



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103418912 B

(45) 授权公告日 2016.04.20

(21) 申请号 201310181566.4

(22) 申请日 2013.05.16

(73) 专利权人 广东工业大学

地址 510006 广东省广州市番禺区广州大学  
城外环西路 100 号

(72) 发明人 谢小柱 魏昕 胡伟 苑学瑞  
胡满凤 高勋银

(74) 专利代理机构 广州粤高专利商标代理有限  
公司 44102

代理人 林丽明

(51) Int. Cl.

B23K 26/362(2014.01)

B23K 26/402(2014.01)

B23K 26/146(2014.01)

B23K 26/142(2014.01)

B23K 26/70(2014.01)

B23K 35/38(2006.01)

(56) 对比文件

JP 4945835 B1, 2012.03.16,

CN 102248308 A, 2011.11.23,

US 2003/0080089 A1, 2003.05.01,

CN 1931506 A, 2007.03.21,

JP 2007-123404 A, 2007.05.17,

CN 102248292 A, 2011.11.23,

CN 203437818 U, 2014.02.19,

G.W. Yang. Laser ablation in liquids:

Applications in the synthesis of  
nanocrystals. 《Progress in Materials  
Science》. 2007, 第 52 卷 (第 4 期), 第 662 页第  
2 段至第 663 页第 1 段, 附图 7.

P. Schwaller. A novel Model for the  
Mechanism of Laser-Induced Back Side Wet  
Etching in Aqueous Cu Solutions using ns  
pulses at 1064 nm. 《Physics Procedia》. 2011,  
第 12 卷第 190 页第 1-3 段, 附图 1.

审查员 李远远

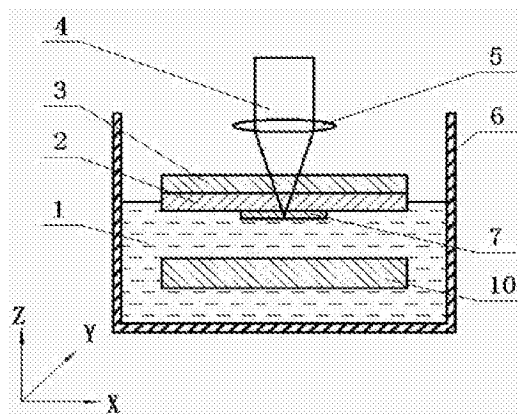
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

增强蓝宝石激光背向湿式刻蚀率的加工装置  
的加工方法

(57) 摘要

本发明是一种增强蓝宝石激光背向湿式刻蚀率的加工装置的加工方法。其中加工装置包括保护装置、激光束、透镜组、容器、限制层, 容器所设中空腔体内装设有工作液体, 工件放置在工作液体的表面并与工作液体接触, 保护装置装设在工件的顶面, 限制层装设在工件的下方, 激光束通过透镜组照射在工件的背面。本发明的加工装置在保证蓝宝石表面加工质量较好的情况下, 又具有较高的材料去除率。本发明加工方法中碎屑容易被液体带走, 激光烧蚀的热效应小, 加工区域无重凝层, 加工质量好; 激光诱导空化效应引起微射流增强效应, 增强了蓝宝石等透明材料的激光刻蚀率, 可以实现材料表面的微结构和成形切割加工。本发明的加工方法操作简单, 方便实用, 具有较高的加工速率。



1. 一种增强蓝宝石激光背向湿式刻蚀率的加工装置的加工方法, 增强蓝宝石激光背向湿式刻蚀率的加工装置包括有保护装置、激光束、透镜组、容器、限制层, 其中容器所设中空腔体内装设有工作液体, 工件放置在工作液体的表面并与工作液体接触, 保护装置装设在工件的顶面, 限制层装设在工件的下方, 激光束通过透镜组照射在工件的背面; 其特征在于增强蓝宝石激光背向湿式刻蚀率的加工装置的加工方法包括以下步骤:

1) 将待加工的透明蓝宝石工件放置在工作液体的表面并与工作液体接触;

2) 在工件下方装设限制层, 调节工件和限制层之间的距离;

3) 在工件的顶面设置一个保护装置, 其作用为: a) 防止液体因工件被切穿产生喷溅; b) 保护装置对工件施加一定的压应力, 可以减小切割瞬间产生的压力差, 从而防止工件产生裂纹;

4) 激光束通过透镜组聚焦在工件与工作液体接触的区域, 聚焦处发生激光诱导光化学反应和激光诱导空化效应;

5) 激光诱导液体产生光化学反应, 在透明工件的背面形成沉积层, 沉积层增强了材料对激光的吸收率, 材料吸收能量导致温度升高, 达到熔点或者汽化点, 实现对材料的去除;

6) 激光诱导的空泡塌陷时形成指向工件背面的高速微射流, 高速微射流的冲击作用会促进工件背面发生光化学沉积;

在一定范围内, 减小工件和限制层的距离, 微射流的冲击作用不断增强, 工件背面发生光化学沉积增强, 材料的激光刻蚀率得到提高;

7) 产生激光束的激光头与工件发生沿着X/Y/Z方向的相对运动, 在脉冲激光的作用下, 实现材料的表面微结构和成形切割加工。

## 增强蓝宝石激光背向湿式刻蚀率的加工装置的加工方法

### 技术领域

[0001] 本发明是一种用于对蓝宝石进行切割、钻孔和制造表面微结构的增强蓝宝石激光背向湿式刻蚀率的加工装置的加工方法,属于蓝宝石激光背向湿式刻蚀的加工装置的加工方法的创新技术。

### 背景技术

[0002] 蓝宝石单晶具有硬度高(莫氏硬度为9)、熔点高(2030 °C)、耐磨性好、高温下(1000 °C)仍能够保持化学稳定、透过率高等良好综合性能,被誉为“新光源革命”的基础材料,是第三代半导体材料GaN最重要的产业化衬底,市场需求正以每年40%的速度迅速增加。蓝宝石已广泛应用在电子信息、国防和医疗等多个领域。

[0003] 激光背向湿式刻蚀加工时,采用对激光有较好吸收的溶液作为工作液体,激光透过样件入射到材料背面——液体接触区域,液体受到激光能量的诱导会产生光化学反应,进而在材料背面产生沉积层,沉积层对激光有很高的吸收率,有利于吸收能量而导致材料去除。此外液体对加工区域有冷却和清洗作用,所以具有加工后工件的热影响区小、加工质量好等优点。与激光正面蚀刻加工方法相比,它有效地克服了液膜厚度难以控制,激光能量穿过液膜容易损失,加工过程产生的碎屑不易排出等缺点,可以用于制造蓝宝石表面微结构和切割。但在切割较厚蓝宝石时,随着切割深度的增加,液体不能及时上溢到已经形成的切口位置而继续沉积,导致加工效率降低甚至难以加工。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的在于考虑上述问题而提供一种增强蓝宝石激光背向湿式刻蚀率的加工装置的加工方法,本发明在保证蓝宝石表面加工质量较好的情况下,又具有较高的材料去除率,操作简单,方便实用,具有较高的加工速率。

[0005] 本发明的技术方案是:本发明的增强蓝宝石激光背向湿式刻蚀率的加工装置的加工方法,增强蓝宝石激光背向湿式刻蚀率的加工装置包括有保护装置、激光束、透镜组、容器、限制层,其中容器所设中空腔体内装设有工作液体,工件放置在工作液体的表面并与工作液体接触,保护装置装设在工件的顶面,限制层装设在工件的下方,激光束通过透镜组照射在工件的背面;增强蓝宝石激光背向湿式刻蚀率的加工装置的加工方法包括以下步骤:

[0006] 1)将待加工的透明蓝宝石工件放置在工作液体的表面并与工作液体接触;

[0007] 2)在工件下方装设限制层,调节工件和限制层之间的距离;

[0008] 3)在工件的顶面设置一个保护装置,其作用为:a)防止液体因工件被切穿产生喷溅;b)保护装置对工件施加一定的压应力,可以减小切割瞬间产生的压力差,从而防止工件产生裂纹;

[0009] 4)激光束通过透镜组聚焦在工件与工作液体接触的区域,聚焦处发生激光诱导光化学反应和激光诱导空化效应;

[0010] 5)激光诱导液体产生光化学反应,在透明工件的背面形成沉积层,沉积层增强了

材料对激光的吸收率,材料吸收能量导致温度升高,达到熔点或者汽化点,实现对材料的去除;

[0011] 6)激光诱导的空泡塌陷时形成指向工件背面的高速微射流,高速微射流的冲击作用会促进工件背面发生光化学沉积。在一定范围内,减小工件和限制层的距离,微射流的冲击作用不断增强,工件背面发生光化学沉积增强,材料的激光刻蚀率得到提高;

[0012] 7)产生激光束的激光头与工件发生沿着X/Y/Z方向的相对运动,在脉冲激光的作用下,实现材料的表面微结构和成形切割加工。

[0013] 本发明使得激光背向湿式加工方法中碎屑容易被液体带走,激光烧蚀的热效应小,加工区域无重凝层,加工质量好;激光诱导空化效应引起微射流增强效应,增强了蓝宝石等透明材料的激光刻蚀率,可以实现材料表面的微结构和成形切割加工。

[0014] 本发明的优点及积极效果是:本发明充分利用了激光在聚焦处诱导光化学反应与激光诱导空化效应的协同作用,调节工件和限制层之间距离到一定的值,使激光空化作用形成的冲击波和微射流最有利于在工件背面产生光化学沉积层,从而有效地提高了激光对材料的去除率。同时,微射流对切口的冲击作用,带走了加工过程产生的碎屑,避免了重凝层的生成,有效地提高了表面质量。此外,本发明中的保护装置,有效地防止了加工过程中液体上溢甚至喷溅到工件上表面吸收激光后破坏工件上表面,同时还可以减小切割瞬间产生的压力差,防止工件产生裂纹。本发明实现了蓝宝石的高效率高质量的加工,是一种设计巧妙,性能优良,方便实用,加工成本低的增强蓝宝石激光背向湿式刻蚀率的加工装置的加工方法。

#### 附图说明

[0015] 图1是增强蓝宝石激光背向湿式刻蚀率的加工方法及装置的示意图;

[0016] 图2是激光诱导空泡形成的微射流冲击工件待加工表面示意图;

[0017] 图3是保护装置在切穿后防止液体上溢、飞溅示意图。

[0018] 在图中:1、工作液体;2、透明工件;3、保护装置;4、激光束;5、透镜组;6、容器;7、沉积层;8、微射流;9、空泡;10、限制层。

#### 具体实施方式

[0019] 实施例:

[0020] 本发明的结构示意图如图1、2、3所示,本发明的增强蓝宝石激光背向湿式刻蚀率的加工装置,包括有保护装置3、激光束4、透镜组5、容器6、限制层10,其中容器6所设中空腔体内装设有工作液体1,透明工件2放置在工作液体1的表面并与工作液体1接触,保护装置3装设在透明工件2的顶面,限制层10装设在透明工件2的下方,激光束4通过透镜组5照射在透明工件2的背面。

[0021] 上述工作液体1为能发生激光诱导光化学沉积的质量浓度为1~25%范围内可调的CuSO<sub>4</sub>溶液或者CuSO<sub>4</sub>混合溶液。本实施例中,上述工作液体1为质量浓度15%的CuSO<sub>4</sub>溶液或者CuSO<sub>4</sub>混合溶液。

