



## (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 110691663 B

(45)授权公告日 2020.09.01

(21)申请号 201980002653.4

(22)申请日 2019.03.14

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 110691663 A

(43)申请公布日 2020.01.14

(30)优先权数据

2018-051012 2018.03.19 JP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2019.11.29

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2019/010612 2019.03.14

(87)PCT国际申请的公布数据

W02019/181740 JA 2019.09.26

(73)专利权人 住友电气工业株式会社

地址 日本大阪府

(72)发明人 小池沙知子 上田悠贵 津田圭一

(74)专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理有限公司 11112

代理人 张苏娜 樊晓焕

(51)Int.Cl.

B23B 27/14(2006.01)

B23B 51/00(2006.01)

B23C 5/16(2006.01)

C23C 14/06(2006.01)

审查员 杨吉祥

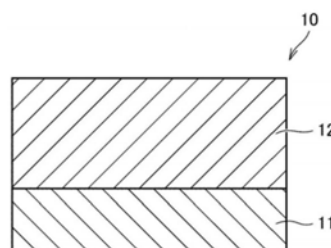
权利要求书2页 说明书13页 附图2页

(54)发明名称

表面被覆切削工具

(57)摘要

一种表面被覆切削工具,包括基材以及被覆所述基材的覆膜。所述覆膜包括含有以 $WC_{1-x}$ ( $x$ 为0.54至0.58)表示的化合物的 $WC_{1-x}$ 层。以 $WC_{1-x}$ 表示的化合物包含六方晶体结构,并且在通过使用X射线光电子能谱分析测定所述 $WC_{1-x}$ 层时获得的钨元素的4f轨道的谱图中,在31.2eV至31.4eV的范围内具有峰。



1. 一种表面被覆切削工具,包括基材以及被覆所述基材的覆膜,其中所述覆膜包括由以 $WC_{1-x}$ 表示的化合物构成的 $WC_{1-x}$ 层,其中 $x$ 为0.54以上0.58以下,所述以 $WC_{1-x}$ 表示的化合物包含六方晶体结构,并且在通过X射线光电子能谱分析方法测定所述 $WC_{1-x}$ 层时获得的钨元素的4f轨道的谱图中,在31.2eV至31.4eV的范围内存在峰的最大点。
2. 根据权利要求1所述的表面被覆切削工具,其中所述 $WC_{1-x}$ 层不包含金属钨。
3. 根据权利要求1或2所述的表面被覆切削工具,其中所述 $WC_{1-x}$ 层的膜硬度为3700mgf/ $\mu m^2$ 以上4500mgf/ $\mu m^2$ 以下。
4. 根据权利要求1所述的表面被覆切削工具,其中所述覆膜还包括形成于所述 $WC_{1-x}$ 层上的硬质覆层,所述硬质覆层至少包括组成不同于所述 $WC_{1-x}$ 层的组成的第一单元层,并且所述第一单元层由选自元素周期表中的4族元素、5族元素、6族元素、Al和Si构成的组中的至少一种元素构成,或者由这样的化合物构成,该化合物由上述元素中的至少一种元素以及选自碳、氮、氧和硼构成的组中的至少一种元素构成。
5. 根据权利要求4所述的表面被覆切削工具,其中所述第一单元层的厚度为0.1 $\mu m$ 以上10 $\mu m$ 以下。
6. 根据权利要求4所述的表面被覆切削工具,其中所述硬质覆层还包括组成不同于所述 $WC_{1-x}$ 层和所述第一单元层的组成的第二单元层,所述第二单元层由选自元素周期表中的4族元素、5族元素、6族元素、Al和Si构成的组中的至少一种元素构成,或者由这样的化合物构成,该化合物由上述元素中的至少一种元素以及选自碳、氮、氧和硼构成的组中的至少一种元素构成,并且一个或多个所述第一单元层以及一个或多个所述第二单元层彼此交替层叠以形成多层结构。
7. 根据权利要求6所述的表面被覆切削工具,其中所述第一单元层的厚度为1nm以上100nm以下,并且所述第二单元层的厚度为1nm以上100nm以下。
8. 根据权利要求1所述的表面被覆切削工具,其中所述覆膜的厚度为0.1 $\mu m$ 以上10 $\mu m$ 以下。
9. 根据权利要求1所述的表面被覆切削工具,其中所述基材包括选自硬质合金、金属陶瓷、高速钢、陶瓷、cBN烧结体和金刚石烧结体构成的组中的至少一种。
10. 根据权利要求1或2所述的表面被覆切削工具,其中所述 $WC_{1-x}$ 层的厚度为0.3 $\mu m$ 以上7 $\mu m$ 以下。
11. 根据权利要求1或2所述的表面被覆切削工具,其中所述覆膜还包括设置在所述基材和所述 $WC_{1-x}$ 层之间的下底层。
12. 根据权利要求4所述的表面被覆切削工具,其中所述覆膜还包括设置在所述基材和所述 $WC_{1-x}$ 层之间的下底层,所述下底层由 $TiB_2$ 构成,且所述第一单元层由 $AlTiCrON$ 构成。
13. 根据权利要求4所述的表面被覆切削工具,其中所述覆膜还包括设置在所述基材和所述 $WC_{1-x}$ 层之间的下底层,

所述下底层由TiWCN构成,且

所述第一单元层由ZrHfN构成。

14. 根据权利要求6所述的表面被覆切削工具,其中所述覆膜还包括设置在所述基材和所述WC<sub>1-x</sub>层之间的下底层,

所述下底层由TiWCN构成,

所述第一单元层由TiAlSiN构成,且

所述第二单元层由TiSiN构成。

15. 根据权利要求6所述的表面被覆切削工具,其中所述覆膜还包括设置在所述基材和所述WC<sub>1-x</sub>层之间的下底层,

所述下底层由TiNbN构成,

所述第一单元层由TiAlN构成,且

所述第二单元层由AlCrN构成。

## 表面被覆切削工具

### 技术领域

[0001] 本公开涉及一种表面被覆切削工具。本申请要求基于2018年3月19日递交的日本专利申请No.2018-051012的优先权,该日本专利申请的全部内容以引用方式并入本文。

### 背景技术

[0002] 一直以来,人们为了实现切削工具的长使用寿命而进行了各种研究。例如,日本专利特开No.06-262405(专利文献1)披露了用于切削工具或研磨工具的被覆部件,其中在基材的表面上存在包含30体积%以上的立方碳化钨且膜厚为0.5 $\mu$ m至100 $\mu$ m的覆膜。

