



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117369193 A

(43) 申请公布日 2024. 01. 09

(21) 申请号 202311382298.2

(22) 申请日 2023.10.24

(71) 申请人 华中科技大学

地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞喻路  
1037号

(72) 发明人 朱广志 王浩然 孙圣开 李苗芸

(74) 专利代理机构 华中科技大学专利中心

42201

专利代理师 李晓飞

(51) Int. Cl.

G02F 1/33 (2006.01)

G02F 1/11 (2006.01)

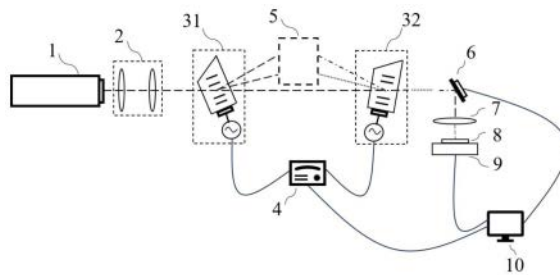
权利要求书2页 说明书10页 附图4页

(54) 发明名称

一种基于声光偏转器的光场变换装置及方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于声光偏转器的光场变换装置及方法。该装置包括：沿光路设置的脉冲激光器、两个声光偏转模块、信号同步控制单元、矢量光场变换模块、反射式空间光调制器和聚焦透镜；脉冲激光器输出线偏振光；信号同步控制单元同时控制第一声光偏转模块及第二声光偏转模块加载相同频率的射频信号；第一声光偏转模块偏转线偏振光，得到第一偏转光束，偏转角度的大小由射频信号频率决定；矢量光场变换模块将线偏振光转变为径向、角向或高阶矢量光，并使其反射或折射得到第二偏转光束；第二声光偏转模块将第二偏转光束重新汇入主光路中，再经过反射式空间光调制器和聚焦透镜后，得到加工光束，作用于加工部件。实现高效、精确地变换光场类型。



1. 一种基于声光偏转器的光场变换装置,其特征在于,包括:依次沿光路设置的脉冲激光器、两个声光偏转模块、信号同步控制单元、矢量光场变换模块、反射式空间光调制器和聚焦透镜;

所述脉冲激光器用于输出线偏振光,沿主光路传输射入第一声光偏转模块中;

所述信号同步控制单元同时控制第一声光偏转模块及第二声光偏转模块,使其加载相同频率的射频信号;

所述第一声光偏转模块用于偏转所述线偏振光的出射光方向,得到第一偏转光束,进入偏转光路,其偏转角度的大小由所述射频信号频率决定;

所述矢量光场变换模块用于将所述第一偏转光束从线偏振光转变为径向、角向或高阶矢量光,并使其反射或折射得到第二偏转光束射入所述第二声光偏转模块中;

所述第二声光偏转模块用于将所述第二偏转光束重新汇入主光路中,再依次经过反射式空间光调制器的反射和聚焦透镜的汇聚后,得到加工光束,作用于加工部件。

2. 如权利要求1所述的光场变换装置,其特征在于,所述矢量光场变换模块包括S玻片及平面镜;

所述S玻片用于光场的变换,将第一偏转光束的光场由线偏振光转变为径向、角向或高阶矢量光场,所述平面镜用于将变换后的第一偏转光束反射,得到第二偏转光束,射入所述第二声光偏转模块中。

3. 如权利要求2所述的光场变换装置,其特征在于,所述S玻片和平面镜的数量相等,且均大于等于1;

每一个S玻片和一个平面镜相对应,属于同一个偏转光路;

所述信号同步控制单元通过驱动信号控制所述第一声光偏转模块加载不同的射频信号频率,使第一偏转光束进入对应的偏转光路中;其中,所述信号同步控制单元控制第一声光偏转模块和第二声光偏转模块加载相同频率的射频信号,所述第二偏转光束的偏转角度与所述第一偏转光束的偏转角相同。

4. 如权利要求3所述的光场变换装置,其特征在于,第N偏转光路与第一偏转光路之间的

夹角 $\Delta\theta$ 满足 $\Delta\theta = \frac{\lambda_0}{nV_s} \Delta f_s (N-1)$ ,其中,N大于等于2;其中, $\lambda_0$ 表示入射激光的波长,n和 $V_s$

分别表示第一声光偏转模块中声光介质的折射率和内部声速, $f_s$ 表示射频信号的频率。

5. 如权利要求1所述的光场变换装置,其特征在于,所述矢量光场变换模块为楔形光场变换镜;所述楔形光场变换镜包括不同的刻蚀区,所述刻蚀区刻蚀不同光栅图样,所述刻蚀区的排布方向与所述第一声光偏转模块和第二声光偏转模块的扫描方向保持一致,所述楔形光场变换镜用于将所述第一偏转光束经过所述刻蚀区域时从线偏振光转变为径向、角向或高阶矢量光,折射得到第二偏转光束,射入所述第二声光偏转模块中。

6. 如权利要求5所述的光场变换装置,其特征在于,所述第一声光偏转模块和第二声光偏转模块均包括两个相互垂直放置的声光偏转器,所述第一声光偏转模块中的声光偏转器和第二声光偏转模块中的声光偏转器关于中心对称设置;

所述楔形光场变换镜的刻蚀区阵列排布;

所述同步控制单元包括多个输出通道,每两个输出通道为一组,分别输出驱动信号至所述第一声光偏转模块和第二声光偏转模块中,以使对称设置的两个声光偏转器所加载的

射频信号频率相同；

所述第一声光偏转模块用于偏转所述线偏振光的出射光方向,衍射得到第一偏转光束,所述第一偏转光束经过所述楔形光场变换镜中的某一刻蚀区域。

7. 如权利要求1所述的光场变换装置,其特征在于,所述光场变换装置还包括扩束准直装置、运动控制器和中央控制单元;

所述扩束准直装置设置于所述脉冲激光器和所述第一声光偏转模块之间,用于将所述线偏振光准直扩束后生成平行光;

所述加工部件固定设置于所述运动控制器上,随着所述运动控制器运动;

所述中央控制单元预先存储所述加工部件的加工数据,所述中央控制单元与所述运动控制器和所述信号同步控制单元连接,用于根据所述加工数据控制所述运动控制器的运动方向,控制所述信号同步控制单元向所述第一声光偏转模块及第二声光偏转模块发射驱动信号,以使其加载对应的射频信号频率,以进行预先设置的加工程序。

8. 如权利要求7所述的光场变换装置,其特征在于,当所述信号同步控制单元对所述第一声光偏转模块及第二声光偏转模块不施加驱动信号时,所述反射式空间光调制器与所述中央控制单元连接;

所述线偏振光沿主光路到达所述反射式空间光调制器,所述反射式空间光调制器用于根据所述中央控制单元的控制信号加载不同电压,对所述线偏振光的振幅或相位进行不同调制,反射输出不同类型的标量光场。

