



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110808355 B

(45) 授权公告日 2020.12.08

(21) 申请号 201911086560.2

(22) 申请日 2019.11.08

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 110808355 A

(43) 申请公布日 2020.02.18

(73) 专利权人 西安交通大学

地址 710049 陕西省西安市碑林区咸宁西路28号

专利权人 上海工程技术大学

英诺激光科技股份有限公司

江苏微纳激光应用技术研究有限公司

(72) 发明人 梅雪松 李泉省 孙孝飞 赵万芹

周云申 李新迪 张倚华 侯相国

(74) 专利代理机构 西安智大知识产权代理事务所 61215

代理人 贺建斌

(51) Int.Cl.

H01M 4/04 (2006.01)

H01M 10/0525 (2010.01)

B23K 26/36 (2014.01)

B82Y 30/00 (2011.01)

B82Y 40/00 (2011.01)

审查员 苏佳

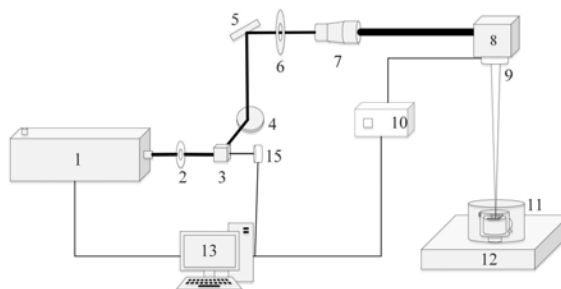
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种超快激光水下加工微纳米复合结构铜箔集流体的方法

(57) 摘要

一种超快激光水下加工微纳米复合结构铜箔集流体的方法,先搭建飞秒激光系统,然后将商用的锂离子电池用铜箔集流体固定到水下加工装置上,再利用计算机调节飞秒激光器和振镜的控制单元,通过调节飞秒激光器输出激光的重频和单脉冲能量,同时控制振镜进而控制激光辐照时间和跳转速度,激光聚焦后辐照到水下的铜箔集流体上,扫描完成,可以一次性实现:孔径微米结构且内壁具有纳米结构、孔径微米结构且微孔周围具有纳米孔结构、孔径微米结构且微孔周围具有纳米波纹结构等不同微纳米复合结构的铜箔集流体,该集流体可广泛应用于锂离子电池行业。



1. 一种超快激光水下加工微纳米复合结构铜箔集流体的方法,其特征在于,包括以下步骤:

1) 搭建飞秒激光加工系统,飞秒激光系统包括飞秒激光器(1),飞秒激光器(1)输出激光经过二分之一波片(2),分光棱镜(3)将激光进行分束:一束激光照射于功率计探头(15),另一束激光依次经过第一反射镜(4)、第二反射镜(5)、小孔光阑(6),再经过扩束镜(7),进入振镜(8),再经过场镜(9)聚焦,聚焦后的光线照射在固定在x、y、z可调节移动载物台(12)上的水下加工装置(11)上,飞秒激光器(1)、振镜的控制单元(10)、功率计探头(15)和计算机(13)连接;

2) 将6-12 μm 的铜箔(14)固定在水下加工装置(11)上;

3) 利用二分之一波片(2)、分光棱镜(3)和功率计探头(15)组合检测激光功率,同时计算机(13)通过振镜的控制单元(10)控制激光的运动速度和轨迹,通过小孔光阑(6)调节通光孔大小,得到透过场镜(9)的烧蚀光斑束腰半径为20 μm ;

4) 利用计算机(13)调节飞秒激光器(1)输出激光波长为1030nm,重频为1kHz-200kHz,脉宽为240fs,单脉冲能量30-50 μJ ;

5) 利用计算机(13)控制飞秒激光器(1)的参数,同时利用计算机(13)控制振镜(8)进而控制激光的脉冲延迟时间和轨迹,脉冲延迟时间为1000ms-10000ms,通过脉冲延时与激光器重频,计算得到相应的脉冲数,从而得到具有微纳米复合结构集流体。