[0003] 引用列表

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:日本专利特开No.06-262405

### 发明内容

[0006] 根据本公开的表面被覆切削工具为包括基材以及被覆基材的覆膜的表面被覆切削工具,其中

[0007] 覆膜包括由以 $WC_{1-x}$ 表示的化合物构成的 $WC_{1-x}$ 层,其中 $x$ 为0.54以上0.58以下,

[0008] 所述以 $WC_{1-x}$ 表示的化合物包含六方晶体结构,并且

[0009] 在通过X射线光电子能谱分析方法测定 $WC_{1-x}$ 层时获得的钨元素的4f轨道的谱图中,在31.2eV至31.4eV的范围内存在峰的最大点。

### 附图说明

[0010] 图1为示出表面被覆切削工具的一种实施方式的透视图。

[0011] 图2为本实施方案的一种实施方式中的表面被覆切削工具的示意性截面图。

[0012] 图3为本实施方案的另一种实施方式中的表面被覆切削工具的示意性截面图。

[0013] 图4为本实施方案的又另一种实施方式中的表面被覆切削工具的示意性截面图。

[0014] 图5为通过X射线光电子能谱分析方法测定本实施方案中的 $WC_{1-x}$ 层时获得的钨元素的4f轨道的谱图。

### 具体实施方式

[0015] [本公开所解决的问题]

[0016] 在专利文献1中的被覆膜覆盖的切削工具中,金属钨作为副产物残留于覆膜中。因此,耐磨性、耐破损性等对于高速高效加工而言是不足的。因此,存在改善的空间。

[0017] 鉴于上述情况完成了本公开,本公开的目的是提供具有优异的耐破损性的表面被覆切削工具。

[0018] [本公开的有益效果]

[0019] 根据上述说明,能够提供具有优异的耐破损性的表面被覆切削工具。

[0020] [实施方案的说明]

[0021] [1]根据本公开的表面被覆切削工具为包括基材以及被覆基材的覆膜的表面被覆切削工具,其中

[0022] 覆膜包括由以 $WC_{1-x}$ 表示的化合物构成的 $WC_{1-x}$ 层,其中 $x$ 为0.54以上0.58以下,

[0023] 所述以 $WC_{1-x}$ 表示的化合物包含六方晶体结构,并且

[0024] 在通过X射线光电子能谱分析方法测定 $WC_{1-x}$ 层时获得的钨元素的4f轨道的谱图中,在31.2eV至31.4eV的范围内存在峰的最大点。

[0025] 通过上述构成,表面被覆切削工具具有优异的韧性。由此,表面被覆切削工具具有优异的耐破损性。

[0026] [2] $WC_{1-x}$ 层不包含金属钨。通过这样限定,表面被覆切削工具具有更优异的耐破损性。

[0027] [3] $WC_{1-x}$ 层的膜硬度为 $3700\text{mgf}/\mu\text{m}^2$ 以上 $4500\text{mgf}/\mu\text{m}^2$ 以下。通过这样限定,表面被覆切削工具不仅具有优异的耐破损性,而且还具有优异的耐磨性。

[0028] [4]覆膜还包括形成于 $WC_{1-x}$ 层上的硬质覆层,

[0029] 所述硬质覆层至少包括组成不同于 $WC_{1-x}$ 层的组成的第一单元层,并且

[0030] 第一单元层由选自由元素周期表中的4族元素、5族元素、6族元素、Al和Si构成的组中的至少一种元素构成,或者由这样的化合物构成,该化合物由上述元素中的至少一种元素以及选自由碳、氮、氧和硼构成的组中的至少一种元素构成。通过这样限定,表面被覆切削工具具有更优异的耐破损性和优异的耐磨性。

[0031] [5]第一单元层的厚度为 $0.1\mu\text{m}$ 以上 $10\mu\text{m}$ 以下。通过这样限定,表面被覆切削工具具有更优异的耐破损性和优异的耐磨性。

[0032] [6]硬质覆层还包括组成不同于 $WC_{1-x}$ 层和第一单元层的组成的第二单元层,

[0033] 第二单元层由选自由元素周期表中的4族元素、5族元素、6族元素、Al和Si构成的组中的至少一种元素构成,或者由这样的化合物构成,该化合物由上述元素中的至少一种元素以及选自由碳、氮、氧和硼构成的组中的至少一种元素构成,并且

[0034] 一个或多个第一单元层以及一个或多个第二单元层彼此交替层叠以形成多层结构。通过这样限定,表面被覆切削工具具有更优异的耐破损性和优异的耐磨性。

[0035] [7]当硬质覆层包括上述多层结构时,第一单元层的厚度为 $1\text{nm}$ 以上 $100\text{nm}$ 以下,并且第二单元层的厚度为 $1\text{nm}$ 以上 $100\text{nm}$ 以下。通过这样限定,表面被覆切削工具具有更优异的耐破损性和优异的耐磨性。

[0036] [8]覆膜的厚度为 $0.1\mu\text{m}$ 以上 $10\mu\text{m}$ 以下。通过这样限定,表面被覆切削工具具有更优异的耐破损性和优异的耐磨性。

[0037] [9]基材包括选自由硬质合金、金属陶瓷、高速钢、陶瓷、cBN烧结体和金刚石烧结体构成的组中的至少一种。通过这样限定,表面被覆切削工具在高温下具有优异的硬度和强度。

[0038] [本申请发明的实施方案的详述]

[0039] 以下描述了本公开的一个实施方案(下文中称作“本实施方案”)。然而,本实施方案不限于此。在本说明书中,表述“A至B”表示下限至上限的范围(即,A以上B以下)。当未指明A的单位而仅指明B的单位时,A与B的单位相同。此外,在本说明书中,当通过未限定组成

元素比的化学式表示化合物(例如“TiN”)时,认为该化学式包括所有常规已知的组成比(元素比)。在这种情况下,认为上述化学式不仅包括化学计量组成,而且还包括非化学计量组成。例如,化学式“TiN”不仅包括化学计量组成“Ti<sub>1</sub>N<sub>1</sub>”,而且还包括非化学计量组成如“TiN<sub>0.8</sub>”。这也适用于“TiN”之外的化合物。

[0040] <<表面被覆切削工具>>

[0041] 根据本公开的表面被覆切削工具为包括基材以及被覆基材的覆膜的表面被覆切削工具,其中

[0042] 覆膜包括由以WC<sub>1-x</sub>表示的化合物构成的WC<sub>1-x</sub>层,其中x为0.54以上0.58以下,

[0043] 所述以WC<sub>1-x</sub>表示的化合物包含六方晶体结构,并且

[0044] 在通过X射线光电子能谱分析方法测定WC<sub>1-x</sub>层时获得的钨元素的4f轨道的谱图中,在31.2eV至31.4eV的范围内存在峰的最大点。

[0045] 本实施方案的表面被覆切削工具(下文中也简称为“切削工具”)包括基材以及被覆基材的覆膜。上述切削工具的实例包括钻头、端铣刀、钻头用替换型切削刀片、端铣刀用替换型切削刀片、铣削用替换型切削刀片、车削用替换型切削刀片、金属锯、齿轮切削工具、铰刀、丝锥等。