9. 如权利要求7所述的光场变换装置,其特征在于,所述光场变换装置还包括:电机,所述电机与所述矢量光场变换模块中的平面镜连接;

当所述同步控制单元通过驱动信号控制所述第一声光偏转模块及第二声光偏转模块加载不同的射频信号频率时,所述电机用于根据所述中央控制单元的控制信号带动所述平面镜转动,所述平面镜用于反射所述第一偏转光束时改变其偏转角度,得到第二偏转光束,所述第二偏转光束经过所述第二声光偏转模块重新汇入主光路中。

10. 一种基于声光偏转器的光场变换方法,应用于如权利要求1-9任一所述的基于声光偏转器的光场变换装置,其特征在于,包括:

中央控制单元根据预先存储的加工过程中涉及的加工部件运动及不同部位所需光场的类型的的数据,向信号同步控制单元、反射式空间光调制器和运动控制器发出对应的控制信号;

所述信号同步控制单元同时控制第一声光偏转模块及第二声光偏转模块,使其加载相同频率的射频信号;

脉冲激光器输出线偏振光,沿主光路经扩束准直装置生成平行光射入第一声光偏转模块中,偏转得到第一偏转光束;

矢量光场变换模块将所述第一偏转光束从线偏振光转变为径向、角向或高阶矢量光,并使其反射或折射得到第二偏转光束;

所述第二偏转光束进入所述第二声光偏转模块中,重新汇入主光路中,得到加工光束;

所述加工光束经过反射式空间光调制器反射和聚焦透镜汇聚后,作用于跟随所述运动控制器运动的加工部件。

## 一种基于声光偏转器的光场变换装置及方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于激光微纳加工制造技术领域,更具体地,涉及一种基于声光偏转器的光场变换装置及方法。

### 背景技术

[0002] 自十九世纪六十年代激光器诞生以来,经过半个多世纪的发展,激光技术已经在工业、科学、军事等领域取得了广泛的应用。随着小型电子产品和微电子元器件需求的激增,传统的制造手段已远远不能满足精密零部件(如半导体芯片等)的精细制造需求。由于与传统机械微加工相比,激光属于非接触式加工,不存在工具损耗,也没有明显的机械力,不会产生加工变形。因此,激光微纳加工已成为激光在工业应用中发展极快的领域之一。

[0003] 传统激光器发出的激光束的截面轮廓一般为高斯型。在这种情况下,利用超快激光直写技术对特殊形状轮廓进行加工时,需要进行点扫描,较为费时,并且调节不便。而多焦点并行加工方式可大大缩短加工时间,贝塞尔光束则可便捷地对光束径向和轴向的强度分布进行调整;当微结构的轮廓尺度小到一定程度时,对激光束聚焦光斑直径的要求将会非常高,一般高斯型线偏振光的光斑直径远达不到尺寸要求,而径向偏振光在紧聚焦后有纯纵向电场分量,可以实现超衍射极限的聚焦,从而可获得更小的光斑。此外,由于加工部件结构形貌及加工要求各异,同一部件不同加工区域往往需要采用不同的光场才能完成制造,对激光微纳制造提出了新的挑战,如更高的加工效率、跨尺度加工等。

[0004] 因此,传统激光微纳加工过程中存在光场形式单一、光场转换复杂、加工质量较差、加工效率较低的技术问题。

### 发明内容

[0005] 针对相关技术的缺陷,本发明的目的在于提供一种基于声光偏转器的光场变换装置及方法,旨在解决传统激光微纳加工过程中存在光场形式单一、光场转换复杂、加工质量较差、加工效率较低的问题。

[0006] 为实现上述目的,第一方面,本发明提供了一种基于声光偏转器的光场变换装置,包括:依次沿光路设置的脉冲激光器、两个声光偏转模块、信号同步控制单元、矢量光场变换模块、反射式空间光调制器和聚焦透镜;

[0007] 所述脉冲激光器用于输出线偏振光,沿主光路传输射入第一声光偏转模块中;

[0008] 所述信号同步控制单元同时控制第一声光偏转模块及第二声光偏转模块,使其加载相同频率的射频信号;

[0009] 所述第一声光偏转模块用于偏转所述线偏振光的出射光方向,得到第一偏转光束,进入偏转光路,其偏转角度的大小由所述射频信号频率决定;

[0010] 所述矢量光场变换模块用于将所述第一偏转光束从线偏振光转变为径向、角向或高阶矢量光,并使其反射或折射得到第二偏转光束射入所述第二声光偏转模块中;

[0011] 所述第二声光偏转模块用于将所述第二偏转光束重新汇入主光路中,再依次经过

反射式空间光调制器的反射和聚焦透镜的汇聚后,得到加工光束,作用于加工部件。

[0012] 可选的,所述矢量光场变换模块包括S玻片及平面镜;

[0013] 所述S玻片用于光场的变换,将第一偏转光束的光场由线偏振光转变为径向、角向或高阶矢量光场,所述平面镜用于将变换后的第一偏转光束反射,得到第二偏转光束,射入所述第二声光偏转模块中。

[0014] 可选的,所述S玻片和平面镜的数量相等,且均大于等于1;

[0015] 每一个S玻片和一个平面镜相对应,属于同一个偏转光路;

[0016] 所述信号同步控制单元通过驱动信号控制所述第一声光偏转模块加载不同的射频信号频率,使第一偏转光束进入对应的偏转光路中;其中,所述信号同步控制单元控制所述第一声光偏转模块和第二声光偏转模块加载相同频率的射频信号,所述第二偏转光束的偏转角度与所述第一偏转光束的偏转角相同。

[0017] 可选的,第N偏转光路与第一偏转光路之间的夹角 $\Delta\theta$ 满足 $\Delta\theta = \frac{\lambda_0}{nV_s} \Delta f_s (N-1)$ ,其

中,N大于等于2;其中, $\lambda_0$ 表示入射激光的波长,n和 $V_s$ 分别表示第一声光偏转模块中声光介质的折射率和内部声速, $f_s$ 表示射频信号的频率。

[0018] 可选的,所述矢量光场变换模块为楔形光场变换镜;所述楔形光场变换镜包括不同的刻蚀区,所述刻蚀区刻蚀不同光栅图样,所述刻蚀区的排布方向与所述第一声光偏转模块和第二声光偏转模块的扫描方向保持一致,所述楔形光场变换镜用于将所述第一偏转光束经过所述刻蚀区域时从线偏振光转变为径向、角向或高阶矢量光,折射得到第二偏转光束,射入所述第二声光偏转模块中。

[0019] 可选的,所述第一声光偏转模块和第二声光偏转模块均包括两个相互垂直放置的声光偏转器,所述第一声光偏转模块中的声光偏转器和第二声光偏转模块中的声光偏转器关于中心对称设置;

[0020] 所述楔形光场变换镜的刻蚀区阵列排布;