2. 根据权利要求1所述的一种超快激光水下加工微纳米复合结构铜箔集流体的方法,其特征在于:所述的水下加工装置(11)包括外储水箱(11-1),外储水箱(11-1)底部设有升降螺纹柱(11-5),升降螺纹柱(11-5)的上方设置有内储水箱(11-2),内储水箱(11-2)的内部设有固定台(11-6),固定台(11-6)的上方放置有铜箔(14),内储水箱(11-2)的底部外侧设有入水口(11-4),内储水箱(11-2)的外侧设有调节手柄(11-3),内储水箱(11-2)的上部设有下水位控制口(11-7)、中水位控制口(11-8)、上水位控制口(11-9);

水位控制是外部水通过入水口(11-4)进入内储水箱(11-2),内储水箱(11-2)的水位随着注入水的增加不断上升,水层距离铜箔表面的距离测试通过下水位控制口(11-7)、中水位控制口(11-8)、上水位控制口(11-9)的开关决定,当水位到达设定的水位时,对应的水位控制口的开关处于打开状态,高出相应水位控制口的水会经过水位控制口流出到外储水箱(11-1),水位控制口和入水口(11-4)的水流速都一样的情况下,就能保证水层的高度为所需的厚度。

3. 根据权利要求1所述的一种超快激光水下加工微纳米复合结构铜箔集流体的方法,其特征在于:通过对激光器重频、激光单脉冲能量和激光辐照时间的调节,能够获得不同微纳米复合结构的铜箔集流体。

一种超快激光水下加工微纳米复合结构铜箔集流体的方法

技术领域

[0001] 本发明属于激光微细加工技术领域,特别涉及一种超快激光水下加工微纳米复合结构铜箔集流体的方法。

背景技术

[0002] 新能源一直都备受世界各国的重视,电池因为能够作为能源储存和输出的工具吸引了大量的科研人员,而锂离子电池凭借其无记忆效应、能量密度大、循环性能好、自放电小等良好性能,在电子、通讯、能源、交通、航天、军事、互联网等领域得到了广泛应用。随着科技的发展,人们对锂离子电池的性能提出了更高的要求:更高的容量、更高的能量密度和更长的使用寿命。

[0003] 锂离子电池负极的铜箔集流体为解决高容量负极材料锂离子电池容量衰减快、循环性能差的难题提供了一种可能,目前,利用激光器加工集流体还主要集中在激光打孔和织构等加工方法上,加工的集流体的厚度多数较厚,目前,此类较厚的集流体仅为实验探究,尚不能应用于实际锂离子电池。利用超快激光器在目前电池常用的集流体铜箔上加工出多种具有微纳米复合结构的相关文献未见报道,带有微纳米复合结构集流体的巨大潜能的电池材料尚未被挖掘。

发明内容

[0004] 为了克服上述现有技术的缺点,本发明的目的在于提供一种超快激光水下加工微纳米复合结构铜箔集流体的方法,微纳米复合结构可以广泛应用于锂离子电池。

[0005] 为了实现上述目的,本发明采用以下的技术方案:

[0006] 一种超快激光水下加工微纳米复合结构铜箔集流体的方法,包括以下步骤:

[0007] 1) 搭建飞秒激光加工系统,飞秒激光系统包括飞秒激光器1,飞秒激光器1输出激光经过二分之一波片2,分光棱镜3将激光进行分束:一束激光照射于功率计探头15,另一束激光依次经过第一反射镜4、第二反射镜5、小孔光阑6,经再经过扩束镜7,进入振镜8,再经过场镜9聚焦,聚焦后的光线照射在固定在x、y、z可调节移动载物台12上的水下加工装置11上,飞秒激光器1、振镜的控制单元10、功率计探头15和计算机13连接;

[0008] 2) 将6-12 μm 的铜箔14固定在水下加工装置11上;