[0046] 图1为示出表面被覆切削工具的一种实施方式的透视图。例如,将具有这种形状的表面被覆切削工具用作替换型切削刀片。表面被覆切削工具10具有前刀面1、后刀面2以及前刀面1和后刀面2彼此相交处的切削刃棱线部分3。即,前刀面1和后刀面2为彼此相连且切削刃棱线部分3介于前刀面1和后刀面2之间的表面。切削刃棱线部分3构成了表面被覆切削工具10的切削刃尖端部分。还可以理解的是,这种表面被覆切削工具10的形状对应于表面被覆切削工具的基材的形状。即,基材具有前刀面、后刀面、以及将前刀面和后刀面彼此连接的切削刃棱线部分。

[0047] <基材>

[0048] 对于本实施方案的基材,可使用任何常规已知的用于该用途目的的基材。例如,基材优选包括选自以下材料构成的组中的至少一种:硬质合金(例如,碳化钨(WC)基硬质合金、除了包含WC之外还包含Co的硬质合金、或者除了WC之外还添加有Cr、Ti、Ta和Nb等的碳氮化物的硬质合金);金属陶瓷(包含TiC、TiN、TiCN等作为主要成分);高速钢;陶瓷(碳化钛、碳化硅、氮化硅、氮化铝、氧化铝等);立方氮化硼烧结体(cBN烧结体);和金刚石烧结体。基材更优选包括选自硬质合金、金属陶瓷和cBN烧结体构成的组中的至少一种。

[0049] 应当注意的是,当使用硬质合金作为基材时,即使硬质合金的结构中包含游离碳或被称为 $\eta$ 相的异常相时,也能够展现出本实施方案的效果。应当注意的是,本实施方案中使用的基材可具有改质表面。例如,在硬质合金的情况中,可在表面上形成脱 $\beta$ 层。在金属陶瓷的情况中,可形成表面硬化层。即使当对表面进行这种改质时,也会展现出本实施方案的效果。

[0050] 当表面被覆切削工具为替换型切削刀片(如铣削用替换型切削刀片)时,可包括具有断屑器的基材或不具有断屑器的基材。对于切削刃的棱线部分的形状,包括任何如下形状:锐边(前刀面和后刀面相交处的棱);珩磨(通过使锐边具有弧度而获得的形状);负刃带(negative land,斜削的形状);以及通过使珩磨与负刃带组合而获得的形状。

[0051] <覆膜>

[0052] 根据本实施方案的“覆膜”通过被覆基材的至少一部分(例如,将在切削过程中与工件接触的部分),从而具有改善切削工具的各种特性(如耐破损性、耐磨性等)的功能。覆膜可被覆基材的全部表面。应当注意的是,未被覆基材的一部分的覆膜以及在构成上部分地不同的覆膜也不脱离本实施方案的范围。

[0053] 覆膜的厚度优选为 $0.1\mu\text{m}$ 以上 $10\mu\text{m}$ 以下,更优选为 $0.3\mu\text{m}$ 以上 $10\mu\text{m}$ 以下,进一步优选为 $0.5\mu\text{m}$ 以上 $10\mu\text{m}$ 以下,又进一步优选为 $1\mu\text{m}$ 以上 $6\mu\text{m}$ 以下,尤其优选为 $1.5\mu\text{m}$ 以上 $4\mu\text{m}$ 以下。如果该厚度小于 $0.1\mu\text{m}$ ,则耐磨性趋向于降低。如果该厚度大于 $10\mu\text{m}$ ,则当在断续加工期间在覆膜和基材之间施加大的应力时,趋向于非常频繁地发生覆膜的剥离或破坏。此处,覆膜的厚度是指覆膜中所包括的层的各自厚度的总和,这些层例如为下述的 $\text{WC}_{1-x}$ 层、硬质覆层和下底层。例如,可通过如下方式确定覆膜的厚度:使用透射电子显微镜(TEM)测定与基材表面的法线方向平行的截面样品中的任意三点处的厚度,并确定这三点处的测定厚度的平均值。这同样适用于下文所述的 $\text{WC}_{1-x}$ 层、硬质覆层(第一单元层和第二单元层)和下底层的各自厚度的测定。透射电子显微镜的实例包括JEM-2100F(商品名),其为由JEOL提供的球面像差校正装置。

[0054] ( $\text{WC}_{1-x}$ 层)

[0055] 覆膜包括由以 $\text{WC}_{1-x}$ 表示的化合物构成的 $\text{WC}_{1-x}$ 层。“以 $\text{WC}_{1-x}$ 表示的化合物”(下文中也称为“ $\text{WC}_{1-x}$ ”)是指碳化钨,其中当钨元素(W)的元素比为1时,碳元素(C)的元素比为 $1-x$ 。 $\text{WC}_{1-x}$ 层可包含不可避免的杂质,只要不损害由根据本实施方案的表面被覆切削工具所展示的效果即可。不可避免的杂质的含量比优选为 $\text{WC}_{1-x}$ 层的总质量的0质量%以上0.2质量%以下。这同样适用于下述的“硬质覆层”和“其他层”,即,这些层中可包含不可避免的杂质,只要不损害由根据本实施方案的表面被覆切削工具所展示的效果即可。

[0056]  $x$ 为0.54以上0.58以下,优选为0.55以上0.57以下,更优选为0.56以上0.569以下。当 $x$ 小于0.54时,会在 $\text{WC}_{1-x}$ 的晶粒边界处析出游离碳,从而使强度趋于降低。另一方面,当 $x$ 大于0.58时,晶粒边界的强度趋于降低。因此,当 $x$ 落在上述范围之外时,不能抑制开裂的进行,从而导致韧性趋于降低。本发明人推测这种趋向源自晶体的均质性和应变之间的不当的平衡。

[0057] 可通过获得 $\text{WC}_{1-x}$ 层中的与基材表面的法线方向平行的截面样品,并通过使用扫描电子显微镜(SEM)或TEM附带的能量色散X射线光谱分析(EDX)装置分析该截面样品中的晶粒,从而确定 $x$ 。具体而言,在 $\text{WC}_{1-x}$ 层中的截面样品的任意三个点处测定并确定 $x$ 的值,并将这三个点处的确定值的平均值视为 $\text{WC}_{1-x}$ 层中的截面样品的 $x$ 。这里,认为对于“任意三个点”,选取 $\text{WC}_{1-x}$ 层中各自的尺寸为 $30\text{nm} \times 30\text{nm}$ 的任意三个区域。上述EDX装置的实例包括JED-2200(商品名),其为由JEOL提供的硅漂移探测器。