[0021] 所述同步控制单元包括多个输出通道,每两个输出通道为一组,分别输出驱动信号至所述第一声光偏转模块和第二声光偏转模块中,以使对称设置的两个声光偏转器所加载的射频信号频率相同;

[0022] 所述第一声光偏转模块用于偏转所述线偏振光的出射光方向,衍射得到第一偏转光束,所述第一偏转光束经过所述楔形光场变换镜中的某一刻蚀区域。

[0023] 可选的,所述光场变换装置还包括扩束准直装置、运动控制器和中央控制单元;

[0024] 所述扩束准直装置设置于所述脉冲激光器和所述第一声光偏转模块之间,用于将所述线偏振光准直扩束后生成平行光;

[0025] 所述加工部件固定设置于所述运动控制器上,随着所述运动控制器运动;

[0026] 所述中央控制单元预先存储所述加工部件的加工数据,所述中央控制单元与所述运动控制器和所述信号同步控制单元连接,用于根据所述加工数据控制所述运动控制器的运动方向,控制所述信号同步控制单元向所述第一声光偏转模块及第二声光偏转模块发射驱动信号,以使其加载对应的射频信号频率,以进行预先设置的加工程序。

[0027] 可选的,当所述信号同步控制单元对所述第一声光偏转模块及第二声光偏转模块不施加驱动信号时,所述反射式空间光调制器与所述中央控制单元连接;

[0028] 所述线偏振光沿主光路到达所述反射式空间光调制器,所述反射式空间光调制器用于根据所述中央控制单元的控制信号加载不同电压,对所述线偏振光的振幅或相位进行不同调制,反射输出不同类型的标量光场。

[0029] 可选的,所述光场变换装置还包括:电机,所述电机与所述矢量光场变换模块中的平面镜连接;

[0030] 当所述同步控制单元通过驱动信号控制所述第一声光偏转模块及第二声光偏转模块加载不同的射频信号频率时,所述电机用于根据所述中央控制单元的控制信号带动所述平面镜转动,所述平面镜用于反射所述第一偏转光束时改变其偏转角度,得到第二偏转光束,所述第二偏转光束经过所述第二声光偏转模块重新汇入主光路中。

[0031] 第二方面,本发明还提供了一种基于声光偏转器的光场变换方法,应用于如第一方面中任一所述的基于声光偏转器的光场变换装置,包括:

[0032] 中央控制单元根据预先存储的加工过程中涉及的加工部件运动及不同部位所需光场的类型的数据,向信号同步控制单元、反射式空间光调制器和运动控制器发出对应的控制信号;

[0033] 所述信号同步控制单元同时控制第一声光偏转模块及第二声光偏转模块,使其加载相同频率的射频信号;

[0034] 脉冲激光器输出线偏振光,沿主光路经扩束准直装置生成平行光射入第一声光偏转模块中,偏转得到第一偏转光束;

[0035] 矢量光场变换模块将所述第一偏转光束从线偏振光转变为径向、角向或高阶矢量光,并使其反射或折射得到第二偏转光束;

[0036] 所述第二偏转光束进入所述第二声光偏转模块中,重新汇入主光路中,得到加工光束;

[0037] 所述加工光束经过反射式空间光调制器反射和聚焦透镜汇聚后,作用于跟随所述运动控制器运动的加工部件。

[0038] 通过本发明所构思的以上技术方案,与现有技术相比,能够取得以下有益效果:

[0039] 1、本发明提供了一种基于声光偏转器的光场变换装置,利用两个声光偏转模块具有超高扫描速度的特点,其中,第一声光偏转模块将平行的线偏振光进行一定角度的偏转,矢量光场变换模块具有将线偏振光转为径向、角向或高阶矢量光的特点,可以满足快速光场变换的需要,第二声光偏转模块将转换后的光场光束重新汇入主光路中得到加工光束,实现同一输出端输出;声光偏转器和矢量光场变换模块的结合,能够实现高效、精确地控制光场类型的变换;矢量光场变换模块采用S坡片及平面镜组合,或者,采用楔形光场变换镜,结构简单,输出可靠。

[0040] 2、本发明提供了一种基于声光偏转器的光场变换装置,通过信号同步控制单元控制第一声光偏转模块不同的射频信号频率,使线偏振光偏转不同的角度,第一偏转光束进入对应的偏转光路中,第一声光偏转模块和第二声光偏转模块加载相同频率的射频信号,偏转角度相同,针对不同需求生成对应的加工光束;光场变换装置还包括运动控制器,中央控制单元控制运动控制器的运动方向,可对不同加工区域快速匹配至所需光场,可以实现对微纳结构的灵活加工,并提高加工效率和精度。

[0041] 3、本发明提供了一种基于声光偏转器的光场变换装置,当信号同步控制单元关闭

时,通过中央控制单元的控制信号对反射式空间光调制器加载不同电压,对线偏振光的振幅或相位进行不同调制,将高斯型线偏振光变为平顶型、阵列型、贝塞尔型等光场。当信号同步控制单元工作时,也可以将其变为径向、角向或高阶矢量光场,即在系统输出端可实现多种光场的变换,适应各种加工条件。

[0042] 4、本发明提供一种基于声光偏转器的光场变换装置,在第一/第二声光偏转模块均采用两个相互垂直放置的声光偏转器时,通过信号同步控制单元的4个通道,每两个通道为一组,分别控制第一/第二声光偏转模块,每组通道的输出频率根据需要可相同或不同,保证平行设置的声光偏转器施加的频率信号相同,通过多个声光偏转器和楔形光场变换镜上不同刻蚀区所刻蚀的不同类型的光栅进行配合,可以实现二维平面内的光场快速变换,满足更多矢量光场变换需求。

### 附图说明

[0043] 图1是本发明提供的一种基于声光偏转器的光场变换装置的结构示意图;

[0044] 图2是本发明中声光偏转模块的结构示意图;

[0045] 图3是本发明提供的另一种基于声光偏转器的光场变换装置的结构示意图;

[0046] 图4是本发明实施例中线偏振光经不同旋向的S玻片示意图,其中,(a)为径向偏振光,(b)为角向偏振光;

[0047] 图5是本发明提供的另一种基于声光偏转器的光场变换装置的结构示意图;

[0048] 图6是本发明实施例提供的楔形光场变换镜的三视图;

[0049] 图7是本发明实施例中反射式液晶空间光调制器的结构示意图;

[0050] 图8是本发明提供的另一种基于声光偏转器的光场变换装置的结构示意图;

[0051] 图9是本发明实施例提供的楔形光场变换镜的三视图

[0052] 图中:1、脉冲激光器,2、扩束准直装置,3、声光偏转模块,4、信号同步控制单元,5、矢量光场变换装置,6、反射式空间光调制器,7、聚焦透镜,8、加工部件,9、运动控制器,10、中央控制单元,31、第一声光偏转模块,32、第二声光偏转模块,51、第一S玻片,52、第一平面镜,53、第二S玻片,54、第二平面镜,55、楔形光场变换镜,301、驱动信号源,302、电声换能器,303、声光介质,304、声吸收装置,311、第一声光偏转器,312、第二声光偏转器,321、第三声光偏转器,322、第四声光偏转器,601、玻璃层,602、透明电极,603、取向膜,604、液晶层,605、反射层,606、控制电极。

