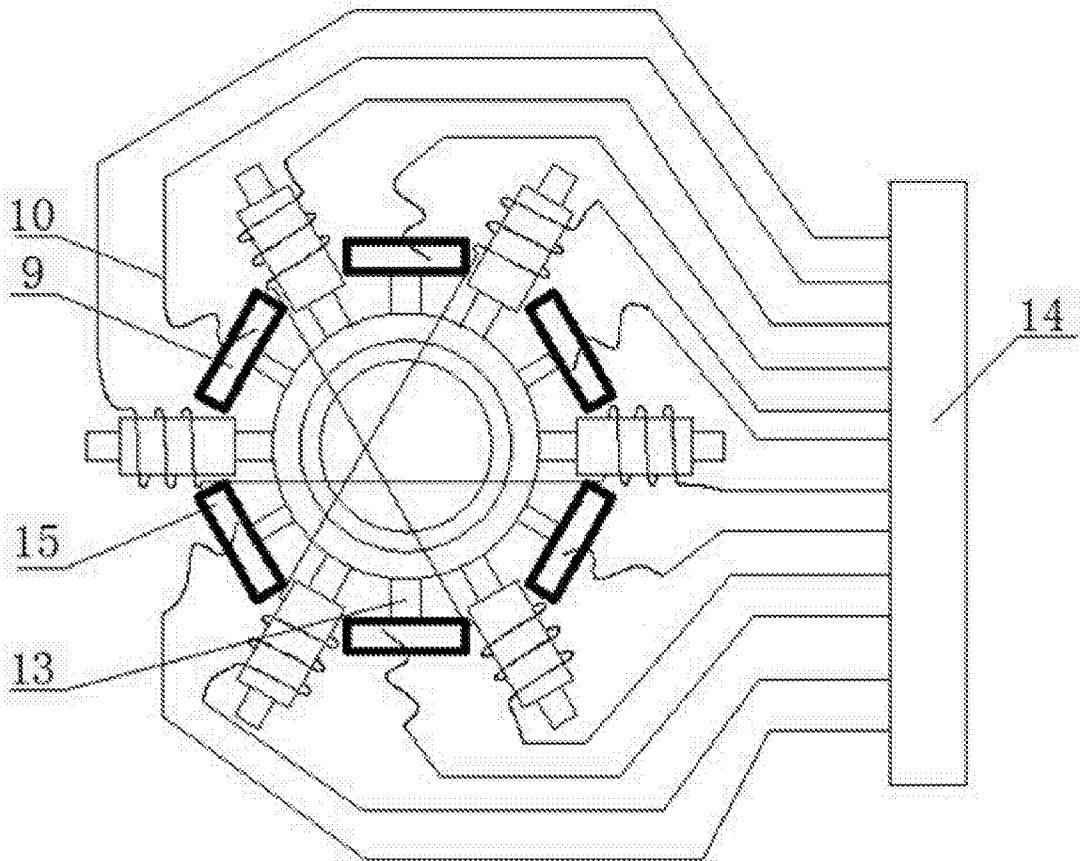


图 2

