



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104625438 A

(43) 申请公布日 2015. 05. 20

(21) 申请号 201410830142. 0

(22) 申请日 2014. 12. 29

(71) 申请人 中自高科(苏州)光电有限公司  
地址 江苏省苏州市工业园区启月街1号31幢101室

(72) 发明人 姜澜 冯品 李欣 戎文龙

(51) Int. Cl.

B23K 26/53(2014. 01)

B23K 26/0622(2014. 01)

B23K 26/70(2014. 01)

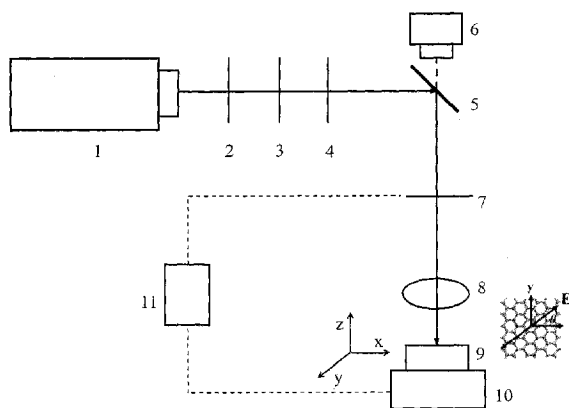
权利要求书1页 说明书3页 附图1页

(54) 发明名称

利用激光偏振选择性烧蚀结合酸蚀制备微通道的方法

(57) 摘要

本发明涉及一种利用飞秒激光偏振选择性烧蚀结合化学酸蚀高效率制备微通道的方法,属于飞秒激光应用技术领域,本发明中针对晶态材料特性,通过调节激光偏振参数与材料晶轴夹角,进而调控激光与材料相互作用过程中的局部瞬时电子动态,诱导激光加工区域材料改性,之后辅助化学酸蚀,从而提高微通道的加工效率和加工精度,本方法简单高效,在微流体加工领域有重要研究意义。



1. 利用激光偏振选择性烧蚀结合酸蚀制备微通道的方法,其特征在于:具体步骤如下:

步骤一、以 5 度为间隔调节偏振角度对材料进行激光改性;

步骤二、用浓度为 5% -10% 的氢氟酸溶液进行酸蚀,加工出微通道结构,进而得到加工效率最高时对应的偏振角;

步骤三、在步骤二得到的加工效率最高时对应的偏振角下用激光对材料进行改性;

步骤四、用浓度为 5% -10% 的氢氟酸溶液酸蚀,从而得到带有微通道的材料。

2. 实现如权利要求 1 所述利用激光偏振选择性烧蚀结合酸蚀制备微通道的装置,其特征在于:包括飞秒激光器 (1); 第一半波片 (2); 偏振片 (3); 第二半波片 (4); 反射镜 (5); CCD 成像系统 (6); 机械开关 (7); 聚焦物镜 (8); 待加工样品 (9); 六轴移动平台 (10); 计算机 (11); 飞秒激光器 (1) 产生飞秒激光脉冲,脉冲依次经过第一半波片 (2)、偏振片 (3)、第二半波片 (4) 之后,被反射镜 (5) 反射,经过机械开关 (6),透过聚焦物镜 (8) 反射到待加工样品 (9) 表面,待加工样品 (9) 放置在六轴移动平台 (10) 上,计算机 (11) 控制机械开关 (7),并且控制六轴移动平台 (10) 实现三个方向的运动;其中加工过程可通过 CCD 成像系统 (6) 直接观测。

3. 如权利要求 2 所述的利用激光偏振选择性烧蚀结合酸蚀制备微通道的装置,其特征在于工作过程如下:

步骤一:飞秒激光器 (1) 产生飞秒激光脉冲;

步骤二:把步骤一产生的飞秒激光脉冲入射到聚焦物镜 (8) 中进行聚焦,并保持激光焦点聚焦到待加工样品 (9) 的内部;

步骤三:通过调节第一半波片 (2) 和偏振片 (3) 调整加工所需的能量,使之高于基底材料的改性阈值但低于烧蚀阈值;

步骤四:利用第二半波片 (4) 调节飞秒激光脉冲偏振方向与材料晶轴方向的夹角;

步骤五:计算机 (11) 控制平移台,使材料与激光焦点之间相对运动,在待加工样品 (9) 的内部加工出所需要的改性区域;