### 具体实施方式

[0053] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。此外,下面所描述的本发明各个实施方式中所涉及到的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互组合。

[0054] 下面结合一个优选实施例,对上述实施例中涉及的内容进行说明。

[0055] 实施例一

[0056] 如图1所示,一种基于声光偏转器的光场变换装置,包括:依次沿光路设置的脉冲激光器1、扩束准直装置2、两个声光偏转模块(31和32)、信号同步控制单元4、矢量光场变换

模块5、反射式空间光调制器6和聚焦透镜7；

[0057] 所述脉冲激光器1用于输出线偏振光,沿主光路传输射入第一声光偏转模块31中；

[0058] 所述信号同步控制单元4同时控制第一声光偏转模块31及第二声光偏转模块32,使其加载相同频率的射频信号；

[0059] 所述第一声光偏转模块31用于偏转所述平行光的出射光方向,得到第一偏转光束,进入偏转光路,其偏转角度的大小由所述射频信号频率决定；

[0060] 所述矢量光场变换模块5用于将所述第一偏转光束从线偏振光转变为径向、角向或高阶矢量光,并使其反射或折射得到第二偏转光束射入所述第二声光偏转模块32中；

[0061] 所述第二声光偏转模块32用于将所述第二偏转光束重新汇入主光路中,再依次经过反射式空间光调制器6的反射和聚焦透镜7的汇聚后,得到加工光束,作用于加工部件8。

[0062] 可选的,所述光场变换装置还包括扩束准直装置2、运动控制器9和中央控制单元10；

[0063] 所述扩束准直装置2设置于所述脉冲激光器1和所述第一声光偏转模块31之间,用于将所述线偏振光准直扩束后生成平行光；

[0064] 所述加工部件8固定设置于所述运动控制器9上,随着所述运动控制器9运动；

[0065] 所述中央控制单元10预先存储所述加工部件8的加工数据,所述中央控制单元10与所述运动控制器9和所述信号同步控制单元4连接,用于根据所述加工数据控制所述运动控制器9的运动方向,控制所述信号同步控制单元4向所述第一声光偏转模块31及第二声光偏转模块32发射驱动信号,以使其加载对应的射频信号频率,以进行预先设置的加工程序。

[0066] 在线偏振光经扩束准直装置2扩束准直后,生成平行光的光束直径约6mm,聚焦透镜7的口径一般在30mm~50mm之间,加工部件8的尺寸为20mm\*20mm,运动控制器9的精度为 $\mu\text{m}$ 级。

[0067] 声光偏转模块(31和32)均采用声光偏转器,声光偏转器包括驱动信号源301、电声换能器302、声光介质303及声吸收装置304;电声换能器302为附着于声光介质303表面的一层金属片,其中的压电层两端的电极层与驱动信号源301相连接;在声光偏转器工作时,驱动信号源301可输出不同频率的射频信号,在电声换能器302位置实现电到机械运动的转化,从而在声光介质303中产生超声波,使得声光介质303的折射率发生变化。

[0068] 参考图2,驱动信号源301用于向声光偏转模块3发射射频信号,以控制声光偏转模块3内部的声光作用;电声换能器302为附着于声光互作用介质表面的一层金属片;电声换能器302中压电层两端的电极层与驱动信号源301相连接,用于将电信号转为声光介质303中的超声信号,形成超声体光栅;光波通过声光介质303时,由于声光作用,光载波受到调制而成为携带信息的强度调制波;声吸收装置304防止声波原路反射回去影响声波波面。在一实施例中,声光介质303的材料为二氧化碲或石英晶体,电声换能器302的材料为铌酸锂晶体,驱动信号源301输出的射频信号的频率范围为59MHz~91MHz,使得扫描角度在6.4mrad~9.5mrad范围内。

[0069] 其中,所述第一声光偏转模块31和第二声光偏转模块32采用型号相同的声光偏转器,根据所述信号同步控制单元4的控制信号,对光束产生相同角度偏转。

[0070] 参考图3,在本实施例中,矢量光场变换装置5由若干S玻片及平面镜构成;所述S玻片用于光场的变换,将第一偏转光束的光场由线偏振光转变为径向、角向或高阶的矢量光



场,所述平面镜将变换后的第一偏转光束反射,得到第二偏转光束,射入所述第二声光偏转模块中。

[0071] 可选的,所述S玻片和平面镜的数量相等,且均大于等于1;

[0072] 每一个S玻片和一个平面镜相对应,属于同一个偏转光路;

[0073] 所述信号同步控制单元4通过驱动信号控制所述第一声光偏转模块31加载不同的射频信号频率,使第一偏转光束进入对应的偏转光路中;其中,所述信号同步控制单元4控制第一声光偏转模块31和第二声光偏转模块32加载相同频率的射频信号,所述第二偏转光束的偏转角度与所述第一偏转光束的偏转角相同。

[0074] 示例性的,如图3所示,包括多条偏转光路,以示出的两条偏转光路为例进行说明,分别为第一偏转光路和第二偏转光路,第一S玻片51和第一平面镜52属于第一偏转光路,第二S玻片53和第二平面镜54属于第二偏转光路。进一步的,如图3所示,基于未示出的多条偏转光路,矢量光场变换模块可以将第一偏转光束转变为除角向和径向偏振光以外的高阶的矢量光。

[0075] 进一步的,根据线偏振光的偏振方向与S玻片的相对位置,S玻片将第一偏转光束转变为径向或角向偏振光,示例性的,参考图4中(a)和(b),如图4中(a)所示,当线偏振光的偏振方向与第一S玻片51的对准标记501相互平行时,第一S玻片51可将第一偏转光束的光场由高斯型转变为径向偏振光的矢量光场;如图4中(b)所示,当线偏振光的偏振方向与第二S玻片53的对准标记502相互垂直时,第二S玻片53可将第一偏转光束的光场由高斯型转变为角向偏振光的矢量光场。

[0076] 如图3所示,中央控制单元10控制所述信号同步控制单元4向所述第一声光偏转模块31及第二声光偏转模块32发射驱动信号,以使其加载对应的射频信号频率;平行光经过第一声光偏转模块31偏转预设角度后,得到第一偏转光束,进入偏转光路;平面镜将第一偏转光束反射至第二声光偏转模块32中,由于第二偏转光束的偏转角度与第一偏转光束的偏转角相同,第二偏转光束重新汇入主光路中,得到加工光束;加工光束经过空间光调制器反射和聚焦透镜汇聚后,作用于加工部件;中央控制单元10控制所述运动控制器9的运动方向,带动加工部件8运动。

