



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 02133149.9

[43] 公开日 2004 年 4 月 14 日

[11] 公开号 CN 1488997A

[22] 申请日 2002.10.8 [21] 申请号 02133149.9
 [71] 申请人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所
 地址 130022 吉林省长春市人民大街 140 号
 [72] 发明人 艾 华 韩旭东

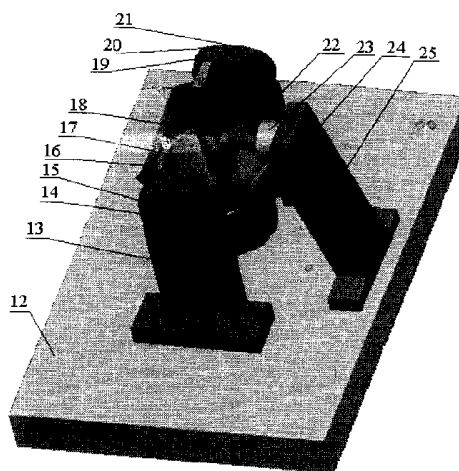
[74] 专利代理机构 长春科宇专利代理有限责任公
 司
 代理人 刘树清

权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 3 页

[54] 发明名称 一种凹球面光刻刻划机

[57] 摘要

一种凹球面光刻刻划机，属于超微细加工技术领域中的一种对凹球面实施光刻的光刻设备。本发明要解决的技术问题是：能在凹球面上光刻经纬相交的网栅线或经纬相交的网栅线。技术方案是：光刻刻划机形体采用支架支撑结构，由水平回转轴系统、竖轴系统、进给轴系统、光学系统组成。竖直轴线和进给轴轴线分别与水平回转轴轴线垂直且相交于水平回转轴轴线的中点，光刻镜头的光轴延长线也经过水平回转轴轴线的中点。被刻凹球面件固定在竖轴上，可绕竖轴转动。竖轴系统固定在水平回转轴上，可绕水平回转轴左、右摆动。光刻系统在进给轴的带动下，随竖轴系统摆动，从前往后按进给步距实施光刻。该光刻机能在凹球面上光刻经纬线或经纬线，制造超微细加工关键元件。



1、一种凹球面光刻刻划机，包括基座、光学系统，其特征在于本发明还包括水平回转轴系统（13、14、15、19、20、21）、竖轴系统（16、17、52、53、54、55、56、57、58、59）、进给轴系统（18、22、23、24、25）；在基座（12）、水平回转轴左支架（13）和水平回转轴右支架（19）、进给轴支架（25）构成的支架支撑系统上，水平回转轴左支架（13）和水平回转轴右支架（19）支撑着水平回转轴系统，水平回转轴（15、21）的轴线中点为O；竖轴系统通过竖轴轴套（16）上的水平左回转轴孔（52）和右回转轴孔（53）分别与水平回转轴系统中的水平左回转轴（15）、右回转轴（21）的刚性固连而固定在水平回转轴系统上并随水平回转轴的左、右转动而左、右摆动，竖轴（57）的轴线与水平回转轴（15、21）的轴线垂直，且相交于O点，被刻凹球面件（17）通过被刻件真空吸盘（54）固定在竖轴（57）上，并相对于竖轴轴套（16）随竖轴（57）转动；进给轴支架（25）支撑着进给轴系统和光学系统，进给轴（22）的轴线与水平回转轴系统中的水平回转轴（15、21）的轴线垂直且相交于O点，同时进给轴（22）的轴线与水平回转轴（15、21）的轴线所在的平面与基座（12）的平面平行；光学系统由光刻光路和调焦光路组成，光刻镜头（40）的光轴延长线通过水平回转轴（15、21）的轴线中点O。

2、按权利要求1所述的一种凹球面光刻刻划机，其特征在于在水平回转轴系统中，水平回转轴左支架（13）和水平回转轴右支架（19）与基座（12）刚性固连，回转驱动电机（14）与水平左回转轴（15）同轴线刚性固连，镶嵌在水平回转轴左支架（13）的轴孔内；回转角测量编码器（20）与水平右回转轴（21）同轴线刚性固连，镶嵌在水平回转轴右支架（19）的轴孔内，水平左转轴（15）与水平右回转轴（21），构成了水平回转轴（15、21），轴线的中点为O，水平回转轴左支架（13）和水平回转轴右支架（19），支撑着水平回转轴系统，水平回转轴（15、21）在回转驱动电机（14）的驱动下，可沿轴线左、右转动。