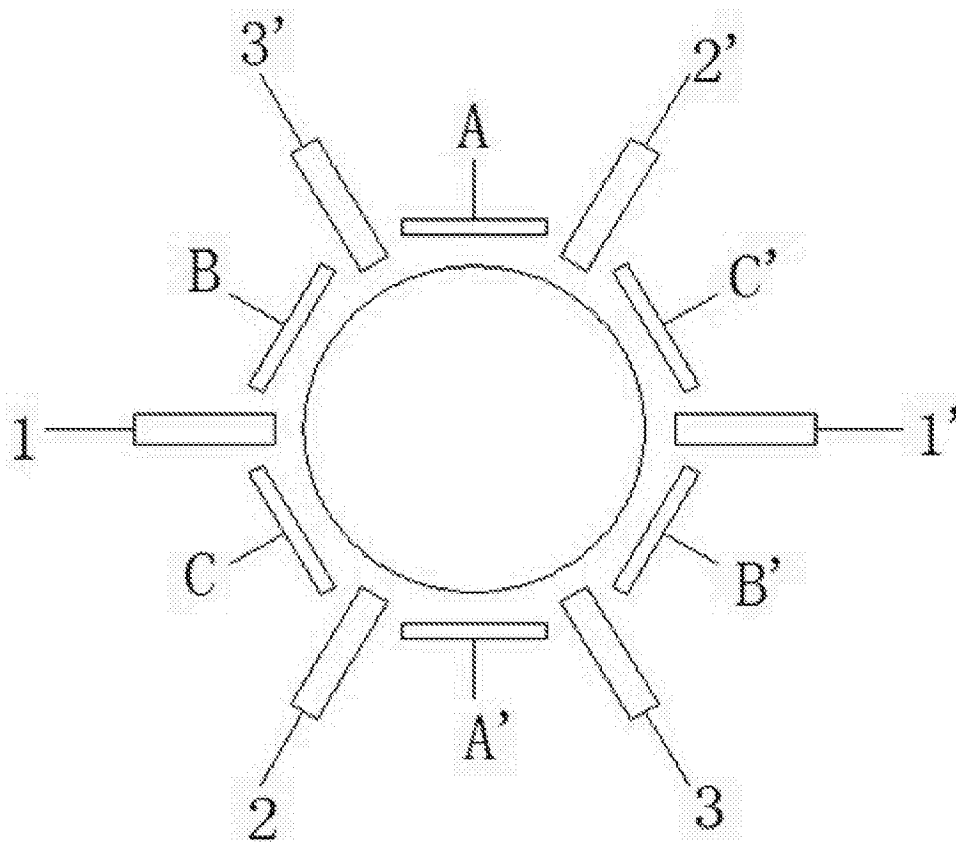


图 3

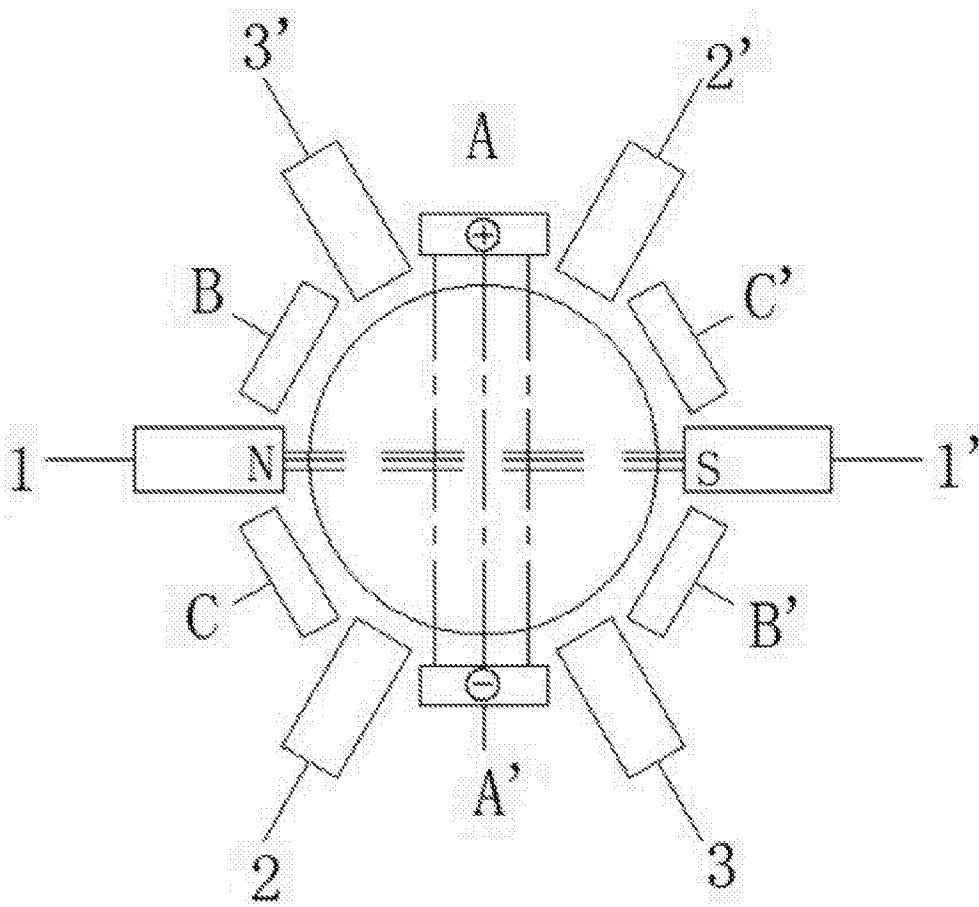