[0077] 中央控制单元10根据预先存储的加工数据分别输出控制信号至信号同步控制单元4和运动控制器9,以进行预先设置的加工程序,对加工部件8进行预设加工操作。

[0078] 参考图3,可选的,第N偏转光路与第一偏转光路之间的夹角 $\Delta\theta$ 满足

$$\Delta\theta = \frac{\lambda_0}{nV_s} \Delta f_s (N-1),$$

其中,N大于等于2;其中, $\lambda_0$ 表示入射激光的波长,n和 $V_s$ 分别表示第一声光偏转模块中声光介质的折射率和内部声速, $f_s$ 表示射频信号的频率。

[0079] 信号同步控制单元4控制驱动信号源301输出射频信号的频率为 $f_s$ 时,光束沿第一偏转光路前进,参考图4中(a),线偏振光经S玻片51后变为径向偏振光;信号同步控制单元4控制驱动信号源301输出射频信号的频率为 $f_s + \Delta f_s$ 时,光束沿第二偏转光路前进,参考图4中(b),线偏振光经S玻片53后变为角向偏振光。其中,中央控制单元10控制信号同步控制单元4,从而控制驱动信号源301输出的射频信号频率,即决定输出光束为径向偏振光还是角向偏振光。

[0080] 在本实施例中,当第一声光偏转模块31及第二声光偏转模块32处于工作状态时,

即偏转角度不为零时,反射至空间光调制器6处于关闭状态,仅作反射镜使用,输出光场变化后的加工光束。

[0081] 在一替代实施例中,若信号同步控制单元4及反射式空间光调制器6均不工作时,光束沿主光路经聚焦透镜7聚焦作用于加工部件8上,此时系统输出高斯型光束。

[0082] 在上述实施例的基础上,可选的,所述光场变换装置还包括:电机(未示出),所述电机与所述矢量光场变换模块5中的平面镜连接;

[0083] 当所述同步控制单元4通过驱动信号控制所述第一声光偏转模块31及第二声光偏转模块32加载不同的射频信号频率时,所述电机用于根据所述中央控制单元10的控制信号带动所述平面镜转动,所述平面镜用于反射所述第一偏转光束时改变其偏转角度,得到第二偏转光束,所述第二偏转光束经过所述第二声光偏转模块32重新汇入主光路中。

[0084] 在同步控制单元4对第一声光偏转模块31及第二声光偏转模块32独立施加不同的频率信号时,根据第一声光偏转模块31及第二声光偏转模块32施加的不同频率,第一偏转光束的角度不同,需要通过电机带动平面镜转动对其频率差进行补偿,从而使得第二偏转光束经过第二声光偏转模块32也实现输出和输入在同一光路上。

[0085] 本发明实施例通过设置两个参数相同的声光偏转模块,且均受信号同步控制单元控制,再结合矢量光场变换模块,可在时空上产生径向偏振光和角向偏振光,满足特殊加工的需要;声光偏转模块具有超高扫描速度的特点,矢量光场变换模块具有将线偏振光转为径向、角向或高阶矢量光的特点,两者相结合,可以满足快速光场变换的需要,通过合理布局声光偏转模块及矢量光场变换模块的位置,形成快速转换光场的装置;解决了传统激光微纳加工过程中存在光场形式单一、光场转换复杂、加工质量较差、加工效率较低的问题,实现了便于组装,满足特殊加工的需要的有益效果。进一步的,矢量光场变换模块采用S玻片及平面镜组合,或者,采用楔形光场变换镜,结构简单,输出可靠。

[0086] 实施例二

[0087] 在实施例一的基础上,本实施例对矢量光场变换装置5做了进一步的改进,矢量光场变换装置5采用楔形光场变换镜,使系统整体更加紧凑。

[0088] 参考图5和图6,将矢量光场变换装置5中的S玻片及平面镜组合替换为楔形光场变换镜55,同理,矢量光场变换装置5中包含多个楔形光场变换镜55,图5仅以一个楔形光场变换镜55为例进行说明。楔形光场变换镜55为一刻蚀不同光栅图样的楔形熔融石英玻璃,包括不同刻蚀区,不同刻蚀区刻蚀不同光栅图样,刻蚀区保持一定的距离并沿玻璃长度方向平行排布,可使线偏振光经过刻蚀区域时变为径向、角向或高阶矢量光。

[0089] 参考图6,楔形光场变换镜55的刻蚀区域排布方向与第一声光偏转模块和第二声光偏转模块的扫描方向保持一致。

[0090] 当声光偏转模块工作时,信号同步控制单元4通过驱动信号控制第一声光偏转模块31及第二声光偏转模块32加载不同射频信号频率,衍射光束恰好经过楔形光场变换镜55上不同的刻蚀区。

[0091] 在一替代实施例中,楔形光场变换镜55也可为两个不同厚度的楔形S玻片的组合。参考图5,楔形光场变换镜55具有一定的角度,可将由第一声光偏转模块31输出的第一偏转光束以相同的角度折射进入第二声光偏转模块。

[0092] 参考图5,在本实施例中,第一声光偏转模块31、第二声光偏转模块32和楔形光场

变换镜55的组合可起到快速切换光路的作用,并且楔形光场变换镜55既起到光场变换的作用,也可将衍射光束折射,进而汇入主光路中,结构简单。

[0093] 应用中,与实施例一的光场变换方式相似,当信号同步控制单元4及反射式液晶空间光调制器6均不工作时,光束沿主光路经聚焦透镜7聚焦作用于加工部件8上,此时系统输出高斯型光束;当中央控制单元10向信号同步控制单元4发出指令,使驱动信号源301输出射频信号,不同的射频信号频率可改变第一声光偏转模块31输出第一偏转光束的衍射角度,从而使得第一偏转光束射入楔形光场变换镜55组不同的刻蚀区域,从而可获得径向、角向或高阶矢量光,并且经过楔形光场变换镜55折射进入第二声光偏转模块,而后汇入主光路,此时系统输出端可输出径向、角向或高阶矢量光。

[0094] 实施例三

[0095] 在上述实施例的基础上,进一步的,当所述信号同步控制单元4对所述第一声光偏转模块31及第二声光偏转模块32不施加驱动信号时,所述反射式空间光调制器6与所述中央控制单元10连接;

[0096] 所述线偏振光沿主光路到达所述反射式空间光调制器6,所述反射式空间光调制器6用于根据所述中央控制单元11的控制信号加载不同电压,对所述线偏振光的振幅或相位进行不同调制,反射输出不同类型的标量光场。

[0097] 参考图7,可选的,所述空间光调制器6采用反射式液晶空间光调制器,所述反射式液晶空间光调制器包括依次从上至下设置的玻璃层601、透明电极602、取向膜603、液晶层604、反射层605及控制电极606;所述控制电极606根据所述中央控制单元10的控制信号控制所述液晶层604两端的电压,以使得所述液晶层604中的液晶分子呈现不同的偏转角,所述液晶层604表面的取向膜603用于使液晶分子的取向平行于所述取向膜603的表面,并通过反射层605对其进行反射。

