



(21)申請案號：112145350

(22)申請日：中華民國 112 (2023) 年 11 月 23 日

(51)Int. Cl. : **B23B27/14 (2006.01)**

(30)優先權：2023/04/28 世界智慧財產權組織 PCT/JP2023/016837

(71)申請人：日商住友電工硬質合金股份有限公司(日本) SUMITOMO ELECTRIC HARDMETAL CORP. (JP)

日本

(72)發明人：鈴木優太 SUZUKI, YUTA (JP) ; 金岡秀明 KANAOKA, HIDEAKI (JP) ; 今村晋也 IMAMURA, SHINYA (JP)

(74)代理人：陳長文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：4 項 圖式數：6 共 52 頁

(54)名稱

切削工具

(57)摘要

本發明係一種切削工具，其具備基材、及設置於上述基材上之覆膜，且上述覆膜包含第 1 層及第 2 層，上述第 2 層設置於較上述第 1 層更靠近上述基材之位置，上述第 1 層包含第 1 單元層與第 2 單元層交替地積層而成之多層構造，上述第 1 單元層之平均厚度為 2 nm 以上 50 nm 以下，上述第 2 單元層之平均厚度為 2 nm 以上 50 nm 以下，上述第 1 單元層包含  $Ti_aAl_{1-a-b}B_bN$ ，此處，滿足  $0.30 \leq a \leq 0.50$ 、及  $0 < b \leq 0.10$ ，上述第 2 單元層包含  $Ti_cAl_{1-c}N$ ，此處，滿足  $0.70 \leq c \leq 1.00$ ，於上述第 1 層中，鈦之原子數 T2 相對於鈦及鋁之原子數之合計 T1 之百分率  $(T2/T1) \times 100$  為 60% 以上，上述第 2 層包含第 3 單元層與第 4 單元層交替地積層而成之多層構造，上述第 3 單元層之平均厚度為 2 nm 以上 100 nm 以下，上述第 4 單元層之平均厚度為 2 nm 以上 100 nm 以下，上述第 3 單元層包含  $Ti_dAl_{1-d-e}B_eN$ ，上述第 4 單元層包含  $Ti_fAl_{1-f-g}B_gN$ ，此處，滿足  $0.25 \leq d < 0.45$ 、 $0 < e \leq 0.10$ 、 $0.35 \leq f < 0.55$ 、 $0 < g \leq 0.10$ 、及  $0.05 \leq f-d \leq 0.20$ ，於上述第 2 層之 X 射線繞射光譜中，源自(200)面之峰強度  $I(200)$  相對於源自(002)面之峰強度  $I(002)$  之比率  $I(200)/I(002)$  為 2 以上，且源自上述(002)面之峰之半值寬為 2 度以上。

A cutting tool includes a substrate and a coating film provided on the substrate, wherein the coating film includes a first layer and a second layer, the second layer is provided at a position close to the substrate with respect to the first layer, the first layer is constituted of a multilayer structure in which a first unit layer and a second unit layer are alternately layered, an average thickness of the first unit layer is 2 nm or more and 50 nm or less, an average thickness of the second unit layer is 2 nm or more and 50 nm or less, the first unit layer is composed of  $Ti_aAl_{1-a-b}B_bN$ , where  $0.30 \leq a \leq 0.50$ , and  $0 < b \leq 0.10$ , the second unit layer is composed of  $Ti_cAl_{1-c}N$ , where  $0.70 \leq c \leq 1.00$ , in the first layer, a percentage  $(T2/T1) \times 100$  of the number T2 of atoms of titanium to a total T1 of the numbers of atoms of titanium and aluminum is 60% or more, the second layer is constituted of a multilayer structure in which a third unit layer and a fourth unit layer are alternately layered, an average thickness of the third unit layer is 2 nm or more and 100 nm or less, an average thickness of the fourth unit layer is 2 nm or more and 100 nm or less, the third unit layer is composed of





