



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102601687 A

(43) 申请公布日 2012.07.25

(21) 申请号 201210057182.7

(22) 申请日 2012.03.06

(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 130033 吉林省长春市东南湖大路  
3888 号

(72) 发明人 王绍治 王君林

(74) 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所 22210

代理人 南小平

(51) Int. Cl.

B24B 1/04 (2006.01)

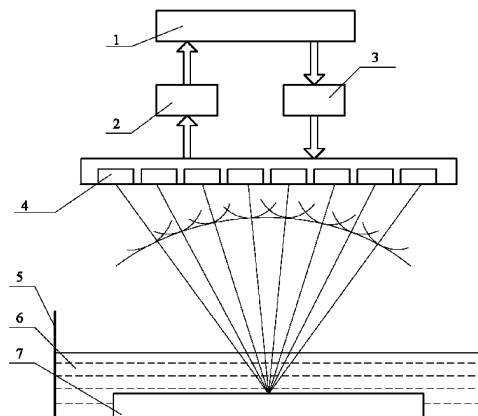
权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 1 页

## (54) 发明名称

一种相控阵超声聚焦流体振动抛光装置

## (57) 摘要

一种相控阵超声聚焦流体振动抛光装置属于光学冷加工领域,该装置包括主控制器、信号接收与采集模块、超声发射模块、超声相控阵换能器和装有抛光液的敞口容器。抛光前,先由主控制器控制超声发射模块驱动超声相控阵换能器对工件位置进行扫描,确定工件位置后,再根据工件各点的驻留时间对工件表面进行超声聚焦扫描,聚焦后的超声将振动传递给流体,由流体带动抛光颗粒振动来对工件表面进行局部去除。该装置可用于工件表面的面形修正,也可降低工件表面的粗糙度。



1. 一种相控阵超声聚焦流体振动抛光装置,其特征在于,该装置包括主控制器(1)、信号接收与采集模块(2)、超声发射模块(3)、超声相控阵换能器(4)和装有抛光液(6)的敞口容器(5);主控制器(1)发出含有延时的控制信号给超声发射模块(3),超声发射模块(3)驱动超声相控阵换能器(4)产生超声振动并在待加工件(7)上的待抛光点聚焦,经过待加工件(7)反射回来的声波再由同一个超声相控阵换能器(4)接收,超声相控阵换能器(4)接收的声波信号经过信号接收与采集模块(2)处理后传给主控制器(1)。

2. 如权利要求1所述的一种相控阵超声聚焦流体振动抛光装置,其特征在于,所述抛光液(6)中的抛光颗粒为氧化硅、氧化铈、氧化铝或纳米金刚石。

3. 如权利要求1所述的一种相控阵超声聚焦流体振动抛光装置,其特征在于,所述超声相控阵换能器(4)与待加工件(7)之间的距离为10mm~2m。

4. 如权利要求1所述的一种相控阵超声聚焦流体振动抛光装置,其特征在于,所述超声相控阵换能器(4)发出的频率为15KHz~20MHz。

5. 如权利要求1所述的一种相控阵超声聚焦流体振动抛光装置,其特征在于,所述超声相控阵换能器(4)的下平面与待加工件(7)的表面之间的夹角为 $0^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 。

6. 如权利要求1所述的一种相控阵超声聚焦流体振动抛光装置,其特征在于,所述超声相控阵换能器(4)为矩形面阵式换能器、圆形面阵式换能器或线阵式换能器。

## 一种相控阵超声聚焦流体振动抛光装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及光学冷加工技术领域,尤其涉及一种相控阵超声聚焦流体振动抛光装置。

### 背景技术

[0002] 随着光学与微电子学等技术的不断发展,对重要零件表面精度的要求越来越高,相应地,如何实现零件的高精密抛光已经成为加工领域的一个重要研究课题。由于在传统的抛光方法中,抛光盘会磨损且控制性较差,很多新的抛光方法也逐渐被提出。流体振动抛光(polishing based Vibrations of Liquid)就是其中一种比较有发展前景的抛光方法。该方法摒弃了传统抛光加工中的抛光盘和抛光垫,以流体作为抛光工具,由于流体具有几何形状的自适应能力,因此可以获得很好的加工平整度。抛光能量由超声振动提供,当超声振动在液体中传播时,将发生一种称为“空化”的复杂非线性现象,而空化泡局部将产生非常高的温度和压强,同时非对称空化会引发高速的微射流。流体分子或悬浮在其中的微细磨粒在这种空化作用的驱使下冲击工件表面,从而实现材料的去除。

[0003] 目前,流体振动抛光装置的原理是:将工件整体放入含有抛光液的槽中,槽外侧固定有超声换能器,换能器发出超声波从而驱动液体产生超声振动。这种方式的缺点是:将工件整体放入流体超声振动场中,工件表面所有点都会有去除,而各点的去除量难以控制,这样也使得目前的流体振动抛光不适合作为工件面形的修正方法。