[0009] 3) 利用二分之一波片2、分光棱镜3和功率计探头15组合检测激光功率,同时计算机13通过振镜控制单元10控制激光的运动速度和轨迹,通过小孔光阑6调节通光孔大小,得到透入场镜9的烧蚀光斑束腰半径为20 μm ;

[0010] 4) 利用计算机13调节飞秒激光器1输出激光波长为1030nm,重频为1kHz-200kHz,脉宽为240fs,单脉冲能量30-50 μJ ;

[0011] 5) 利用计算机13控制飞秒激光器1的参数,同时利用计算机13控制振镜8进而控制激光的脉冲延迟时间和轨迹,脉冲延迟时间为1000ms-10000ms,通过脉冲延时与激光器重频,计算得到相应的脉冲数,从而得到具有微纳米复合结构集流体。

[0012] 所述的水下加工装置11包括外储水箱11-1,外储水箱11-1底部设有升降螺纹柱11-5,升降螺纹柱11-5的上方设置有内储水箱11-2,内储水箱11-2的内部设有固定台11-6,固定台11-6的上方放置有铜箔14,内储水箱11-2的底部外侧设有入水口11-4,内储水箱11-2的外侧设有调节手柄11-3,内储水箱11-2的上部设有下水位控制口11-7、中水位控制口11-8、上水位控制口11-9;

[0013] 水位控制是外部水通过入水口11-4进入内储水箱11-2,内储水箱11-2的水位随着注入水的增加不断上升,水层距离铜箔表面的距离测试通过下水位控制口11-7、中水位控制口11-8、上水位控制口11-9的开关决定,当水位到达设定的水位时,对应的水位控制口的开关处于打开状态,高出相应水位控制口的水会经过水位控制口流出到外储水箱11-1,水位控制口和入水口11-4的水流速都一样的情况下,就能保证水层的高度为所需的厚度。

[0014] 通过对激光器重频、激光单脉冲能量和激光辐照时间的调节,能够获得不同微纳米复合结构的铜箔集流体。

[0015] 与现有技术相比,本发明有以下技术效果:

[0016] 本发明利用飞秒激光器在铜箔上加工出既具有微米级的微孔又具有纳米级微孔或者纳米波纹的复合结构,利用飞秒激光器加工的集流体,通过对激光器重频、激光单脉冲能量和激光辐照时间的调节,可以一次性实现:孔径微米结构且内壁具有纳米结构的复合结构集流体、孔径微米结构且微孔周围具有纳米孔结构的复合结构集流体、孔径微米结构且微孔周围具有纳米波纹结构的复合结构集流体等不同微纳米复合结构的铜箔集流体,该集流体可广泛应用于锂离子电池行业。

[0017] 本发明相比于目前激光打孔和织构的加工方法的优势:激光空气中加工微孔,微孔周边不具有多种结构的纳米波纹、纳米微孔等结构;相较于织构的加工的纳米结构,本发明可以加工多种具有微米和纳米复合结构的铜箔集流体。此外,本发明方法操作简单,加工效率高。

附图说明

[0018] 图1为本发明的飞秒激光系统示意图。

[0019] 图2为本发明水下加工装置的结构示意图。

[0020] 图3为本发明实施例1微纳米复合结构集流体的结果图。

[0021] 图4为本发明实施例2微纳米复合结构集流体的结果图。

[0022] 图5为本发明实施例3微纳米复合结构集流体的结果图。

[0023] 图6为本发明实施例4微纳米复合结构集流体的结果图。

具体实施方式

[0024] 以下结合附图和实施例对本发明进一步说明。

[0025] 实施例1,一种超快激光水下加工微纳米复合结构铜箔集流体的方法,包括以下步骤:

[0026] 1) 搭建飞秒激光加工系统,飞秒激光系统包括飞秒激光器1,飞秒激光器1输出激光经过二分之一波片2,分光棱镜3将激光进行分束:一束激光照射与功率计探头15,另一束激光依次经过第一反射镜4、第二反射镜5、小孔光阑6,经再经过扩束镜7,进入振镜8,再经