## 【發明摘要】

### 【中文發明名稱】

切削工具

### 【英文發明名稱】

CUTTING TOOL

### 【中文】

本發明係一種切削工具，其具備基材、及設置於上述基材上之覆膜，且上述覆膜包含第1層及第2層，上述第2層設置於較上述第1層更靠近上述基材之位置，上述第1層包含第1單元層與第2單元層交替地積層而成之多層構造，上述第1單元層之平均厚度為2 nm以上50 nm以下，上述第2單元層之平均厚度為2 nm以上50 nm以下，上述第1單元層包含 $Ti_aAl_{1-a-b}B_bN$ ，此處，滿足 $0.30 \leq a \leq 0.50$ 、及 $0 < b \leq 0.10$ ，上述第2單元層包含 $Ti_cAl_{1-c}N$ ，此處，滿足 $0.70 \leq c \leq 1.00$ ，於上述第1層中，鈦之原子數T2相對於鈦及鋁之原子數之合計T1之百分率 $(T2/T1) \times 100$ 為60%以上，上述第2層包含第3單元層與第4單元層交替地積層而成之多層構造，上述第3單元層之平均厚度為2 nm以上100 nm以下，上述第4單元層之平均厚度為2 nm以上100 nm以下，上述第3單元層包含 $Ti_dAl_{1-d-e}B_eN$ ，上述第4單元層包含 $Ti_fAl_{1-f-g}B_gN$ ，此處，滿足 $0.25 \leq d < 0.45$ 、 $0 < e \leq 0.10$ 、 $0.35 \leq f < 0.55$ 、 $0 < g \leq 0.10$ 、及 $0.05 \leq f - d \leq 0.20$ ，於上述第2層之X射線繞射光譜中，源自(200)面之峰強度I(200)相對於源自(002)面之峰強度I(002)之比率I(200)/I(002)為2以上，且源自上述(002)面之峰之半值寬為2度以上。

### 【英文】

A cutting tool includes a substrate and a coating film provided on the substrate, wherein the coating film includes a first layer and a second layer, the second layer is provided at a position close to the substrate with respect to the first layer, the first layer is constituted of a multilayer structure in which a first unit layer and a second unit layer are alternately layered, an average thickness of the first unit layer is 2 nm or more and 50 nm or less, an average thickness of the second unit layer is 2 nm or more and 50 nm or less, the first unit layer is composed of  $Ti_aAl_{1-a-b}B_bN$ , where  $0.30 \leq a \leq 0.50$ , and  $0 < b \leq 0.10$ , the second unit layer is composed of  $Ti_cAl_{1-c}N$ , where  $0.70 \leq c \leq 1.00$ , in the first layer, a percentage  $(T2/T1) \times 100$  of the number T2 of atoms of titanium to a total T1 of the numbers of atoms of titanium and aluminum is 60% or more, the second layer is constituted of a multilayer structure in which a third unit layer and a fourth unit layer are alternately layered, an average thickness of the third unit layer is 2 nm or more and 100 nm or less, an average thickness of the fourth unit layer is 2 nm or more and 100 nm or less, the third unit layer is composed of  $Ti_dAl_{1-d-e}B_eN$ , the fourth unit layer is composed of  $Ti_fAl_{1-f-g}B_gN$ , where  $0.25 \leq d < 0.45$ ,  $0 < e \leq 0.10$ ,  $0.35 \leq f < 0.55$ ,  $0 < g \leq 0.10$ , and  $0.05 \leq f-d \leq 0.20$ , and in an X-ray diffraction spectrum of the second layer, a ratio  $I(200)/I(002)$  of a peak intensity I(200) originated from a (200) plane to a peak intensity I(002) originated from a (002) plane is 2 or more, and a half width of a peak originated from the (002) plane is 2 degrees or more.

