



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 119384329 A

(43) 申请公布日 2025. 01. 28

(21) 申请号 202380042863.2

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2023.05.17

B23B 27/14 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2024.11.26

B23C 5/16 (2006.01)

G23C 14/06 (2006.01)

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2023/018431 2023.05.17

(87) PCT国际申请的公布数据
W02024/236770 JA 2024.11.21

(71) 申请人 住友电气工业株式会社
地址 日本大阪府

(72) 发明人 福井治世 月原望 田田敏广

(74) 专利代理机构 北京聿宏知识产权代理有限公司 11372

专利代理师 吴大建 霍玉娟

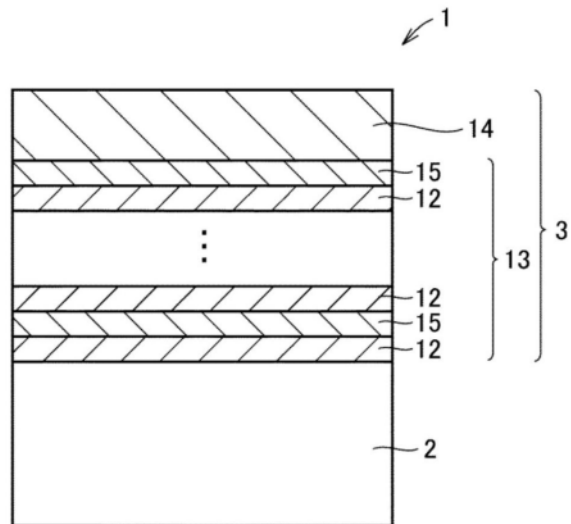
权利要求书2页 说明书28页 附图6页

(54) 发明名称

切削工具

(57) 摘要

一种切削工具,具备基材和配置于所述基材上的覆膜,其中,所述覆膜包含第一层,所述第一层由第一单元层和第二单元层交替地层叠而成的交替层构成,所述第一单元层具有六方晶型的晶体结构,所述第一单元层由 $W(C_{1-a}N_a)_x$ 构成,所述a为0.3以上且0.8以下,所述x为0.8以上且1.2以下,所述第二单元层由 $Al_cV_{1-c}N$ 构成,所述c为0.40以上且0.80以下。



1. 一种切削工具,具备基材和配置于所述基材上的覆膜,其中,所述覆膜包含第一层,所述第一层由第一单元层和第二单元层交替地层叠而成的交替层构成,所述第一单元层具有六方晶型的晶体结构,所述第一单元层由 $W(C_{1-a}N_a)_x$ 构成,所述a为0.3以上且0.8以下,所述x为0.8以上且1.2以下,所述第二单元层由 $Al_cV_{1-c}N$ 构成,所述c为0.40以上且0.80以下。
2. 根据权利要求1所述的切削工具,其中,在所述第一单元层和与所述第一单元层相邻的所述第二单元层中,所述第二单元层的厚度 $\lambda_2\mu\text{m}$ 相对于所述第一单元层的厚度 $\lambda_1\mu\text{m}$ 之比 λ_2/λ_1 为1.0以上且5.0以下。
3. 根据权利要求1或2所述的切削工具,其中,所述第一单元层的平均厚度为 $0.002\mu\text{m}$ 以上且 $0.2\mu\text{m}$ 以下,所述第二单元层的平均厚度为 $0.002\mu\text{m}$ 以上且 $0.2\mu\text{m}$ 以下。
4. 根据权利要求1至3中任一项所述的切削工具,其中,所述覆膜还包含配置于所述基材与所述第一层之间的第二层,所述第二层的组成与所述第一单元层的组成或所述第二单元层的组成相同。
5. 根据权利要求4所述的切削工具,其中,所述第二层的组成与所述第一单元层的组成相同,所述第二层的厚度比所述第一单元层的厚度厚。
6. 根据权利要求4所述的切削工具,其中,所述第二层的组成与所述第二单元层的组成相同,所述第二层的厚度比所述第二单元层的厚度厚。
7. 根据权利要求1至6中任一项所述的切削工具,其中,所述覆膜还包含设置于所述第一层的与所述基材相反侧的第三层,所述第三层由 $AlVCN$ 构成。
8. 一种切削工具,具备基材和配置于所述基材上的覆膜,其中,所述覆膜包含第1A层,所述第1A层由第一单元层和第三单元层交替地层叠而成的交替层构成,所述第一单元层具有六方晶型的晶体结构,所述第一单元层由 $W(C_{1-a}N_a)_x$ 构成,所述a为0.3以上且0.8以下,所述x为0.8以上且1.2以下,所述第三单元层由 $Al_dV_{1-d-e}M_eN$ 构成,所述M为硅、硼、钇、铈或镧,所述d为0.40以上且0.80以下,所述e为大于0且0.05以下。
9. 根据权利要求8所述的切削工具,其中,

在所述第一单元层和与所述第一单元层相邻的所述第三单元层中，
所述第三单元层的厚度 $\lambda_3\mu\text{m}$ 相对于所述第一单元层的厚度 $\lambda_1\mu\text{m}$ 之比 λ_3/λ_1 为1.0以上且5.0以下。

10. 根据权利要求8或9所述的切削工具,其中,所述M为硅。

11. 根据权利要求8或9所述的切削工具,其中,所述M为硼。

12. 根据权利要求8至11中任一项所述的切削工具,其中,
所述第一单元层的平均厚度为 $0.002\mu\text{m}$ 以上且 $0.2\mu\text{m}$ 以下,
所述第三单元层的平均厚度为 $0.002\mu\text{m}$ 以上且 $0.2\mu\text{m}$ 以下。

13. 根据权利要求8至12中任一项所述的切削工具,其中,
所述覆膜还包含配置于所述基材与所述第1A层之间的第2A层,
所述第2A层的组成与所述第一单元层的组成或所述第三单元层的组成相同。

14. 根据权利要求13所述的切削工具,其中,
所述第2A层的组成与所述第一单元层的组成相同,
所述第2A层的厚度比所述第一单元层的厚度厚。

15. 根据权利要求13所述的切削工具,其中,
所述第2A层的组成与所述第三单元层的组成相同,
所述第2A层的厚度比所述第三单元层的厚度厚。

16. 根据权利要求8至15中任一项所述的切削工具,其中,
所述覆膜还包含设置于所述第1A层的与所述基材相反侧的第3A层,
所述第3A层由 AlVMeCN 构成,
所述Me为硅、硼、钇、铈或镧。

切削工具

技术领域

[0001] 本公开涉及切削工具。

背景技术

[0002] 一直以来,具备基材和配置于该基材上的覆膜的切削工具被用于切削加工(专利文献1)。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:日本特表2022-512808号公报

发明内容

[0006] 本公开的一个方式所涉及的切削工具具备基材和配置于所述基材上的覆膜,其中,

[0007] 所述覆膜包含第一层,

[0008] 所述第一层由第一单元层和第二单元层交替地层叠而成的交替层构成,

[0009] 所述第一单元层具有六方晶型的晶体结构,

[0010] 所述第一单元层由 $W(C_{1-a}N_a)_x$ 构成,

[0011] 所述a为0.3以上且0.8以下,

[0012] 所述x为0.8以上且1.2以下,

[0013] 所述第二单元层由 $Al_cV_{1-c}N$ 构成,

[0014] 所述c为0.40以上且0.80以下。

附图说明

[0015] 图1是第一实施方式所涉及的切削工具的一个例子的示意性的放大剖视图。

[0016] 图2是第一实施方式所涉及的切削工具的另一个例子的示意性的放大剖视图。

[0017] 图3是第一实施方式所涉及的切削工具的另一个例子的示意性的放大剖视图。

[0018] 图4是第一实施方式所涉及的切削工具的另一个例子的示意性的放大剖视图。

[0019] 图5是用于对第一单元层与第二单元层的厚度之比的一个例子进行说明的图。

[0020] 图6是第二实施方式所涉及的切削工具的一个例子的示意性的放大剖视图。

[0021] 图7是第二实施方式所涉及的切削工具的另一个例子的示意性的放大剖视图。

[0022] 图8是第二实施方式所涉及的切削工具的另一个例子的示意性的放大剖视图。

[0023] 图9是第二实施方式所涉及的切削工具的另一个例子的示意性的放大剖视图。

[0024] 图10是用于对第一单元层与第三单元层的厚度之比的一个例子进行说明的图。

[0025] 图11是实施例中使用的阴极电弧离子镀装置的示意性的剖视图。

[0026] 图12是图11所示的阴极电弧离子镀装置的示意性的俯视图。

具体实施方式

[0027] [本公开所要解决的问题]

[0028] 切削加工即使在制造技术中也起到主要作用,一直要求技术进化和进一步的高度化。在切削加工技术中,基本上要求高速、高效率、高精度加工以及超微细加工。作为最近的动向,存在被切削材料的难切削化,也要求对该情况进行应对。在此基础上,在切削加工的现场,为了在2030年以前实现可持续的更美好的世界,对SDGs (Sustainable Development Goals:可持续发展目标)的关注度近年来越来越高。可持续发展是指不损害后代所需的资源,也可耐受自然的威胁的社会基础的构建。通过切削加工技术的提高,可期待减少工序所带来的产品制造时的省电化以及与切削加工相伴的废弃物的削减等,环境负担减轻。从这样的背景出发,在切削工具中,为了工具的长寿命化,指向开发高温硬度高、兼具硬度和韧性的涂层工具材料种类。

[0029] 作为涂层工具材料种类,提出了以Al以及V为主要成分的氮化物膜(专利文献1)。从SDGs以及地球环境保护的观点出发,从要求不使用切削油剂的干式加工、为了提高加工效率而切削速度变得更高速度、以及被切削材料多样化,尤其是在航空器、医疗领域中,被称为难切削材料的耐热合金、钛合金等的切削增多等理由出发,存在切削时的切削工具的刀尖温度变为高温的趋势。若刀尖温度变为高温,则切削工具的使用寿命变得极短。因而,要求即使在这样的严酷的切削条件下也能够显示优异的工具寿命的切削工具。

[0030] [本公开的效果]

[0031] 根据本公开,能够提供尤其是在刀尖温度高的条件下执行的切削加工中也具有较长的工具寿命的切削工具。

[0032] [本公开的实施方式的说明]

[0033] 首先,列举本公开的实施方式进行说明。

[0034] (1)本公开的一个方式所涉及的切削工具具备基材和配置于所述基材上的覆膜,其中,

[0035] 所述覆膜包含第一层,

[0036] 所述第一层由第一单元层和第二单元层交替地层叠而成的交替层构成,

[0037] 所述第一单元层具有六方晶型的晶体结构,

[0038] 所述第一单元层由 $W(C_{1-a}N_a)_x$ 构成,

[0039] 所述a为0.3以上且0.8以下,

[0040] 所述x为0.8以上且1.2以下,

[0041] 所述第二单元层由 $Al_cV_{1-c}N$ 构成,

[0042] 所述c为0.40以上且0.80以下。

[0043] 根据本公开,能够提供尤其是在刀尖温度高的条件下执行的切削加工中也具有较长的工具寿命的切削工具。

[0044] (2)也可以是,在上述(1)的基础上,在所述第一单元层和与所述第一单元层相邻的所述第二单元层中,所述第二单元层的厚度 $\lambda_2\mu\text{m}$ 相对于所述第一单元层的厚度 $\lambda_1\mu\text{m}$ 之比 λ_2/λ_1 为1.0以上且5.0以下。由此,切削工具能够具有更长的工具寿命。

[0045] (3)也可以是,在上述(1)或(2)的基础上,

[0046] 所述第一单元层的平均厚度为 $0.002\mu\text{m}$ 以上且 $0.2\mu\text{m}$ 以下,

- [0047] 所述第二单元层的平均厚度为 $0.002\mu\text{m}$ 以上且 $0.2\mu\text{m}$ 以下。
- [0048] 由此,切削工具能够具有更长的工具寿命。
- [0049] (4)也可以是,在上述(1)至(3)中任一项的基础上,
- [0050] 所述覆膜还包含配置于所述基材与所述第一层之间的第二层,
- [0051] 所述第二层的组成与所述第一单元层的组成或所述第二单元层的组成相同。
- [0052] 由此,切削工具能够具有更长的工具寿命。
- [0053] (5)也可以是,在上述(4)的基础上,
- [0054] 所述第二层的组成与所述第一单元层的组成相同,
- [0055] 所述第二层的厚度比所述第一单元层的厚度厚。
- [0056] 由此,切削工具能够具有更长的工具寿命。
- [0057] (6)也可以是,在上述(4)的基础上,
- [0058] 所述第二层的组成与所述第二单元层的组成相同,
- [0059] 所述第二层的厚度比所述第二单元层的厚度厚。
- [0060] 由此,切削工具能够具有更长的工具寿命。
- [0061] (7)也可以是,在上述(1)至(6)中任一项的基础上,
- [0062] 所述覆膜还包含设置于所述第一层的与所述基材相反侧的第三层,
- [0063] 所述第三层由 AlVCN 构成。
- [0064] 由此,切削工具能够具有更长的工具寿命。
- [0065] (8)本公开的另一实施方式所涉及的切削工具具备基材和配置于所述基材上的覆膜,其中,
- [0066] 所述覆膜包含第1A层,
- [0067] 所述第1A层由第一单元层和第三单元层交替地层叠而成的交替层构成,
- [0068] 所述第一单元层具有六方晶型的晶体结构,
- [0069] 所述第一单元层由 $\text{W}(\text{C}_{1-a}\text{N}_a)_x$ 构成,
- [0070] 所述 a 为 0.3 以上且 0.8 以下,
- [0071] 所述 x 为 0.8 以上且 1.2 以下,
- [0072] 所述第三单元层由 $\text{Al}_d\text{V}_{1-d-e}\text{M}_e\text{N}$ 构成,
- [0073] 所述 M 为硅、硼、钷、铈或镧,
- [0074] 所述 d 为 0.40 以上且 0.80 以下,
- [0075] 所述 e 为大于 0 且 0.05 以下。
- [0076] 根据本公开,能够提供尤其是在刀尖温度高的条件下执行的切削加工中也具有较长的工具寿命的切削工具。
- [0077] (9)也可以是,在上述(8)的基础上,
- [0078] 在所述第一单元层和与所述第一单元层相邻的所述第三单元层中,
- [0079] 所述第三单元层的厚度 $\lambda_3\mu\text{m}$ 相对于所述第一单元层的厚度 $\lambda_1\mu\text{m}$ 之比 λ_3/λ_1 为 1.0 以上且 5.0 以下。
- [0080] 由此,切削工具能够具有更长的工具寿命。
- [0081] (10)也可以是,在上述(8)或(9)的基础上,所述 M 为硅。
- [0082] 由此,切削工具能够具有更长的工具寿命。