[0058] 以 $\text{WC}_{1-x}$ 表示的化合物包含六方晶体结构。例如,可通过对 $\text{WC}_{1-x}$ 层中的上述任意三个点进行X射线衍射测定(XRD测定)并进行分析,从而证实以 $\text{WC}_{1-x}$ 表示的化合物中包含六方晶体结构。例如,当以 $\text{WC}_{1-x}$ 表示的化合物包含六方晶体结构时,会在XRD测定中观察到源于(102)面等晶面的峰。用于X射线衍射测定的装置的实例包括:由Rigaku提供的“SmartLab”(商品名);由PANalytical提供的“X’pert”(商品名);等等。

[0059] 在本实施方案的一个实施方式中,在通过X射线光电子能谱分析方法(XPS方法)测定 $\text{WC}_{1-x}$ 层时获得的钨元素的4f轨道的谱图中,在31.2eV至31.4eV的范围内存在峰的最大

点。这里,表述“在钨元素的4f轨道的谱图中,在31.2eV至31.4eV的范围内存在峰的最大点”是指在通过X射线光电子能谱分析方法测定WC<sub>1-x</sub>层的表面而直接获得的钨元素的4f轨道的谱图中,在上述范围内存在峰的最大点(例如,图5)。换言之,该表述并非表示对以下谱图进行分析:该谱图通过将“直接获得的钨元素的4f轨道的谱图”进行(例如)分解为多个谱的二次加工而获得。用于XPS方法的装置的实例包括由ULVAC-PHI提供的Versa Probe III(商品名)。峰的最大点的计算如下。首先通过使用XPS方法确定WC<sub>1-x</sub>层的表面中任意三个点处的最大点的结合能的值(eV)。然后,将在这三个点处确定的值的平均值视为WC<sub>1-x</sub>层中“源于钨元素的4f轨道的峰的最大点”的结合能的值(eV)。应当注意的是,当WC<sub>1-x</sub>层设置在最外表面时,在通过Ar<sup>+</sup>溅射等除去自然氧化层之后再行测定。另一方面,当WC<sub>1-x</sub>层不是最外表面时,在通过Ar<sup>+</sup>溅射等露出WC<sub>1-x</sub>层之后再行测定。

[0060] 图2为本实施方案的一种实施方式中的表面被覆切削工具的示意性截面图。如图2所示,WC<sub>1-x</sub>层12可与基材11接触。换言之,WC<sub>1-x</sub>层12可设置于基材11的刚上方。

[0061] WC<sub>1-x</sub>层优选不包含金属钨。这里,描述“不包含金属钨”不仅包括WC<sub>1-x</sub>层中完全不包含金属钨的情况,还包括金属钨小于检测限的情况。例如,可通过使用XRD测定以检验在WC<sub>1-x</sub>层中的任意三个点处存在/不存在金属钨(存在/不存在源于金属钨的峰),从而证实存在/不存在金属钨。用于XRD测定的装置的实例包括:由Rigaku提供的“SmartLab”(商品名);由PANalytical提供的“X’pert”(商品名);等等。

[0062] WC<sub>1-x</sub>层的膜硬度优选为3700mgf/μm<sup>2</sup>以上4500mgf/μm<sup>2</sup>以下,更优选为3800mgf/μm<sup>2</sup>以上4300mgf/μm<sup>2</sup>以下。膜硬度可以通过纳米压头测定。具体地,首先,在上述WC<sub>1-x</sub>层的表面中的任意十个点处测定并确定膜硬度。然后,将这十个点处所确定的膜硬度的平均值视为WC<sub>1-x</sub>层中的横截面样品的膜硬度。这里,当WC<sub>1-x</sub>层不是最外表面时,在通过纳米压头进行测定之前,通过机械研磨等暴露WC<sub>1-x</sub>层。纳米压头的实例包括由Elionix提供的ENT1100(商品名)。

[0063] WC<sub>1-x</sub>层的厚度优选为0.3μm以上7μm以下,更优选为0.5μm以上3μm以下。

[0064] (硬质覆层)

[0065] 该覆膜优选还包括形成在WC<sub>1-x</sub>层上的硬质覆层。硬质覆层优选至少包括具有不同于WC<sub>1-x</sub>层的组成的第一单元层。

[0066] 这里,关于表述“形成在WC<sub>1-x</sub>层上”,硬质覆层和WC<sub>1-x</sub>层不需要彼此接触,只要硬质覆层设置在相对于WC<sub>1-x</sub>层的上侧(远离基材的一侧)即可。换句话说,可在WC<sub>1-x</sub>层和硬质覆层之间设置其他的层。此外,如图3所示,硬质覆层13可设置在WC<sub>1-x</sub>层12的刚上方。硬质覆层可为最外层(表面层)。

[0067] (第一单元层)

[0068] 优选的是,第一单元层由选自元素周期表中的第4族元素、第5族元素、第6族元素、Al和Si构成的组中的至少一种元素构成,或者由这样的化合物构成,该化合物由上述元素中的至少一种元素以及选自碳、氮、氧和硼构成的组中的至少一种元素构成。更优选的是,第一单元层由选自Cr、Al、Ti和Si构成的组中的至少一种元素构成,或者由这样的化合物构成,该化合物由上述元素中的至少一种元素以及选自碳、氮、氧和硼构成的组中的至少一种元素构成。元素周期表中的第4族元素的实例包括钛(Ti)、锆(Zr)、铪(Hf)等。元素周期表中的第5族元素的实例包括钒(V)、铌(Nb)、钽(Ta)等。元素周期表中的第6族元素的



实例包括铬(Cr)、钼(Mo)、钨(W)等。

[0069] 第一单元层中所含的化合物的实例包括TiAlN、TiAlSiN、TiCrSiN、TiAlCrSiN、AlCrN、AlCrO、AlCrSiN、TiZrN、TiAlMoN、TiAlNbN、TiSiN、AlCrTaN、AlTiVN、TiB<sub>2</sub>、TiCrHfN、CrSiWN、TiAlCN、TiSiCN、AlZrON、AlCrCN、AlHfN、CrSiBON、TiAlWN、AlCrMoCN、TiAlBN、TiAlCrSiBCN<sub>0</sub>、ZrN、ZrCN等。

[0070] 当硬质覆层仅由第一单元层构成时(例如,在图3的情况下),第一单元层(即,硬质覆层)的厚度优选为0.1μm以上10μm以下,并且更优选为0.5μm以上7μm以下。

[0071] (第二单元层)

[0072] 硬质覆层优选还包括第二单元层,其组成不同于WC<sub>1-x</sub>层和第一单元层的组成。优选的是,第二单元层由选自元素周期表中的第4族元素、第5族元素、第6族元素、Al和Si构成的组中的至少一种元素构成,或者由这样的化合物构成,该化合物由上述元素中的至少一种元素以及选自碳、氮、氧和硼构成的组中的至少一种元素构成。更优选的是,第二单元层由选自Cr、Al、Ti和Si构成的组中的至少一种元素构成,或者由这样的化合物构成,该化合物由上述元素中的至少一种元素以及选自碳、氮、氧和硼构成的组中的至少一种元素构成。元素周期表中的第4族元素、第5族元素和第6族元素的具体实例包括以上示出的元素。

