



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112063983 B

(45) 授权公告日 2021.11.05

(21) 申请号 202010762354.5

(22) 申请日 2020.07.31

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112063983 A

(43) 申请公布日 2020.12.11

(73) 专利权人 广东工业大学
地址 510000 广东省广州市东风东路729号

(72) 发明人 王成勇 林海生

(74) 专利代理机构 广州市时代知识产权代理事
务所(普通合伙) 44438

代理人 卢浩

(51) Int. Cl.

G23C 14/35 (2006.01)

G23C 14/06 (2006.01)

(56) 对比文件

US 2010279093 A1,2010.11.04

US 2003039867 A1,2003.02.27

US 5330853 A,1994.07.19

US 4835062 A,1989.05.30

CN 208008873 U,2018.10.26

US 4268582 A,1981.05.19

CN 1183483 A,1998.06.03

A.A. Goncharov et al..“Effect of Structure on Physicomechanical Properties of Transition Metals Diboride Films”.《ACTA PHYSICA POLONICA A》.2017,第2节.

审查员 南林

权利要求书1页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

一种带HfB₂涂层的刀具及其制备方法

(57) 摘要

本发明公开一种带HfB₂涂层的刀具,其包括:基体和采用直流磁控溅射或高功率磁控溅射沉积在所述基体上的HfB₂涂层;或者,采用直流磁控溅射或高功率磁控溅射在所述基体上的交替沉积HfB₂涂层和MeN涂层,Me代表合金元素。本发明在刀具的基体上采用直流磁控或高功率磁控溅射工艺沉积单层HfB₂涂层或者是包含HfB₂涂层的多层涂层,带HfB₂涂层的刀具具有高硬度、高热导率等优异的综合性能,能够在钛合金、高温合金等难加工材料的加工过程中,有效降低切削区域的局部高温、抑制刀具前后刀面粘结磨损、提高刀具耐磨性能,实现高效高质量切削加工。



1. 一种带 HfB_2 涂层的刀具,其特征在于包括:

基体;

采用直流磁控溅射或高功率磁控溅射在所述基体上交替沉积 HfB_2 涂层和 MeN 涂层, Me 代表合金元素;

所述 HfB_2 涂层按原子百分比计包括20~45%的 Hf ,55~80%的 B ;

HfB_2 涂层和 MeN 涂层的总厚度为0.5~5 μm ;

所述 HfB_2 涂层和 MeN 涂层的厚度之比为1:(0.1~10);

所述 MeN 涂层按原子百分比计包括35~65%的 Me ,35~65%的 N 。

2. 如权利要求1所述的带 HfB_2 涂层的刀具,其特征在于:所述 MeN 涂层为 TiN 涂层、 TiSiN 涂层、 TiAlN 涂层、 AlTiN 涂层、 CrN 涂层、 CrSiN 涂层或者 CrAlN 涂层,所述基体为硬质合金基体或高速钢基体。

3. 一种权利要求1至2任意一项所述的带 HfB_2 涂层的刀具的制备方法,其特征在于,采用涂层设备在基体上沉积涂层,包括以下步骤:

基体处理步骤:将基体在超声波中清洗并进行加热去除表面水分,随后将基体装夹在可三维旋转的转架上,送入涂层设备的腔室;

腔室抽真空步骤:先将腔室真空抽至 $2 \times 10^{-3} \text{Pa}$ 以下,再启动加热器去除腔室和基体表面易挥发杂质;

辉光清洗步骤:往腔室中通入高纯气体 Ar ,腔室内真空度为0.05~1.2 Pa ,设置基体偏压-100~-500 V ,对基体进行辉光清洗10~30 min ;

制备涂层步骤:设置腔室内真空度为0.2~1.5 Pa ,基体偏压为0~-250 V ,加热器的加热温度为300~600 $^{\circ}\text{C}$,转架旋转速度为1~15 rpm ,开启靶材电源,采用直流磁控溅射或者高功率磁控溅射在基体上沉积40~350 min ;

取出刀具步骤:关闭靶材电源,待腔室温度降至100 $^{\circ}\text{C}$ 以下,打开腔室,取出带 HfB_2 涂层的刀具;