图 4

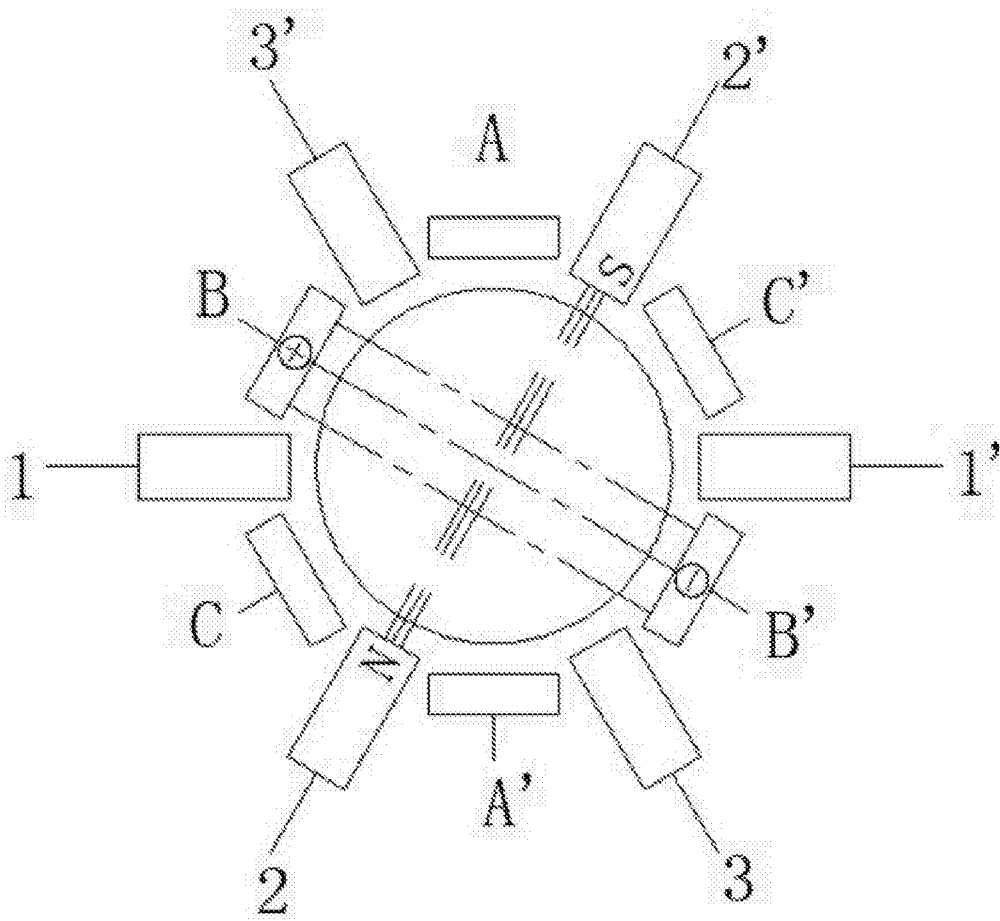