[0098] 参考图1和图7,中央控制单元10与反射式空间光调制器6中的控制电极606相连,改变反射式空间光调制器6的电压,从而控制液晶空间光调制器的工作状态,反射式空间光调制器6可对线偏振光的振幅或相位进行调制,并通过反射层605对其进行反射;控制电极606和透明电极602通过控制液晶层604中液晶分子两端的电压,从而控制液晶分子的排列方式。根据反射式空间光调制器6中所加电压的不同,反射式空间光调制器6可将线偏振光调制为平顶型/阵列型/贝塞尔型分布的标量光场。

[0099] 参考图3,中央控制单元10根据预先设置好的加工形式和运动方式,同时对同步控制单元4、空间光调制器6及运动控制器9进行控制,可实现不同位置处快速匹配所需要的光场。

[0100] 本发明实施例通过在声光偏转器不工作时,通过中央控制单元控制反射式空间光调制器对线偏振光的振幅或相位进行不同调制,在输出端产生径向偏振光、角向偏振光及平顶型、阵列型、贝塞尔型等不同标量光场,不仅光场形式多样,还能高效可靠地进行光场变换,满足精密零部件加工的需要。

[0101] 实施例四

[0102] 实施例一至实施例二可实现光场变换的区域与声光偏转模块的扫描方向保持一致,即只能实现一维方向内的变换。在上述实施例的基础上,本实施例可实现二维平面内的光场快速变换,满足更多矢量光场变换需求。

[0103] 参考图8,所述第一声光偏转模块31和第二声光偏转模块32均包括两个相互垂直放置的声光偏转器,所述第一声光偏转模块31中的声光偏转器和第二声光偏转模块32中的声光偏转器关于中心对称设置;示例性的,第一声光偏转模块31包括相互垂直放置的第一声光偏转器311和第二声光偏转器312,第二声光偏转模块32包括相互垂直放置的第三声光偏转器321和第四声光偏转器322,其中,第一声光偏转器311和第四声光偏转器322关于中心对称,第二声光偏转器312和第三声光偏转器321关于中心对称。

[0104] 所述矢量光场变换模块采用楔形光场变换镜55,所述楔形光场变换镜55的刻蚀区阵列排布;

[0105] 所述同步控制单元4包括多个输出通道,每两个输出通道为一组,分别输出驱动信号至所述第一声光偏转模块31和第二声光偏转模块32中,以使对称设置的两个声光偏转器(311和322,312和321)所加载的射频信号频率相同;示例性的,第一声光偏转器311和第四声光偏转器322加载相同频率的射频信号,第二声光偏转器312和第三声光偏转器321加载相同频率的射频信号。

[0106] 所述第一声光偏转模块31用于偏转所述线偏振光的出射光方向,衍射得到第一偏转光束,所述第一偏转光束经过所述楔形光场变换镜55中的某一刻蚀区域。

[0107] 相对垂直放置的两个声光偏转器可实现二维扫描,若楔形光场变换镜55刻蚀若干不同类型的光栅,当线偏振光经过时,可使其转变为径向偏振光或角向偏振光或需要的其他更高阶的矢量光束。

[0108] 参考图9,楔形光场变换镜55为一刻蚀不同光栅图样的楔形熔融石英玻璃,包括不同刻蚀区,每两个刻蚀区之间保持一定的距离,在楔形光场变换镜55内形成阵列,整体结构与楔形光场变换镜55保持一致。

[0109] 根据加工部件8的加工形貌特点,选择出所对应的矢量光场种类,然后在楔形光场变换镜55上刻蚀相应的光栅,刻蚀范围与位置取决于第一声光偏转模块31和第二声光偏转模块32的扫描范围及驱动信号源301输出射频信号的频率,保证某一衍射光路可经过某一刻蚀区域,变换出需要的光场。

[0110] 在一替代实施例中,楔形光场变换镜55也可为若干不同厚度的楔形S玻片的组合。

[0111] 同步控制单元4同时控制第一声光偏转模块31和第二声光偏转模块32中的声光偏转器,驱动信号源301输出射频信号可在一定范围内连续可调,从而实现面扫描。驱动信号源301受控输出某一射频信号频率时,输出的衍射光束恰好可以经过楔形光场变换镜55中的某一刻蚀区域。

[0112] 本实施例与实施例一至实施例二的光场变换方式相似,当信号同步控制单元4及反射式空间光调制器6均不工作时,此时系统输出高斯型光束;当中央控制单元10向信号同步控制单元4发出指令,使驱动信号源301输出不同射频信号,从而使得衍射光射入楔形光场变换镜不同的刻蚀区域,从而可获得不同类型的矢量光束;反射式空间光调制器6在信号同步控制单元4工作时处于关闭状态,仅作反射镜使用。

[0113] 进一步的,与实施例三的原理相同,当信号同步控制单元4处于关闭状态,反射式空间光调制器6处于工作状态时,中央控制单元10对反射式空间光调制器6发出指令,改变反射式空间光调制器6的电压,对沿主光路到达反射式空间光调制器6上的线偏振光的振幅或相位进行调制,从而改变光场的状态,依据反射式空间光调制器6电压的不同,此时系统

输出端可获得平顶型/阵列型/贝塞尔型光场分布。

[0114] 本发明实施例通过设置在第一声光偏转模块和第二声光偏转模块中设置相互垂直的两个声光偏转器,控制扫描范围及输出射频信号的频率,保证某一衍射光路可经过某一刻蚀区域,可实现二维扫描,变换出所需的光场;当信号同步控制单元关闭时,通过反射式空间光调制器调制线偏振光的振幅或相位,可在输出端获得径向偏振光、角向偏振光及高斯型、平顶型、阵列型、贝塞尔型等不同类型的光场分布,不仅光场形式多样,还能高效可靠地进行光场变换,满足精密零部件加工的需要。

[0115] 实施例五

[0116] 一种基于声光偏转器的光场变换方法,应用于如上述实施例中任一所述的基于声光偏转器的光场变换装置,包括:

[0117] 中央控制单元根据预先存储的加工过程中涉及的加工部件运动及不同部位所需光场的类型的数据,向信号同步控制单元和运动控制器发出对应的控制信号;

[0118] 所述信号同步控制单元同时控制第一声光偏转模块及第二声光偏转模块,使其加载相同频率的射频信号;

[0119] 脉冲激光器输出线偏振光,沿主光路经扩束准直装置生成平行光射入第一声光偏转模块中,偏转得到第一偏转光束;

[0120] 矢量光场变换模块将所述第一偏转光束从线偏振光转变为径向、角向和高阶矢量光,并使其反射或折射得到第二偏转光束;

[0121] 所述第二偏转光束进入所述第二声光偏转模块中,重新汇入主光路中,得到加工光束;

[0122] 所述加工光束经过反射式空间光调制器反射和聚焦透镜汇聚后,作用于跟随所述运动控制器运动的加工部件。

[0123] 可选的,还包括:

[0124] 当所述信号同步控制单元对所述第一声光偏转模块及第二声光偏转模块不施加驱动信号时,所述反射式空间光调制器与所述中央控制单元连接;

[0125] 所述线偏振光沿主光路到达所述反射式空间光调制器,所述反射式空间光调制器根据所述中央控制单元的控制信号加载不同电压,对所述线偏振光的振幅或相位进行不同调制,反射输出不同类型的标量光场。

[0126] 本发明提供了一种基于声光偏转器的光场变换方法应用于一种基于声光偏转器的光场变换装置,可以实现高效光场变换,提高加工效率,并且可根据用户要求的加工样式对加工部件进行加工,满足多种实际需求的使用。

[0127] 本领域的技术人员容易理解,以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

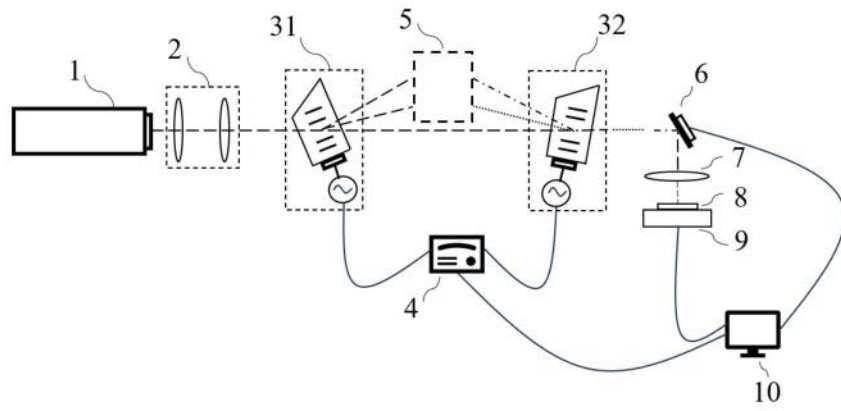