[0073] 第二单元层中包含的化合物的实例包括:以上(第一单元层)部分中示出的化合物;等等。

[0074] 此外,优选地,一个或多个第一单元层和一个或多个第二单元层彼此交替层叠以形成多层结构。即,如图4所示,硬质覆层13优选包括多层结构,该多层结构包括第一单元层131和第二单元层132。这里,在多层结构中,第一单元层和第二单元层的层叠可以从第一单元层或第二单元层开始。即,多层结构的WC<sub>1-x</sub>层侧的界面可由第一单元层或第二单元层构成。此外,多层结构的与WC<sub>1-x</sub>层侧相对的界面可由第一单元层或第二单元层构成。

[0075] 当硬质覆层包括上述多层结构时,硬质覆层的厚度优选为0.1μm以上10μm以下,并且更优选为0.5μm以上7μm以下。

[0076] 当硬质覆层包括上述多层结构时,第一单元层的厚度优选为1nm以上100nm以下,并且更优选为2nm以上25nm以下。此外,第二单元层的厚度优选为1nm以上100nm以下,并且更优选为2nm以上25nm以下。在本实施方案的一个实施方式中,当硬质覆层包括上述多层结构时,优选第一单元层的厚度为1nm以上100nm以下,并且第二单元层的厚度为1nm以上100nm以下。这里,“第一单元层的厚度”是指一个第一单元层的厚度。“第二单元层的厚度”是指一个第二单元层的厚度。

[0077] 此外,关于多层结构的层数,该实施方案包括层叠一个第一单元层和一个第二单元层的情况,并且优选地,可以层叠20至2500个第一单元层和20至2500个第二单元层,只要整个硬质覆层的厚度落入上述范围内即可。

[0078] (其他层)

[0079] 只要不损害本实施方案的效果,覆膜还可以包括其他层。其他层各自的组成可与WC<sub>1-x</sub>层和硬质覆层各自的组成不同或相同。其他层的实例包括TiN层、TiWCN层等。应当注意,对这些层的层叠顺序没有特别限制。其他层的实例包括:设置于基材和WC<sub>1-x</sub>层之间的下底层;设置于WC<sub>1-x</sub>层和硬质覆层之间的中间层;设置于硬质覆层上的表面层;等等。诸如下

底层之类的其他层各自的厚度不受特别限制,只要不损害本实施方案的效果即可。例如,其他层各自的厚度为 $0.1\mu\text{m}$ 以上 $2\mu\text{m}$ 以下。

[0080] <<表面被覆切削工具的制造方法>>

[0081] 根据本实施方案的表面被覆切削工具的制造方法包括基材准备步骤和 $\text{WC}_{1-x}$ 层被覆步骤。以下,将描述每个步骤。

[0082] <基材准备步骤>

[0083] 在基材准备步骤中,准备基材。作为基材,如上所述,可以使用任何常规已知的用于这种用途的基材。例如,当基材由硬质合金构成时,首先使用商购的磨碎机将具有预定共混组成(质量%)的原料粉末均匀混合。然后,将该粉末混合物压制成形为预定形状(例如,SEET13T3AGSN、CNMG120408等)。然后,在预定的烧结炉中,将压制成形后的粉末混合物在 $1300^{\circ}\text{C}$ 至 $1500^{\circ}\text{C}$ 下烧结1至2小时,从而得到由硬质合金构成的基材。此外,市售产品可以不经修饰而用于基材。市售产品的实例包括由Sumitomo Electric Industries HardMetal提供的EH520(商品名)。

[0084] < $\text{WC}_{1-x}$ 层被覆步骤>

[0085] 在 $\text{WC}_{1-x}$ 层被覆步骤中,基材表面的至少一部分被覆有 $\text{WC}_{1-x}$ 层。这里,表述“基材表面的至少一部分”包括在切削期间与工件接触的部分。

[0086] 对于用 $\text{WC}_{1-x}$ 层被覆基材的至少一部分的方法没有特别限制;然而,例如可通过物理气相沉积法(PVD法)形成 $\text{WC}_{1-x}$ 层。

[0087] 作为物理气相沉积法,可以使用常规已知的物理气相沉积法而没有特别限制。这样的物理气相沉积法的实例可包括溅射法、离子镀膜法、电弧离子镀膜法、电子离子束沉积法等。当使用材料元素的电离率特别高的阴极电弧离子镀膜法或溅射法时,在形成覆膜之前,可以对基材表面进行金属或气体离子轰击处理。这是优选的,因为覆膜和基材之间的密着性相应地显著提高。

[0088] 当通过电弧离子镀膜法形成 $\text{WC}_{1-x}$ 层时,例如可以采用以下条件。即,首先,将WC靶(例如,由WC构成的C量为3质量%至6.1质量%的烧结靶或熔融靶)设置在装置内的电弧式蒸发源中,将基材温度设定为 $400^{\circ}\text{C}$ 至 $550^{\circ}\text{C}$ ,并将装置内的气体压力设定为 $1\text{Pa}$ 至 $3.5\text{Pa}$ 。作为气体,例如引入氩气。然后,在将基材(负)偏压保持在 $10\text{V}$ 至 $700\text{V}$ 和DC或脉冲DC(频率为 $10\text{kHz}$ 至 $300\text{kHz}$ )的同时,向阴极电极供给 $80\text{A}$ 至 $150\text{A}$ 的电弧电流,并且由电弧式蒸发源产生金属离子等,从而形成 $\text{WC}_{1-x}$ 层。在这种情况下,在形成 $\text{WC}_{1-x}$ 层的初始阶段,优选将基材温度设定为 $550^{\circ}\text{C}$ 至 $600^{\circ}\text{C}$ (膜厚度在 $0.2\mu\text{m}$ 以下的范围内)。另外,在整个成膜期间,优选的是在膜厚度为 $30\text{nm}$ 以下的范围内时,间歇地施加具有 $250\text{kHz}$ 至 $300\text{kHz}$ 的高频和 $600\text{V}$ 至 $700\text{V}$ 的高电压的偏压。用于电弧离子镀膜法的装置的实例包括由Kobe Steel公司提供的AIP(商品名)。

[0089] <硬质覆层被覆步骤>

[0090] 根据本实施方案的表面被覆切削工具的制造方法优选在 $\text{WC}_{1-x}$ 层被覆步骤之后还包括硬质覆层被覆步骤。硬质覆层可以使用常规方法形成而没有特别限制。具体而言,例如,可以通过上述PVD法形成硬质覆层。