【指定代表圖】

圖1

【代表圖之符號簡單說明】

1: 第1單元層

2:第2單元層

3:第3單元層

4:第4單元層

10:基材

20:覆膜

21:第1層

22:第2層

100:切削工具

# 【發明說明書】

## 【中文發明名稱】

切削工具

## 【英文發明名稱】

CUTTING TOOL

## 【技術領域】

### 【0001】

本發明係關於一種切削工具。

## 【先前技術】

### 【0002】

先前，為了提高切削工具之性能，開發出被覆包含超硬合金、立方晶氮化硼燒結體等之基材之表面之覆膜(例如專利文獻1)。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

### 【0003】

[專利文獻1]國際公開第2022/176057號

## 【發明內容】

### 【0004】

本發明之切削工具係具備基材、及設置於上述基材上之覆膜者，  
上述覆膜包含第1層及第2層，

上述第2層設置於較上述第1層更靠近上述基材之位置，

上述第1層包含第1單元層與第2單元層交替地積層而成之多層構造，

上述第1單元層之平均厚度為2 nm以上50 nm以下，

上述第2單元層之平均厚度為2 nm以上50 nm以下，

上述第1單元層包含 $Ti_aAl_{1-a-b}B_bN$ ，

此處，滿足

$0.30 \leq a \leq 0.50$ 、及

$0 < b \leq 0.10$ ，

上述第2單元層包含 $Ti_cAl_{1-c}N$ ，

此處，滿足

$0.70 \leq c \leq 1.00$ ，

於上述第1層中，鈦之原子數T2相對於鈦及鋁之原子數之合計T1之百分率 $(T2/T1) \times 100$ 為60%以上，

上述第2層包含第3單元層與第4單元層交替地積層而成之多層構造，

上述第3單元層之平均厚度為2 nm以上100 nm以下，

上述第4單元層之平均厚度為2 nm以上100 nm以下，

上述第3單元層包含 $Ti_dAl_{1-d-e}B_eN$ ，

上述第4單元層包含 $Ti_fAl_{1-f-g}B_gN$ ，

此處，滿足

$0.25 \leq d < 0.45$ 、

$0 < e \leq 0.10$ 、

$0.35 \leq f < 0.55$ 、

$0 < g \leq 0.10$ 、及

$0.05 \leq f - d \leq 0.20$ ，

於上述第2層之X射線繞射光譜中，源自(200)面之峰強度 $I(200)$ 相對於源自(002)面之峰強度 $I(002)$ 之比率 $I(200)/I(002)$ 為2以上，且源自上述

(002)面之峰之半值寬為2度以上。

**【圖式簡單說明】**

**【0005】**

圖1係表示實施方式1之切削工具之構成之一例之概略剖視圖。

圖2係表示成膜裝置之構成之一例之概略剖視圖。

圖3係表示成膜裝置之構成之一例之概略剖視圖。

圖4係用以說明測定第1層之晶粒之最大內切圓之直徑時之測定區域之圖。

圖5係用以說明第1層之晶粒之最大內切圓之直徑之測定方法之圖，係模式性地表示測定視野之明場像之圖。

圖6係用以說明晶粒與第1單元層及第2單元層之位置關係之圖。

**【實施方式】**

**【0006】**

[發明所欲解決之問題]

近年來，降低成本之要求日益提高，並且要求工具之長壽命化。例如，不鏽鋼之車削加工亦需要具有較長之工具壽命之切削工具。

**【0007】**

因此，本發明之目的在於提供一種具有較長之工具壽命之切削工具。

**【0008】**

[本發明之效果]

本發明之切削工具可具有較長之工具壽命。

**【0009】**

[本發明之實施方式之說明]