[0022] 本实施例中,上述CuSO<sub>4</sub>溶液是将硫酸铜晶体充分溶解于去离子水中,形成硫酸铜水溶液。

[0023] 本实施例中,上述CuSO<sub>4</sub>混合溶液是在硫酸铜水溶液中加入络合剂、还原剂和PH调节剂形成的混合溶液。

[0024] 本实施例中,上述络合剂为氨水或三乙醇胺,还原剂为甲醛或次磷酸钠,PH调节剂为氢氧化钠。

[0025] 本实施例中,上述限制层10为玻璃限制层或者为其他对红外激光透明的材料。

[0026] 上述激光束4为脉冲红外激光;上述激光束4的激光波长范围780~2526 nm;上述激光脉宽为大于等于20 ns;上述激光能量密度范围1~200 J/cm<sup>2</sup>;上述激光频率范围0~50 kHz;上述激光扫描速度范围0.1~50 mm/s;上述激光扫描次数1~50次。本实施例中,产生激光束4的激光器的波长为1064 nm、脉宽为80 ns、能量密度为58 J/cm<sup>2</sup>、频率为2 kHz,扫描速度为15 mm/s、扫描次数为5。

[0027] 上述限制层10与透明工件2之间的距离调节范围为0.3~5.0mm;上述保护装置3对入射激光透明,并且固定在工件3的上表面;上述激光头与透明工件2发生X/Y/Z方向的相对运动方式有两种:a)安装透明工件2的工作台能沿着Z向直线运动,透镜组5内的振镜沿着X/Y方向扫描;b)激光头固定不动,工作台沿着X/Y/Z方向直线进给运动,其中X/Y两轴联动;上述激光的焦点作用在透明工件2的背面,即透明工件2与液体接触的区域,通过调节工作台Z方向的位置实现。

[0028] 本发明增强蓝宝石激光背向湿式刻蚀率的加工装置的加工方法,包括以下步骤:

[0029] 1)将待加工的透明工件2放置在工作液体1的表面并与工作液体1接触,透明工件2为蓝宝石工件;

[0030] 2)在透明工件2下方装设限制层10,调节透明工件2和限制层10之间的距离;

[0031] 3)在透明工件2的顶面设置一个保护装置3,其作用为:a)防止液体因工件被切穿产生喷溅;b)保护装置对工件施加一定的压应力,可以减小切割瞬间产生的压力差,从而防止工件产生裂纹;

[0032] 4)激光器发出的激光束4通过透镜组5聚焦在透明工件2与工作液体1接触的区域,聚焦处发生激光诱导光化学反应和激光诱导空化效应;本实施例中,产生激光束4的激光器的波长为1064 nm、脉宽为80 ns、能量密度为58 J/cm<sup>2</sup>、频率为2kHz,其中焦点位置通过工作台沿Z方向运动实现;

[0033] 5)工作台固定不动,透镜组5中的振镜沿X/Y方向扫描,扫描速度为15 mm/s、扫描次数为5,对蓝宝石进行直线切割;激光诱导液体产生光化学反应,在透明工件2的背面形成沉积层7,沉积层7增强了材料对激光的吸收率,材料吸收能量导致温度升高,达到熔点或者汽化点,实现对材料的去除;

[0034] 6)激光诱导的空泡9塌陷时形成指向工件背面的高速微射流8,高速微射流与切槽的底部充分接触,工件背面发生光化学沉积。高速微射流8的冲击作用会促进工件背面发生光化学沉积。在一定范围内,减小工件和限制层的距离,微射流8的冲击作用不断增强,工件背面发生光化学沉积增强,材料的激光刻蚀率得到提高;本实施例中,调节工件2和限制层10的距离到0.43 mm,微射流8的冲击作用增强,透明工件2背面发生光化学沉积加快,加工后切槽深度为12μm;同样的激光加工参数下,没有限制层时,激光背向湿式刻蚀蓝宝石的切槽深度只有8.8μm,材料的激光刻蚀率提高了36%。