图 5

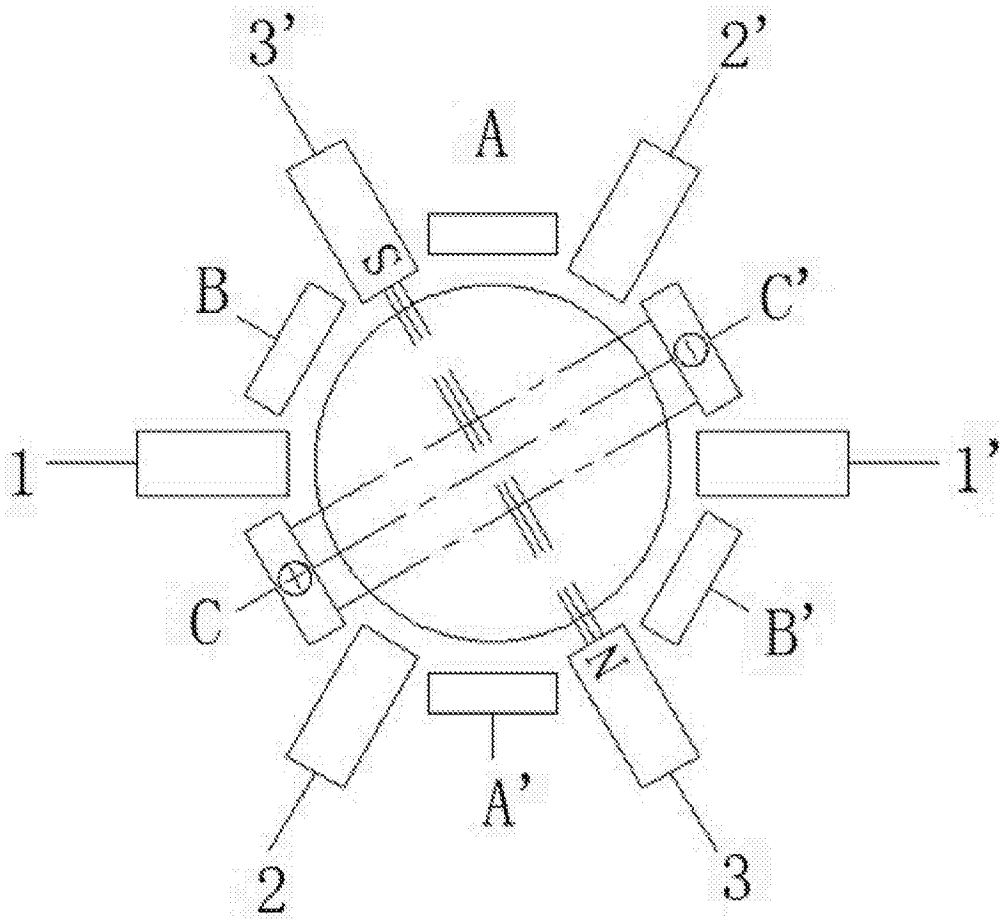


图 6