- [0083] (11)也可以是,在上述(8)或(9)的基础上,所述M为硼。
- [0084] 由此,切削工具能够具有更长的工具寿命。
- [0085] (12)也可以是,在上述(8)至(11)中任一项的基础上,
- [0086] 所述第一单元层的平均厚度为 $0.002\mu\text{m}$ 以上且 $0.2\mu\text{m}$ 以下,
- [0087] 所述第三单元层的平均厚度为 $0.002\mu\text{m}$ 以上且 $0.2\mu\text{m}$ 以下。
- [0088] 由此,切削工具能够具有更长的工具寿命。
- [0089] (13)也可以是,在上述(8)至(12)中任一项的基础上,
- [0090] 所述覆膜还包含配置于所述基材与所述第1A层之间的第2A层,
- [0091] 所述第2A层的组成与所述第一单元层的组成或所述第三单元层的组成相同。
- [0092] 由此,切削工具能够具有更长的工具寿命。
- [0093] (14)也可以是,在上述(13)的基础上,
- [0094] 所述第2A层的组成与所述第一单元层的组成相同,
- [0095] 所述第2A层的厚度比所述第一单元层的厚度厚。
- [0096] 由此,切削工具能够具有更长的工具寿命。
- [0097] (15)也可以是,在上述(13)的基础上,
- [0098] 所述第2A层的组成与所述第三单元层的组成相同,
- [0099] 所述第2A层的厚度比所述第三单元层的厚度厚。
- [0100] 由此,切削工具能够具有更长的工具寿命。
- [0101] (16)也可以是,在上述(8)至(15)中任一项的基础上,
- [0102] 所述覆膜还包含设置于所述第1A层的与所述基材相反侧的第3A层,
- [0103] 所述第3A层由 AlVMeCN 构成,
- [0104] 所述Me为硅、硼、钷、铈或镧。
- [0105] 由此,切削工具能够具有更长的工具寿命。
- [0106] [本公开的实施方式的详细内容]
- [0107] 以下,参照附图对本公开的切削工具的具体例进行说明。在本公开的附图中,相同的附图标记表示相同部分或相当部分。另外,长度、宽度、厚度、深度等尺寸关系为了附图的清晰化和简化而适当变更,未必表示实际的尺寸关系。
- [0108] 在本公开中,“ $A \sim B$ ”这样的形式的表述是指范围的上限下限(即A以上且B以下),在A中没有单位的记载、仅在B中记载有单位的情况下,A的单位与B的单位相同。
- [0109] 在本公开中,在以化学式表示化合物等的情况下,在不特别限定原子比时,包含以往公知的所有原子比,未必仅限于化学计量范围内的原子比。
- [0110] 在本公开中,作为数值范围下限以及上限,在分别记载有一个以上的数值的情况下,也公开了下限所记载的任意的一个数值与上限所记载的任意的一个数值的组合。例如,在作为下限记载了a1以上、b1以上、c1以上,作为上限记载了a2以下、b2以下、c2以下的情况下,公开了a1以上且a2以下、a1以上且b2以下、a1以上且c2以下、b1以上且a2以下、b1以上且b2以下、b1以上且c2以下、c1以上且a2以下、c1以上且b2以下、c1以上且c2以下。
- [0111] [第一实施方式:切削工具(1)]
- [0112] 使用图1~图5对本公开的一个实施方式所涉及的切削工具进行说明。
- [0113] 本公开的一个实施方式(以下,也记为“第一实施方式”)所涉及的切削工具1具备

基材2和配置于基材2上的覆膜3,其中,

[0114] 覆膜3包含第一层13,

[0115] 第一层13由第一单元层12和第二单元层15交替地层叠而成的交替层构成,

[0116] 第一单元层12具有六方晶型的晶体结构,

[0117] 第一单元层12由 $W(C_{1-a}N_a)_x$ 构成,

[0118] a为0.3以上且0.8以下,

[0119] x为0.8以上且1.2以下,

[0120] 第二单元层15由 $Al_cV_{1-c}N$ 构成,

[0121] c为0.40以上且0.80以下。

[0122] 第一实施方式的切削工具1尤其是在刀尖温度高的条件下执行的切削加工中,也能够具有较长的工具寿命。其理由推测如下。

[0123] 第一单元层12由 $W(C_{1-a}N_a)_x$ 构成。第一单元层12包含C(碳),因此与被切削材料的接触界面处的摩擦系数减小,能够降低切削阻力。另外, $W(C_{1-a}N_a)_x$ 包含N(氮),因此耐热性比WC改善约150°C。其结果是,包含第一单元层的第一层能够在干式切削加工时等刀尖成为高温的加工中提高耐凝附性、滑动性以及耐磨损性。因此,包含第一层的切削工具的工具寿命提高。

[0124] 第二单元层15由 $Al_cV_{1-c}N$ 构成。第二单元层15包含Al。由于Al容易被氧化,因此包含第二单元层12的覆膜具有在第一层13的表面侧容易形成由 Al_2O_3 构成的致密的氧化物层的趋势。其结果是,能够提高第一层13的热阻断性以及耐氧化性。因此,包含第一层13的切削工具的工具寿命提高。

[0125] 第二单元层15在切削时被氧化,生成V的氧化物即 V_2O_5 。 V_2O_5 的熔点为690°C,因此在切削加工中的温度下软化,具有作为润滑材料的功能,能够在工具前刀面实现摩擦系数的降低。

[0126] 第一层13由第一单元层12和第二单元层15交替地层叠而成的交替层构成。在第一单元层12与第二单元层15的界面处,组成以及晶格不连续。因此,在切削时从覆膜3的表面起产生了裂纹的情况下,能够在界面处抑制裂纹的进展。在包含第一层的覆膜中,抑制崩裂、缺损。因此,包含第一层13的切削工具的工具寿命提高。

[0127] <切削工具>

[0128] 如图1以及图2所示,本发明的一个实施方式所涉及的切削工具1具备基材2和配置于基材2上的覆膜3。覆膜3能够将基材2的至少参与切削的部分覆盖。覆膜3也可以将基材2的整个面覆盖。即使覆膜3的构成局部不同,也不脱离本实施方式的范围。在本说明书中,基材2的参与切削的部分是指,在基材2的表面中,距刀尖棱线的距离至少为50 μ m以内、100 μ m以内或300 μ m以内的区域。

[0129] 本实施方式的切削工具1能够适合用作钻头、立铣刀、钻头用可转位切削刀片、立铣刀用可转位切削刀片、铣削加工用可转位切削刀片、车削加工用可转位切削刀片、金工锯、齿轮切割工具、铰刀、丝锥等切削工具1。

[0130] <基材>

[0131] 作为基材2,只要是以往公知的基材,则可以使用任意的基材。例如,基材2可以由硬质合金(WC基硬质合金、包含WC以及Co的硬质合金、在WC以及Co中添加有Ti、Ta、Nb等碳氮

化物的硬质合金等)、金属陶瓷(以TiC、TiN、TiCN等为主要成分的金属陶瓷)、高速钢、陶瓷(碳化钛、碳化硅、氮化硅、氮化铝、氧化铝等)、立方晶型氮化硼烧结体或金刚石烧结体中的任一种构成。

[0132] 基材2尤其可以是WC基硬质合金或金属陶瓷(尤其是TiCN基金属陶瓷)。由于WC基硬质合金或金属陶瓷尤其是在高温下的硬度与强度的平衡优异,因此在作为切削工具1的基材2使用的情况下,能够有助于切削工具1的长寿命化。

[0133] <覆膜>

[0134] 第一实施方式的覆膜3包含第一层13。覆膜3通过将基材2覆盖,具有使切削工具1的耐磨损性、耐崩裂性等各特性提高、带来切削工具1的长寿命化的作用。

[0135] 覆膜3在包含第一层13的基础上,还可以包含其他层。作为其他层,如图3以及图4所示,可列举为配置于基材2与第一层13之间的第二层16、以及设置于第一层13的与基材2相反侧的第三层14等。

[0136] 覆膜3整体的厚度可以为 $0.4\mu\text{m}$ 以上且 $15\mu\text{m}$ 以下。若覆膜3整体的厚度为 $0.4\mu\text{m}$ 以上,则容易得到设置覆膜3所带来的延长切削工具1的寿命的效果。另一方面,若覆膜3整体的厚度为 $15\mu\text{m}$ 以下,则在切削初期不易产生覆膜3中的崩裂,能够延长切削工具1的寿命。

[0137] 覆膜3整体的厚度可以通过使用扫描型电子显微镜(SEM)对覆膜3的剖面进行观察来测定。具体的测定方法如下所述。将切削工具1在沿着覆膜3的表面的法线的方向上切断,准备剖面样品。用SEM观察剖面样品。观察倍率设为 $5000\sim 10000$ 倍,测定视野设为 $100\sim 500\mu\text{m}^2$ 。在一个视野中,测定覆膜3的三个部位的厚度幅度,计算出三个部位的厚度幅度的平均值。该平均值相当于覆膜3的厚度。对于后述的各层的厚度,只要没有特别记载,则通过同样的方法进行测定。

[0138] 覆膜3的压缩残余应力的绝对值可以为 6GPa 以下。覆膜3的压缩残余应力是指存在于覆膜3整体的内部应力(固有应变)的一种,是指以“-”(负)的数值(单位:在本实施方式中使用“GPa”)表示的应力。因此,压缩残余应力大的概念表示数值的绝对值变大,另外,压缩残余应力小的概念表示数值的绝对值变小。即,压缩残余应力的绝对值为 6GPa 以下是指覆膜3的压缩残余应力为 -6GPa 以上且 0GPa 以下。

[0139] 若覆膜3的压缩残余应力为 0GPa 以下,则容易抑制从覆膜3的最表面产生的裂纹的进展。另一方面,若压缩残余应力的绝对值为 6GPa 以下,则应力的大小适度,在切削开始前,容易抑制覆膜3从切削工具1的边缘部起剥离的情况。

[0140] 覆膜3的压缩残余应力使用X射线残余应力装置通过 $\sin^2\psi$ 法(参照“X射线应力测定法”(日本材料学会,1981年株式会社养贤堂发行)的54~66页)进行测定。

[0141] 第一单元层12可以具有六方晶型的晶体结构。若第一单元层12具有六方晶型的晶体结构,则覆膜3的耐磨损性提高。第二单元层15可以包含立方晶型的晶体结构。若第二单元层15具有立方晶型的晶体结构,则覆膜3的硬度提高。覆膜3中的各层的晶体结构可以通过该领域中公知的X射线衍射装置进行解析。

[0142] 覆膜3的硬度为 30GPa 以上且 55GPa 以下时,效果好,也可以为 35GPa 以上且 50GPa 以下。由此,覆膜3具有充分的硬度。覆膜3整体的硬度的测定通过纳米压痕仪法(MTS公司制造的Nano Indenter XP)进行测定。具体而言,通过依据ISO14577的方法进行,测定载荷设为 10mN (1gf),在覆膜3的表面,对三个部位的硬度进行测定,计算出三个部位的硬度的平均

值。该平均值相当于覆膜3的硬度。

[0143] <第一层>

[0144] 本实施方式的第一层13由第一单元层12和第二单元层15交替地层叠而成的交替层构成。第一层13由第一单元层12和第二单元层15交替地层叠而成的交替层构成是指,能够利用TEM(透射型电子显微镜)对包含覆膜3的剖面的薄片样品进行观察并通过对比度之差进行确认。

[0145] 第一单元层12以及第二单元层15中的任一者可以配置在最靠近基材2侧的位置。在图1中,在基材2的紧上方配置有第一单元层12。在图2中,在基材2的紧上方配置有第二单元层15。第一单元层12以及第二单元层15中的任一者可以配置在覆膜3的表面侧。在图1中,在覆膜3的表面侧配置有第二单元层15。在图2中,在覆膜3的表面侧配置有第一单元层12。

[0146] 第一层13的厚度可以为 $0.5\mu\text{m}$ 以上且 $15\mu\text{m}$ 以下。若第一层13的厚度为 $0.5\mu\text{m}$ 以上,则在连续加工中能够发挥优异的耐磨损性。若第一层13的厚度为 $15\mu\text{m}$ 以下,则在断续切削中能够具有优异的耐崩裂性。

[0147] 第一层13的厚度通过使用透射型电子显微镜(TEM)对覆膜3的剖面进行观察并进行测定来测定。具体的测定方法如下所述。将切削工具1在沿着覆膜3的表面的法线的方向上切断,准备包含覆膜3的剖面的薄片样品。用TEM观察薄片样品。观察倍率设为2万~500万倍,测定视野设为 $0.0016\sim 80\mu\text{m}^2$ 。在一个视野中,对第一层13的三个部位的厚度幅度进行测定,计算出三个部位的厚度幅度的平均值。该平均值相当于第一层13的厚度。

[0148] 第一单元层12可以具有六方晶型的晶体结构。六方晶型的晶体结构来源于构成第一单元层12的 $\text{W}(\text{C}_{1-a}\text{N}_a)_x$ 。第一单元层12具有六方晶型的晶体结构这一情况可以通过利用XRD测定进行分析来确认。在得到的XRD谱中,在观察到归属于JCPDS(ICDD)的 $\epsilon\text{-W}_2\text{C}$ (01-076-7103)和 $\text{W}_{4.6}\text{N}_4$ (01-077-2001)中定义的六方晶型的峰的情况下,确认第一单元层12具有六方晶型的晶体结构。