步骤六:把步骤五获得的改性后的样品浸入浓度为 5% -10% 的氢氟酸溶液中进行化学酸蚀,改性区会和溶液进行化学反应,从而形成微通道。

## 利用激光偏振选择性烧蚀结合酸蚀制备微通道的方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种利用激光偏振选择性烧蚀结合酸蚀制备微通道的方法,属于飞秒激光应用技术领域。

### 背景技术

[0002] 微通道在微流体器件领域有着广泛的应用。石英晶体因其良好的光学性质,作为理想的基底材料,具有很高的应用价值。

[0003] 相比于传统激光,飞秒激光作为一种具有超短脉冲时间、极高峰值功率,可突破光学衍射极限等优势的加工手段,被广泛的用于材料加工。飞秒激光超短脉宽可以减小加工过程中的热影响区,使得加工精度更高,此外,飞秒激光的超高峰值功率可以诱导透明材料的非线性吸收,因此基于多光子吸收效应,三维的微流体结构可以直接在玻璃内部加工。目前利用飞秒激光在玻璃材料上加工微流体结构主要有两种方法:一种是直接用飞秒激光打孔的方法在玻璃内部烧蚀加工;另一种是飞秒激光结合化学刻蚀的方法加工。第一种方法的加工工艺简单,但是加工出的微通道存在重铸等严重缺陷,影响了其加工精度;第二种制备方法未考虑材料本身的特性,导致加工效率低。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的是为了解决现有技术加工效率低、加工出的产品存在缺陷的问题,提出一种利用激光偏振选择性烧蚀结合酸蚀制备微通道的方法。通过调节激光偏振与材料晶轴夹角参数,调控激光与材料相互作用过程中的局部瞬时电子动态,进而控制飞秒激光对材料内部的改性程度,最终提高微通道的加工精度和加工效率。

[0005] 本发明的目的是通过以下技术来实现的。

[0006] 利用激光偏振选择性烧蚀结合酸蚀制备微通道的方法,具体步骤如下:

[0007] 步骤一、以 5 度为间隔调节偏振角度对材料进行激光改性;

[0008] 步骤二、用浓度为 5% -10% 的氢氟酸溶液进行酸蚀,加工出微通道结构,进而得到加工效率最高时对应的偏振角;

[0009] 步骤三、在步骤二得到的加工效率最高时对应的偏振角下用激光对材料进行改性;

[0010] 步骤四、用浓度为 5% -10% 的氢氟酸溶液酸蚀,从而得到带有微通道的材料。

[0011] 实现该方法的装置,包括飞秒激光器;第一半波片;偏振片;第二半波片;反射镜;CCD 成像系统;机械开关;聚焦物镜;待加工样品;六轴移动平台;计算机。

[0012] 连接关系:飞秒激光器产生飞秒激光脉冲,脉冲依次经过第一半波片、偏振片、第二半波片之后,被反射镜反射,经过机械开关,透过聚焦物镜反射到待加工样品表面,待加工样品放置在六轴移动平台上,计算机控制机械开关,并且控制六轴移动平台实现三个方向的运动(偏振角  $\theta$  为激光偏振方向与材料晶轴之间的夹角)。其中加工过程可通过 CCD 成像系统直接观测。

[0013] 该装置的工作过程如下：

[0014] 步骤一：飞秒激光器产生飞秒激光脉冲；

[0015] 步骤二：把步骤一产生的飞秒激光脉冲入射到聚焦物镜中进行聚焦，并保持激光焦点聚焦到待加工样品的内部；

[0016] 步骤三：通过调节第一半波片和偏振片调整加工所需的能量，使之高于基底材料的改性阈值但低于烧蚀阈值；

[0017] 步骤四：利用第二半波片调节飞秒激光脉冲偏振方向与材料晶轴方向的夹角；

[0018] 步骤五：计算机控制平移台，使材料与激光焦点之间相对运动，在待加工样品的内部加工出所需要的改性区域；

[0019] 步骤六：把步骤五获得的改性后的样品浸入浓度为 5% -10% 的氢氟酸溶液中进行化学酸蚀，改性区会和溶液进行化学反应，从而形成微通道。

[0020] 有益效果

[0021] 1、本发明针对材料特性进行调制，因光电离主导了飞秒激光材料改性过程，并与材料刻蚀效率密切相关（正相关），研究发现材料的光电离率呈现显著的晶向依赖性，通过调节激光偏振与材料晶轴夹角可以有效的调控光电离的强度，因此通过选择恰当的激光偏振与材料晶轴的夹角来提高材料光电离率，以增加材料改性程度，最终达到提高刻蚀效率的目的。