### 发明内容

[0004] 为了克服现有流体振动抛光装置的不足,本发明提供一种相控阵超声聚焦流体振动抛光装置,该装置可控制超声波在工件表面待加工点聚焦,聚焦后的超声波可在局部对工件表面进行去除,对各点的驻留时间进行控制即可修正面形,从而成为一种适合于面形修正与表面抛光兼顾的流体振动抛光装置。

[0005] 本发明解决技术问题所采取的技术方案如下:

[0006] 一种相控阵超声聚焦流体振动抛光装置,包括主控制器、信号接收与采集模块、超声发射模块、超声相控阵换能器和装有抛光液的敞口容器;主控制器发出含有延时的控制信号给超声发射模块,超声发射模块驱动超声相控阵换能器产生超声振动并在待加工件上的待抛光点聚焦,经过待加工件反射回来的声波再由同一个超声相控阵换能器接收,超声相控阵换能器接收的声波信号经过信号接收与采集模块处理后传给主控制器。

[0007] 上述抛光液中的抛光颗粒可以是氧化硅、氧化铈、氧化铝或纳米金刚石。

[0008] 上述超声相控阵换能器与待加工件之间的距离在 10mm 到 2m 之间。

[0009] 上述超声相控阵换能器发出的频率在 15KHz ~ 20MHz 之间可调;当超声频率在 15KHz ~ 850KHz 频率范围内时,主要利用空化作用来加工;当超声频率在 850KHz ~ 20MHz 频率范围内时,主要利用声压驱动流体流动来抛光。

[0010] 上述超声相控阵换能器的下平面与待加工件的表面之间的夹角在  $0^{\circ}$  ~  $90^{\circ}$  之

间。

[0011] 上述超声相控阵换能器可以是矩形面阵式换能器、圆形面阵式换能器或线阵式换能器。面阵式换能器可在两个方向的不同深度聚焦,换能器本身不需要移动;线阵式换能器只能在一个方向不同深度聚焦,需要在另一个方向移动换能器来完成整个平面的扫描。

[0012] 本发明相控阵超声聚焦流体振动抛光装置的工作原理是:抛光前,先由主控制器控制超声发射模块驱动超声相控阵换能器对工件位置进行扫描,确定工件位置后,再根据工件各点的驻留时间对工件表面进行超声聚焦扫描,聚焦后的超声将振动传递给流体,由流体带动抛光颗粒振动来对工件表面进行局部去除。

[0013] 本发明的有益效果是:1) 本装置在抛光之前可利用超声相控阵对待加工工件进行扫描定位,有利于提高加工的精度。2) 本装置可控制超声在待加工工件表面的待加工点进行聚焦,聚焦后的超声可使抛光液中的抛光颗粒产生振动并对该待加工点局部进行去除,通过控制各待加工点的驻留时间可修正待加工工件表面的面形,本装置是一种适合于面形修正与表面抛光兼顾的流体振动抛光装置。

## 附图说明

[0014] 图 1 是本发明相控阵超声聚焦流体振动抛光装置的原理示意图。

## 具体实施方式

[0015] 下面结合附图和实施例对本发明做进一步详细说明。

[0016] 实施例一:本发明按图 1 结构实施,超声相控阵换能器 4 为矩形超声相控阵换能器,对于 n 为奇数个阵元的相控阵,若需要在某一特定的方位角  $\theta$  方向上,在距离为 F 处形成焦点,控制各阵元的延迟时间为:

$$[0017] \quad \tau_n = \frac{F}{c} \left\{ 1 - \left[ 1 + \left( \frac{nd}{F} \right)^2 - 2 \times \frac{nd}{F} \sin \theta \right]^{\frac{1}{2}} \right\} + t_0$$

[0018] 式中, c 为超声在介质中的平均声速, d 为相邻阵元的中心间距,  $t_0$  为避免出现负延迟时间而引入的足够大的常数。

[0019] 对于偶数个阵元的相位阵,若需聚焦在距离为 F,方位角为  $\theta$  外,则只需将上式中的 n 改为 (n+0.5) 即可。

[0020] 信号接收与采集模块 2 包括模拟放大及滤波电路和数据采集与聚焦模块;模拟放大及滤波电路可对换能器传入的电信号进行放大、滤波等处理,为下一步 A/D 转换做好准备;数据采集与聚焦模块可对模拟电信号进行量化,并根据聚焦方案进行聚焦处理。超声发射模块 3 包括相控延时模块和功率放大模块;相控延时模块可使用复杂可编程逻辑器件 (CPLD) 来精确控制相位延迟以实现动态聚焦、偏转、声束形成等各种相控效果。功率放大模块使用场效应管将延时模块的弱信号放大并驱动换能器工作。