[0149] 在覆膜包含第一单元层的同时还包含第二单元层15、第二层16、第三层14、中间层等其他层、在来自覆膜3表面的XRD谱中检测到来源于第一单元层12以外的层、基材的峰(以下,也记为“其他峰”)的情况下,也能够鉴定出第一单元层12具有六方晶型的晶体结构。

[0150] 作为X射线衍射测定中使用的装置,可列举为株式会社Rigaku制造的“SmartLab”(商品名)。XRD测定的条件如下所述。

[0151] (XRD测定条件)

[0152] 扫描轴: $2\theta-\theta$

[0153] X射线源:Cu-K α 射线(1.541862\AA)

[0154] 检测器:0维检测器(闪烁计数器)

[0155] 管电压:45kV

[0156] 管电流:40mA

[0157] 入射光学系统:利用镜

[0158] 受光光学系统:利用分析器晶体(PW3098/27)

[0159] 步长: 0.03°

[0160] 累计时间:2秒

[0161] 扫描范围(2θ): $10^\circ\sim 120^\circ$

[0162] <第一单元层的组成以及第二单元层的组成>

[0163] 第一单元层12由 $W(C_{1-a}N_a)_x$ 构成,a为0.3以上且0.8以下,x为0.8以上且1.2以下。由此,第一单元层12的晶体结构成为六方晶型,能够提高第一单元层12的耐热性、抗氧化性以及耐磨损性。

[0164] a的下限为0.3以上,也可以为0.35以上,也可以为0.40以上,也可以为0.45以上。a的上限为0.8以下,也可以为0.75以下,也可以为0.70以下,也可以为0.65以下。a可以为0.35以上且0.75以下,也可以为0.40以上且0.70以下,也可以为0.45以上且0.65以下。

[0165] x的下限为0.8以上,也可以为0.85以上,也可以为0.90以上。x的上限为1.2以下,也可以为1.15以下,也可以为1.10以下。x可以为0.85以上且1.15以下,也可以为0.90以上且1.10以下,也可以为1.00。

[0166] 在本公开中,“第一单元层由 $W(C_{1-a}N_a)_x$ 构成”是指只要不损害本公开的效果,则第一单元层12可以在 $W(C_{1-a}N_a)_x$ 的基础上还包含不可避免的杂质。作为不可避免的杂质,例如可列举为氧以及碳。第一单元层12中的不可避免的杂质整体的含有率可以为大于0原子%且小于1原子%。在本公开中,“原子%”是指原子数相对于构成层的原子的总原子数的比例(%)。

[0167] 第二单元层15由 $Al_cV_{1-c}N$ 构成,c为0.40以上且0.80以下。第二单元层15能够提高覆膜3的耐热性、抗氧化性以及韧性。c的下限为0.40以上,也可以为0.45以上,也可以为0.50以上,也可以为0.55以上。c的上限为0.80以下,也可以为0.75以下,也可以为0.70以下,也可以为0.65以下。c可以为0.45以上且0.75以下,也可以为0.50以上且0.70以下,也可以为0.55以上且0.65以下。

[0168] 在本公开中,“第二单元层由 $Al_cV_{1-c}N$ 构成”是指只要不损害本公开的效果,则第二单元层15可以在包含 $Al_cV_{1-c}N$ 的基础上还包含不可避免的杂质。作为不可避免的杂质,例如可列举为氧以及碳。第二单元层15中的不可避免的杂质整体的含有率可以为大于0原子%且小于1原子%。

[0169] 上述a、上述x、上述c以及第一单元层12的不可避免的杂质的含有率以及第二单元层15的不可避免的杂质的含有率通过使用透射型电子显微镜(TEM)对覆膜3的剖面进行元素分析来测定。具体的测定方法如下所述。将切削工具1在沿着覆膜3的表面的法线的方向上切断,准备包含覆膜3的剖面的薄片样品。使用TEM附带的EDS(Energy Dispersive X-ray Spectroscopy),对薄片样品照射电子束,测量此时产生的特性X射线的能量和产生次数,进行第一单元层12以及第二单元层15的元素分析。对第一单元层12以及第二单元层15分别任意地选择出五层,进行元素分析。求出五层的第一单元层12的平均组成。该平均组成相当于第一单元层12的组成。求出五层的第二单元层15的平均组成。该平均组成相当于第二单元层15的组成。在第一单元层12以及第二单元层15各自的层数为四层以下的情况下,对所有的层进行元素分析,求出第一单元层12以及第二单元层15的平均组成。确认到以下情况:只要在同一切削工具1中进行测定,则即使任意地选择测定部位,测定结果也没有偏差。

[0170] 在本公开中,在第一单元层的组成 $W(C_{1-a}N_a)_x$ 中,C和N的原子数的合计 A_{N1} 相对于W的原子数 A_{M1} 之比 A_{N1}/A_{M1} 为0.8以上且1.2以下。在本公开中,在第二单元层的组成 $Al_cV_{1-c}N$ 中,N的原子数 A_{N2} 相对于Al和V的原子数的合计 A_{M2} 之比 A_{N2}/A_{M2} 在制造上必然为0.8以上且1.2以下。比 A_{N1}/A_{M1} 以及比 A_{N2}/A_{M2} 可以通过卢瑟福背散射(RBS)法进行测定。如果上述比 A_{N1}/A_{M1}

以及比 A_{N2}/A_{M2} 在所述范围内,则可确认不损害本公开的效果。

[0171] <第一单元层的平均厚度以及第二单元层的平均厚度>

[0172] 第一单元层12的平均厚度可以为 $0.002\mu\text{m}$ 以上且 $0.2\mu\text{m}$ 以下,并且第二单元层15的平均厚度可以为 $0.002\mu\text{m}$ 以上且 $0.2\mu\text{m}$ 以下。由此,能够进一步抑制在覆膜3的表面产生的裂纹的进展。第一单元层12的平均厚度的下限可以为 $0.002\mu\text{m}$ 以上,也可以为 $0.005\mu\text{m}$ 以上,也可以为 $0.01\mu\text{m}$ 以上。第一单元层12的平均厚度的上限可以为 $0.20\mu\text{m}$ 以下,也可以为 $0.15\mu\text{m}$ 以下,也可以为 $0.10\mu\text{m}$ 以下。第一单元层12的平均厚度可以为 $0.005\mu\text{m}$ 以上且 $0.15\mu\text{m}$ 以下,也可以为 $0.01\mu\text{m}$ 以上且 $0.1\mu\text{m}$ 以下。第二单元层15的平均厚度的下限可以为 $0.002\mu\text{m}$ 以上,也可以为 $0.005\mu\text{m}$ 以上,也可以为 $0.01\mu\text{m}$ 以上。第二单元层15的平均厚度的上限可以为 $0.20\mu\text{m}$ 以下,也可以为 $0.15\mu\text{m}$ 以下,也可以为 $0.10\mu\text{m}$ 以下。第二单元层15的平均厚度可以为 $0.005\mu\text{m}$ 以上且 $0.15\mu\text{m}$ 以下,也可以为 $0.01\mu\text{m}$ 以上且 $0.10\mu\text{m}$ 以下。

[0173] 第一单元层12的平均厚度以及第二单元层15的平均厚度可以通过与上述第一层13的厚度的测定方法同样的方法进行测定。

[0174] 如图5所示,在第一单元层12和与第一单元层12相邻的第二单元层15中,第二单元层15的厚度 $\lambda_2\mu\text{m}$ 相对于第一单元层12的厚度 $\lambda_1\mu\text{m}$ 之比 λ_2/λ_1 可以为1.0以上且5.0以下。第二单元层15在具有高的耐氧化性的基础上,还具有导热系数低、难以将切削时产生的热传递到基材2的性质。若比 λ_2/λ_1 为1.0以上,则覆膜3中的第二单元层15的比例相对增加,覆膜3中的A1量增加,由此作为切削工具1整体的热阻断性提高。具有覆膜3的切削工具1尤其是连续切削时的耐磨损性提高。若 λ_2/λ_1 为1.0以上,则存在覆膜3的韧性提高的趋势。另一方面,若 λ_2/λ_1 为5.0以下,则存在容易得到通过将第一单元层12和第二单元层15层叠而带来的抑制裂纹进展的效果的趋势。

[0175] λ_2/λ_1 可以为1.0以上,也可以为1.1以上,也可以为1.2以上,也可以为1.3以上,也可以为1.4以上,也可以为1.5以上,也可以为2.0以上,也可以为2.5以上。 λ_2/λ_1 可以为5.0以下,也可以为4.0以下,也可以为3.0以下。 λ_2/λ_1 可以为1.2以上且4.0以下,也可以为1.5以上且2.5以下。在图5中,为了说明,将三个第一单元层12的厚度全部表示为 λ_1 ,将三个第二单元层15的厚度全部表示为 λ_2 ,但只要在彼此相邻的第一单元层与第二单元层之间满足上述 λ_2/λ_1 的关系,则不需要三个第一单元层12的厚度 λ_1 相同,另外,不需要三个第二单元层15的厚度 λ_2 相同。

[0176] 在第一层13中,第一单元层12以及第二单元层15各自的层叠数可以为5以上且500以下,也可以为10以上且500以下。由此,通过层叠第一单元层12和第二单元层15,能够充分得到均衡地提高硬度和压缩残余应力的效果。在第一层13中,第一单元层12以及第二单元层15各自的层叠数可以为100以上且400以下,也可以为200以上且350以下。

[0177] 在第一层13中,第一单元层12以及第二单元层15各自的层叠数可以通过使用TEM(透射型电子显微镜)以TEM观察倍率2万~500万倍对覆膜3的剖面的薄片样品进行观察来求出。

[0178] <第二层>

[0179] 如图3以及图4所示,覆膜3还包含配置于基材2与第一层13之间的第二层16,第二层16的组成可以与第一单元层12的组成或第二单元层15的组成相同。由此,能够提高基材2与覆膜3的紧贴性。

[0180] 在第二层16的组成与第一单元层12的组成相同的情况下,即使在切削初期第二层16露出的情况下,第二层16的滑动特性也良好,因此能够提高耐磨损性。

[0181] 在第二层16的组成与第一单元层12的组成相同的情况下,第二层16的厚度可以比第一单元层12的厚度厚。由此,能够进一步提高基材2与覆膜3的紧贴性。另外,即使在切削初期第二层16露出的情况下,第二层16的滑动特性也良好,因此能够提高耐磨损性。“第二层的厚度比第一单元层的厚度厚”可以换言之为“第二层的厚度超过第一单元层的厚度的1.0倍”。第二层16的厚度可以为第一单元层12的厚度的2.0倍以上,也可以为4.0倍以上,也可以为10.0倍以上。第二层16的厚度可以为第一单元层12的厚度的500倍以下,也可以为120倍以下,也可以为50倍以下。第二层16的厚度可以为第一单元层12的厚度的2.0倍以上且500倍以下,也可以为4.0倍以上且120倍以下,也可以为10.0倍以上且50倍以下。

[0182] 在第二层16的组成与第一单元层12的组成相同的情况下,第二层16的厚度可以为 $0.1\mu\text{m}$ 以上。若第二层16的厚度小于 $0.1\mu\text{m}$,则存在难以得到通过将第二层16设为与第一单元层12相同的组成而带来的提高耐磨损性的效果的趋势。在第二层16的组成与第一单元层12的组成相同的情况下,第二层16的厚度可以为 $0.3\mu\text{m}$ 以上,也可以为 $0.4\mu\text{m}$ 以上。第二层16的厚度的上限值没有特别限定,若超过 $2\mu\text{m}$,则晶粒肥大化而产生晶界,因此存在难以得到提高耐磨损性的效果的趋势。因此,考虑到成本方面,可以将第二层16的厚度设为 $2\mu\text{m}$ 以下。

[0183] 在第二层16的组成与第一单元层12的组成相同的情况下,如图3所示,也可以在第二层16的紧上方层叠第一单元层12。另外,如图4所示,也可以在第二层16的紧上方层叠第二单元层15。在第二层16的组成与第一单元层12的组成相同且在该第二层16的紧上方层叠有第一单元层12的情况下,第二层16与第一单元层12具有连续的晶体结构。

[0184] 在第二层16的组成与第二单元层15的组成相同的情况下,第二层16的厚度可以比第二单元层15的厚度厚。由此,能够进一步提高基材2与覆膜3的紧贴性。另外,即使在切削初期第二层16露出,也能够抑制从基材2与覆膜3的界面起的氧化,并且阻断切削热。“第二层的厚度比第二单元层的厚度厚”可以换言之为“第二层的厚度超过第二单元层的厚度的1.0倍”。第二层16的厚度可以为第二单元层15的厚度的2.0倍以上,也可以为4.0倍以上,也可以为10.0倍以上。第二层16的厚度可以为第二单元层15的厚度的500倍以下,也可以为120倍以下,也可以为50倍以下。第二层16的厚度可以为第二单元层15的厚度的2.0倍以上且500倍以下,也可以为4.0倍以上且120倍以下,也可以为10.0倍以上且50倍以下。

[0185] 在第二层16的组成与第二单元层15的组成相同的情况下,第二层16的厚度可以为 $0.1\mu\text{m}$ 以上。若第二层16的厚度小于 $0.1\mu\text{m}$,则存在难以得到通过将第二层16设为与第二单元层15相同的组成而带来的抑制从基材2与覆膜3的界面起的氧化的效果和切削热的阻断效果的趋势。在第二层16的组成与第二单元层15的组成相同的情况下,第二层16的厚度可以为 $0.3\mu\text{m}$ 以上,也可以为 $0.4\mu\text{m}$ 以上。第二层16的厚度的上限值没有特别限定,若超过 $2\mu\text{m}$,则晶粒肥大化而产生晶界,由此存在难以进一步提高上述的氧化的抑制效果的趋势。因此,考虑到成本方面,可以将第二层16的厚度设为 $2\mu\text{m}$ 以下。