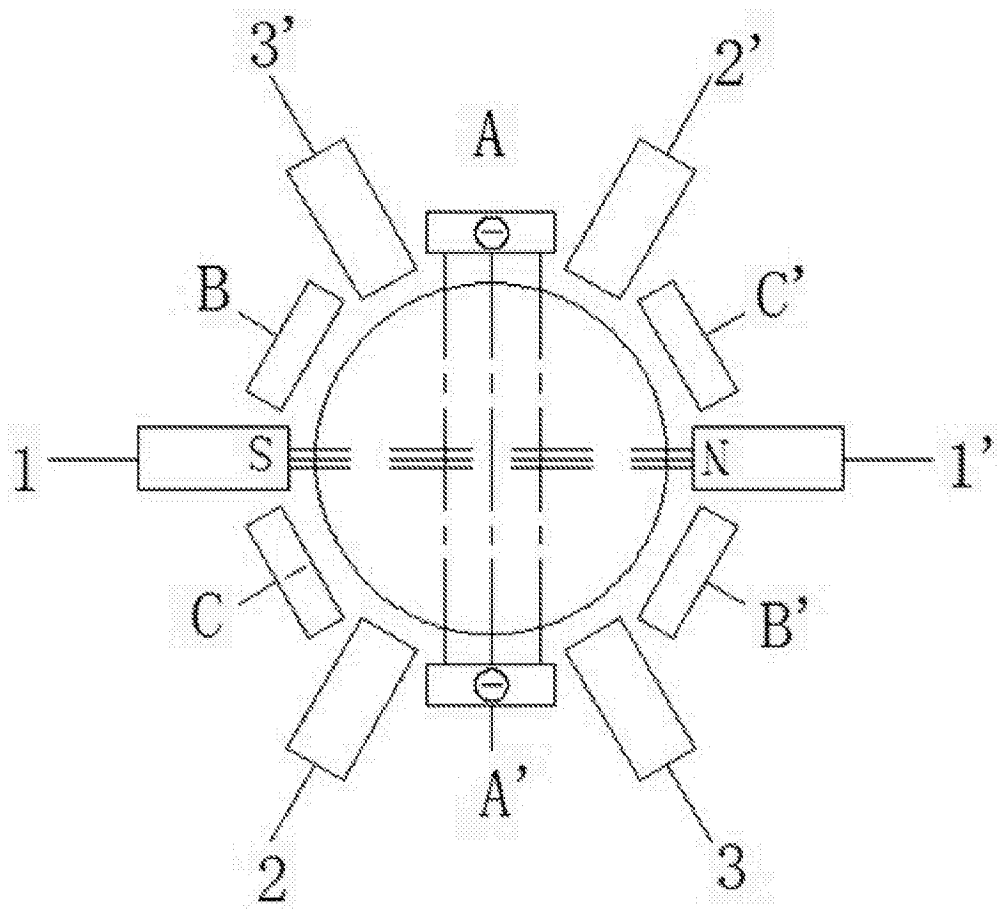


图 7