靶材为 HfB_2 和 Me 靶,通过交替开启 HfB_2 和 Me 靶制备 HfB_2 涂层和 MeN 涂层;开启 HfB_2 靶时通入气体为 Ar ,靶材功率为1~7 KW ;通入 Me 靶时通入气体 Ar 和 N_2 , $\text{Ar}:\text{N}_2$ 流量比例为(0.5~3):1,靶材功率为1~7 KW 。

4. 如权利要求3所述的制备方法,其特征在于:采用高功率磁控溅射时,靶材电源脉冲开时间5~300 μs ,脉冲关时间500~10000 μs 。

一种带HfB₂涂层的刀具及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及刀具技术领域,特别涉及一种带HfB₂涂层的刀具及其制备方法,该刀具特别适用于难加工材料的高速切削加工中。

背景技术

[0002] 对于难加工材料的高速切削加工所用的刀具,通常采用物理气相沉积和化学气相沉积的方法在切削刀具表面进行涂层,能够有效提高刀具加工寿命和工件加工质量。随着高速加工技术的进步,对涂层刀具的性能要求也越来越高。刀具涂层材料由TiN、TiC、CrN等二元涂层向TiAlN、TiCN、TiSiN、TiAlSiN等多元涂层发展。涂层结构由单层涂层向多层、纳米复合等结构发展,刀具涂层在耐磨性、红硬性、抗氧化、抗裂纹扩展等方面性能得到了一定程度的提高,刀具涂层专用性也越来越明显。另一方面,近年来也提出了材料“素化”的概念,即在不改变和增加材料成分的前提下实现材料性能增强;有关学者在刀具涂层方面也采用了材料“素化”的概念,进行涂层的设计与制备。

[0003] 随着各类高温合金、钛合金等难加工材料在各个领域的应用的的发展,不仅要求涂层刀具具有较高的硬度和耐磨性,更要求其具有较高的热导率和较低的材料亲和力等性能,以降低加工过程中切削区域的局部高温,降低刀具粘结磨损,提高刀具加工寿命和加工质量。而现有加工该类难加工材料的涂层刀具,仍未能很好满足其高效高质量加工的需求。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于克服上述现有技术中涂层刀具用于加工高温合金、钛合金等难加工材料的切削加工时存在的刀具的硬度、耐磨性、热导率和对加工材料亲和力等性能不能满足使用要求的缺陷,提供一种具有较高的硬度、耐磨性、热导率和较低的材料亲和力的刀具,该刀具在加工难加工材料的过程中降低了切削区域的局部高温,降低刀具粘结磨损,提高刀具加工寿命和加工质量。

[0005] 为实现上述目的,本发明采用如下技术方案:

[0006] 一种带HfB₂涂层的刀具,其包括:

[0007] 基体;

[0008] 采用直流磁控溅射或高功率磁控溅射沉积在所述基体上的HfB₂涂层;或者,采用直流磁控溅射或高功率磁控溅射在所述基体上的交替沉积HfB₂涂层和MeN涂层,Me代表合金元素。

[0009] 现有的带涂层的刀具在加工高温合金、钛合金等难加工材料的切削加工时存在刀具的硬度、耐磨性、热导率和对加工材料亲和力等性能不能满足使用要求的缺陷,本发明在刀具是在基体上沉积HfB₂涂层,HfB₂涂层具有高热导率、高硬度等优异的综合特性,作为刀具涂层材料极具潜力。而且,在本发明中,采用了直流磁控溅射或高功率磁控溅射制备HfB₂涂层,适合制备工业应用的涂层刀具,充分发挥出HfB₂涂层的优异性能,相比化学气相沉积技术制备HfB₂涂层较为环保,相比射频磁控溅射技术沉积速率高。本发明中,在刀具的基体

上沉积HfB₂涂层,可以是基体上沉积单独一层HfB₂涂层;也可以是在基体上沉积了HfB₂涂层和MeN涂层多层涂层,其中,Me代表合金元素,HfB₂涂层和MeN涂层交替地沉积在基体上。