[0186] 在第二层16的组成与第二单元层15的组成相同的情况下,如图3所示,也可以在第二层16的紧上方层叠第一单元层12。另外,如图4所示,也可以在第二层16的紧上方层叠第二单元层15。在第二层16的组成与第二单元层15的组成相同的情况下,且在该第二层16的紧上方层叠有第二单元层15的情况下,第二层16与第二单元层15具有连续的晶体结构。

[0187] <第三层>

[0188] 如图1~图4所示,覆膜3还包含设置于第一层13的与基材2相反侧的第三层14,第三层14可以由AlVCN构成。由此,能够降低覆膜3的摩擦系数,实现切削工具1的长寿命化。

[0189] 一般而言,碳氮化物与氮化物相比,具有相对于被切削材料的摩擦系数低的趋势。认为这样的摩擦系数的降低是由碳原子的贡献所致。若覆膜3包含第三层14,则覆膜3相对于被切削材料的摩擦系数降低,切削工具1长寿命化。

[0190] 在第三层14中,通过调整N与C的组成比,能够赋予预定的颜色。由此,能够对切削工具1的外观赋予外观设计性以及识别性,在商业上是有用的。

[0191] 第三层14的厚度可以为0.1 μm 以上。若第三层14的厚度为0.1 μm 以上,则容易得到由第三层14带来的赋予润滑性的效果。另一方面,第三层14的厚度的上限值没有特别限定,若超过2 μm ,则存在无法进一步提高上述的赋予润滑性的效果的趋势。因此,考虑到成本方面,第三层14的厚度可以为2 μm 以下。

[0192] <中间层>

[0193] 覆膜3可以包含配置于第二层16与第一层13之间、或者第一层13与第三层14之间的中间层。作为中间层,例如可列举为AlVCeN、AlVN、AlVBN、AlVSiN、AlVYN、AlVLaN等。中间层的厚度可以为0.1 μm 以上且2 μm 以下,也可以为0.3 μm 以上且1.5 μm 以下,也可以为0.4 μm 以上且1.0 μm 以下。

[0194] [第二实施方式:切削工具(2)]

[0195] 使用图6~图10对本公开的另一实施方式所涉及的切削工具进行说明。

[0196] 本公开的另一实施方式(以下,也记为“第二实施方式”)所涉及的切削工具1具备基材2和配置于基材2上的覆膜3,其中,

[0197] 覆膜3包含第1A层13A,

[0198] 第1A层13A由第一单元层12和第三单元层17交替地层叠而成的交替层构成,

[0199] 所述第一单元层具有六方晶型的晶体结构,

[0200] 第一单元层12由 $W(C_{1-a}N_a)_x$ 构成,

[0201] a为0.3以上且0.8以下,

[0202] x为0.8以上且1.2以下,

[0203] 第三单元层17由 $Al_dV_{1-d-e}M_eN$ 构成,

[0204] M为硅、硼、钇、铈或镧,

[0205] d为0.40以上且0.80以下,

[0206] e为大于0且0.05以下。

[0207] 第一实施方式的切削工具1尤其是在刀尖温度高的条件下执行的切削加工中,也能够具有较长的工具寿命。其理由推测如下。

[0208] 第一单元层12由 $W(C_{1-a}N_a)_x$ 构成。第一单元层12包含C(碳),因此与被切削材料的接触界面处的摩擦系数减小,能够降低切削阻力。另外, $W(C_{1-a}N_a)_x$ 包含N(氮),因此耐热性比WC改善约150 $^{\circ}\text{C}$ 。其结果是,包含第一单元层的第一层能够在干式切削加工时等刀尖成为高温的加工中提高耐磨损性。因此,包含第一层的切削工具的工具寿命提高。

[0209] 在将由Al与V的氮化物构成的层(以下,也记为“AlVN层”)与由包含Al、V以及M(M为硅、硼、钇、铈或镧)的氮化物构成的层(以下,也记为“AlVMN层”)相比较的情况下,AlVMN层

在高温下不易产生AlVN的旋节线分解。若产生旋节线分解,则软质的六方晶AlN析出而产生硬度降低。AlVMN层即使在高温下也能够抑制硬度降低,具有压缩残余应力大、耐崩裂性优异的特性。AlVMN层具有热阻断性高的特性。第1A层13A由 $W(C_{1-a}N_a)_x$ 所构成的第一单元层12和AlVMN层所构成的第三单元层17交替地层叠而成的交替层构成,因此能够具有第一单元层12的高硬度且摩擦系数低的特性和第三单元层17的高热阻断性的特性。第三单元层17的压缩残余应力大的特性通过第一单元层12的小的压缩残余应力而被补充。因而,作为第1A层13A整体,硬度、热阻断性以及压缩残余应力均衡地提高,包含第1A层13A的切削工具1的寿命变得更长。

[0210] 第三单元层17在切削时被氧化,生成V的氧化物即 V_2O_5 。 V_2O_5 的熔点为 $690^{\circ}C$,因此在切削加工中的温度下软化,具有作为润滑材料的功能,能够在工具前刀面实现摩擦系数的降低。

[0211] 第1A层13A由第一单元层12和第三单元层17交替地层叠而成的交替层构成。在第一单元层12与第三单元层17的界面处,组成以及晶格不连续。因此,在切削时从覆膜3的表面起产生裂纹的情况下,能够在该界面处抑制裂纹的进展。因此,抑制崩裂、缺损,切削工具1的寿命变得更长。

[0212] 第二实施方式的切削工具1除了第1A层13A、第2A层16以及第3A层14A的构成以外,基本上能够设为与第一实施方式的切削工具1相同的构成。以下,对“第1A层”、“第2A层”以及“第3A层”进行说明。

[0213] <第1A层>

[0214] 本实施方式的第1A层13A由第一单元层12和第三单元层17交替地层叠而层的交替层构成。第1A层13A由第一单元层12和第三单元层17交替地层叠而成的交替层构成这一情况,能够利用TEM(透射型电子显微镜)对覆膜3的剖面进行观察并通过对比度之差进行确认。第1A层13A的厚度可以设为与第一实施方式中记载的第一层13的厚度相同的构成。

[0215] <第一单元层的组成以及第三单元层的组成>

[0216] 第二实施方式的第一单元层12的组成 $W(C_{1-a}N_a)_x$ 可以设为与第一实施方式的第一单元层12的组成 $W(C_{1-a}N_a)_x$ 相同。

[0217] 第三单元层17由 $Al_dV_{1-d-e}M_eN$ 构成,该M为硅、硼、钇、铈或镧,d为0.40以上且0.80以下,e为大于0且0.05以下。第三单元层17能够兼具优异的硬度和优异的抗氧化性。其理由推测如下。

[0218] 在M为硅的情况下,第三单元层17的组织微细化,由此第三单元层17的硬度和抗氧化性提高,覆膜3整体的硬度和抗氧化性提高。

[0219] 在M为硼的情况下,第三单元层17的硬度因硼而变高,覆膜3整体的硬度变高。另外,因与切削相伴的切削工具1表面的氧化而形成的硼的氧化物使第三单元层17中的Al的氧化物致密化,第三单元层17的抗氧化性提高。此外,由于硼的氧化物为低熔点,因此作为切削时的润滑剂而发挥作用,能够抑制被切削材料的凝附。

[0220] 在M为钇(Y)、铈(Ce)或镧(La)的情况下,YN的晶格常数为 4.88\AA ,CeN的晶格常数为 5.01\AA ,LaN的晶格常数为 5.30\AA 。YN、CeN以及LaN的晶格常数大于TiN的晶格常数 4.23\AA 以及AlN的晶格常数 4.12\AA 。因此,在由添加有Y、Ce、La且立方晶化的 $Al_dV_{1-d-e}M_eN$ 构成的第三单元层17中导入应变,并且组织微细化,第三单元层17的硬度以及耐磨损性提高,包含第三单元

层17的切削工具1的寿命变得 longer。

[0221] 上述d为0.40以上且0.80以下。由此,第三单元层17的晶体结构成为立方晶型,第三单元层17高硬度化,耐磨损性提高。d的下限可以为0.45以上,也可以为0.50以上,也可以为0.55以上。d的上限可以为0.75以下,也可以为0.70以下,也可以为0.65以下。d可以为0.45以上且0.75以下,也可以为0.50以上且0.70以下,也可以为0.55以上且0.65以下。

[0222] 上述e为大于0且0.05以下。由此,能够提高第1A层13A的硬度以及耐氧化性。e的下限可以为0.002以上,也可以为0.005以上,也可以为0.01以上,也可以为0.02以上。该e可以为0.04以下,也可以为0.03以下。e可以为0.002以上且0.05以下,也可以为0.01以上且0.05以下,也可以为0.01以上且0.03以下,也可以为0.02以上且0.03以下。

[0223] 在本公开中,“第三单元层由 $A1_dV_{1-d-e}M_eN$ 构成”是指只要不损害本公开的效果,则第三单元层17可以在包含 $A1_dV_{1-d-e}M_eN$ 的基础上还包含不可避免的杂质。作为该不可避免的杂质,例如可列举为氧以及碳等。第三单元层17中的不可避免的杂质整体的含量可以为大于0原子%且小于1原子%。

[0224] 上述d、上述e以及第三单元层17的不可避免的杂质的含有率通过与上述a的测定方法同样的方法来求出。需要说明的是,确认到以下情况:只要在同一切削工具1中进行测定,则即使任意地选择测定部位,测定结果也没有偏差。

[0225] 在本公开中,在第一单元层的组成 $W(C_{1-a}N_a)_x$ 中,C和N的原子数的合计 A_{N1} 相对于W的原子数 A_{M1} 之比 A_{N1}/A_{M1} 为0.8以上且1.2以下。在本公开中,在第三单元层的组成 $A1_dV_{1-d-e}M_eN$ 中,N的原子数 A_{N3} 相对于A1、V以及M的原子数的合计 A_{M3} 之比 A_{N3}/A_{M3} 在制造上必然为0.8以上且1.2以下。比 A_{N1}/A_{M1} 以及比 A_{N3}/A_{M3} 可以通过卢瑟福背散射(RBS)法进行测定。如果上述比 A_{N1}/A_{M1} 以及比 A_{N3}/A_{M3} 在所述范围内,则可确认不损害本公开的效果。

[0226] <第一单元层的平均厚度以及第三单元层的平均厚度>

[0227] 第一单元层12的平均厚度可以为0.002 μm 以上且0.2 μm 以下,并且第三单元层17的平均厚度可以为0.002 μm 以上且0.2 μm 以下。由此,能够进一步抑制在覆膜3的表面产生的裂纹的进展。第一单元层12的平均厚度的下限可以为0.002 μm 以上,也可以为0.005 μm 以上,也可以为0.01 μm 以上。第一单元层12的平均厚度的上限可以为0.20 μm 以下,也可以为0.15 μm 以下,也可以为0.10 μm 以下。第一单元层12的平均厚度可以为0.005 μm 以上且0.15 μm 以下,也可以为0.01 μm 以上且0.1 μm 以下。第三单元层17的平均厚度的下限可以为0.002 μm 以上,也可以为0.005 μm 以上,也可以为0.01 μm 以上。第三单元层17的平均厚度的上限可以为0.20 μm 以下,也可以为0.15 μm 以下,也可以为0.10 μm 以下。第三单元层17的平均厚度可以为0.005 μm 以上且0.15 μm 以下,也可以为0.01 μm 以上且0.10 μm 以下。

[0228] 第一单元层12的平均厚度以及第三单元层17的平均厚度可以通过与上述第一层13的厚度的测定方法同样的方法来求出。

[0229] 如图10所示,在第一单元层12和与第一单元层12相邻的第三单元层17中,第三单元层17的厚度 λ_3 相对于第一单元层12的厚度 λ_1 之比 λ_3/λ_1 可以为1.0以上且5.0以下。第三单元层17在具有高的耐氧化性的基础上,还具有导热系数低、难以将切削时产生的热传递到基材2的性质。若比 λ_3/λ_1 为1.0以上,则覆膜3中的第三单元层17的比例相对增加,覆膜3中的A1量增加,由此作为切削工具1整体的热阻断性提高。具有覆膜3的切削工具1尤其是连续切削时的耐磨损性提高。若 λ_3/λ_1 为1.0以上,则存在覆膜3的韧性提高的趋势。另一方面,

若 λ_3/λ_1 为5.0以下,则存在容易得到由将第一单元层12和第三单元层17层叠而带来的抑制裂纹进展的效果的趋势。

[0230] λ_3/λ_1 可以为1.0以上,也可以为1.1以上,也可以为1.2以上,也可以为1.3以上,也可以为1.4以上,也可以为1.5以上,也可以为2.0以上。 λ_3/λ_1 可以为5.0以下,也可以为4.0以下,也可以为3.0以下。 λ_3/λ_1 可以为1.0以上且5.0以下,也可以为1.2以上且4.0以下,也可以为1.5以上且4.0以下,也可以为1.0以上且3.0以下,也可以为2.0以上且3.0以下。在图10中,为了说明,将三个第一单元层12的厚度全部表示为 λ_1 ,将三个第三单元层17的厚度全部表示为 λ_3 ,但只要在彼此相邻的第一单元层与第三单元层之间满足上述 λ_3/λ_1 的关系,则不需要三个第一单元层12的厚度 λ_1 相同,另外,不需要三个第三单元层17的厚度 λ_3 相同。

[0231] 在第1A层13A中,第一单元层12以及第三单元层17各自的层叠数可以为4以上且800以下,也可以为10以上且500以下。由此,通过层叠第一单元层12和第三单元层17,具有容易得到均衡地提高硬度和压缩残余应力的效果的趋势。在第1A层13A中,第一单元层12以及第三单元层17各自的层叠数可以为100以上且400以下,也可以为200以上且350以下。

[0232] 在第1A层13A中,第一单元层12以及第三单元层17各自的层叠数可以通过与第一实施方式中记载的第一单元层12以及第二单元层15各自的层叠数的测定方法同样的方法来求出。

[0233] <第2A层>

[0234] 如图8以及图9所示,覆膜3还包含配置于基材2与第1A层13A之间的第2A层16A,第2A层16A的组成可以与第一单元层12的组成或第三单元层17的组成相同。由此,能够提高基材2与覆膜3的紧贴性。