首先，列舉本發明之實施態樣進行說明。

(1)本發明之切削工具係具備基材、及設置於上述基材上之覆膜者，  
且

上述覆膜包含第1層及第2層，

上述第2層設置於較上述第1層更靠近上述基材之位置，

上述第1層包含第1單元層與第2單元層交替地積層而成之多層構造，

上述第1單元層之平均厚度為2 nm以上50 nm以下，

上述第2單元層之平均厚度為2 nm以上50 nm以下，

上述第1單元層包含 $Ti_aAl_{1-a-b}B_bN$ ，

此處，滿足

$0.30 \leq a \leq 0.50$ 、及

$0 < b \leq 0.10$ ，

上述第2單元層包含 $Ti_cAl_{1-c}N$ ，

此處，滿足

$0.70 \leq c \leq 1.00$ ，

於上述第1層中，鈦之原子數T2相對於鈦及鋁之原子數之合計T1之百分率 $(T2/T1) \times 100$ 為60%以上，

上述第2層包含第3單元層與第4單元層交替地積層而成之多層構造，

上述第3單元層之平均厚度為2 nm以上100 nm以下，

上述第4單元層之平均厚度為2 nm以上100 nm以下，

上述第3單元層包含 $Ti_dAl_{1-d-e}B_eN$ ，

上述第4單元層包含 $Ti_fAl_{1-f-g}B_gN$ ，

此處，滿足

$$0.25 \leq d < 0.45、$$

$$0 < e \leq 0.10、$$

$$0.35 \leq f < 0.55、$$

$$0 < g \leq 0.10、及$$

$$0.05 \leq f - d \leq 0.20，$$

於上述第2層之X射線繞射光譜中，源自(200)面之峰強度 $I(200)$ 相對於源自(002)面之峰強度 $I(002)$ 之比率 $I(200)/I(002)$ 為2以上，且源自上述(002)面之峰之半值寬為2度以上。

#### 【0010】

本發明之切削工具可具有較長之工具壽命。

#### 【0011】

(2)於上述(1)中，25°C下之上述第1層之奈米壓痕硬度可為30 GPa以上。藉此，切削工具之耐磨性得到提高。

#### 【0012】

(3)於上述(1)或(2)中，上述第1層之平均厚度可為1.0 μm以上20 μm以下。藉此，第1層中之第1單元層與第2單元層之積層數較多，從而龜裂擴展之抑制效果得到進一步提高。因此，可抑制覆膜之大規模損壞，而延長切削工具之工具壽命。

#### 【0013】

(4)於上述(1)至(3)中之任一項中，上述第2層之平均厚度可為0.5 μm以上10 μm以下。藉此，第2層中之第3單元層與第4單元層之積層數較多，從而龜裂擴展之抑制效果得到進一步提高。因此，可抑制覆膜之大規

模之損壞，而延長切削工具之工具壽命。

#### 【0014】

[本發明之實施方式之詳細內容]

以下，參照圖式，對本發明之切削工具之具體例進行說明。於本發明之圖式中，相同參照符號表示相同部分或相當部分。又，為了圖式之清晰化及簡化，長度、寬度、厚度、深度等尺寸關係已進行適當變更，不一定表示實際之尺寸關係。

#### 【0015】

於本發明中，「A~B」之形式之表述係指範圍之上限、下限(即A以上B以下)，於A未記載單位，而僅B記載有單位之情形時，A之單位與B之單位相同。

#### 【0016】

於本發明中以化學式表示化合物等之情形時，當未特別限定原子比時，包含先前公知之所有原子比，而不一定僅限定於處於化學計量範圍內者。

#### 【0017】

於本發明中，於分別記載1個以上數值作為數值範圍下限及上限之情形時，亦揭示有下限中記載之任意之一個數值與上限中記載之任意一個數值之組合。例如，於記載a1以上、b1以上、c1以上作為下限，記載a2以下、b2以下、c2以下作為上限之情形時，揭示有a1以上a2以下、a1以上b2以下、a1以上c2以下、b1以上a2以下、b1以上b2以下、b1以上c2以下、c1以上a2以下、c1以上b2以下、c1以上c2以下。