[0010] 进一步的,所述HfB₂涂层按原子百分比计包括20~45%的Hf,55~80%的B。

[0011] 进一步的,所述HfB₂涂层的厚度为0.5~5μm;或者,HfB₂涂层和MeN涂层的总厚度为0.5~5μm。

[0012] 进一步的,所述HfB₂涂层和MeN涂层的厚度之比为1:(0.1~10)。

[0013] 进一步的,所述MeN涂层按原子百分比计包括35~65%的Me,35~65%的N。

[0014] 进一步的,所述MeN涂层为TiN涂层、TiSiN涂层、TiAlN涂层、AlTiN涂层、CrN涂层、CrSiN涂层或者CrAlN涂层,所述基体为硬质合金基体或高速钢基体。

[0015] 本发明还公开了所述的带HfB₂涂层的刀具的制备方法,所述制备方法采用涂层设备在基体上沉积涂层,包括以下步骤:

[0016] 基体处理步骤:将基体在超声波中清洗并进行加热去除表面水分,随后将基体装夹在可三维旋转的转架上,送入涂层设备的腔室;

[0017] 腔室抽真空步骤:先将腔室真空抽至 2×10^{-3} Pa以下,再启动加热器去除腔室和基体表面易挥发杂质;

[0018] 辉光清洗步骤:往腔室中通入高纯气体Ar,腔室内真空度为0.05~1.2Pa,设置基体偏压-100~-500V,对基体进行辉光清洗10~30min;

[0019] 制备涂层步骤:设置腔室内真空度为0.2~1.5Pa,基体偏压为0~-250V,加热器为加热温度为300~600℃,转架旋转速度为1~15rpm,开启靶材电源,采用直流磁控溅射或高功率磁控溅射在基体上沉积40~350min;

[0020] 取出刀具步骤:关闭靶材电源,待腔室温度降至100℃以下,打开腔室,取出带HfB₂涂层的刀具。

[0021] 进一步的,制备涂层步骤中,在所述基体上沉积单层HfB₂涂层时,靶材为HfB₂,通入气体为Ar,靶材功率为1~7KW。

[0022] 进一步的,制备涂层步骤中,在所述基体上交替沉积HfB₂涂层和MeN涂层时,靶材为HfB₂和Me靶,通过交替开启HfB₂和Me靶制备HfB₂涂层和MeN涂层;开启HfB₂靶时通入气体为Ar,靶材功率为1~7KW;通入Me靶时通入气体Ar和N₂,Ar:N₂流量比例为(0.5~3):1,靶材功率为1~7KW。

[0023] 进一步的,采用高功率磁控溅射时,靶材电源脉冲开时间5~300us,脉冲关时间500~10000us。

[0024] 与现有技术相比,本发明的有益效果是:

[0025] 本发明在刀具的基体上采用直流磁控或高功率磁控溅射工艺沉积单层HfB₂涂层或者是包含HfB₂涂层的多层涂层,带HfB₂涂层的刀具具有高硬度、高热导率等优异的综合性能,能够在钛合金、高温合金等难加工材料的加工过程中,有效降低切削区域的局部高温、抑制刀具前后刀面粘结磨损、提高刀具耐磨性能,实现高效高质量切削加工。

附图说明

[0026] 图1为本发明一种实施方式的带HfB₂涂层的刀具的结构示意图;

[0027] 图2为本发明另一种实施方式的带HfB₂涂层的刀具的结构示意图;

- [0028] 图3为本发明又一种实施方式的带 HfB_2 涂层的刀具的结构示意图；
- [0029] 图4为本发明实施例一的带 HfB_2 涂层的刀具的涂层截面扫描电镜图；
- [0030] 图5为本发明实施例二的带 HfB_2 涂层的刀具的透射电镜图；
- [0031] 图6为本发明实施例三的带 HfB_2 涂层的刀具的涂层表面纳米压痕测试结果图；
- [0032] 图7为本发明实施例四的带 HfB_2 涂层的刀具的涂层表面划痕测试结果图。

具体实施方式

[0033] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整的描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。本领域普通人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,均属于本发明的保护范围。