3、按权利要求1所述的一种凹球面光刻刻划机，其特征在于在竖轴系统中，被刻件真空吸盘（54）上带有吸盘轴（55）和真空吸孔（56）（即54、55、56为一体），被刻件真空吸盘（54）通过它的吸盘轴（55）插入到竖轴（57）的轴套孔与其配合，两者刚性固连，被刻凹球面件（17），真空吸浮在被刻件真空吸盘（54）上，随竖轴（57）转动；竖轴（57）与竖轴测量编码器（58）同轴线刚性固连，竖轴驱动电机59的转子与竖轴（57）刚性固连，

定子与竖轴轴套(16)刚性固连;竖轴(57)的轴线与水平回转轴系统中的水平回转轴(15、21)的轴线垂直,且相交于O点;竖轴系统通过竖轴轴套(16)上的水平左回转轴孔(52)和右回转轴孔(53)分别与水平回转轴系统中的水平左回转轴(15)、右回转轴(21)的刚性固连而固定在水平回转轴系统上并随水平回转轴的左、右转动而左、右摆动。

4、按权利要求1所述的一种凹球面光刻划机,其特征在于在进给轴系统中,进给轴支架(25)与基座(12)刚性固连,进给轴(22)与进给轴测量编码器(23)的轴和进给轴驱动电机(24)的轴同轴线刚性固连,进给轴(22)装有测量编码器和驱动电机的一端镶嵌在进给轴支架(25)的轴孔内,在进给轴(22)的另一端上装有光学系统托盒(18),两者刚性固连,进给轴支架(25)支撑着进给轴系统,进给轴(22)的轴线与水平回转轴系统中的水平回转轴(15、21)的轴线垂直,且相交于O点。同时进给轴(22)的轴线与水平回转轴(15、21)的轴线所在的平面与基座(12)的平面平行。

5、按权利要求1所述的一种凹球面光刻划机,其特征在于在进给轴系统中的光学系统托盒(18)内,分布着光刻光路和调焦光路。在光刻光路中,光刻光源(26)发出光的传播方向上,依次布置扩束器(27)、转向棱镜(28)、光开关控制器(A/O调制器)(29)、光强控制器(30)、偏振分束器(32)、在偏振分束器(32)的下方设有光强测量器(31)、刻划光1/4波长片(33)、刻划光窄带滤光片(34)、分束器(35)、转向棱镜(36)、光刻镜头(40)以及被刻凹球面件(17),与光刻镜头(40)调光调焦有关的件号有锁紧机构(37)、直线运动导轨付(38)、直线微驱动器(阴极线圈或PET)(39)、和光学系统托盒(18);直线运动导轨付(38)的静止不动的部分与光学系统托盒(18)刚性固连,运动部分与直线微驱动器39的静止不动部分刚性固连;光刻镜头(40)与直线微驱动器(39)的运动部分刚性固连;锁紧机构(37)的一端与光学系统托盒(18)刚性固连;锁紧机构把直线运动导轨付(38)锁定,光刻镜头(40)的光轴延长线经过水平回转轴(15、21)轴线的中点O;在调焦光路中,调焦光源(46)发出的光,在它的传播方向上,依次布置转向棱镜(45)、扩束器(44)、调焦光偏振分束器(43)、调焦光1/4波长片(42)、调焦光窄带滤光片(41)、以及在光刻光路上的分束器(35)、转向棱镜(36)、光刻镜头(40)以及被刻凹球面件(17),与光刻镜头(40)调光调焦有关的件号有锁紧机构(37)、直线运动导轨付(38)、直线微驱动器(39)和光学系统托盒(18);件号(37)、(38)、(39)、(40)、(17)、(18)的结构关系与光刻光路中相同,在分束器(47)的反射线上依次布置聚光镜(48)和调焦探测器(49);在分束器(47)的透射线上依次布置聚光镜(50)和调焦探测器(51)。