[0021] 工作时,先将待加工件 7 固定于敞口容器 5 中,再将抛光液 6 倒入敞口容器 5 至高于待加工件 7 的表面位置为止。超声相控阵换能器 4 放置于待加工件 7 正上方 1m 处,先启动检测模式扫描工件的具体位置,获知具体位置后,根据待加工件 7 表面的面形误差确定各待加工点,并计算出超声聚焦时,焦点在各待加工点的驻留时间,再根据驻留时间来控制

超声在待加工件 7 表面各点的聚焦时间,这样可对待加工件 7 的面形进行修正。

[0022] 实施例二:在本实施例中,超声相控阵换能器 4 为环形相控阵换能器。环形相控阵主要用来实现同心轴上的聚焦,所以只能调整其焦距,而不能改变聚焦位置,所以还需要二维运动平台或数控机床来带动换能器实现 X-Y 平面的运动。各辐射圆环相对于最大辐射圆环的延迟时间为:

$$[0023] \quad \tau_n = [((R_{\max}^2 + F^2)^{1/2} - F) - ((R_n^2 + F^2)^{1/2} - F)] / c$$

[0024] 其中,第 n 个阵元到中心阵元的距离为  $R_n$ ,中心阵元到最大辐射圆环中心的距离为  $R_{\max}$ ,聚焦焦距为 F, c 为超声波波速。

[0025] 本实施例中抛光装置无法事先对待加工件 7 的位置进行检测。其余技术内容同实施例一。

[0026] 实施例三:在本实施例中,超声相控阵换能器 4 为固定焦距的超声聚焦换能器,焦距和聚焦位置均不可调,所以需要三维运动平台或数控机床来带动换能器来实现三维的运动。

[0027] 本实施例中抛光装置无法事先对待加工件 7 的位置进行检测。其余技术内容同实施例一。

[0028] 以上为本发明的优选实例,但并不以此限制本发明的保护范围。凡根据本发明技术方案所作的等效变化或修饰,都应涵盖在本发明的保护范围之内。

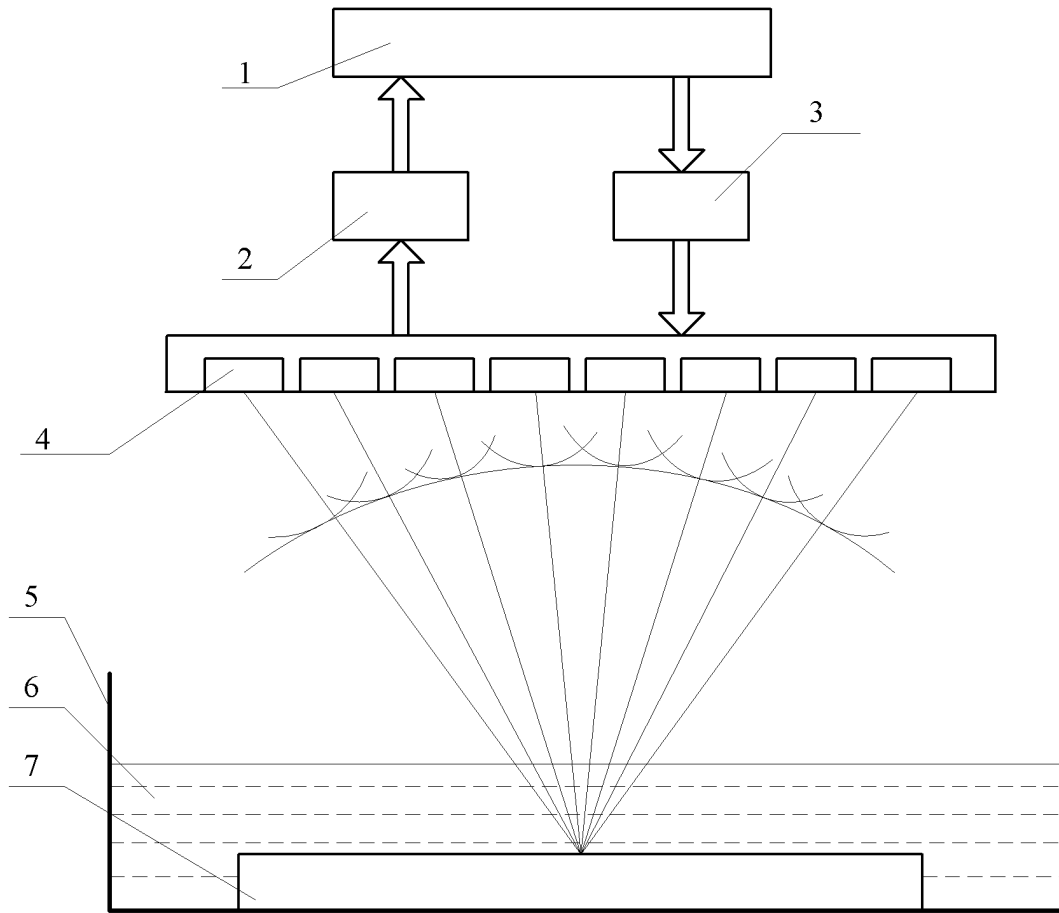


图 1