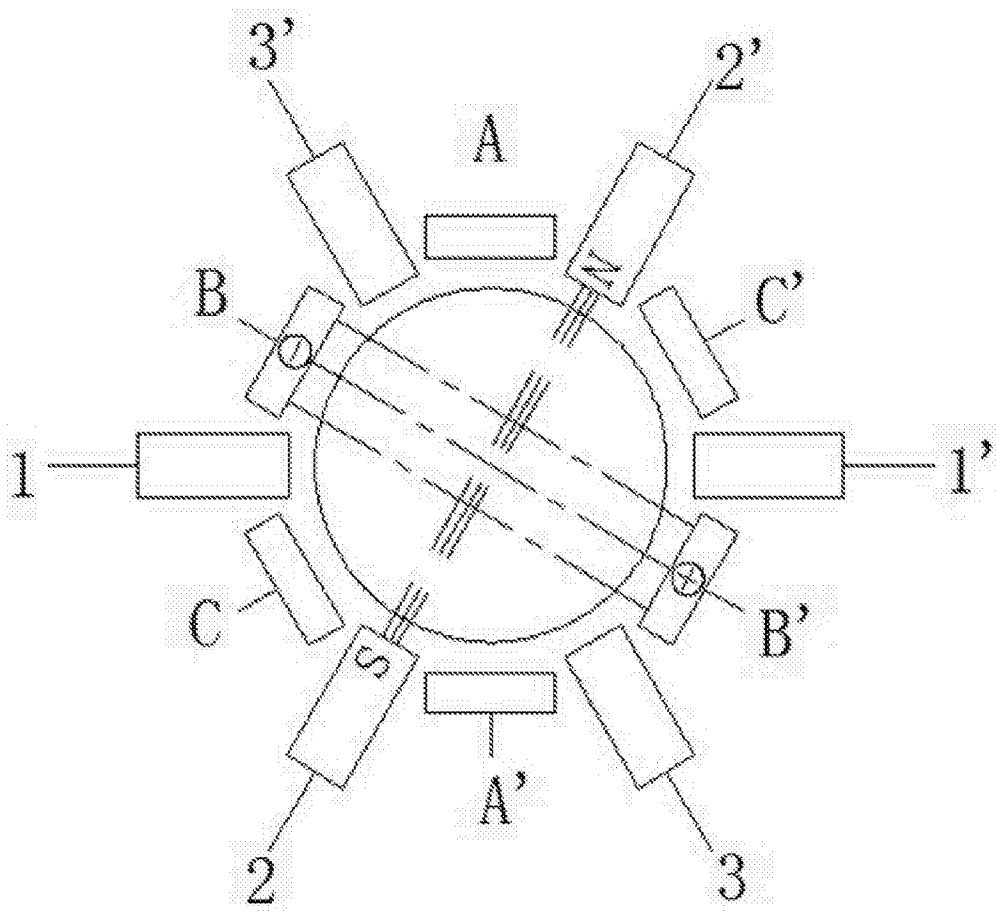


图 8

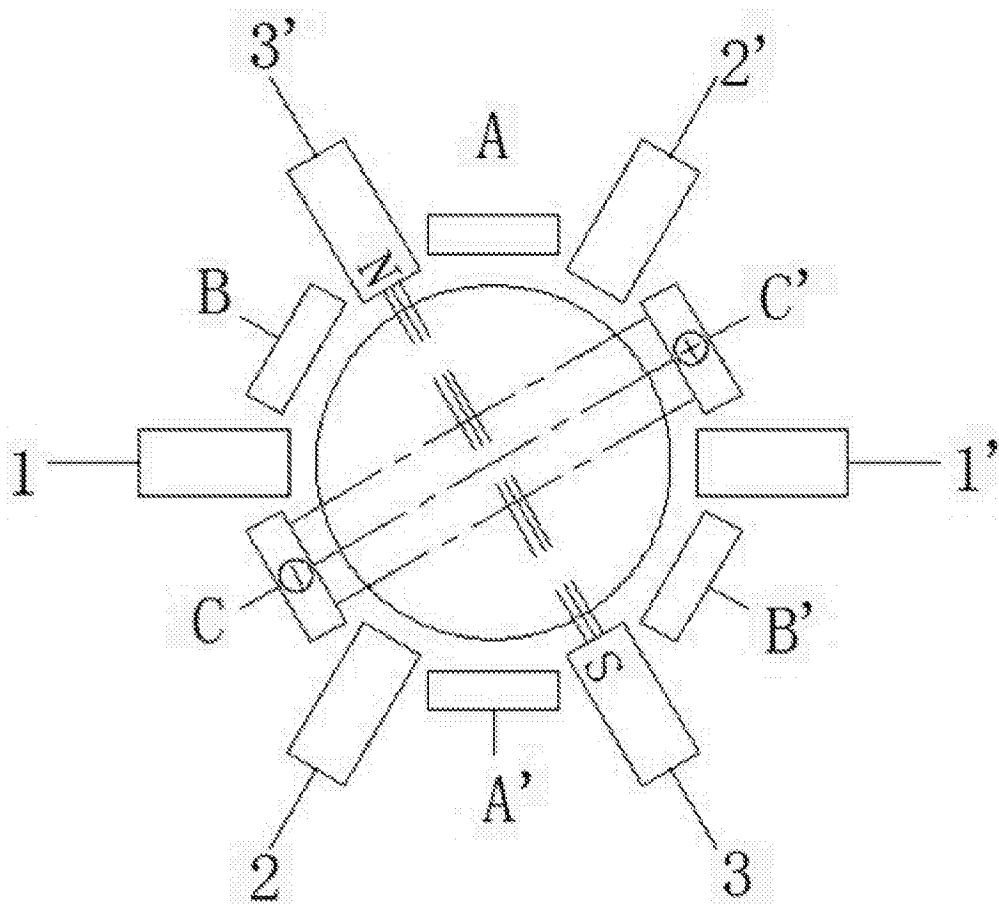