一种凹球面光刻刻划机

一、技术领域：本发明属于超微细加工技术领域中的一种对凹球面实施光刻的光刻设备。

二、技术背景：据了解，在世界各国已有的光刻刻划机中，都为平面光刻机。例如：码盘刻划机、光栅或圆光栅刻划机、光盘刻槽机等，即使是凹面光栅刻划机也类同平面光栅刻划机。因为，一般所用的凹面光栅的曲率半径也是相当大的，近似于平面。

在科学技术高速发展的今天，对凹球面光刻元件的需求，已经提到日程上来。比如：用于跟踪的引导头上整流罩中的网栅（凹球面光刻元件）等，到目前为止，还没有认识到的超微细加工领域中某些关键元件，都要求是凹球面光刻元件，制造这类光刻元件，就需要有凹球面光刻设备。

我们认为与本发明最为接近的已有技术是日本机械学会编“超精密システムの设计技术”中P190页的一种光盘刻槽机。如图1所示：是由基座1、光刻光源2、直线移动进给工作台3、驱动测角机构4、减速器5、丝杠6、光开关及光刻系统7、调光光源8、调焦系统9、光刻镜头10、被刻元件（光盘）11组成的。

该光盘刻槽机，只能光刻平面的阿基米德螺旋线，无法在凹球面上完成纬纬线或经纬线的光刻。为了实现能在凹球面光刻纬纬线或经纬线的目的，特设计一种凹球面光刻刻划机。

三、发明内容：本发明要解决的技术问题是：能在凹球面上光刻纬纬相交的网栅线或经纬相交的网栅线。

解决技术问题的技术方案是：本发明的光刻机形体采用支架支撑结构，被刻件（是凹球面）固定在竖轴上，可绕竖轴转动。竖轴系统固定在水平回转轴上，可绕水平回转轴左、右摆动。光刻系统在进给轴的带动下，随竖轴系统摆动，从前往后按进给步距实施光刻。

本发明的详细内容如图2、图3、图4所示：是由基座12、水平回转轴系统（13、14、15、19、20、21）、竖轴系统（16、17、52、53、54、55、56、57、58、59）、进给轴系统（18、22、23、24、25）、光刻系统（17、26、27、28、29、30、31、32、33、34、35、36、37、38、39、40、41、42、43、44、45、46、47、48、49、50、51）组成的。

水平回转轴系统包括：水平回转轴左支架 13、回转驱动电机 14、水平左回转轴 15、水平回转轴右支架 19、回转角测量编码器 20、水平右回转轴 21。

竖轴系统包括：竖轴轴套 16、被刻凹球面件 17、竖轴轴套 16 上的水平左回转轴孔 52、水平右回转轴孔 53、被刻件真空吸盘 54、吸盘轴 55、真空吸孔 56、竖轴 57、竖轴测量编码器 58、竖轴驱动电机 59。

进给轴系统包括：光学系统托盒 18、进给轴 22、进给轴测量编码器 23、进给轴驱动电机 24、进给轴支架 25。

光学系统包括光刻光路和调焦光路。光刻光路包括：被刻凹球面件 17、光刻光源 26、扩束器 27、转向棱镜 28、光开关控制器（A/O 调制器）29、光强控制器 30、光强测量器 31、偏振分束器 32、刻划光 1/4 波长片 33、刻划光窄带滤光片 34、分束器 35、转向棱镜 36、锁紧机构 37、直线运动导轨付 38、直线微驱动机构（阴极线圈或 PET）39、光刻镜头 40；调焦光路包括：分束器 35、转向棱镜 36、锁紧机构 37、直线运动导轨付 38、直线微驱动机构 39、光刻镜头 40、被刻凹球面件 17、调焦光窄带滤光片 41、调焦光 1/4 波长片 42、偏振分束器 43、扩束器 44、转向棱镜 45、调焦光源 46、分束器 47、聚光镜 48、调焦探测器 49、聚光镜 50、调焦探测器 51。从件号组成看出标号 35、36、37、38、39、40 以及 17 和 18，属于光刻光路和调焦光路的公用部件。