[0034] 实施例一

[0035] 请参照图1,图1显示了本发明一种带 HfB_2 涂层的刀具的一种实施方式的结构示意图。图1所显示的带 HfB_2 涂层的刀具具有单层 HfB_2 涂层,具体结构是:所述刀具包括基体10、沉积在所述基体10表面上的 HfB_2 涂层20。所述 HfB_2 涂层20是采用直流磁控溅射沉积而成的。所述基体10可以是硬质合金基体。所述 HfB_2 涂层20以原子百分比计,包括原子百分比为41%的Hf,和原子百分比为59%的B; HfB_2 涂层厚度为 $2.5\mu\text{m}$ 。

[0036] 本实施方式的带 HfB_2 涂层的刀具的制备方法包括如下步骤:

[0037] 1) 基体预处理:将基体在超声波中清洗并进行加热去除表面水分,随后将基体装夹在可三维旋转的转架上,送入涂层设备的腔室。

[0038] 2) 腔室抽真空:先将腔室真空抽至 $2 \times 10^{-3}\text{Pa}$ 以下,再打开加热器设置为 600°C 加热60min,充分去除腔室和基体表面易挥发杂质,最终保持腔室抽真空度在 $2 \times 10^{-3}\text{Pa}$ 以下。

[0039] 3) 辉光清洗:通入高纯气体Ar,腔室内真空度为 1.0Pa ,设置基体偏压 -300V ,对基体进行辉光清洗30min。

[0040] 4) 制备涂层:设置腔室内真空度为 1.0Pa ,基体偏压为 -200V ,加热器的加热温度为 600°C ,转架旋转速度为 5rpm ,靶材为 HfB_2 ,通入气体为Ar,靶材功率为 6KW ,开启靶材电源,采用直流磁控溅射技术,进行150min的涂层制备;

[0041] 5) 涂层结束后,关闭靶材电源,待腔室的温度降至 100°C 以下,打开腔室,取出带 HfB_2 涂层的刀具。

[0042] 经过检测,所制备的带 HfB_2 涂层的刀具具有以下性能:晶粒平均尺寸为 20nm ,涂层硬度为 32GPa ,弹性模量为 520GPa ,涂层与基体结合力为 79N 。

[0043] 对本实施例的带 HfB_2 涂层的刀具的涂层截面进行电镜扫描,获得的扫描电镜图如图4所示。

[0044] 实例二

[0045] 请参照图1,一种带 HfB_2 涂层的刀具,所述刀具具有单层 HfB_2 涂层,具体结构是:所述刀具包括基体10、沉积在所述基体10表面上的 HfB_2 涂层20。所述 HfB_2 涂层20是采用高功率磁控溅射沉积而成的。所述基体10是高速钢基体。所述 HfB_2 涂层20以原子百分比计,包括原子百分比为28%的Hf,和原子百分比为72%的B; HfB_2 涂层厚度为 $2.8\mu\text{m}$ 。

[0046] 本实施方式的带 HfB_2 涂层的刀具的制备方法包括如下步骤:

[0047] 1) 基体预处理:将基体在超声波中清洗并进行加热去除表面水分,随后将基体装夹在可三维旋转的转架上,送入涂层设备的腔室。

[0048] 2) 腔室抽真空:先将腔室真空抽至 2×10^{-3} Pa以下,再打开加热器设置为 500°C 加热50min,充分去除腔室和基体表面易挥发杂质,最终保持腔室抽真空度在 2×10^{-3} Pa以下。

[0049] 3) 辉光清洗:通入高纯气体Ar,腔室内真空度为1.2Pa,设置基体偏压-400V,对基体进行辉光清洗20min。

[0050] 4) 制备涂层:设置腔室内真空度为0.5Pa,基体偏压为-50V,加热器的加热温度为 400°C ,转架旋转速度为8rpm,靶材为 HfB_2 ,通入气体为Ar,采用高功率磁控溅射技术,靶材功率为5KW,靶材电源脉冲开时间40us,脉冲关时间1000us 进行350min的涂层制备;

[0051] 5) 涂层结束后,关闭靶材电源,待腔室的温度降至 100°C 以下,打开腔室,取出带 HfB_2 涂层的刀具。

[0052] 经过检测,所制备的带 HfB_2 涂层的刀具具有以下性能:晶粒平均尺寸为10nm,涂层硬度为48GPa,弹性模量为605GPa,涂层与基体结合力为82N。