图 9

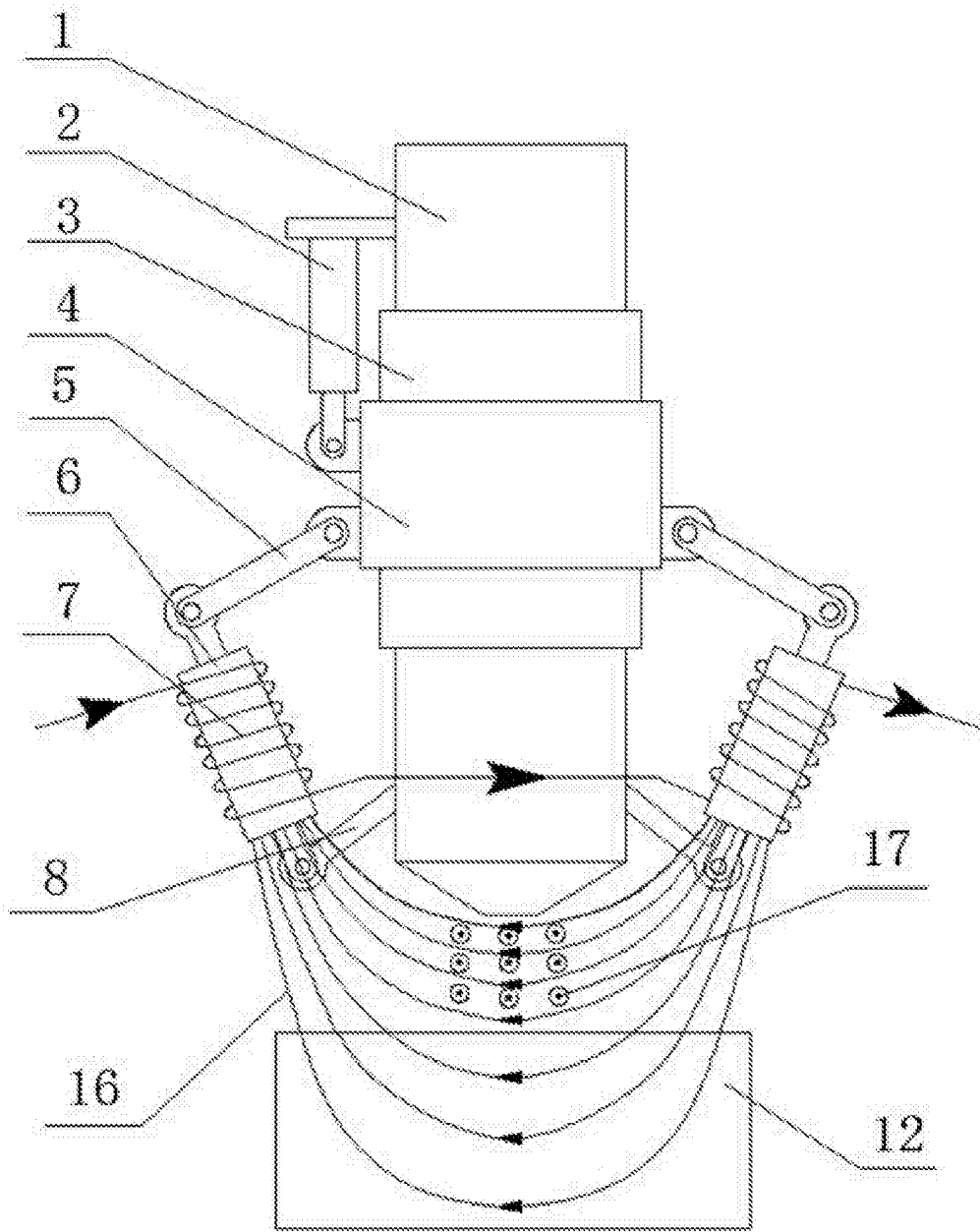


图 10