在水平回转轴系统中，水平回转轴左支架 13 和水平回转轴右支架 19 与基座 12 刚性固连，回转驱动电机 14 与水平左回转轴 15 同轴线刚性固连，镶嵌在水平回转轴左支架 13 的轴孔内；回转角测量编码器 20 与水平右回转轴 21 同轴线刚性固连，镶嵌在水平回转轴右支架 19 的轴孔内，水平左回转轴 15 与水平右回转轴 21，构成了水平回转轴（15、21），轴线的中点为 O。水平回转轴左支架 13 和水平回转轴右支架 19，支撑着水平回转轴系统，水平回转轴（15、21）在回转驱动电机 14 的驱动下，可沿轴线左右转动。

在竖轴系统中，被刻件真空吸盘 54 上带有吸盘轴 55 和真空吸孔 56（即 54、55、56 为一体），被刻件真空吸盘 54 通过它的吸盘轴 55 插入到竖轴 57 的轴套孔与其配合，两者刚性固连，被刻凹球面件 17，真空吸浮在被刻件真空吸盘 54 上，随竖轴 57 转动；竖轴 57 与竖轴测量编码器 58 同轴线刚性固连，竖轴驱动电机 59 的转子与竖轴 57 刚性固连，定子与竖轴轴套 16 刚性固连；竖轴 57 的轴线与水平回转轴系统中的水平回转轴（15、21）的轴线垂直，且相交于 O 点；竖轴系统通过竖轴轴套 16 上的水平左回转轴孔 52 和右回转轴孔 53 分别与水平回转轴系统中的水平左回转轴 15、右回转轴 21 的刚性固连而固定在水平

回转轴系统上并随水平回转轴的左、右转动而左、右摆动。

在进给轴系统中，进给轴支架 25 与基座 12 刚性固连，进给轴 22 与进给轴测量编码器 23 的轴和进给轴驱动电机 24 的轴同轴线刚性固连，进给轴 22 装有测量编码器和驱动电机的一端镶嵌在进给轴支架 25 的轴孔内，在进给轴 22 的另一端上装有光学系统托盘 18，两者刚性固连，进给轴支架 25 支撑着进给轴系统，进给轴 22 的轴线与水平回转轴系统中的水平回转轴（15、21）的轴线垂直，且相交于 O 点。

光学系统：在进给轴系统中的光学系统托盘 18 内，分布着光刻光路和调焦光路。在光刻光路中，光刻光源 26 发出光的传播方向上，依次布置扩束器 27、转向棱镜 28、光开关控制器（A/O 调制器）29、光强控制器 30、偏振分束器 32、在偏振分束器 32 的下方设有光强测量器 31、刻划光 1/4 波长片 33、刻划光窄带滤光片 34、分束器 35、转向棱镜 36、光刻镜头 40 以及被刻凹球面件 17，与光刻镜头 40 调光调焦有关的件号有锁紧机构 37、直线运动导轨付 38、直线微驱动器（阴极线圈或 PET）39、和光学系统托盘 18。

直线运动导轨付 38 的静止不动的部分与光学系统托盘 18 刚性固连，运动部分与直线微驱动器 39 的静止不动部分刚性固连；光刻镜头 40 与直线微驱动器 39 的运动部分刚性固连；锁紧机构 37 的一端与光学系统托盘 18 刚性固连；锁紧时，锁紧机构把直线运动导轨付 38 锁定，使直线运动导轨付 38 运动部分与光学系统托盘 18 之间不产生相对位移。这种结构不难看出，光刻镜头 40 通过直线微驱动器 39 的静止不动部分与直线运动导轨付 38 的运动部分刚性固连，实现大范围的调焦，然后再通过直线微驱动器 39 的运动部分进行微调焦，把光刻光线聚焦到被刻凹球面件 17 的被刻面上。光刻镜头 40 的光轴延长线经过水平回转轴（15、21）轴线的中点 O。

在调焦光路中，调焦光源 46 发出的光，在它的传播方向上，依次布置转向棱镜 45、扩束器 44、调焦光偏振分束器 43、调焦光 1/4 波长片 42、调焦光窄带滤光片 41、以及在光刻光路上的分束器 35、转向棱镜 36、光刻镜头 40 以及被刻凹球面件 17，与光刻镜头 40 调光调焦有关的件号有锁紧机构 37、直线运动导轨付 38、直线微驱动器 39 和光学系统托盘 18；其中，射到被刻凹球面件 17 上的调焦光线沿原光路自准，经光刻镜头 40、转向棱镜 36、分束器 35、调焦光窄带滤光片 41、调焦光 1/4 波长片 42 后，由偏振分束器 43 反射到分束器 47，在分束器 47 的反射线上依次布置聚光镜 48 和调焦探测器 49；在分束器 47 的透射线上依次布置聚光镜 50 和调焦探测器 51（件号 37、38、39、40 以及 17 和 18 之间的结构位置关系，在光刻光路中已说明）。