过场镜9聚焦,聚焦后的光线照射在固定在x、y、z可调节移动载物台12上的水下加工装置11上,飞秒激光器1、振镜的控制单元10、功率计探头15和计算机13连接,通过功率计探头15实现照射于其上的该束激光功率的实时监测,进而推断出另一束激光的功率;

[0027] 2) 将商用锂离子电池6-12 μm 的铜箔14固定在水下加工装置11上;

[0028] 参照图2,所述的水下加工装置11包括外储水箱11-1,外储水箱11-1底部设有升降螺纹柱11-5,升降螺纹柱11-5的上方设置有内储水箱11-2,内储水箱11-2的内部设有固定台11-6,固定台11-6的上方放置有铜箔14,内储水箱11-2的底部外侧设有入水口11-4,内储水箱11-2的外侧设有调节手柄11-3,内储水箱11-2的上部设有下水位控制口11-7、中水位控制口11-8、上水位控制口11-9;

[0029] 水位控制是外部水通过入水口11-4进入内储水箱11-2,内储水箱11-2的水位随着注入水的增加不断上升,水层距离铜箔表面的距离测试通过下水位控制口11-7、中水位控制口11-8、上水位控制口11-9的开关决定,当水位到达设定的水位时,对应的水位控制口的开关处于打开状态,高出相应水位控制口的水会经过水位控制口流出到外储水箱11-1,水位控制口和入水口11-4的水流速都一样的情况下,就能保证水层的高度为所需的厚度,本实施例水层厚度为2mm;

[0030] 3) 利用二分之一波片2、分光棱镜3和功率计探头15组合检测激光功率,同时计算机13通过振镜控制单元10控制激光的运动速度和轨迹,通过小孔光阑6调节通光孔大小,得到透过场镜9的烧蚀光斑束腰半径为20 μm ;

[0031] 4) 利用计算机13调节飞秒激光器1输出激光波长为1030nm,重频为1kHz,脉宽为240fs,单脉冲能量30 μJ ~50 μJ ;

[0032] 5) 利用计算机13控制飞秒激光器1的参数,同时利用计算机13控制振镜8进而控制激光的的脉冲延迟时间和轨迹,脉冲延迟时间为10000ms,跳转速度为8000mm/s,通过脉冲延时与激光器重频,计算得到相应的脉冲数,从而得到具有微纳米复合结构集流体。

[0033] 本实施例的效果:参照图3,本实施例得到的微纳米复合结构集流体的结果图(图a为1000倍放大整体图,图b是7300倍孔壁波纹放大图,图c为15000倍孔壁波纹放大图);所得结构具有直径为59微米的微孔,微孔出口直径为44微米,微孔侧壁具有宽度约为180nm的波纹,波纹间距大约为350nm;图中可以看到质量良好的同时具有微米级微孔和孔壁纳米级波纹的复合结构的集流体。锂离子半径为76pm,微纳米复合结构孔内壁的纳米波纹为锂离子的存储,提供了较多的依附存储面积,该结构由二维平面结构延伸为三维结构大大提高了集流体的比表面积。由于比表面积的增加电池可涂布面积进一步增加,从而在相同的面积上涂布更多的活性物质。

[0034] 实施例2:与实施例1中的步骤1)-3)相同,步骤4)为:利用计算机13调节飞秒激光器1输出激光波长为1030nm,重频为2kHz,脉宽为240fs,单脉冲能量30 μJ ~50 μJ ;步骤5)为:利用计算机13控制飞秒激光器1的参数,同时利用计算机13控制振镜8进而控制激光的的脉冲延迟时间和轨迹,脉冲延迟时间为5000ms,跳转速度为8000mm/s。

[0035] 本实施例的效果:参照图4,本实施例得到的微纳米复合结构集流体的结果图(图a为1000倍放大整体图,图b为2000倍孔壁波纹放大图,图c为4500倍孔壁波纹放大图);所得结构具有直径为51微米的微孔,微孔出口直径为41微米,微孔周围具有直径约为504nm~1.3 μm 的微纳米孔;纳米孔周围有宽度约为510nm的周期性波纹。图中可以看到质量良好的