[0091] <其他步骤>

[0092] 除了上述步骤之外,在根据本实施方案的制造方法中,可以适当地进行以下步骤:在基材和 $\text{WC}_{1-x}$ 层之间形成下底层的下底层被覆步骤;在 $\text{WC}_{1-x}$ 层与硬质覆层之间形成中间层

的中间层被覆步骤;在硬质覆层上形成表面层的表面层被覆步骤;进行表面处理的步骤;等等。当形成上述其他层如下底层、中间层和表面层时,可以通过常规方法形成其他层。具体地,例如,其他层可以通过上述PVD方法形成。进行表面处理的步骤的实例包括:使用其中金刚石粉末担载于弹性材料中的介质的表面处理;等等。用于进行上述表面处理的装置的实例包括由Fuji Manufacturing提供的Sirius Z等。

[0093] 实施例

[0094] 虽然将参考实施例详细描述本发明,但本发明不限于此。

[0095] <<表面被覆切削工具的制造>>

[0096] <基材准备步骤>

[0097] 首先,作为基材准备步骤,准备JIS K10碳化物(形状:JIS CNMG120408)作为基材。接着,将基材设置在电弧离子镀装置(商品名:AIP,由Kobe Steel公司提供)的预定位置。

[0098] <WC<sub>1-x</sub>层被覆步骤>

[0099] 作为WC<sub>1-x</sub>层被覆步骤,通过电弧离子镀法在基材上形成WC<sub>1-x</sub>层。具体而言,进行以下方法。首先,将WC靶(由WC构成的C量为3质量%至6.1质量%的烧结靶或熔融靶)设置在电弧离子镀装置的电弧式蒸发源中。接着,将基材温度设定为400℃至550℃,并将该装置内的气体压力设定为1.0Pa至3.5Pa。作为气体,引入氩气。然后,在将基材(负)偏压保持在10V至700V和DC或脉冲DC(频率为10kHz至300kHz)的同时,向阴极电极供给80A至150A的电弧电流。通过供给电弧电流,由电弧式蒸发源产生金属离子等,从而形成WC<sub>1-x</sub>层。在此,在形成WC<sub>1-x</sub>层的初始阶段(膜厚度在0.2μm以下的范围内),将基材温度设定为550℃至600℃。另外,在整个成膜期间,在膜厚度为30nm以下的范围内时,间歇地施加具有250kHz至300kHz的高频和600V至700V的高电压的偏压。

[0100] <下底层被覆步骤>

[0101] 对于在基材和WC<sub>1-x</sub>层之间设置下底层的各样品(实施例12、13、15和16),在进行WC<sub>1-x</sub>层被覆步骤之前,通过如下步骤在基材上形成下底层。首先,将包含表1所示的下底层的组成栏中的金属组成的靶(烧结靶或熔融靶)设置在电弧离子镀装置的电弧式蒸发源中。接着,将基材温度设定为400℃至650℃,并将装置内的气体压力设定为0.8Pa至5Pa。在为氮化物下底层的情况下,引入氮气和氩气的混合气体作为反应气体。在为碳氮化物下底层的情况下,引入氮气、甲烷气体和氩气的混合气体作为反应气体。然后,向阴极电极供给80A至150A的电弧电流。通过供给电弧电流,由电弧式蒸发源产生金属离子等,从而形成具有表1所示厚度的下底层。

[0102] <硬质覆层被覆步骤>

[0103] 此外,对于在WC<sub>1-x</sub>层上设置有硬质覆层的各样品(实施例12、13、15和16),在进行WC<sub>1-x</sub>层被覆步骤后,通过如下步骤在WC<sub>1-x</sub>层上形成硬质覆层,从而制造根据本实施方案的表面被覆切削工具。首先,将含有表1所示的硬质覆层的组成栏中的金属组成的靶(烧结靶或熔融靶)设置在电弧离子镀装置的电弧式蒸发源中。接着,将基材温度设定为500℃至650℃,并将装置内的气体压力设定为0.8Pa至5.0Pa。在为氮化物硬质覆层的情况下,引入氮气和氩气的混合气体作为反应气体。在为碳氮化物硬质覆层的情况下,引入氮气、甲烷气体和氩气的混合气体作为反应气体。在为氧化物硬质覆层的情况下,引入氧气和氩气的混合气体作为反应气体。然后,向阴极电极供给80A至150A的电弧电流。通过供给电弧电流,由电弧

式蒸发源产生金属离子等,由此形成具有表1所示厚度的硬质覆层。应注意的是,在形成具有多层结构的硬质覆层时,将表1中从左侧开始依次记载的各组成作为第一单元层和第二单元层反复层叠,直至达到目标厚度。

[0104] <<切削工具特性的评价>>

[0105] 通过使用如上所述制造的样品(实施例1至16和比较例1至4)的切削工具,如下所述评价各切削工具的特性。

[0106] 使用平行于基材表面的法线方向的截面样品,通过TEM附带的EDX装置(商品名:JED-2200,其为由JEOL提供的硅漂移探测器)测定 $WC_{1-x}$ 层的组成 $x$ 。在下述条件下进行测定。具体地,首先,在 $WC_{1-x}$ 层中的截面样品的任意三个点处测定并确定组成 $x$ 的值。然后,将这三个点处的确定值的平均值视为 $WC_{1-x}$ 层中的截面样品的组成 $x$ 。这里,对于“任意三个点”,选取 $WC_{1-x}$ 层中各自的尺寸为 $30\text{nm} \times 30\text{nm}$ 的任意三个区域。其结果示于表1中。

[0107] EDX方法中的测定条件

[0108] 加速电压:200kV

[0109] 探针电流:0.29nA

[0110] 探针尺寸:0.2nm

[0111] 通过使用X射线衍射测定(XRD测定)装置(商品名:X'pert,由PANalytical提供)在 $WC_{1-x}$ 层中的任意三个点处进行测定,以确定 $WC_{1-x}$ 层中 $WC_{1-x}$ 的晶体结构。在下述条件下进行测定。其结果示于表1。在表1中,表述“六方”表示包含六方 $WC_{1-x}$ ,而不包含立方 $WC_{1-x}$ 。在表1中,表述“六方+立方”表示六方 $WC_{1-x}$ 和立方 $WC_{1-x}$ 分别以35质量%和65质量%的比率混合在 $WC_{1-x}$ 层中。

[0112] XRD方法中的测定条件

[0113] 扫描轴: $2\theta-\theta$

[0114] X射线源:Cu-K $\alpha$ 射线(1.541862 Å)

[0115] 检测器:零维检测器(闪烁计数器)

[0116] 管电压:45kV

[0117] 管电流:40mA

[0118] 入射光光学系统:利用镜子

[0119] 光接收光学系统:利用分光晶体(PW3098/27)