综上所述,本发明的总体技术方案可谓:在基座 12、水平回转轴左支架 13 和水平回转轴右支架 19、进给轴支架 25 构成的支架支撑系统上,水平回转轴左支架 13 和水平回转轴右支架 19 支撑着水平回转轴系统,水平回转轴(15、21)的轴线中点为 O;竖轴系统通过竖轴轴套 16 上的水平左回转轴孔 52 和右回转轴孔 53 分别与水平回转轴系统中的水平左回转轴 15、右回转轴 21 的刚性固连而固定在水平回转轴系统上并随水平回转轴的左、右转动而左、右摆动,竖轴 57 的轴线与水平回转轴(15、21)的轴线垂直,且相交于 O 点,被刻凹球面件 17 通过被刻件真空吸盘 54 固定在竖轴 57 上,并相对于竖轴轴套 16 随竖轴 57 转动;进给轴支架 25 支撑着进给轴系统和光学系统,进给轴 22 的轴线与水平回转轴系统中的水平回转轴(15、21)的轴线垂直且相交于 O 点,同时进给轴 22 的轴线与水平回转轴(15、21)的轴线所在的平面与基座 12 的平面平行;光学系统由光刻光路和调焦光路组成,光刻镜头 40 的光轴延长线通过水平回转轴(15、21)的轴线中点 O。

工作原理说明:

调焦光路:调焦光源 46 采用半导体激光器,它发出水平振动的线偏振光经转向棱镜 45、扩束器 44、射到偏振分束器 43 上,光线全部透射至调焦光 1/4 波长片 42 后,变成圆偏振光,再射到分束器 35、转向棱镜 36、光刻镜头 40 后,再由被刻凹球面件 17 自准反射,沿原光路返回,经光刻镜头 40、转向棱镜 36、分束器 35、调焦光 1/4 波长片 42 后射到调焦光窄带滤光片 41 上,射出的光线由圆偏振光改为垂直振动的线偏振光,经偏振分束器 43 全部反射到分束器 47 上,由分束器 47 分成两路,其中调焦探测器 49 的靶面位于聚光镜 48 焦点的前方,调焦探测器 51 靶面位于聚光镜 50 焦点的后方。调焦探测器 49 和 51 输出信号曲线如图 5 所示,当两路信号相等时,表明光刻镜头 40 的焦点位于被刻凹球面件 17 上。

光刻光路:光刻光源 26 发出的激光经扩束器 27、转向棱镜 28、光开关控制器(A/O 调制器)29、光强控制器 30、偏振分束器 32 后射出的光为垂直振动线偏振光,由刻划光 1/4 波长片 33 射出的光为圆偏振光,再经刻划光窄带滤光片 34、分束器 35、转向棱镜 36、光刻镜头 40、被刻凹球面件 17 进行光刻刻划。其中,部分光会自准反射,沿原光路返回至光刻镜头 40、转向棱镜 36、分束器 35、刻划光窄带滤光片 34、刻划光 1/4 波长片 33,光线由圆偏振光改为水平振动线偏振光,经偏振分束器 32 后全部射到光强测量器 31 上,由光强测量器 31 发出光强强弱信号。

将被刻凹球面件 17,通过真空吸盘 54 吸在竖轴 57 上,调整吸盘轴 55 使被刻凹球面

件 17 的球心位于水平回转轴轴线的中点 O 上，通过调整直线运动导轨付 38，使光刻镜头 40 的焦点粗调焦位于被刻凹球面件 17 的内表面上，通过直线微驱动器（阴极线圈或 PET）39 精调焦，使光刻镜头 40 的焦点位于被刻凹球面件 17 的内表面上。