[0235] 在第2A层16A的组成与第一单元层12的组成相同的情况下,即使在切削初期第2A层16A露出的情况下,第2A层16A的滑动特性也良好,因此能够提高耐磨损性。

[0236] 在第2A层16A的组成与第一单元层12的组成相同的情况下,第2A层16A的厚度可以比第一单元层12的厚度厚。由此,能够进一步提高基材2与覆膜3的紧贴性。另外,即使在切削初期第2A层16A露出的情况下,第2A层16A的滑动特性也良好,因此能够提高耐磨损性。“第2A层的厚度比第一单元层的厚度厚”可以换言之为“第2A层的厚度超过第一单元层的厚度的1.0倍”。第2A层16A的厚度可以为第一单元层12的厚度的2.0倍以上,也可以为4.0倍以上,也可以为10.0倍以上。第2A层16A的厚度可以为第一单元层12的厚度的500倍以下,也可以为120倍以下,也可以为50倍以下。第2A层16A的厚度可以为第一单元层12的厚度的2.0倍以上且500倍以下,也可以为4.0倍以上且120倍以下,也可以为10.0倍以上且50倍以下。

[0237] 在第2A层16A的组成与第一单元层12的组成相同的情况下,第2A层16A的厚度可以为0.1 μm 以上。若第2A层16A的厚度小于0.1 μm ,则存在难以得到通过将第2A层16A设为与第一单元层12相同的组成而带来的提高耐磨损性的效果的趋势。在第2A层16A的组成与第一单元层12的组成相同的情况下,第2A层16A的厚度可以为0.3 μm 以上,也可以为0.4 μm 以上。第2A层16A的厚度的上限值没有特别限定,若超过2 μm ,则晶粒肥大化而产生晶界,因此存在难以得到提高耐磨损性的效果的趋势。因此,考虑到成本方面,可以将第2A层16A的厚度设为2 μm 以下。

[0238] 在第2A层16A的组成与第一单元层12的组成相同的情况下,如图8所示,也可以在第2A层16A的紧上方层叠第一单元层12。另外,如图9所示,也可以在第2A层16A的紧上方层

叠第二单元层15。在第2A层16A的组成与第一单元层12的组成相同、且在第2A层16A的紧上方层叠有第一单元层12的情况下,第2A层16A与第一单元层12具有连续的晶体结构。

[0239] 在第2A层16A的组成与第三单元层17的组成相同的情况下,第三单元层17具有应力小的趋势,因此尤其是在对刀尖反复施加负荷那样的铣削加工、立铣刀加工等断续加工中,能够提高覆膜3的耐剥离性。

[0240] 在第2A层16A的组成与第三单元层17的组成相同的情况下,第2A层16A的厚度可以比第三单元层17的厚度厚。由此,能够进一步提高基材2与覆膜3的紧贴性。另外,即使在切削初期第2A层16A露出,也能够抑制从基材2与覆膜3的界面起的氧化,并且阻断切削热。“第2A层的厚度比第三单元层的厚度厚”可以换言之为“第2A层的厚度超过第三单元层的厚度的1.0倍”。第2A层16A的厚度可以为第三单元层17的厚度的2.0倍以上,也可以为4.0倍以上,也可以为10.0倍以上。第2A层16A的厚度可以为第三单元层17的厚度的500倍以下,也可以为120倍以下,也可以为50倍以下。第2A层16A的厚度可以为第三单元层17的厚度的2.0倍以上且500倍以下,也可以为4.0倍以上且120倍以下,也可以为10.0倍以上且50倍以下。

[0241] 在第2A层16A的组成与第三单元层17的组成相同的情况下,第2A层16A的厚度可以为0.1 μm 以上。若第2A层16A的厚度小于0.1 μm ,则存在难以得到通过将第2A层16A设为与第三单元层17相同的组成而带来的抑制从基材2与覆膜3的界面起的氧化的效果和阻断切削热的效果的趋势。在第2A层16A的组成与第三单元层17的组成相同的情况下,第2A层16A的厚度可以为0.3 μm 以上,也可以为0.4 μm 以上。第2A层16A的厚度的上限值没有特别限定,若超过2 μm ,则晶粒肥大化而产生晶界,由此存在难以进一步提高上述的氧化的抑制效果的趋势。因此,考虑到成本方面,可以将第2A层16A的厚度设为2 μm 以下。

[0242] 在第2A层16A的组成与第三单元层17的组成相同的情况下,如图8所示,也可以在第2A层16A的紧上方层叠第一单元层12。另外,如图9所示,也可以在第2A层16A的紧上方层叠第三单元层17。在第2A层16A的组成与第三单元层17的组成相同的情况下、且在第2A层16A的紧上方层叠有第三单元层17的情况下,第2A层16A与第三单元层17具有连续的晶体结构。

[0243] <第3A层>

[0244] 如图6~图9所示,覆膜3还包含设置于第一层13的与基材2相反侧的第3A层14A,第3A层14A可以由AlVMcCN构成。其中,Me可以是硅、硼、钇、铈或镧。Me可以是与在第三单元层中使用的M相同的元素。由此,能够降低覆膜3的摩擦系数,实现切削工具1的长寿命化。

[0245] 一般而言,碳氮化物与氮化物相比,具有相对于被切削材料的摩擦系数低的趋势。认为这样的摩擦系数的降低是由碳原子的贡献所致。若覆膜3包含第3A层14A,则覆膜3相对于被切削材料的摩擦系数降低,切削工具1长寿命化。

[0246] 在第3A层14A中,通过调整N与C的组成比,能够赋予预定的颜色。由此,能够对切削工具1的外观赋予外观设计性以及识别性,在商业上是有用的。

[0247] 第3A层14A的厚度可以为0.1 μm 以上。若第3A层14A的厚度为0.1 μm 以上,则容易得到由第3A层14A带来的赋予润滑性的效果。另一方面,第3A层14A的厚度的上限值没有特别限定,若超过2 μm ,则存在无法进一步提高上述的赋予润滑性的效果的趋势。因此,考虑到成本方面,第3A层14A的厚度可以为2 μm 以下。

[0248] [实施方式3:切削工具的制造方法]

[0249] 在实施方式3中,对第一实施方式或第二实施方式的切削工具1的制造方法进行说明。该制造方法具备准备基材2的第一工序和在基材2上形成覆膜3的第二工序。第二工序包含形成第一层13或第1A层13A的工序。以下对各工序的详细情况进行说明。

[0250] <第一工序>

[0251] 在第一工序中,准备基材2。基材2可以使用第一实施方式中记载的基材2。

[0252] 在使用硬质合金作为基材2的情况下,可以使用市售的基材,也可以通过一般的粉末冶金法制造。在通过一般的粉末冶金法制造的情况下,通过球磨机等将WC粉末和Co粉末等混合而得到混合粉末。将该混合粉末干燥后,成形为预定的形状而得到成型体。通过进一步地对该成型体进行烧结,得到WC-Co系硬质合金(烧结体)。接着,通过对该烧结体实施珩磨处理等预定的刀尖加工,能够制造由WC-Co系硬质合金构成的基材。即使是上述以外的基材,只要是作为这种基材而以往公知的基材,均可以准备。

[0253] <第二工序>

[0254] 在第二工序中,在基材2上形成覆膜3。第二工序包含形成第一层13或第1A层13A的工序。

[0255] 在“形成第一层的工序”中,使用物理蒸镀(Physical Vapor Deposition;PVD)法,通过交替地层叠第一单元层12和第二单元层15而形成第一层13。在“形成第1A层的工序”中,使用PVD法交替地层叠第一单元层12和第三单元层17,由此形成第1A层13A。为了提高包含第一层13或第1A层13A的覆膜3的耐磨损性,形成由结晶性高的化合物构成的层是有效的。本发明的发明人对作为第一层13以及第一层13A的形成方法的各种方法进行了研究,结果发现,通过使用物理蒸镀法,能够形成由结晶性高的化合物构成的层,覆膜3具有优异的耐磨损性。

[0256] 作为PVD法,可以使用选自由阴极电弧离子镀膜法、平衡磁控溅射法、非平衡磁控溅射法以及HiPIMS(High Power Impulse Magnetron Sputtering)法组成的群组中的至少一种。尤其是,可以使用原料元素的离子化率高的阴极电弧离子镀膜法。在使用阴极电弧离子镀膜法的情况下,在形成第一层13或第1A层13A之前,能够对基材2的表面进行金属的离子轰击处理,因此基材2与包含第一层13或第1A层13A的覆膜3的紧贴性显著提高。

[0257] 阴极电弧离子镀膜法例如可以通过如下方式进行:在装置内设置基材2,并且设置靶作为阴极后,对靶施加高电压而产生电弧放电,由此使构成靶的原子离子化而蒸发,使物质堆积于基材2上。

[0258] 平衡磁控溅射法例如可以通过如下方式进行:在装置内设置基材2,并且在具备形成平衡磁场的磁铁的磁控管电极上设置靶,在磁控管电极与基材2之间施加高频电力而产生气体等离子体,使因该气体等离子体的产生而产生的气体的离子与靶碰撞,使从靶释放出的原子堆积在基材2上。

[0259] 非平衡磁控溅射法例如可以使通过上述的平衡磁控溅射法中的磁控管电极产生的磁场不平衡来进行。还可以使用能够施加高电压而得到致密的膜的HiPIMS法。

[0260] <其他工序>

[0261] 第二工序在形成第一层13或第1A层13A的工序的基础上,还可以包含使用了刷子的研磨、干式或湿式的喷丸等覆膜的表面处理工序。另外,第二工序可以包含形成第二层16、第2A层16A、第三层14、第3A层14A以及中间层等其他层的工序。其他层可以通过以往公

知的化学气相蒸镀法、物理蒸镀法来形成。在一个物理蒸镀装置内,从能够与第一单元层12、第二单元层15或第三单元层17连续地形成其他层的观点出发,其他层优选通过物理蒸镀法来形成。

[0262] 实施例

[0263] 通过实施例,对本实施方式进一步具体地进行说明。但是,本实施方式并不限定于这些实施例。

[0264] [实施例1]

[0265] <试样1~试样25、试样101~试样106>

[0266] 《切削工具的制作》

[0267] 图11是本实施例中使用的阴极电弧离子镀装置的示意性的剖视图,图12是图11的装置的概要俯视图。

[0268] 在图11以及图12的装置中,在腔室101内安装有作为覆膜3的金属原料的合金制的靶即第一单元层用的阴极106、第二单元层用的阴极107以及第三层用的阴极120、用于设置基材的旋转式的基材保持件104。阴极106的组成以得到表1的第一单元层的组成的方式进行调整。阴极107的组成以得到表1的第二单元层的组成的方式进行调整。阴极120的组成以得到表2的第三层的组成的方式进行调整。

[0269] 在阴极106安装有电弧电源108,在阴极107安装有电弧电源109,在阴极120安装有电弧电源(未图示)。另外,在基材保持件104安装有偏置电源110。另外,在腔室101内设置有导入气体102的气体导入口105,并且为了调节腔室101内的压力而设置有气体排出口103,形成为能够利用真空泵从气体排出口103吸引腔室101内的气体102的结构。

[0270] 在基材保持件104上装配有作为基材的等级为JIS标准P30的硬质合金且形状为JIS标准的CNMG120408的芯片和住友电工硬质合金株式会社制造的SEMT13T3AGSN的芯片。

[0271] 接着,利用真空泵对腔室101内进行减压,并且一边使基材旋转一边利用设置于装置内的加热器将温度加热至500°C,进行抽真空直至腔室101内的压力达到 1.0×10^{-4} Pa。接着,从气体导入口导入氩气,将腔室101内的压力保持为2.0Pa,逐渐提高偏置电源110的电压而设为-1000V,进行15分钟的基材的表面的清洁。之后,通过从腔室101内排出氩气来清洗基材(氩轰击处理)。通过以上,准备了各试样的切削工具的基材。

[0272] 接着,在使基材在中央旋转的状态下,一边导入氩气以及氮气作为反应气体,一边在将基材的温度维持在400°C、将反应气体压力维持在3.0Pa、将偏置电源110的电压维持在-50V~-200V的范围的预定的恒定值的状态下,分别向阴极106、阴极107供给100A的电弧电流,由此从阴极106、阴极107产生金属离子,在基材上形成具有表2所示的组成的第二层以及具有表1所示的组成的第一层。在此导入氩气的目的在于对形成第一单元层 $W(C_{1-a}N_a)_x$ 的情况下使用的WC阴极的表面进行清洁。在本公开的制造方法中,基材的温度为400°C,低于现有的氮化物膜的形成温度600°C。其理由如下。本发明的发明人发现,在将基材的温度设为600°C来进行成膜的情况下,存在覆膜的硬度降低的趋势。对其理由进行了研究,推测是因为在将基材的温度设为600°C来进行成膜的情况下,第一单元层用的阴极所包含的碳(C)在所形成的覆膜中成为游离碳并析出。本发明的发明人进行了深入研究的结果是发现通过将基材的温度设为400°C来进行成膜,即使在高温下也能够维持优异的硬度,形成耐磨损性优异的覆膜。

[0273] 在形成有第二层的情况下,第一层通过在该第二层上分别将第一单元层和第二单元层逐层交替地层叠表1所示的层叠数而形成。在未形成第二层的情况下,第一层通过在基材上分别将第一单元层和第二单元层逐层交替地层叠表1所示的层叠数而形成。另外,第二层的厚度、第一层中的第一单元层以及第二单元层各自的厚度以及层叠数通过基材的旋转速度来调整。然后,在第二层以及第一层的厚度分别达到表1以及表2所示的厚度时,停止向蒸发源供给的电流。

[0274] 接着,一边向腔室101内导入氩气、氮气以及甲烷气体作为反应气体,一边在将基材的温度维持在400°C、将反应气体压力维持在2.0Pa、将偏置电源110的电压维持在-350V的状态下,向阴极120供给80A的电弧电流,从而从阴极120产生金属离子,在第一层上形成了第三层。在第三层的厚度达到表2所示的厚度时,停止向蒸发源供给的电流。氮气的导入量和甲烷气体的导入量以得到表2的第三层的组成的方式进行调整。通过以上,制作了各试样的切削工具。