同时具有微米级微孔和孔周围纳米级孔和纳米波纹的复合结构的集流体。锂离子的离子半径为76pm,微纳米复合结构孔周围的504nm~1.3 μ m的微纳米孔为锂离子的存储提供了更大的空间。

[0036] 实施例3:与实施例1中的步骤1)-3)步骤相同,步骤4)为:利用计算机13调节飞秒激光器1输出激光波长为1030nm,重频为3.3kHz,脉宽为240fs,单脉冲能量30 μ J~50 μ J;步骤5)为:利用计算机13控制飞秒激光器1的参数,同时利用计算机13控制振镜8进而控制激光的的脉冲延迟时间和轨迹,脉冲延迟时间为3000ms,跳转速度为8000mm/s。

[0037] 本实施例的效果:参照图5,本实施例得到的微纳米复合结构集流体的结果图(图a为1000倍放大整体图,图b是4000倍孔壁波纹放大图);所得结构具有直径为54微米的微孔,微孔出口直径为42微米,微孔周围具有直径约为500nm的微纳米孔;纳米口周围有宽度约为450nm的周期性波纹。图中可以看到质量良好的同时具有微米级微孔和孔周围纳米级孔和纳米波纹的复合结构的集流体。锂离子的离子半径为76pm,微纳米复合结构孔周围的500nm的微纳米孔为锂离子的存储提供了更多的空间,从而利于容量的提升。

[0038] 实施例4:与实施例1中的步骤1)-4)步骤相同,步骤4)改为:利用计算机13调节飞秒激光器1输出激光波长为1030nm,重频为10kHz,脉宽为240fs,单脉冲能量30 μ J~50 μ J;步骤5)改为:利用计算机13控制飞秒激光器1的参数,同时利用计算机13控制振镜8进而控制激光的的脉冲延迟时间和轨迹,脉冲延迟时间为1000ms,跳转速度为8000mm/s。

[0039] 本实施例的效果:参照图6,本实施例得到的微纳米复合结构集流体的结果图(图a为1000倍放大整体图,图b为4000倍孔壁波纹放大图);所得结构具有直径为56微米的微孔,微孔出口直径为45微米,微孔周围具有宽度约为350nm的周期性波纹,波纹间距560nm。图中可以看到质量良好的同时具有微米级微孔和孔周围纳米波纹的复合结构的集流体。这些结构为锂离子的涂布提供了更多的空间,由于沟壑状的纳米波纹比二维平面具有更多的面积,这更利于在相同面积的集流体上涂布更多的活性材料,从而提升电池的容量。