被刻凹球面件 17 的刻划范围锥角为 θ ，调整进给轴 22 至 $-\theta/2$ 位置（与竖轴 57 重合位置的角度为 0° ）；水平回转轴转至 $-\theta/2$ 位置（铅垂位置角度为 0° ），光开关控制器（A/O 调制器）29 开通，水平回转轴均速转至 $+\theta/2$ 位置，光开关控制器 29 关闭。期间，刻划光路的光强控制是由光强测量器 31 的探测反馈给光强控制器 30 时时控制；调焦系统时时通过，调焦光路的反馈时时进行 PZT（或阴极线圈）调焦。这时在被刻凹球面件 17 上刻出了一条纬线，进给轴 22 向 $+\theta/2$ 方向进给一个步距当量 ω 后，开通光开关控制器 29，水平回转轴由 $+\theta/2 \rightarrow -\theta/2$ ，刻出第二条纬线，重复上述运动，当刻到进给轴为 $+\theta/2$ 时，便完成了水平纬线的刻划。将竖轴 57 带动被刻凹球面件 17 旋转 90° ，开始重复上述过程，可完成垂直纬线的刻划。

本发明的积极效果：凹球面光刻刻划机的出现，能在凹球面上光刻经纬相交的网栅线或经纬相交的网栅线，从而能制造出超微细加工技术领域某些关键元件，为促进科技进步作出重大贡献。

四、附图说明：图 1 是已有技术的结构示意图，图 2 是本发明的立体外观结构示意图，图 3 是本发明的光学系统光路结构示意图，图 4 是本发明的竖轴系统结构示意图，图 5 是两个调焦探测器发出的信号曲线图，摘要附图亦采用图 2。

五、具体实施方式：本发明按图 2、图 3、图 4 所示的结构实施，基座 12 的材质采用大理石，水平回转轴左支架 13 和右支架 19、进给轴支架 25 的材质采用铸铁；竖轴轴套 16、被刻件真空吸盘 54 和吸盘轴 55 采用铸铝；竖轴 57 的材质采用 45# 钢，竖轴测量编码器 58 采用增量式编码器，竖轴驱动电机 59 采用力距电机；水平回转轴（15、21）和进给轴 22 的材质采用 GCr15，光刻光源 26 采用波长为 $3500\text{\AA} \sim 4000\text{\AA}$ 的固体激光器，调焦光源 46 采用波长为 $6900\text{\AA} \sim 7800\text{\AA}$ 的半导体激光器；调焦探测器、49 和 51 采用 PIN 光电二极管；每个光学元件的光学材料根据所在光路上的激光源波长选定。