[0275] 表1

[0276]

试样 No.	第一层								
	第一单元层(W(C _{1-a} N _a) _x)				第二单元层(Al _c V _{1-c} N)		λ_2/λ_1	层叠数	厚度 [μm]
	a	x	平均 厚度 [μm]	六方晶型 晶体结构	c	平均厚度 [μm]			
1	0.30	0.80	0.005	有	0.60	0.006	1.2	300	3.3
2	0.30	1.00	0.006	有	0.60	0.008	1.3	240	3.4
3	0.30	1.20	0.007	有	0.65	0.010	1.4	200	3.4
4	0.55	1.00	0.010	有	0.70	0.012	1.2	300	6.6
5	0.80	0.80	0.100	有	0.60	0.150	1.5	13	3.3
6	0.80	1.00	0.150	有	0.50	0.180	1.2	40	13.2
7	0.80	1.20	0.015	有	0.55	0.025	1.7	75	3.0
8	0.35	0.85	0.003	有	0.40	0.005	1.7	400	3.2
9	0.40	0.90	0.005	有	0.60	0.020	4.0	500	12.5
10	0.45	1.00	0.007	有	0.80	0.012	1.7	160	3.0
11	0.50	1.10	0.005	有	0.65	0.004	0.8	330	3.0
12	0.60	1.10	0.008	有	0.75	0.008	1.0	200	3.2
13	0.65	1.00	0.050	有	0.80	0.125	2.5	20	3.5
14	0.70	0.90	0.030	有	0.65	0.150	5.0	18	3.2
15	0.75	0.90	0.005	有	0.65	0.030	6.0	90	3.2
16	0.60	1.10	0.007	有	0.40	0.009	1.3	210	3.4
17	0.60	1.00	0.002	有	0.50	0.002	1.0	800	3.2
18	0.50	1.00	0.200	有	0.55	0.200	1.0	8	3.2
19	0.50	1.00	0.300	有	0.60	0.400	1.3	4	2.8
20	0.55	1.00	0.005	有	0.60	0.008	1.6	250	3.3
21	0.60	1.10	0.006	有	0.70	0.008	1.3	250	3.5
22	0.50	1.00	0.006	有	0.70	0.008	1.3	250	3.5
23	0.55	1.00	0.006	有	0.40	0.008	1.3	200	2.8
24	0.45	0.90	0.006	有	0.65	0.008	1.3	35	0.5
25	0.50	0.90	0.006	有	0.60	0.008	1.3	1070	15.0
101	0.20	0.70	0.005	无	0.60	0.006	1.2	300	3.3
102	0.90	1.30	0.005	无	0.60	0.006	1.2	300	3.3
103	0.35	0.85	0.003	有	0.30	0.005	1.7	400	3.2
104	0.45	1.00	0.007	有	0.90	0.012	1.7	160	3.0
105	0.45	1.00	3.000	有	-	-	-	1	3.0
106	-	-	-	-	0.65	3.000	-	1	3.0

[0277] 表2

[0278]

试样 No.	第二层		第三层		覆膜的 厚度 [μm]	切削试验 1 切削时间 [分钟]	切削试验 2 切削长度 [μm]
	组成	厚度 [μm]	组成	厚度 [μm]			
1	-	-	-	-	3.3	80	7.5
2	-	-	-	-	3.4	75	7.2
3	-	-	-	-	3.4	83	7.6
4	-	-	-	-	6.6	95	8.1
5	-	-	-	-	3.3	80	7.6
6	-	-	-	-	13.2	110	8.5
7	-	-	-	-	3.0	81	7.7
8	-	-	-	-	3.2	83	7.7
9	-	-	-	-	12.5	104	8.3
10	-	-	-	-	3.0	85	7.6
11	-	-	-	-	3.0	52	4.0
12	-	-	-	-	3.2	86	7.8
13	-	-	-	-	3.5	83	7.4
14	-	-	-	-	3.2	93	7.7
15	-	-	-	-	3.2	55	4.2
16	-	-	-	-	3.4	86	7.5
17	-	-	-	-	3.2	85	7.5
18	-	-	-	-	3.2	82	7.2
19	-	-	-	-	2.8	72	7.0
20	W(C _{0.45} N _{0.55})	0.5	-	-	3.8	87	7.8
21	Al _{0.70} V _{0.30} N	0.5	-	-	4.0	86	7.8
22	-	-	Al _{0.70} V _{0.30} CN	0.6	4.1	98	8.1
23	W(C _{0.45} N _{0.55})	0.7	Al _{0.40} V _{0.60} CN	0.8	4.3	101	8.2
24	-	-	-	-	0.5	70	4.5
25	-	-	-	-	15.0	101	8.2
101	-	-	-	-	3.3	26	2.6
102	-	-	-	-	3.3	27	2.8
103	-	-	-	-	3.2	25	2.5
104	-	-	-	-	3.0	23	2.0
105	-	-	-	-	3.0	20	1.2
106	-	-	-	-	3.0	22	1.5

[0279] 《评价》

[0280] 对于各试样所涉及的切削工具,对第一单元层的组成、第二单元层的组成、第二层的组成、第三层的组成、第一单元层以及第二单元层各自的层叠数、第一单元层的平均厚度、第二单元层的平均厚度、第一层的厚度、第二层的厚度、第三层的厚度、 λ_2/λ_1 以及第一单元层的晶体结构、覆膜的硬度进行测定。

[0281] <第一单元层的组成的测定>

[0282] 对于各试样的切削工具,通过第一实施方式中记载的方法,对第一单元层的组成进行测定,得到W(C_{1-a}N_a)_x中的a以及x的值。将结果记载于表1的“a”以及“x”一栏。在表1中,在“a”一栏以及“x”一栏中记载为“-”的情况表示不存在第一单元层。

[0283] <第二单元层的组成的测定>

[0284] 对于各试样的切削工具,通过第一实施方式中记载的方法,对第二单元层的组成进行测定,得到Al_cV_{1-c}N中的c的值。将结果记载于表1的“c”一栏。在表1中,在“c”一栏中记载为“-”的情况表示不存在第二单元层。

[0285] <第二层的组成以及第三层的组成的测定>

[0286] 对于各试样的切削工具,通过第一实施方式中记载的方法求出第二层以及第三层的组成。将结果记载于表2的“第二层”的“组成”一栏、“第三层”的“组成”一栏。在表2的“第二层”的“组成”一栏中记载为“-”的情况表示不存在第二层,在“第三层”的“组成”一栏中记载为“-”的情况表示不存在第三层。

[0287] <层叠数的测定>

[0288] 对于各试样的切削工具,通过第一实施方式中记载的方法求出第一单元层以及第二单元层各自的层叠数。例如,层叠数为10表示交替层包含10层第一单元层和10层第二单元层。将得到的结果分别记载于表1的“层叠数”一栏。

[0289] <第一单元层的平均厚度、第二单元层的平均厚度、第一层的厚度、第二层的厚度以及第三层的厚度的测定>

[0290] 对于各试样的切削工具,通过第一实施方式中记载的方法求出第一单元层的平均厚度、第二单元层的平均厚度、第一层的厚度、第二层的厚度以及第三层的厚度。将得到的结果记载于表1的“第一单元层”的“平均厚度[μm]”、“第二单元层”的“平均厚度[μm]”、“第一层”的“厚度[μm]”、表2的“第二层”的“厚度[μm]”、“第三层”的“厚度[μm]”一栏。在表2的“第二层”的“厚度[μm]”一栏中记载为“-”的情况表示不存在第二层。在表2的“第三层”的“厚度[μm]”一栏中记载为“-”的情况表示不存在第三层。

[0291] < λ_2/λ_1 的测定>

[0292] 对于各试样的切削工具,通过第一实施方式中记载的方法求出 λ_2/λ_1 。将得到的结果记载于表1的“ λ_2/λ_1 ”一栏。需要说明的是,在表1的“ λ_2/λ_1 ”一栏中记载为“-”的情况表示不存在第一单元层以及第二单元层中的至少任意一个。

[0293] <第一单元层的晶体结构的测定>

[0294] 对于各试样的切削工具,通过对第一单元层进行XRD测定,确认第一单元层是否具有六方晶型的晶体结构。具体的方法如第一实施方式所述。将结果示于表1的“第一单元层”的“六方晶型晶体结构”一栏。“有”的记载表示第一单元层具有六方晶型的晶体结构,“无”的记载表示第一单元层不具有六方晶型的晶体结构。需要说明的是,在对第二单元层的晶体结构进行测定时,确认到在全部的试样中,第二单元层包含立方晶型的晶体结构。

[0295] <覆膜的硬度的测定>

[0296] 在试样1~试样25中,通过第一实施方式中记载的方法,对覆膜的硬度进行测定。确认到这些试样的覆膜的硬度在30GPa以上且55GPa以下的范围内。

[0297] <切削试验1:连续车削试验>

[0298] 对于各试样的CNMG120408形状的切削工具,在以下的切削条件下执行干式的连续车削试验,对刀尖的后刀面磨损量达到0.2mm为止的时间进行测定。将结果记载于表2的“切削时间[分钟]”一栏。切削时间长表示工具寿命长。

[0299] 《切削条件》

[0300] • 被切削材料:SCM440 (HB=300)

[0301] • 切削速度:260m/min

[0302] • 进给速度:0.3mm/rev

[0303] • 切口:2.0mm

[0304] • 冷却剂:干式

[0305] 在上述切削条件下执行的切削加工是难切削材料的高速高效率加工,相当于在刀尖温度高的条件下执行的切削加工。

[0306] 试样1~试样25的切削工具相当于实施例,试样101~试样106的切削工具相当于比较例。确认到试样1~试样25的切削工具与试样101~试样106的切削工具相比,在刀尖温度高的条件下执行的切削加工中,具有较长的工具寿命。

[0307] <切削试验2:铣削试验>

[0308] 对于各试样的SEMT13T3AGSN形状的切削工具,将由难切削材料构成的宽度为150mm的板的中心线和宽度比其宽的 $\phi 160\text{mm}$ 的刀具的中心对准,在以下的切削条件下执行表面铣削,对刀尖的后刀面磨损量达到0.2mm为止的切削长度进行测定。将结果记载于表2的“切削长度[km]”一栏。切削长度长表示工具寿命长。

[0309] 《切削条件》

[0310] 被切削材料:SKD11(HB=235)

[0311] • 切削速度:190m/min

[0312] • 进给速度:0.15mm/t

[0313] • 轴向切口 a_p :1.5mm

[0314] • 径向切口 a_e :150mm

[0315] • 冷却剂:干式

[0316] 在上述切削条件下执行的切削加工是难切削材料的高速高效率以及干式条件下的铣削加工,相当于在刀尖温度高的条件下执行的切削加工。

[0317] 试样1~试样25的切削工具相当于实施例,试样101~试样106的切削工具相当于比较例。确认到试样1~试样25的切削工具与试样101~试样106的切削工具相比,在刀尖温度高的条件下执行的切削加工中,具有较长的工具寿命。

[0318] [实施例2]

[0319] <试样51~试样85、试样151~试样176>

[0320] 《切削工具的制作》

[0321] 通过与实施例1同样的方法,准备各试样的基材。在使基材在中央旋转的状态下,一边导入氩气和氮气作为反应气体,一边在将基材的温度维持在 450°C 、将反应气体压力维持在2.0Pa、将偏置电源110的电压维持在 $-50\text{V} \sim -200\text{V}$ 的范围的预定的恒定值的状态下,分别向阴极106、阴极107供给100A的电弧电流,由此从阴极106、阴极107产生金属离子,在基材上形成具有表3~表6所示的组成的第2A层以及第1A层。阴极106的组成以得到表3~表4的第一单元层的组成的方式进行调整。另外,阴极107的组成以得到表3~表4的第三单元层的组成的方式进行调整。阴极120的组成以得到表5~表6的第3A层的组成的方式进行调整。在本公开的制造方法中,基材的温度为 450°C ,低于现有的氮化物膜的形成温度 600°C 。其理由如下。本发明的发明人发现,在将基材的温度设为 600°C 来进行成膜的情况下,存在覆膜的硬度降低的趋势。对其理由进行了研究,推测是因为在将基材的温度设为 600°C 来进行成膜的情况下,第一单元层用的阴极所包含的碳(C)在所形成的覆膜中成为游离碳并析出。本发明的发明人进行了深入研究的结果是发现通过将基材的温度设为 450°C 来进行成膜,即使在高温下也能够维持优异的硬度,形成耐磨损性优异的覆膜。

[0322] 在形成有第2A层的情况下,第1A层通过在第2A层上将第一单元层和第三单元层逐层交替地层叠表3~表4所示的层叠数而形成。在未形成第2A层的情况下,第1A层通过在基材上将第一单元层和第三单元层逐层交替地层叠表3~表4所示的层叠数而形成。另外,第2A层的厚度、第1A层中的第一单元层以及第三单元层各自的厚度以及层叠数通过基材的旋转速度进行调整。然后,在第2A层以及第1A层的厚度分别达到表3~表6所示的厚度时,停止向蒸发源供给的电流。

[0323] 接着,一边向腔室101内导入氩气、氮气和甲烷气体作为反应气体,一边在将基材的温度维持为350°C、将反应气体压力维持为2.0Pa、将偏置电源110的电压维持为-350V的状态下,向阴极120供给100A的电弧电流,由此从阴极120产生金属离子,在第1A层上形成了第3A层。在第3A层的厚度达到表5~表6所示的厚度时,停止向蒸发源供给的电流。氮气的导入量和甲烷气体的导入量以得到表5~表6的第3A层的组成的方式进行调整。通过以上,制作了各试样的切削工具。