[0035] 7)产生激光束4的激光头与透明工件2发生沿着X/Y/Z方向的相对运动,在脉冲激

光的作用下,实现材料的表面微结构和成形切割加工。

[0036] 最后应当说明的是,以上内容仅用以说明本发明的技术方案,而非对本发明保护范围的限制,本领域的普通技术人员对本发明的技术方案进行的简单修改或者等同替换,均不脱离本发明技术方案的实质和范围。

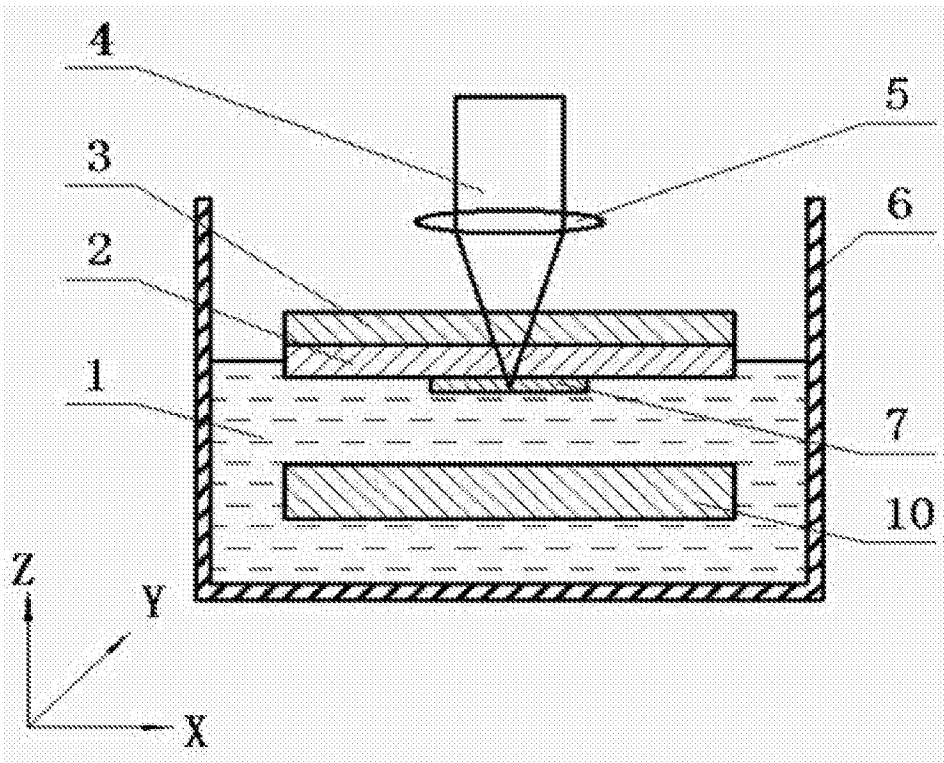


图1

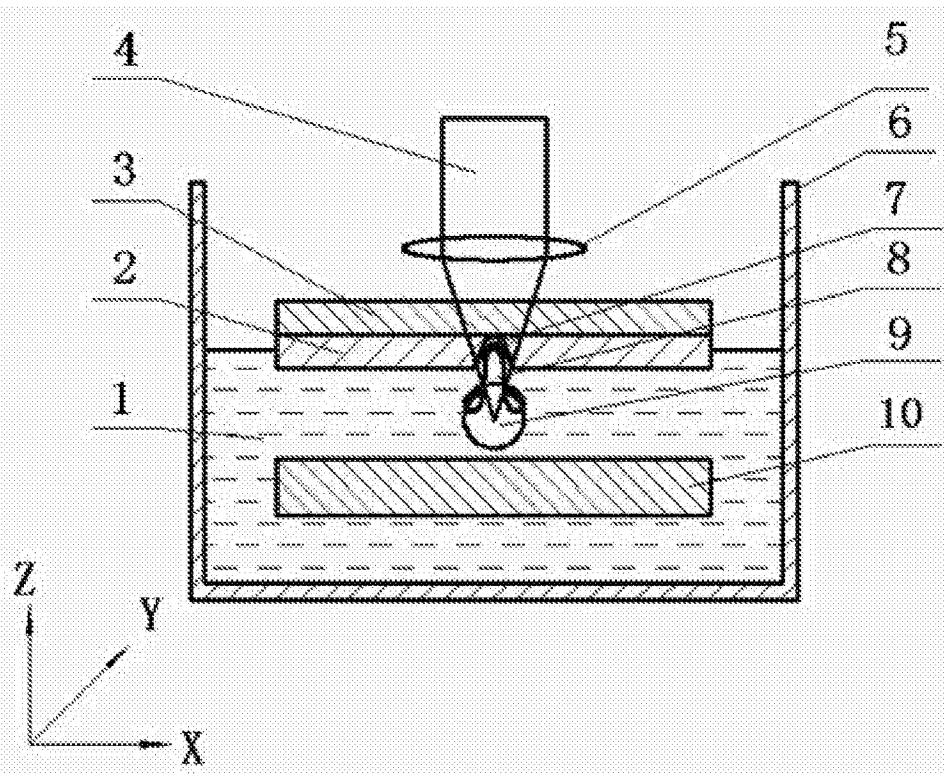


图2

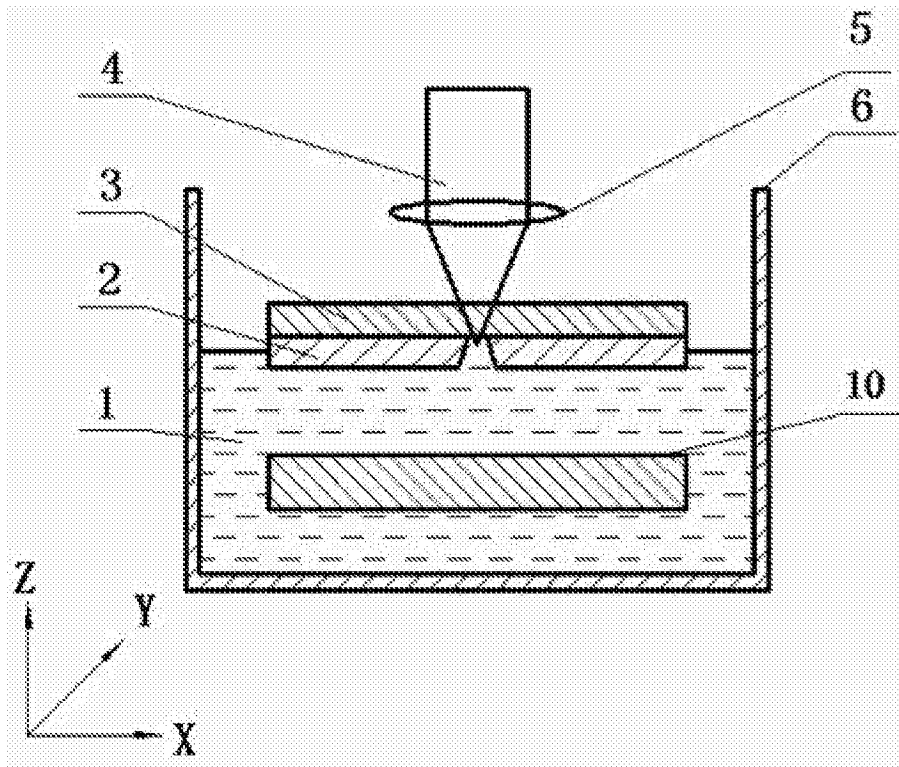


图3