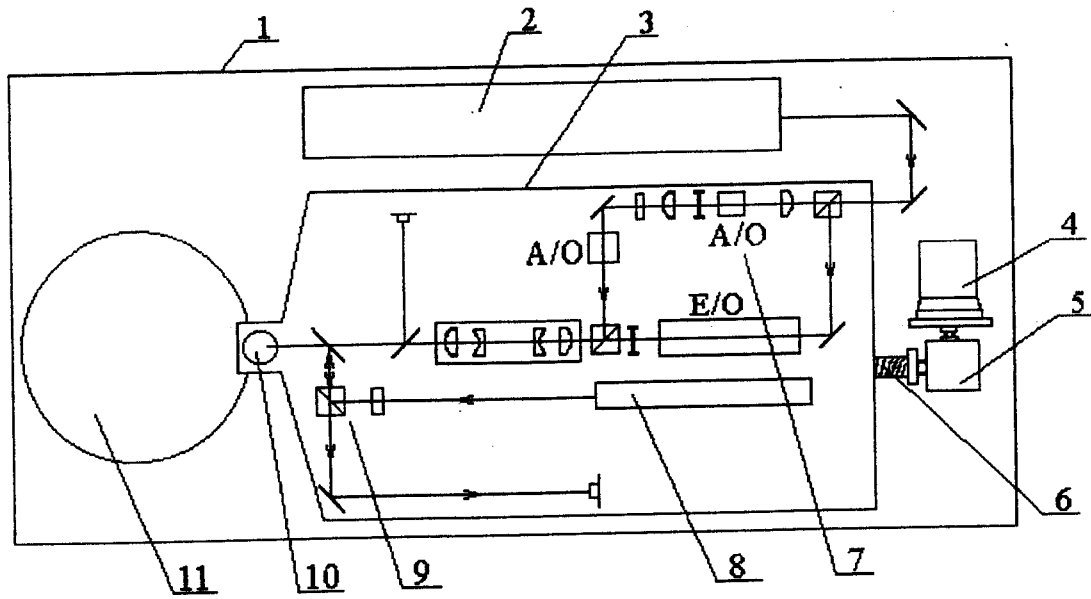


图 1

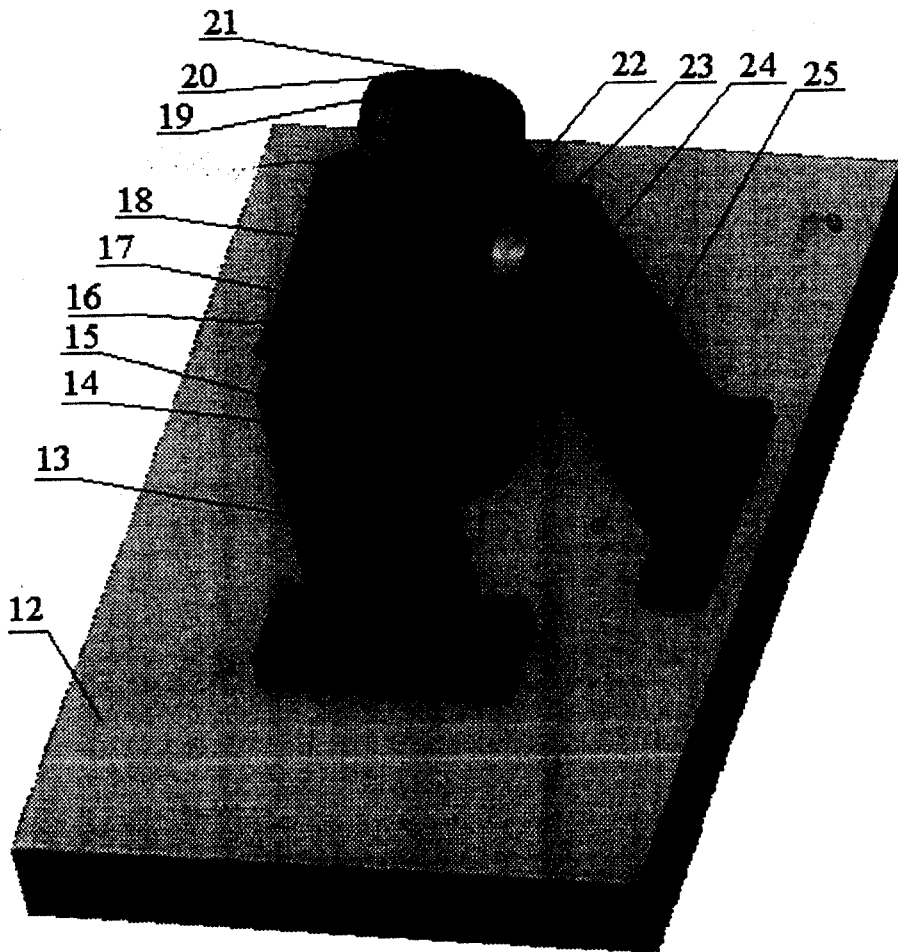


图 2

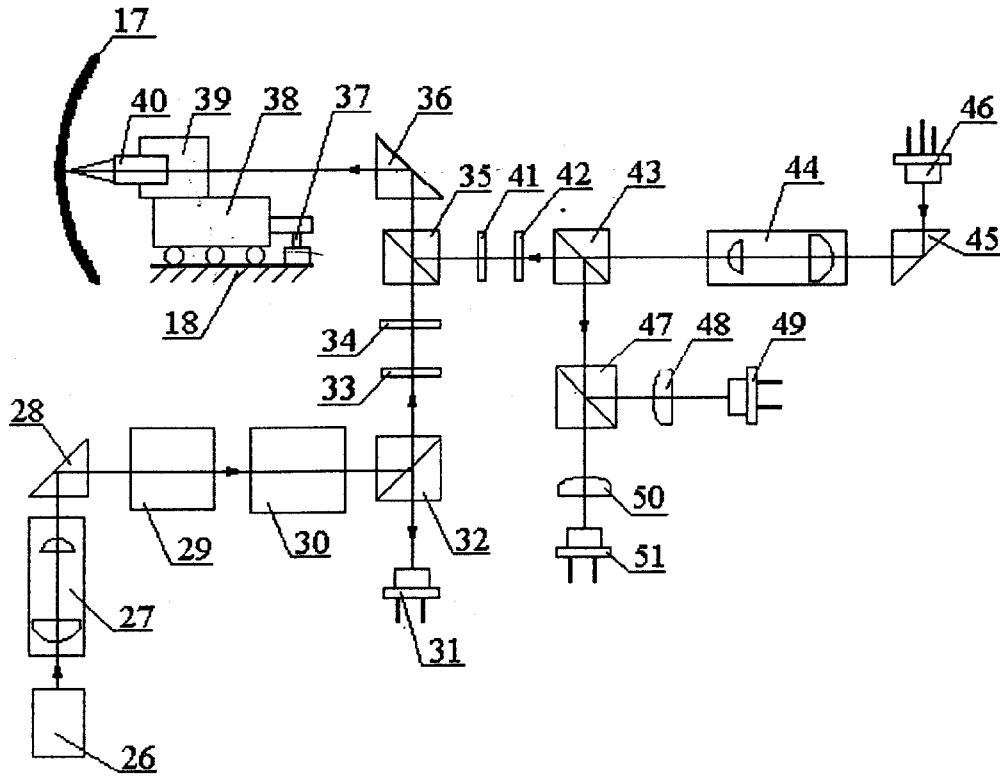