[0324] 表3

试样 No.	第 1A 层										
	第一单元层 (W(C _{1-a} N _a) _x)				第三单元层 (Al _d V _{1-d} eMeN)				λ ₃ /λ ₁	层叠数	厚度 [μm]
	a	x	平均 厚度 [μm]	六方晶型 晶体结构	d	e	M	平均 厚度 [μm]			
51	0.30	0.80	0.005	有	0.40	0.01	Si	0.006	1.2	300	3.3
52	0.30	1.20	0.005	有	0.40	0.05	Si	0.007	1.4	280	3.4
53	0.50	1.00	0.004	有	0.60	0.03	Si	0.008	2.0	260	3.1
54	0.80	0.80	0.006	有	0.70	0.01	Si	0.020	3.3	140	3.6
55	0.80	1.20	0.010	有	0.80	0.05	Si	0.050	5.0	50	3.0
56	0.30	0.80	0.015	有	0.40	0.01	B	0.019	1.3	190	6.5
57	0.70	0.95	0.050	有	0.60	0.05	B	0.060	1.2	100	11.0
58	0.50	1.00	0.100	有	0.70	0.01	B	0.100	1.0	15	3.0
59	0.80	1.20	0.150	有	0.80	0.05	B	0.180	1.2	10	3.3
60	0.30	0.80	0.006	有	0.40	0.01	Y	0.013	2.2	200	3.8
61	0.50	1.00	0.007	有	0.60	0.05	Y	0.024	3.4	100	3.1
62	0.35	0.95	0.008	有	0.70	0.01	Y	0.010	1.3	150	2.7
63	0.80	1.20	0.005	有	0.80	0.05	Y	0.006	1.2	250	2.8
64	0.30	0.80	0.005	有	0.40	0.01	Ce	0.007	1.4	250	3.0
65	0.60	0.95	0.006	有	0.60	0.05	Ce	0.008	1.3	250	3.5
66	0.50	1.00	0.005	有	0.70	0.01	Ce	0.005	1.0	300	3.0
67	0.80	1.20	0.007	有	0.80	0.05	Ce	0.009	1.3	220	3.5
68	0.30	0.80	0.005	有	0.40	0.01	La	0.015	3.0	180	3.6
69	0.60	1.00	0.005	有	0.60	0.05	La	0.020	4.0	110	2.8
70	0.50	1.00	0.006	有	0.70	0.01	La	0.008	1.3	250	3.5
71	0.80	1.20	0.006	有	0.80	0.05	La	0.012	2.0	200	3.6
72	0.60	1.00	0.006	有	0.40	0.03	Si	0.004	0.7	300	3.0
73	0.60	1.10	0.005	有	0.40	0.02	B	0.005	1.0	280	2.8
74	0.55	1.00	0.005	有	0.50	0.03	Y	0.013	2.5	200	3.5
75	0.55	1.00	0.005	有	0.60	0.03	Ce	0.025	5.0	100	3.0
76	0.60	0.95	0.005	有	0.65	0.03	La	0.030	6.0	80	2.8
77	0.65	1.00	0.001	有	0.70	0.02	Si	0.004	4.0	600	3.0
78	0.60	1.00	0.002	有	0.80	0.03	B	0.002	1.0	800	3.2
79	0.60	1.00	0.200	有	0.50	0.01	Y	0.200	1.0	10	4.0
80	0.55	0.95	0.300	有	0.55	0.02	Ce	0.200	0.7	10	5.0
81	0.60	0.95	0.050	有	0.55	0.02	La	0.060	1.2	30	3.3
82	0.60	1.00	0.100	有	0.60	0.02	Si	0.120	1.2	15	3.3
83	0.60	1.00	0.150	有	0.50	0.03	B	0.180	1.2	10	3.3
84	0.60	1.05	0.030	有	0.55	0.03	Y	0.090	3.0	4	0.5
85	0.65	1.00	0.070	有	0.50	0.01	Ce	0.090	1.3	94	15.0

[0325]

[0326] 表4

[0327]

试样 No.	第 1A 层										
	第一单元层 (W(C _{1-a} N _a) _x)				第三单元层 (Al _d V _{1-d-e} M _e N)				λ ₃ /λ ₁	层叠数	厚度 [μm]
	a	x	平均 厚度 [μm]	六方晶型 晶体结构	d	e	M	平均 厚度 [μm]			
151	0.20	0.70	0.005	无	0.40	0.01	Si	0.006	1.2	300	3.3
152	0.90	1.30	0.010	无	0.80	0.05	Si	0.050	5.0	50	3.0
153	0.30	0.80	0.005	有	0.30	0.06	Si	0.006	1.2	300	3.3
154	0.80	1.20	0.010	有	0.90	0.06	Si	0.050	5.0	50	3.0
155	0.30	0.80	0.015	有	0.30	0.06	B	0.019	1.3	190	6.5
156	0.80	1.20	0.150	有	0.90	0.05	B	0.180	1.2	10	3.3
157	0.20	0.70	0.015	无	0.40	0.01	B	0.019	1.3	190	6.5
158	0.90	1.30	0.050	无	0.80	0.01	B	0.100	2.0	15	2.3
159	0.30	0.80	0.006	有	0.30	0.06	Y	0.013	2.2	200	3.8
160	0.80	1.20	0.005	有	0.90	0.05	Y	0.006	1.2	250	2.8
161	0.20	0.70	0.006	无	0.40	0.01	Y	0.013	2.2	200	3.8
162	0.90	1.30	0.005	无	0.80	0.05	Y	0.006	1.2	250	2.8
163	0.30	0.80	0.005	有	0.30	0.06	Ce	0.007	1.4	250	3.0
164	0.80	1.20	0.007	有	0.90	0.02	Ce	0.009	1.3	220	3.5
165	0.20	0.70	0.005	无	0.40	0.01	Ce	0.007	1.4	250	3.0
166	0.90	1.30	0.007	无	0.80	0.05	Ce	0.009	1.3	220	3.5
167	0.20	0.70	0.005	无	0.40	0.01	La	0.015	3.0	180	3.6
168	0.90	1.30	0.006	无	0.80	0.05	La	0.012	2.0	200	3.6
169	0.30	0.80	0.005	有	0.30	0.06	La	0.015	3.0	180	3.6
170	0.80	1.20	0.006	有	0.90	0.02	La	0.012	2.0	200	3.6
171	0.50	1.00	3.100	有	-	-	-	-	-	-	3.1
172	-	-	-	-	0.60	0.03	Si	3.100	-	-	3.1
173	-	-	-	-	0.80	0.05	B	3.300	-	-	3.3
174	-	-	-	-	0.60	0.05	Y	3.100	-	-	3.1
175	-	-	-	-	0.60	0.05	Ce	3.500	-	-	3.5
176	-	-	-	-	0.60	0.05	La	2.800	-	-	2.8

[0328] 表5

[0329]

试样 No.	第 2A 层		第 3A 层		覆膜的 厚度 [μm]	切削试验 3 切削时间 [分钟]	切削试验 4 切削长度 [km]
	组成	厚度 [μm]	组成	厚度 [μm]			
51	-	-	-	-	3.3	87	7.8
52	-	-	-	-	3.4	85	7.7
53	-	-	-	-	3.1	87	7.7
54	-	-	-	-	3.6	92	8.2
55	-	-	-	-	3.0	91	8.1
56	-	-	-	-	6.5	107	9.7
57	-	-	-	-	11.0	111	9.9
58	-	-	-	-	3.0	83	7.2
59	-	-	-	-	3.3	86	7.6
60	-	-	-	-	3.8	88	7.7
61	-	-	-	-	3.1	93	8.5
62	-	-	-	-	2.7	83	7.2
63	-	-	-	-	2.8	84	7.3
64	-	-	-	-	3.0	80	7.1
65	-	-	-	-	3.5	84	7.4
66	-	-	-	-	3.0	83	7.1
67	-	-	-	-	3.5	87	7.6
68	-	-	-	-	3.6	93	8.7
69	-	-	-	-	2.8	91	8.3
70	-	-	-	-	3.5	85	7.0
71	-	-	-	-	3.6	82	6.9
72	-	-	-	-	3.0	74	6.6
73	-	-	-	-	2.8	86	7.3
74	-	-	-	-	3.5	87	7.6
75	-	-	-	-	3.0	91	8.1
76	-	-	-	-	2.8	71	6.3
77	-	-	-	-	3.0	83	7.3
78	-	-	-	-	3.2	81	7.0
79	WC _{0.40} N _{0.60}	0.6	-	-	4.6	88	7.8
80	-	-	-	-	5.0	97	8.9
81	Al _{0.55} V _{0.43} La _{0.02} N	0.5	-	-	3.8	93	8.8
82	-	-	Al _{0.60} V _{0.38} Si _{0.02} CN	0.5	3.8	101	9.3
83	WC _{0.40} N _{0.60}	0.7	Al _{0.50} V _{0.47} B _{0.03} CN	0.6	4.6	106	9.8
84	-	-	-	-	0.5	81	6.9
85	-	-	-	-	15.0	107	9.7

[0330] 表6

试样 No.	第 2A 层		第 3A 层		覆膜的 厚度 [μm]	切削试验 3 切削时间 [分钟]	切削试验 4 切削长度 [km]
	组成	厚度 [μm]	组成	厚度 [μm]			
151	-	-	-	-	3.3	30	2.7
152	-	-	-	-	3.0	27	2.5
153	-	-	-	-	3.3	30	2.6
154	-	-	-	-	3.0	26	2.3
155	-	-	-	-	6.5	33	3.1
156	-	-	-	-	3.3	29	2.0
157	-	-	-	-	6.5	29	2.5
158	-	-	-	-	2.3	27	2.2
159	-	-	-	-	3.8	33	3.1
160	-	-	-	-	2.8	26	2.4
161	-	-	-	-	3.8	33	2.8
162	-	-	-	-	2.8	25	2.2
163	-	-	-	-	3.0	27	2.1
164	-	-	-	-	3.5	28	2.1
165	-	-	-	-	3.0	29	2.6
166	-	-	-	-	3.5	27	2.5
167	-	-	-	-	3.6	26	2.3
168	-	-	-	-	3.6	30	2.5
169	-	-	-	-	3.6	31	2.6
170	-	-	-	-	3.6	34	3.0
171	-	-	-	-	3.1	20	1.2
172	-	-	-	-	3.1	22	1.4
173	-	-	-	-	3.3	23	1.5
174	-	-	-	-	3.1	21	1.3
175	-	-	-	-	3.5	25	2.1
176	-	-	-	-	2.8	23	2.1

[0331]

[0332] 《评价》

[0333] 对于各试样所涉及的切削工具,对第一单元层的组成、第三单元层的组成、第2A层的组成、第3A层的组成、第一单元层以及第三单元层各自的层叠数、第一单元层的平均厚度、第三单元层的平均厚度、第1A层的厚度、第2A层的厚度、第3A层的厚度、 λ_3/λ_1 以及第一单元层的晶体结构、覆膜的硬度进行测定。各项的测定方法如实施例1所述。将结果示于表3~表6。

[0334] <覆膜的硬度的测定>

[0335] 在试样51~试样85中,通过第一实施方式中记载的方法,对覆膜的硬度进行测定。确认到这些试样的覆膜的硬度在30GPa以上且55GPa以下的范围内。

[0336] <切削试验3:连续车削试验>

[0337] 对于各试样的CNMG120408形状的切削工具,在以下的切削条件下执行干式的连续车削试验,对刀尖的后刀面磨损量达到0.2mm为止的时间进行测定。将结果记载于表5~表6的“切削时间[分钟]”一栏。另外,在表5~表6中,切削时间长表示工具寿命长。

[0338] (切削条件)

[0339] • 被切削材料:铬镍铁合金(Inconel)718(时效材料:HB=400)

[0340] • 切削速度:70m/min

[0341] • 进给速度:0.15mm/rev

[0342] • 切口:1.0mm

[0343] • 冷却剂:干式

[0344] 在上述切削条件下执行的切削加工是难切削材料的高速高效率加工,相当于在刀尖温度高的条件下执行的切削加工。

[0345] 试样51~试样85的切削工具相当于实施例,试样151~试样176的切削工具相当于比较例。确认到试样51~试样85的切削工具与试样151~试样176的切削工具相比,在刀尖温度高的条件下执行的切削加工中,具有较长的工具寿命。

[0346] <切削试验4:铣削试验>

[0347] 对于各试样的SEMT13T3AGSN形状的切削工具,将由难切削材料构成的宽度为150mm的板的中心线和宽度比其宽的 $\phi 160\text{mm}$ 的刀具的中心对准,在以下的切削条件下执行表面铣削,对刀尖的后刀面磨损量达到0.2mm为止的切削长度进行测定。将结果记载于表5~表6的“切削长度[km]”一栏。需要说明的是,在表5~表6中,切削长度长表示工具寿命长。

[0348] 《切削条件》

[0349] • 被切削材料:FCD700 (HB=250)

[0350] • 切削速度:260m/min

[0351] • 进给速度:0.2mm/t

[0352] • 轴向切口 a_p :2.0mm

[0353] • 径向切口 a_e :150mm

[0354] • 冷却剂:干式

[0355] 在上述切削条件下执行的切削加工是难切削材料的高速高效率以及干式条件下的铣削加工,相当于在刀尖温度高的条件下执行的切削加工。

[0356] 试样51~试样85的切削工具相当于实施例,试样151~试样176的切削工具相当于比较例。确认到试样51~试样85的切削工具与试样151~试样176的切削工具相比,在刀尖温度高的条件下执行的切削加工中,具有较长的工具寿命。

[0357] 如以上那样对本公开的实施方式以及实施例进行了说明,但从最初起也预定将上述的各实施方式以及实施例的构成适当组合或进行各种变形。

[0358] 应当认为本次公开的实施方式以及实施例在所有方面都是示例,而不是限制性的。本发明的范围不是由上述的实施方式以及实施例表示,而是由权利要求书表示,意图包含与权利要求书等同的意思以及范围内的全部变更。

[0359] 附图标记说明

[0360] 1:切削工具;2:基材;3:覆膜;12:第一单元层;13:第一层;13A:第1A层;14:第三层;14A:第3A层;15:第二单元层;16:第二层;16A:第2A层;17:第三单元层;101:腔室;102:气体;103:气体排出口;104:基材保持件;105:气体导入口;106、107、120:阴极;108、109:电弧电源;110:偏置电源。