[0053] 请参照图5,图5显示了本实施方式制得的带 HfB_2 涂层的刀具在透射电镜下观察到的图像。

[0054] 实例三

[0055] 请参照图2,一种带 HfB_2 涂层的刀具,所述刀具具有多层涂层,所述多层涂层包括 HfB_2 涂层。所述刀具的具体结构是:所述刀具包括基体10、沉积在所述基体10表面上的第一MeN涂层31、沉积在所述第一MeN涂层31上的 HfB_2 涂层 20、沉积在所述 HfB_2 涂层20上的第二MeN涂层32。其中,Me代表合金元素。所述第一MeN涂层31、 HfB_2 涂层20、第二MeN涂层32均采用直流磁控溅射沉积而成。所述基体10为硬质合金基体,所述第一MeN涂层31和所述第二MeN涂层32 均为CrAlN涂层。

[0056] 所述 HfB_2 涂层20以原子百分比计,包括原子百分比为38%的Hf,原子百分比为62%的B。

[0057] 所述第一MeN涂层31以原子百分比计,包括原子百分比为45%的Cr,和原子百分比为55%的N。

[0058] 所述第二MeN涂层32以原子百分比计,包括原子百分比为45%的Cr,和原子百分比为55%的N。

[0059] 所述第一MeN涂层31的厚度为 $1.4\mu\text{m}$,所述第二MeN涂层32的厚度为 $1.4\mu\text{m}$,所述 HfB_2 涂层20的厚度为 $0.7\mu\text{m}$ 。

[0060] 本实施方式的带 HfB_2 涂层的刀具的制备方法包括如下步骤:

[0061] 1) 基体预处理:将基体在超声波中清洗并进行加热去除表面水分,随后将基体装夹在可三维旋转的转架上,送入涂层设备的腔室。

[0062] 2) 腔室抽真空:先将腔室真空抽至 2×10^{-3} Pa以下,再打开加热器设置为 300°C 加热30min,充分去除腔室和基体表面易挥发杂质,最终保持腔室抽真空度在 2×10^{-3} Pa以下。

[0063] 3) 辉光清洗:通入高纯气体Ar,腔室内真空度为0.5Pa,设置基体偏压-500V,对基体进行辉光清洗10min。

[0064] 4) 制备涂层:设置腔室内真空度为0.9Pa,基体偏压为-150V,加热器的加热温度为 300°C ,转架旋转速度为3rpm,靶材为 HfB_2 和Cr靶,通过交替开启 HfB_2 和Cr靶制备 HfB_2 涂层和

CrN涂层,开启HfB₂靶时通入气体为Ar,靶材功率为6KW;开启Cr靶时通入气体Ar和N₂,流量比例Ar:N为1:1,靶材功率为5KW,进行350 min的涂层制备;

[0065] 5) 涂层结束后,关闭靶材电源,待腔室的温度降至100℃以下,打开腔室,取出带HfB₂涂层的刀具。

[0066] 经过检测,所制备的带HfB₂涂层的刀具具有以下性能:晶粒平均尺寸为12nm,涂层与基体结合力为90N,涂层硬度为24GPa,弹性模量为383GPa

[0067] 图6显示了采用纳米压痕测试仪检测本实施方式的带HfB₂涂层的刀具的测试结果图,由图6可以得到随纳米金刚石压头从涂层表面压入和抬起过程中的载荷位移曲线关系,从而由纳米压痕测试仪导出涂层硬度和弹性模量数值。

[0068] 实例四

[0069] 请参照图3,一种带HfB₂涂层的刀具,所述刀具具有多层涂层,所述多层涂层包括HfB₂涂层。所述刀具的具体结构是:所述刀具包括基体10、沉积在所述基体表面上的第一HfB₂涂层21、沉积在所述第一HfB₂涂层21上的MeN涂层30、沉积在所述MeN涂层30上的第二HfB₂涂层22。其中,Me代表合金元素。所述第一HfB₂涂层21、MeN涂层30、第二HfB₂涂层22均采用高功率磁控溅射沉积而成。所述基体10为高速钢基体,所述MeN涂层30为AlTiN涂层。