图 3

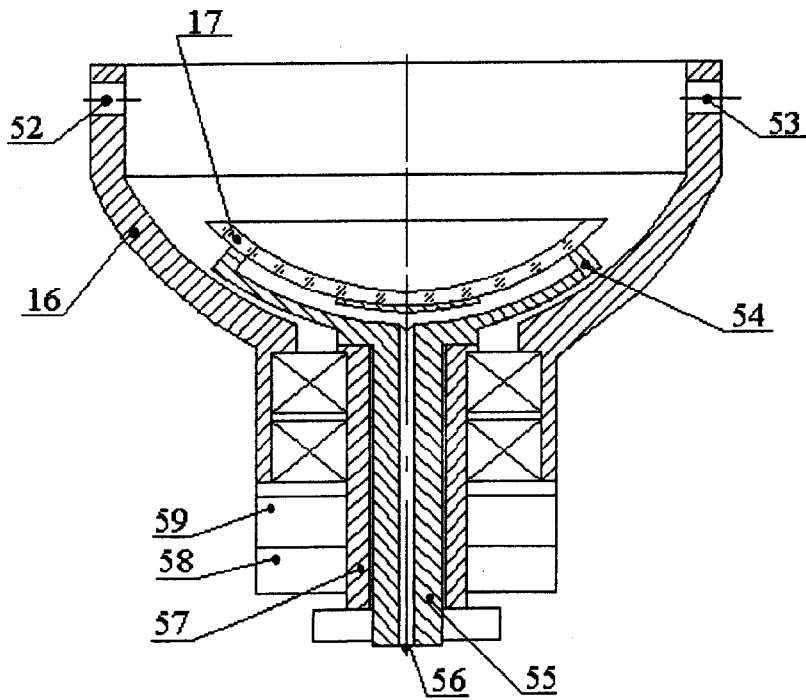


图 4

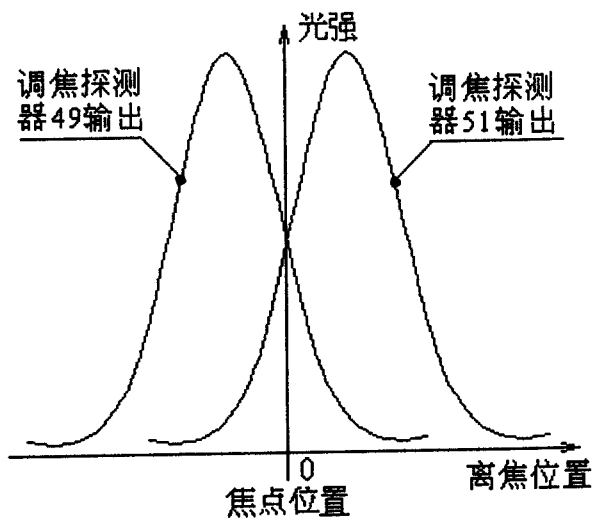


图 5