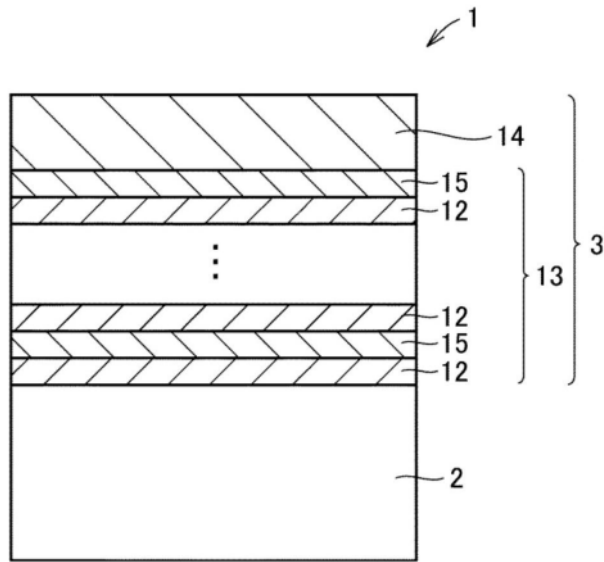


图1

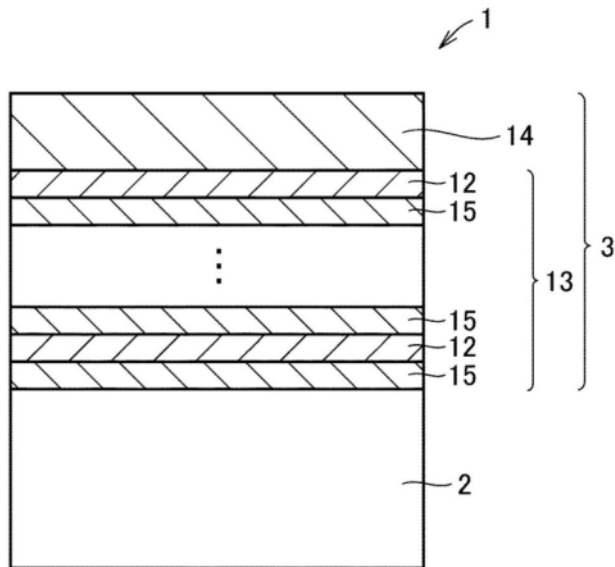


图2

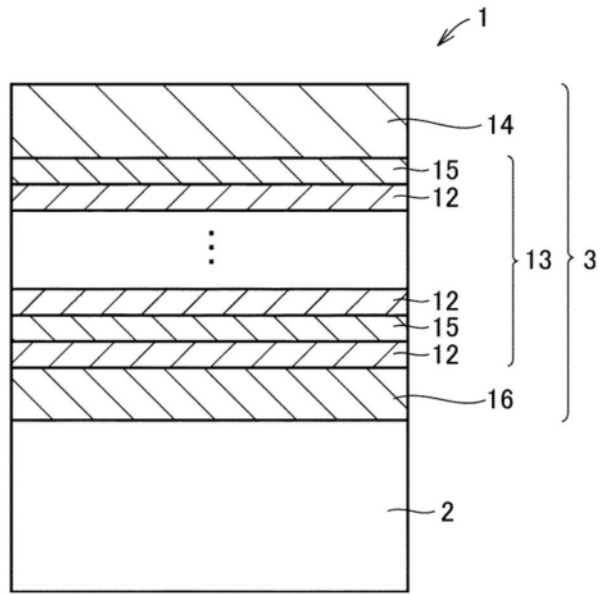


图3

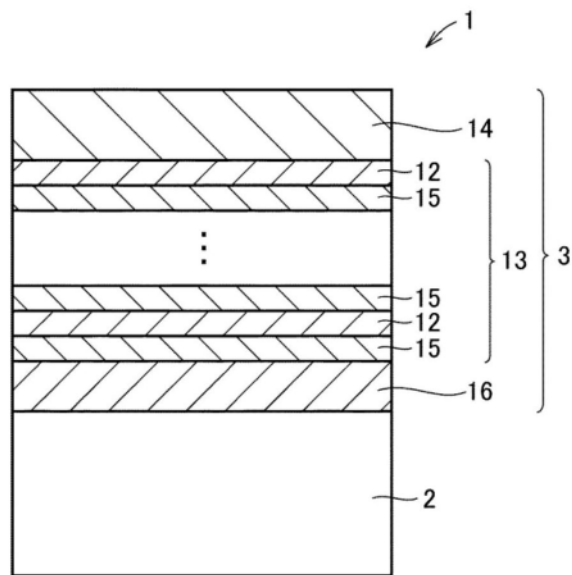


图4

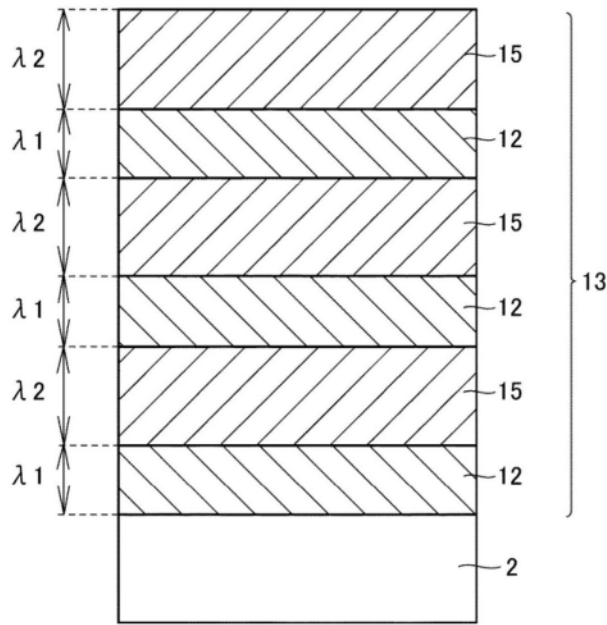


图5

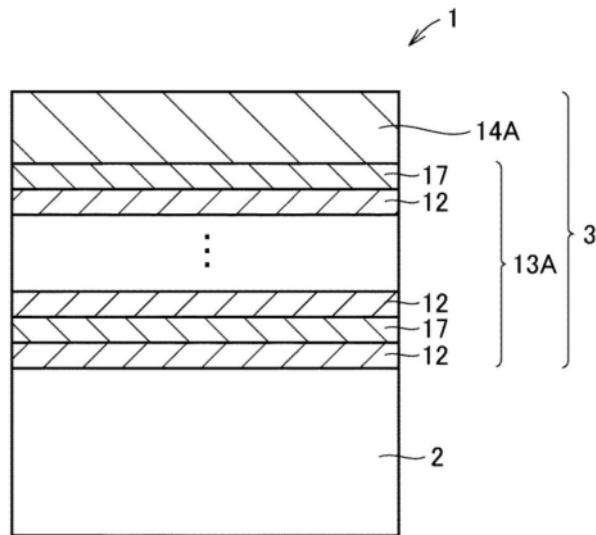


图6

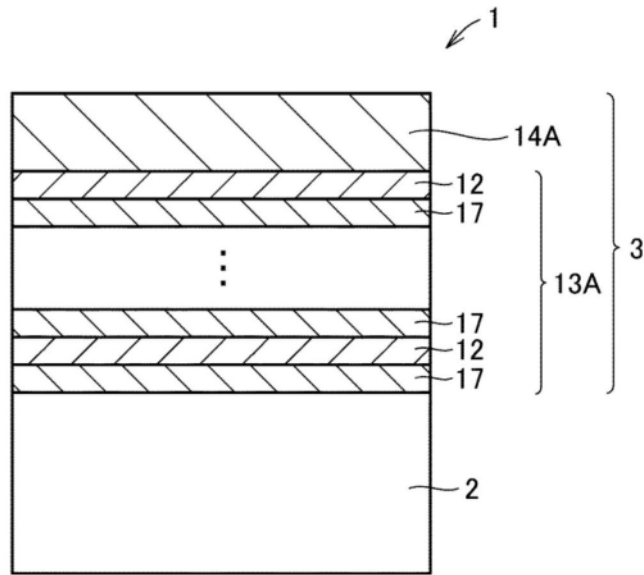


图7

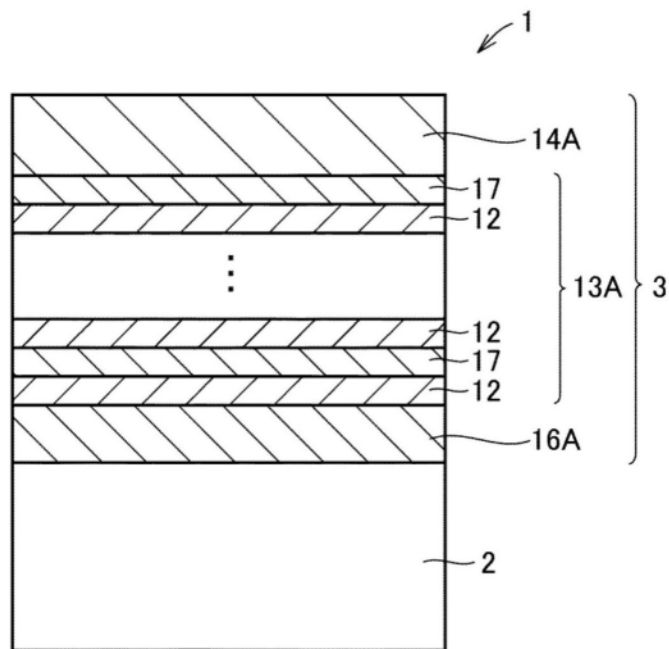


图8

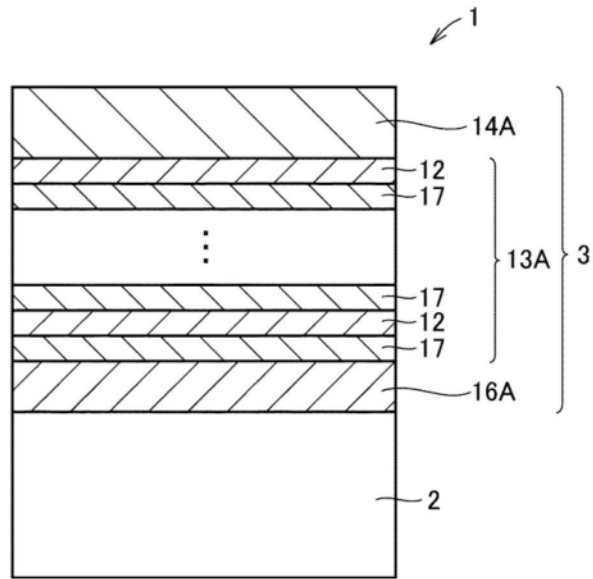


图9

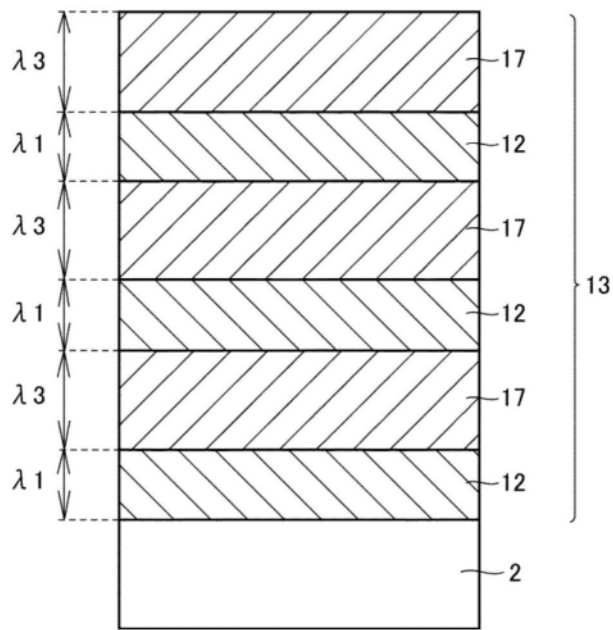


图10

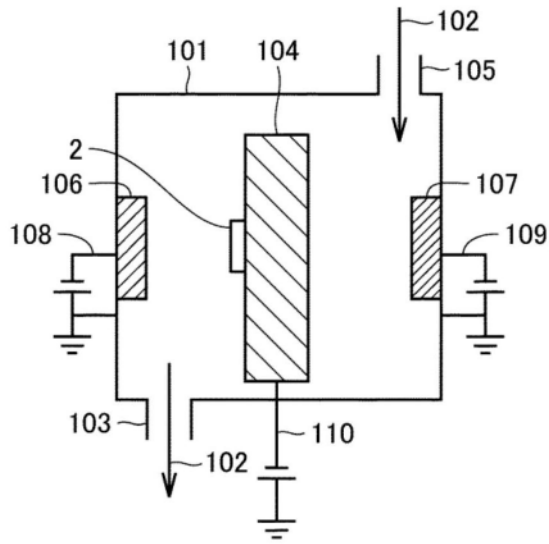


图11

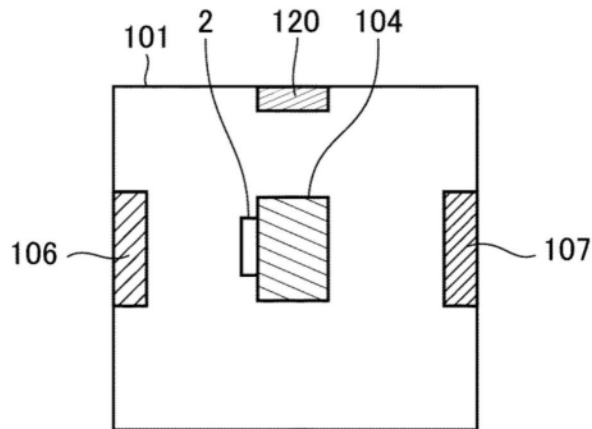


图12