[0070] 所述第一HfB₂涂层21以原子百分比计,包括原子百分比为22%的Hf,原子百分比为78%的B。

[0071] 所述第二HfB₂涂层22以原子百分比计,包括原子百分比为22%的Hf,原子百分比为78%的B。

[0072] 所述MeN涂层30以原子百分比计,包括原子百分比为60%的AlTi和40%的N。其中,AlTi原子比Al:Ti=65:35。

[0073] 所述第一HfB₂涂层21的厚度为0.7μm,所述第二HfB₂涂层22的厚度为0.7 μm,所述MeN涂层30的厚度为0.35μm。

[0074] 本实施方式的带HfB₂涂层的刀具的制备方法包括如下步骤:

[0075] 1) 基体预处理:将基体在超声波中清洗并进行加热去除表面水分,随后将基体装夹在可三维旋转的转架上,送入涂层设备的腔室。

[0076] 2) 腔室抽真空:先将腔室真空抽至 2×10^{-3} Pa以下,再打开加热器设置为600℃加热60min,充分去除腔室和基体表面易挥发杂质,最终保持腔室抽真空度在 2×10^{-3} Pa以下。

[0077] 3) 辉光清洗:通入高纯气体Ar,腔室内真空度为1.2Pa,设置基体偏压-500V,对基体进行辉光清洗30min。

[0078] 4) 制备涂层:设置腔室内真空度为0.5Pa,基体偏压为-100V,加热器的加热温度为550℃,转架旋转速度为3rpm,靶材为HfB₂和AlTi靶,通过交替开启 HfB₂和AlTi靶制备HfB₂涂层和AlTiN涂层,开启HfB₂靶时通入气体为Ar,靶材功率为5KW,靶材电源脉冲开时间20us,脉冲关时间1200us;开启AlTi靶时通入气体Ar和N₂,流量比例Ar:N为1:2,靶材功率为5KW,,靶材电源脉冲开时间 20us,脉冲关时间1200us,进行280min的涂层制备;

[0079] 5) 涂层结束后,关闭靶材电源,待腔室的温度降至100℃以下,打开腔室,取出带HfB₂涂层的刀具。

[0080] 经过检测,所制备的带HfB₂涂层的刀具具有以下性能:晶粒平均尺寸为7nm,涂层硬度为42GPa,弹性模量为580GPa,涂层与基体结合力为85N。

[0081] 图7显示了对本实施例的带 HfB_2 涂层的刀具表面进行划痕测试的结果图,由图7看出,涂层在压头加载力0-85N之间无明显剥落现象。

[0082] 以上所述为本发明的较佳实施例而已,但本发明不应局限于该实施例和附图所公开的内容,所以凡是不脱离本发明所公开的精神下完成的等效或修改,都落入本发明保护的范围。