图1

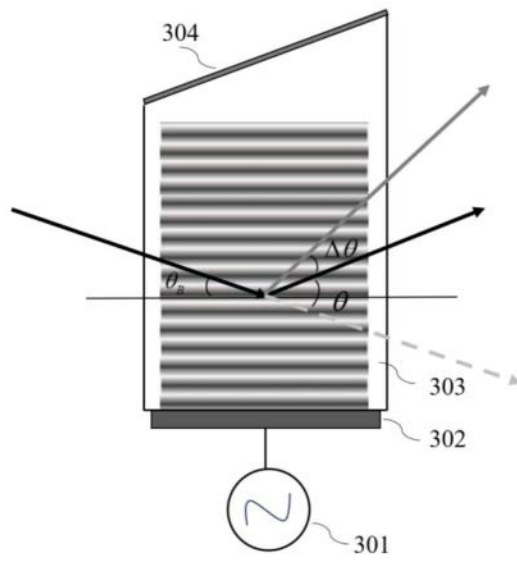


图2

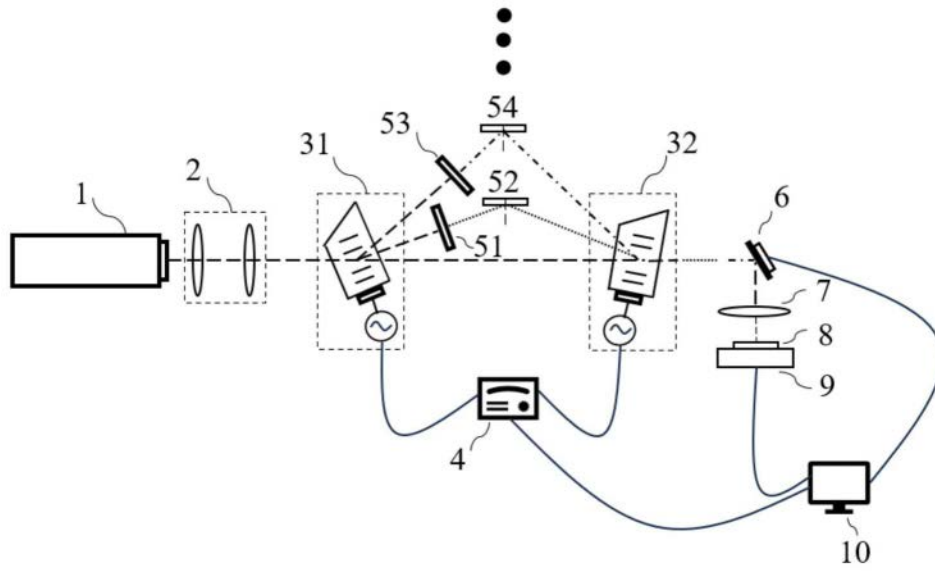


图3

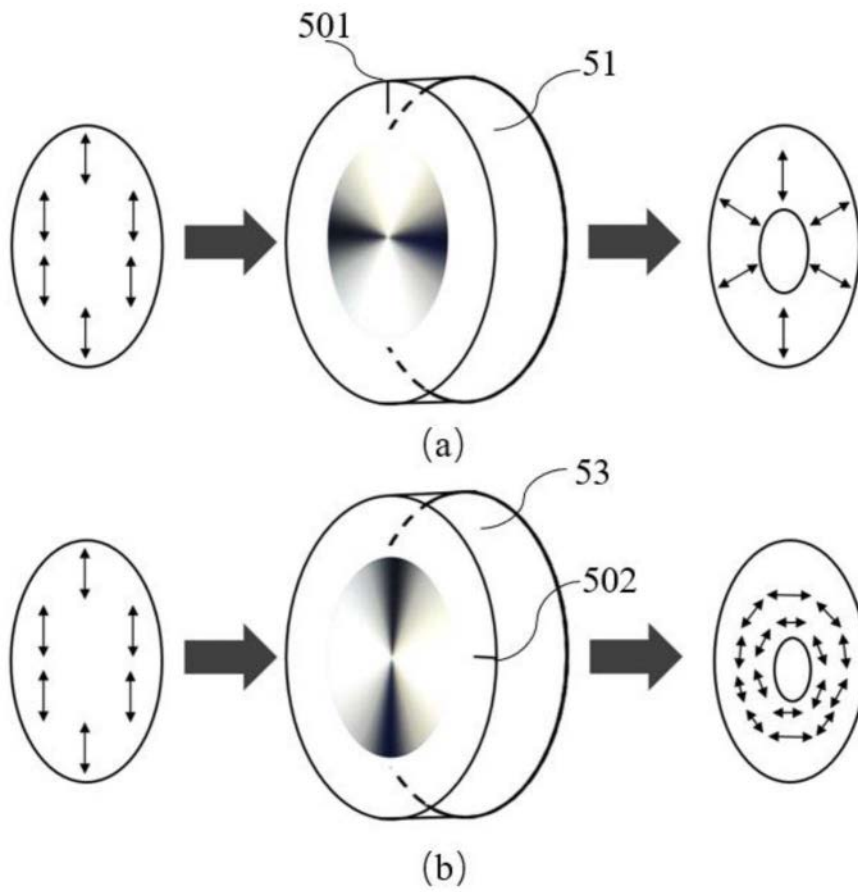


图4

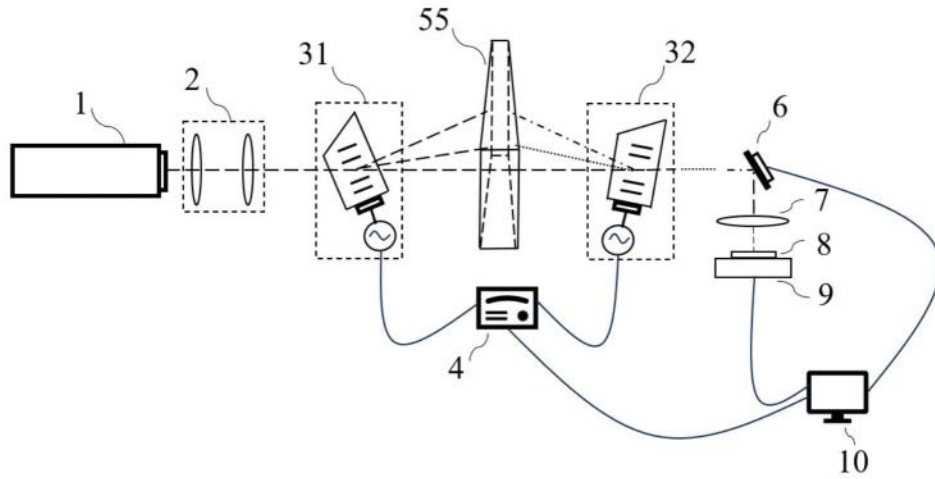


图5

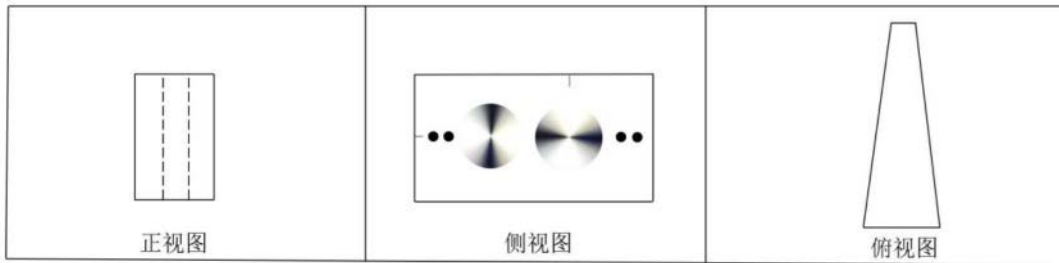


图6

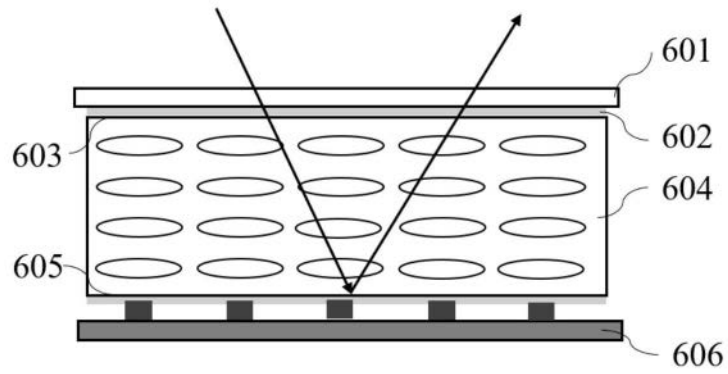


图7



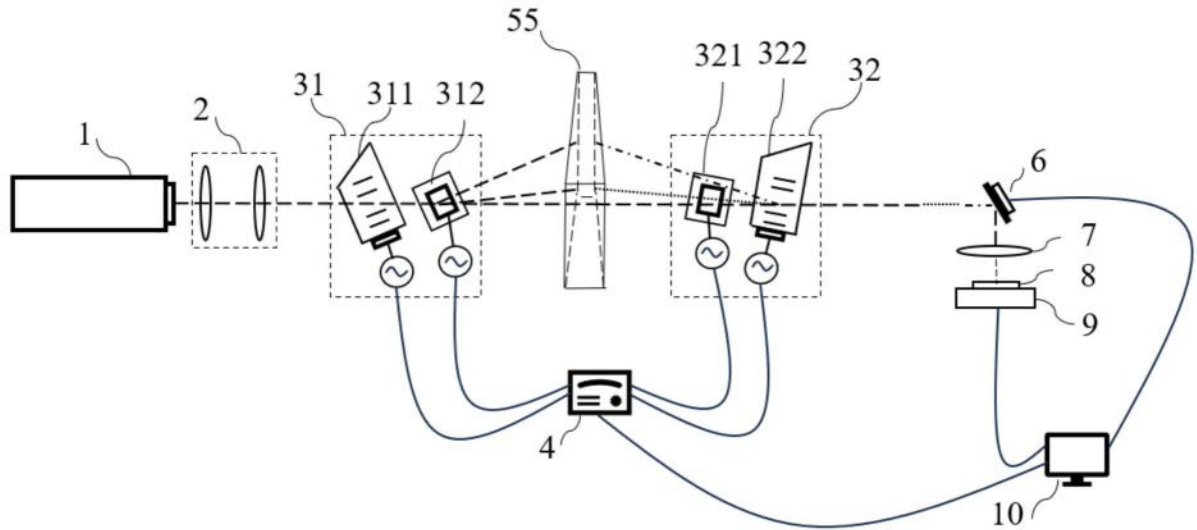


图8

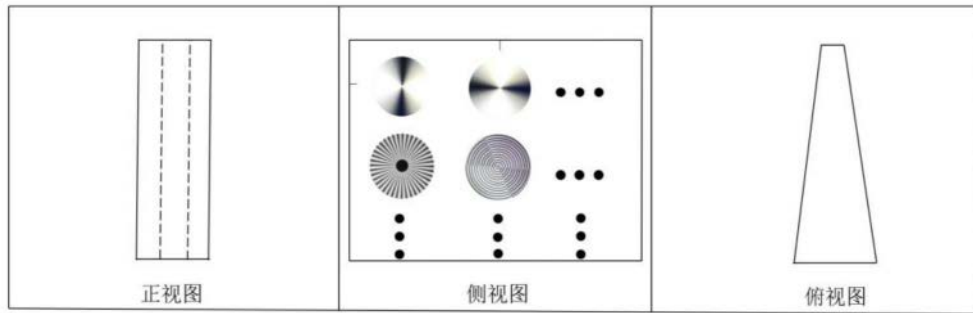


图9