[0120] 步长:0.03°

[0121] 积分时间:2秒

[0122] 扫描范围( $2\theta$ ):10°到120°

[0123] 通过使用XRD测定装置在 $WC_{1-x}$ 层中的任意三个点处进行测定,从而确认 $WC_{1-x}$ 层中存在/不存在金属钨。在与上述相同的条件下进行测定。其结果示于表1中。在表1中,“金属W”栏中的表述“不存在”表示在 $WC_{1-x}$ 层中不包含金属钨,而表述“存在”表示 $WC_{1-x}$ 层中包含金属钨。

[0124] 通过如下方式确定 $WC_{1-x}$ 层中钨元素的4f轨道的谱图中峰(XPS W4f峰)的最大点的结合能的值。首先,使用XPS方法所用的装置(商品名:Versa Probe III,由ULVAC-PHI提供),确定 $WC_{1-x}$ 层的表面中任意三个点处的最大点的结合能的值(eV)(例如,图5)。然后,将这三个点处的确定值的平均值视为 $WC_{1-x}$ 层中“钨元素的4f轨道的谱图中峰的最大点”的结

合能的值。应注意,当WC<sub>1-x</sub>层设置于最外表面时,在通过Ar<sup>+</sup>溅射等除去自然氧化层之后进行测定。此外,当WC<sub>1-x</sub>层不是最外表面时,在通过Ar<sup>+</sup>溅射等暴露WC<sub>1-x</sub>层之后进行测定。其结果示于表1中。

[0125] XPS方法中的测定条件

[0126] 所用的X射线源:单AlK $\alpha$ 射线 ( $h\nu=1486.6\text{eV}$ )

[0127] 检测深度:1nm至10nm

[0128] X射线束直径:约100 $\mu\text{m}$   $\phi$

[0129] 中和枪:使用双束型

[0130] Ar<sup>+</sup>:加速电压4kV

[0131] 光栅尺寸:1mm $\times$ 1mm

[0132] 溅射速率(Ar<sup>+</sup>):SiO<sub>2</sub>的溅射换算值为28.3nm/min

[0133] 使用纳米压头(商品名:ENT1100,由Elionix提供),在下述条件下测定WC<sub>1-x</sub>层的膜硬度。在这种情况下,首先在WC<sub>1-x</sub>层的表面中的任意十个点处测定并确定膜硬度。然后,将在这十个点处确定的膜硬度的平均值视为WC<sub>1-x</sub>层中的膜硬度。应当注意,当WC<sub>1-x</sub>层不是最外表面时,在用纳米压头进行测定之前,通过机械研磨等使WC<sub>1-x</sub>层露出。其结果示于表1中。

[0134] 纳米压头的测定条件

[0135] 压头:Berkovich

[0136] 负荷:1gf

[0137] 载荷时间:10000毫秒

[0138] 保持时间:2000毫秒

[0139] 卸载时间:10000毫秒

[0140] 按照如下方式确定WC<sub>1-x</sub>层、下底层、硬质覆层(第一单元层和第二单元层)和覆膜各自的厚度。首先,使用透射电子显微镜(TEM)(商品名:JEM-2100F,由JEOL提供)测定在平行于基材表面的法线方向的截面样品中的任意三个点处的厚度。然后,确定这三个点处的测定厚度的平均值。其结果示于表1。表1中“下底层”和“硬质覆层”各栏中的符号“-”表示在覆膜中不存在相应的层。另外,在“硬质覆层”栏中的表述如“TiAlSiN(8nm)/TiSiN(4nm)多层结构(1.0 $\mu\text{m}$ )”表示硬质覆层由这样的多层结构(总厚度为1.0 $\mu\text{m}$ )构成,在该多层结构中,84层厚度分别为8nm的TiAlSiN层(第一单元层)和84层厚度分别为4nm的TiSiN层(第二单元层)彼此交替层叠。

[0141]

样品		WC <sub>1-x</sub> 层					下底层	硬质覆层 (表面层)	覆膜的厚度 (μm)
		组成 x	晶体结构	XPS W4f 峰	金属 W	膜硬度 (mgf/μm <sup>2</sup> )			
实施例	1	0.579	六方	31.21	不存在	3420	-	-	2.0
	2	0.542	六方	31.40	不存在	3560	-	-	2.0
	3	0.572	六方	31.24	不存在	4415	-	-	2.0
	4	0.569	六方	31.32	不存在	4275	-	-	2.0
	5	0.560	六方	31.30	不存在	3800	-	-	2.0
	6	0.550	六方	31.35	不存在	3730	-	-	2.0
	7	0.546	六方	31.38	不存在	3560	-	-	2.0
	8	0.561	六方	31.27	不存在	3920	-	-	2.0
	9	0.560	六方	31.30	不存在	3800	-	-	1.7
	10	0.560	六方	31.30	不存在	3750	-	-	3.8
	11	0.560	六方	31.30	不存在	3970	-	-	0.6
	12	0.577	六方	31.20	不存在	3300	TiB <sub>2</sub> (1.2 μm)	AlTiCrON (4.4 μm)	9.7
	13	0.568	六方	31.31	不存在	4140	TiWCN (10 nm)	ZrHfN (0.5 μm)	1.1
	14	0.540	六方	31.40	不存在	3455	-	-	6.0
	15	0.569	六方	31.32	不存在	4275	TiWCN (10 nm)	TiAlSiN (8 nm)/TiSiN (4 nm) 多层结构 (1.0 μm)	3.5
	16	0.566	六方	31.29	不存在	4300	TiNbN (0.5 μm)	TiAlN (50 nm)/AlCrN (60 nm) 多层结构(1.0 μm)	3.5
比较例	1	0.510	六方	31.22	存在	4270	-	-	2.0
	2	0.610	六方	31.45	不存在	3300	-	-	2.0
	3	0.508	六方 + 立方	31.40	不存在	2910	-	-	2.0
	4	0.5	六方	31.45	不存在	3100	-	-	2.0

[0142] <<切削试验>>  
[0143] <耐破损性试验>

[0144] 在下述切削条件下,使用上述制造的样品(实施例1至16和比较例1至4)的各切削工具进行切削,并测定直至后刀面磨损量(Vb)达到0.1mm或直至切削工具破损时的切削时间,从而评价切削工具的耐破损性。其结果示于表2中。切削时间越长,切削工具可评价为具有更为优异的耐破损性。

[0145] (耐破损性试验(旋削试验)中的切削条件)

[0146] 工件(材料):Ti-6Al-4V

[0147] 速度:V50 m/min

[0148] 进给量:0.2mm/rev

[0149] 切削深度:1.0mm

[0150] [表2]