图1



图2

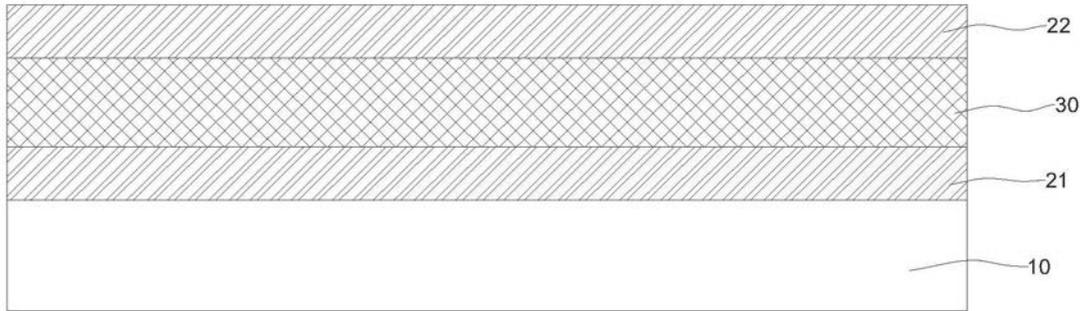


图3

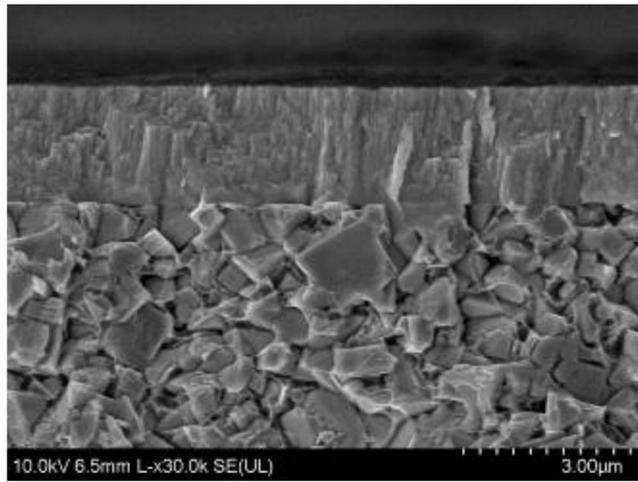


图4

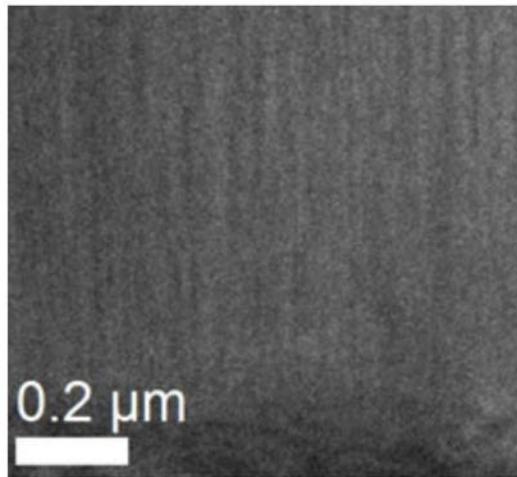


图5

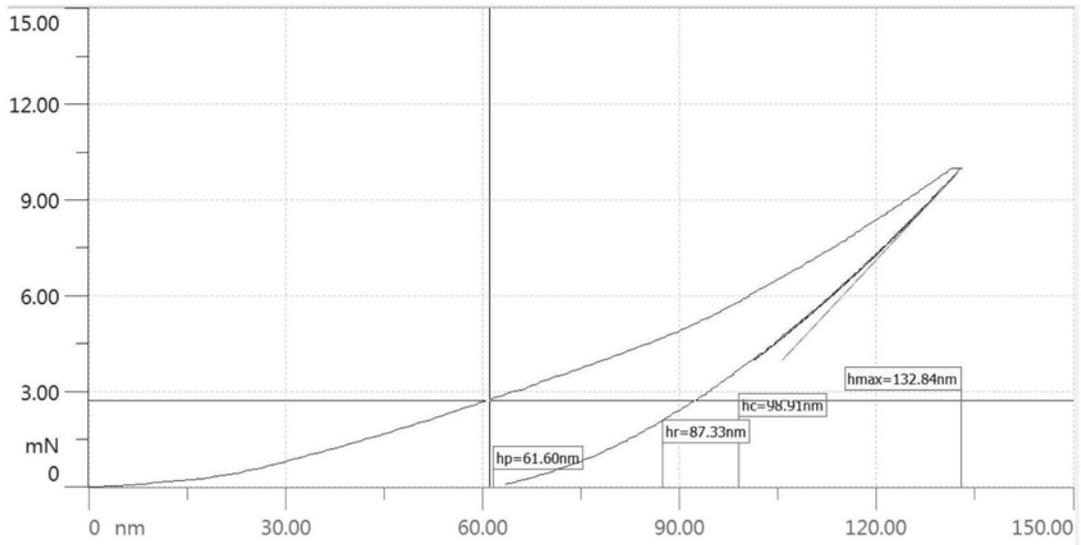


图6

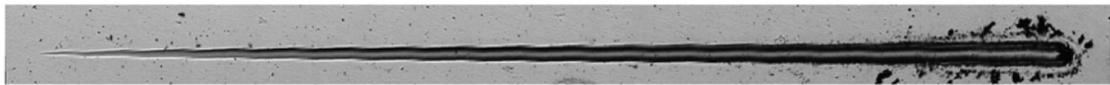


图7