[0022] 2、对比飞秒激光直接照射，化学酸蚀的作用会使得微通道的加工精度得到很大的改善，加工形貌更可观，并且由于偏振选择的结果使得加工程度可控。

## 附图说明

[0023] 图 1 为本发明实施方式的加工流程图；

[0024] 图 2 为具体实施实例中飞秒激光加工光路图。

[0025] 其中，1- 飞秒激光器；2- 第一半波片；3- 偏振片；4- 第二半波片；5- 反射镜；6- CCD 成像系统；7- 机械开关；8- 聚焦物镜；9- 待加工样品；10- 六轴移动平台；11- 计算机。

## 具体实施方式

[0026] 下面结合附图和实施例对本发明做进一步说明。

[0027] 利用激光偏振选择性烧蚀结合酸蚀制备微通道的方法，具体步骤如下：

[0028] 步骤一、以 5 度为间隔调节偏振角度对石英玻璃进行激光改性

[0029] 步骤二、用浓度为 8% 的氢氟酸溶液进行酸蚀，加工出微通道结构，进而得到加工效率最高时对应的偏振角

[0030] 步骤三、在步骤二得到的加工效率最高时对应的偏振角下用激光对材料进行改性

[0031] 步骤四、用浓度为 8% 的氢氟酸溶液酸蚀，从而得到带有微通道的材料

[0032] 本发明实施方式的加工流程如图 1 所示。激光加工系统如图 2 所示，飞秒激光器 1 产生飞秒激光脉冲，脉冲依次经过第一半波片 2、偏振片 3、第二半波片 4 之后，被反射镜 5 反射，经过机械开关 6，透过聚焦物镜 8 反射到到待加工样品 9 表面，待加工样品 9 放置在六轴移动平台 10 上，计算机 11 控制机械开关 7，并且控制六轴移动平台 10 实现三个方向的运

动（偏振角  $\theta$  为激光偏振方向与材料晶轴之间的夹角）。其中加工过程可通过 CCD 成像系统 6 直接观测。

[0033] 飞秒激光系统采用美国光谱物理 (SpectrumPhysic) 公司生产的激光器, 实验过程中采用的为线偏振光, 中心波长 800nm, 脉冲宽度 35fs, 重复频率 1kHz, 光强分布为高斯型; 实验中待加工样品为石英玻璃, 尺寸为  $1\text{cm} \times 1\text{cm} \times 3\text{mm}$ 。

[0034] 步骤一、飞秒激光器 1 产生脉冲宽度为 35 飞秒的飞秒激光单脉冲。

[0035] 步骤二、用双面胶把石英玻璃（晶向  $\langle 0001 \rangle$ ）固定在载玻片上, 再把载玻片放置在六轴移动平台 10 上, 并用水平测量仪测量确保平台调至水平。

[0036] 步骤三、打开机械开关 7, 调整光路, 确保激光通过光路垂直入射到 10 倍的聚焦物镜 8 中进行聚焦, 通过 CCD 成像系统 6 观测使得激光聚焦在玻璃表面, 利用第一半波片 2 和偏振片 3 的组合调节脉冲能量至  $0.5 \mu\text{J}$ 。

[0037] 步骤四、用计算机控制六轴移动平台, 使加工物镜的焦点聚焦到材料下表面, 继续往下移动  $100 \mu\text{m}$ 。

[0038] 步骤五、利用第二半波片 4 调节飞秒激光脉冲偏振方向与材料晶轴方向的夹角。在  $0-90$  度范围内, 以  $5$  度为间隔调节偏振角度, 在此过程中保持其他激光参数不变。