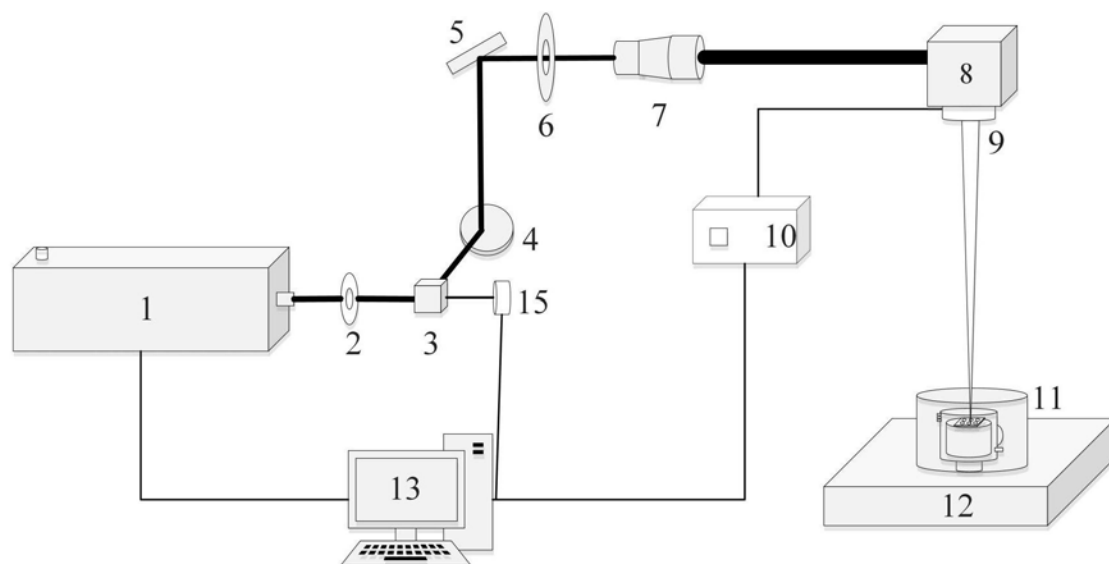


图1

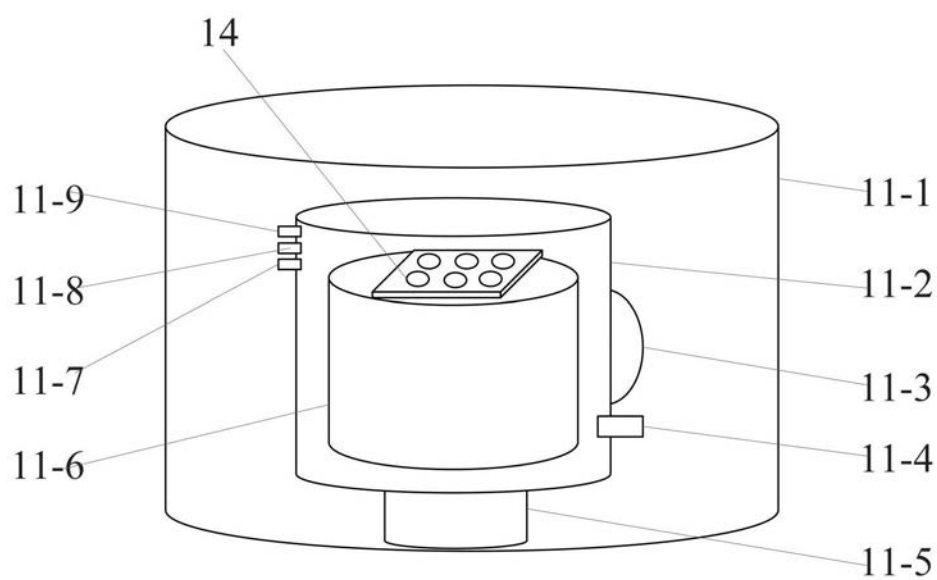


图2

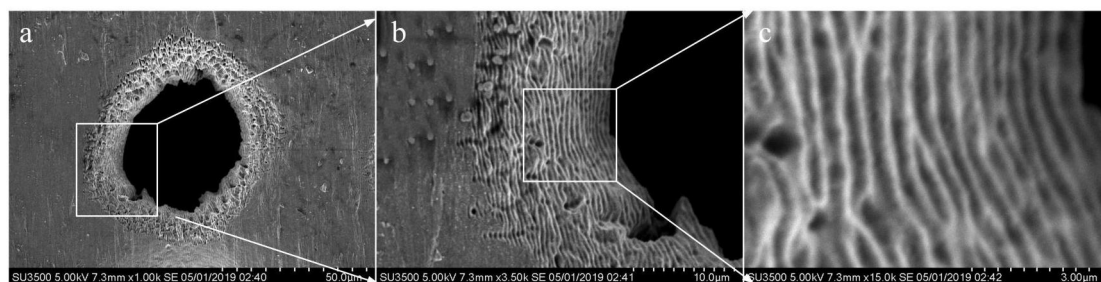


图3