样品		切削时间
[0151] 实施例	1	40 分 50 秒
	2	41 分 42 秒
	3	47 分 27 秒
	4	63 分 26 秒
	5	64 分 18 秒
	6	48 分 0 秒
	7	41 分 31 秒
	8	55 分 39 秒
	9	64 分 58 秒
	10	62 分 25 秒
	11	58 分 50 秒
	12	45 分 24 秒
	13	74 分 27 秒
	14	37 分 53 秒
	15	90 分 37 秒
	16	89 分 36 秒
比较例	1	30 分 10 秒
	2	27 分 13 秒
	3	27 分 23 秒
	4	28 分 41 秒

[0152] 由切削试验的结果发现,与比较例1至4的切削工具相比,实施例1至16的切削工具具有更优异的耐破损性和更长的工具寿命。这表明实施例1至16的各切削工具适合于涉及高负荷的高速高效加工。

[0153] 以上已经示出了本发明的实施方案和实施例,但最初还计划对实施方案和实施例的构成进行适当地组合。

[0154] 本文公开的实施方案和实施例在任何方面都是示意性的,而非限制性的。本发明的范围由权利要求的权项来限定,而不是由以上描述的实施方案和实施例限定,并且旨在包括在与权利要求的权项等同的范围和含义内的任何修改。

[0155] 附图标记列表

[0156] 1:前刀面;2:后刀面;3:切削刃棱线部分;10:表面被覆切削工具;11:基材;12:

WC<sub>1-x</sub>层;13:硬质覆层;131:第一单元层;132:第二单元层。



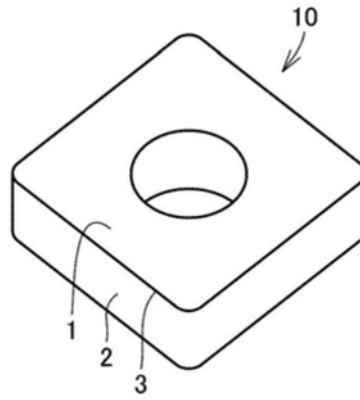


图1

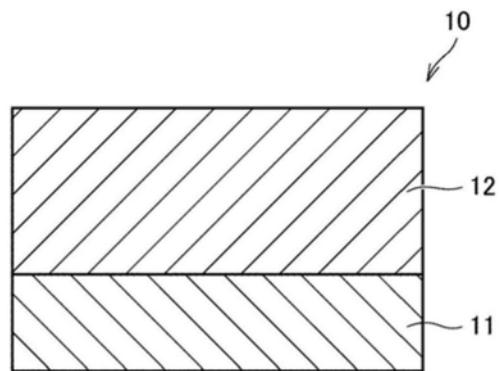


图2

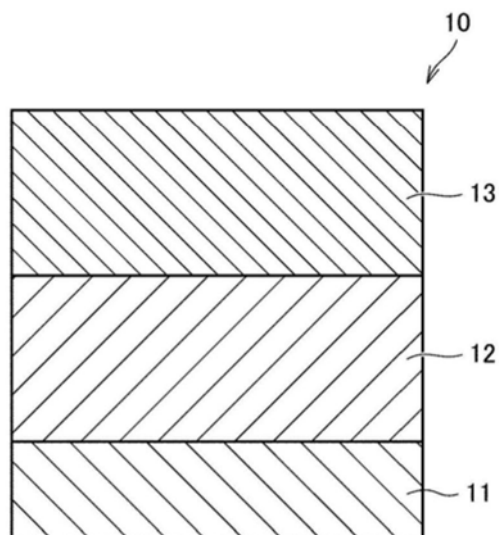


图3

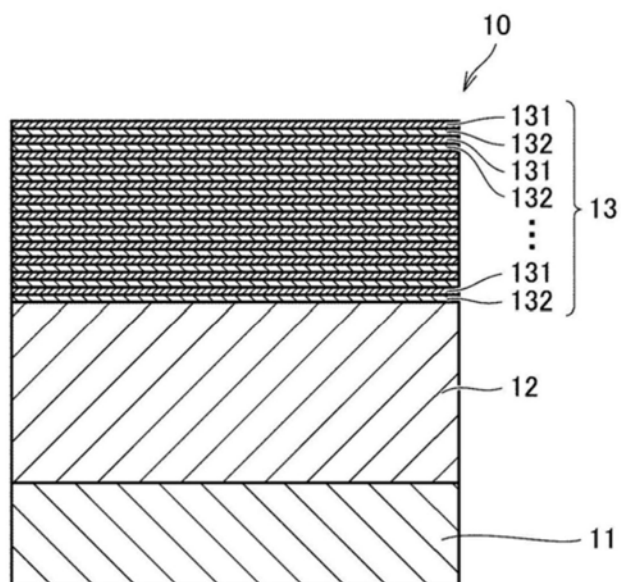


图4

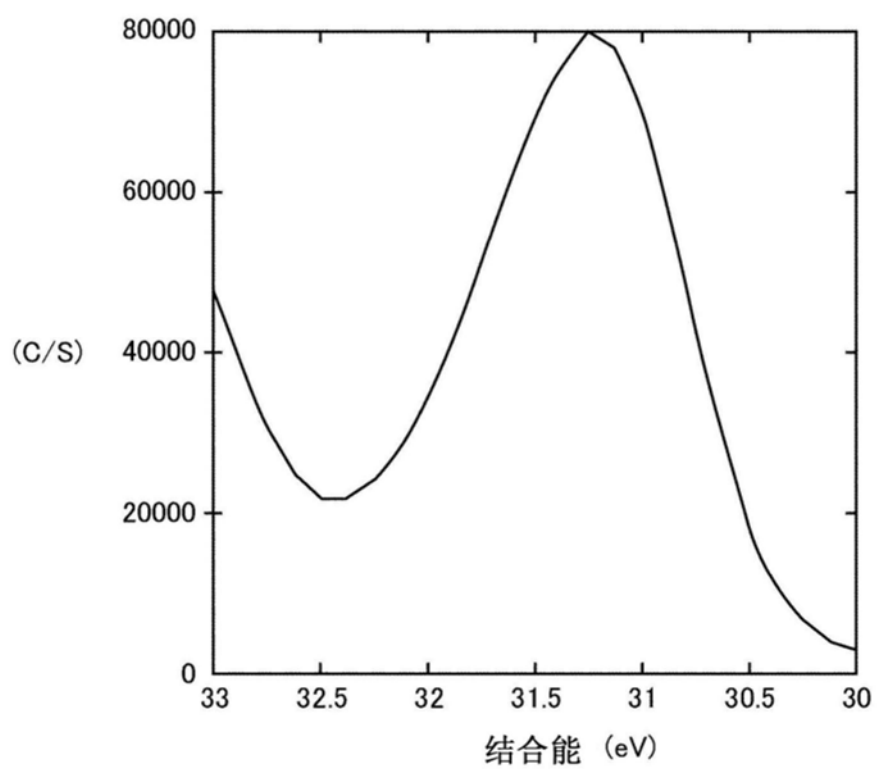


图5