[0039] 步骤六、控制平移台使材料与激光焦点之间沿着 Z 轴方向运动, 在样品内部加工出 19 个偏振角所需要的改性区域。

[0040] 步骤七、把步骤六获得的改性后的样品浸入浓度为 8% 的氢氟酸溶液中进行化学酸蚀 1 小时, 即可形成 19 个微通道。

[0041] 步骤八、观测微通道结构, 在偏振角度为  $45$  度和  $90$  度时, 微通道的加工深度最大, 并且孔壁和端面光滑平整。

[0042] 步骤九、设定第二半波片 4 的偏振角为  $45$  度, 控制平移台使材料与激光焦点之间沿着 Z 轴方向运动, 对材料进行改性。

[0043] 步骤十、把步骤九获得过的改性后的样品浸入浓度为 8% 的氢氟酸溶液中进行化学酸蚀 1 小时, 从而得到带有高精度、高深径比的微通道的材料。

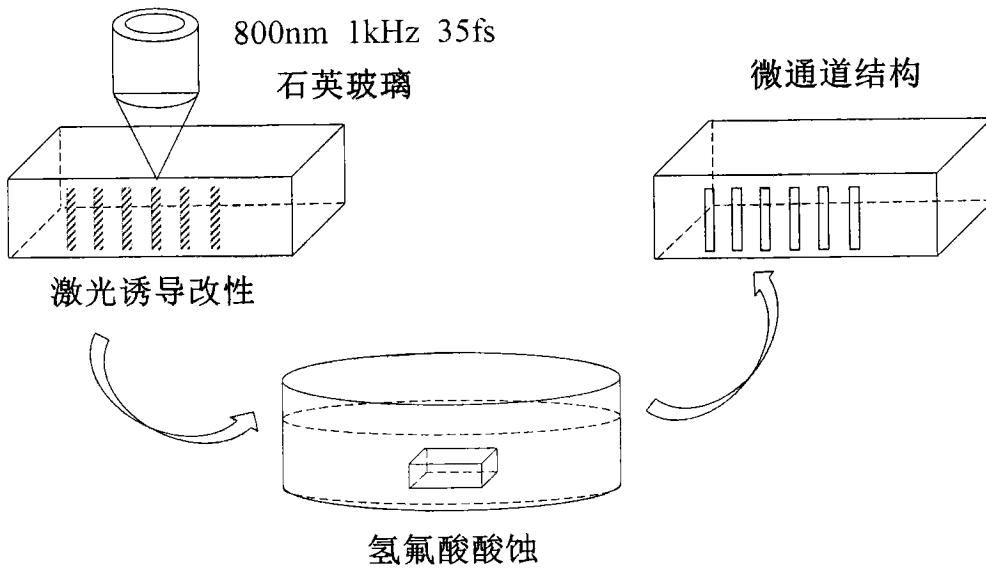


图 1

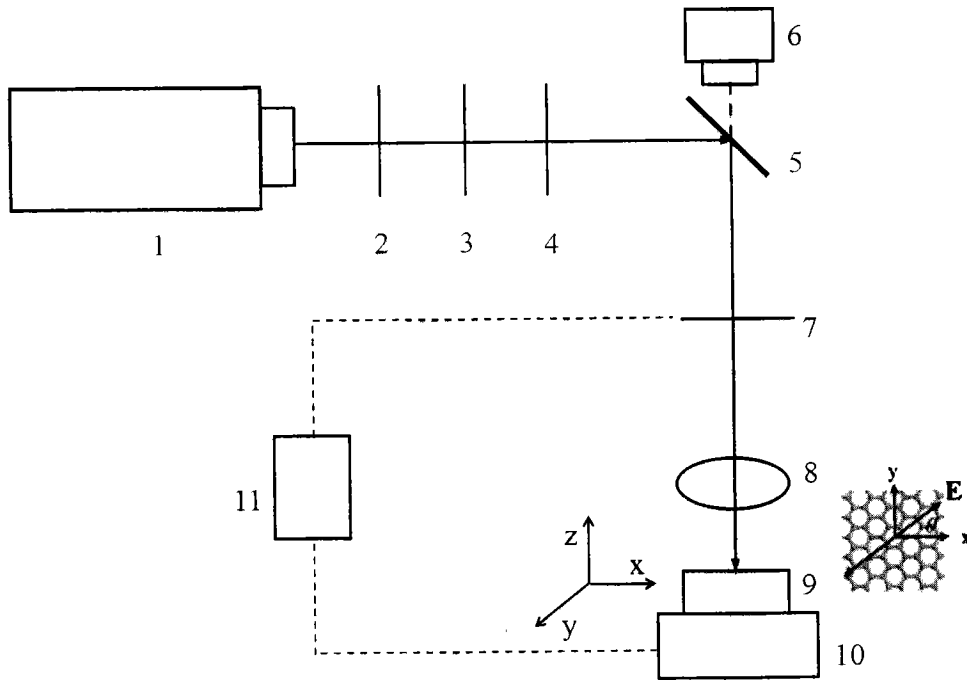


图 2