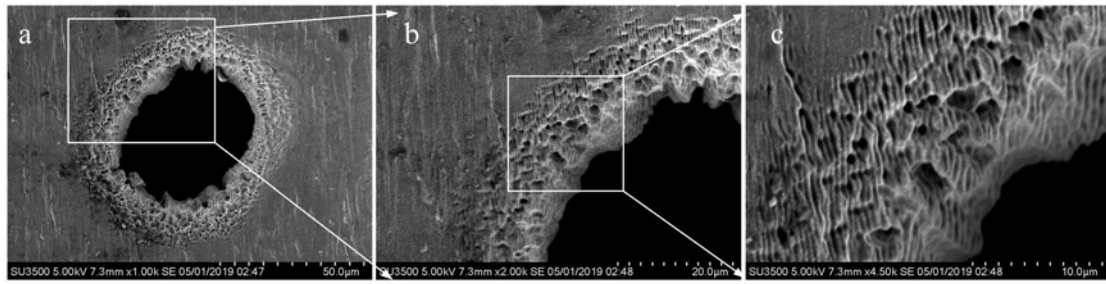


图4

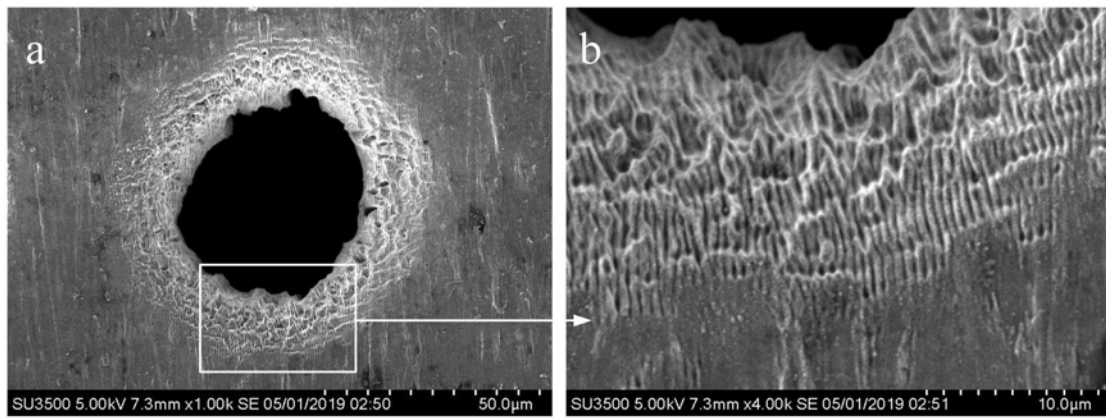


图5

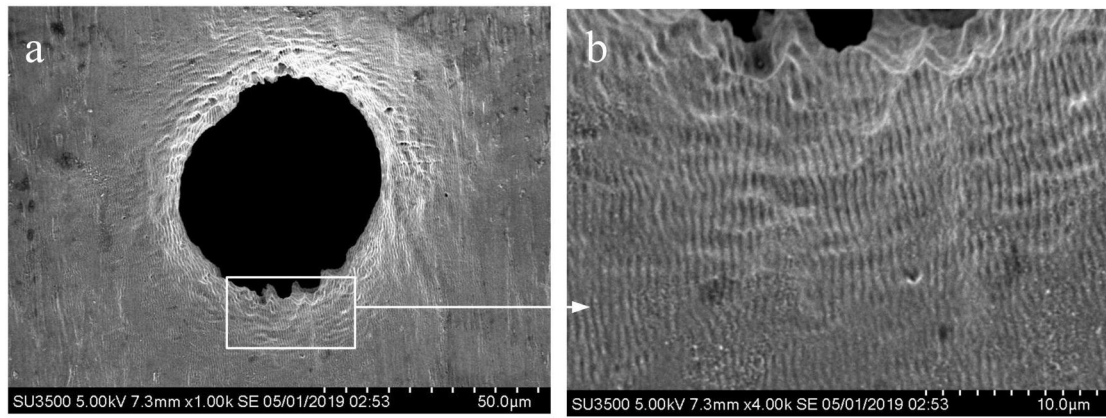


图6