#### 【0018】

## [實施方式1：切削工具]

本發明之一實施方式(以下亦記為「實施方式1」)之切削工具係具備基材、及設置於該基材上之覆膜者，且

該覆膜包含第1層及第2層，

該第2層設置於較該第1層更靠近該基材之位置，

該第1層包含第1單元層與第2單元層交替地積層而成之多層構造，

該第1單元層之平均厚度為2 nm以上50 nm以下，

該第2單元層之平均厚度為2 nm以上50 nm以下，

該第1單元層包含 $Ti_aAl_{1-a-b}B_bN$ ，

此處，滿足

$0.30 \leq a \leq 0.50$ 、及

$0 < b \leq 0.10$ ，

該第2單元層包含 $Ti_cAl_{1-c}N$ ，

此處，滿足

$0.70 \leq c \leq 1.00$ ，

於該第1層中，鈦之原子數T2相對於鈦及鋁之原子數之合計T1之百分率 $(T2/T1) \times 100$ 為60%以上，

該第2層包含第3單元層與第4單元層交替地積層而成之多層構造，

該第3單元層之平均厚度為2 nm以上100 nm以下，

該第4單元層之平均厚度為2 nm以上100 nm以下，

該第3單元層包含 $Ti_dAl_{1-d-e}B_eN$ ，

該第4單元層包含 $Ti_fAl_{1-f-g}B_gN$ ，

此處，滿足

$$0.25 \leq d < 0.45、$$

$$0 < e \leq 0.10、$$

$$0.35 \leq f < 0.55、$$

$$0 < g \leq 0.10、及$$

$$0.05 \leq f - d \leq 0.20、$$

於該第2層之X射線繞射光譜中，源自(200)面之峰強度 $I(200)$ 相對於源自(002)面之峰強度 $I(002)$ 之比率 $I(200)/I(002)$ 為2以上，且源自該(002)面之峰之半值寬為2度以上。

#### 【0019】

本發明之切削工具可具有較長之工具壽命。其理由推測為如下。

#### 【0020】

(i)本發明之切削工具之覆膜包含第1層，該第1層包含第1單元層與第2單元層交替地積層而成之多層構造。第1單元層與第2單元層之組成互不相同。因此，可於第1單元層與第2單元層之界面附近抑制使用切削工具時產生之自覆膜表面之龜裂之擴展。

#### 【0021】

(ii)第1單元層包含 $Ti_aAl_{1-a-b}B_bN$ (此處，滿足 $0.30 \leq a \leq 0.50$ 、及 $0 < b \leq 0.10$ )。第1單元層藉由在 $TiAlN$ 中添加有少量硼(B)，而提高硬度。第2單元層包含 $Ti_cAl_{1-c}N$ (此處，滿足 $0.70 \leq c \leq 1.00$ )。第2單元層之鈦(Ti)含有率較高，具有優異之高溫穩定性。於本發明中，第1層由於包含高硬度之第1單元層與高溫穩定性優異之第2單元層交替地積層而成之多層構造，因此即便於高溫下亦可獲得穩定之硬度，且耐凹坑磨耗性得到提高。凹坑磨耗係指由於切削工具與切屑之間之摩擦熱而引起之主要於切削工具之切

削面產生之磨耗。進而，第1層由於包含高硬度之第1單元層與硬度較第1單元層低之第2單元層交替地積層而成之多層構造，因此耐缺損性亦得到提高。因此，覆膜之耐凹坑磨耗性與耐缺損性均衡地提高，從而切削工具之工具壽命延長。

#### 【0022】

(iii)第1單元層與第2單元層之Ti含有率及Al含有率不同。因此，第1單元層與第2單元層之晶格不同，於第1層產生晶格之應變，第1層可具有較高之硬度。因此，包含第1層之覆膜可具有優異之耐磨性。

#### 【0023】

(iv)於第1層中，鈦之原子數T2相對於鈦及鋁之原子數之合計T1之百分率 $(T2/T1) \times 100$ 為60%以上。藉此，第1層可具有優異之耐凹坑磨耗性，從而延長切削工具之工具壽命。

#### 【0024】

(v)本發明之切削工具之覆膜包含第2層，該第2層包含第3單元層與第4單元層交替地積層而成之多層構造。第3單元層與第4單元層之組成互不相同。因此，可於第3單元層與第4單元層之界面附近抑制使用切削工具時產生之自覆膜表面之龜裂之擴展。

#### 【0025】

(vi)第2層與第1層相比，鋁(Al)之含有率更高，韌性更高。因此，具有第2層之覆膜可具有優異之耐缺損性。

#### 【0026】

(vii)第3單元層與第4單元層之Ti含有率不同。因此，第3單元層與第4單元層之晶格不同，於第2層產生晶格之應變，第2層可具有較高之硬

度。因此，包含第2層之覆膜可具有優異之耐磨性。

### 【0027】

<切削工具>

實施方式1之切削工具只要是切削工具即可，其形狀及用途等並無特別限定。實施方式1之切削工具例如可為鑽孔器、端銑刀、銑削加工用刀尖更換型刀片、車削加工用刀尖更換型刀片、金屬用鋸、齒輪切製工具、鉸刀、螺絲攻、或曲軸之針磨加工用刀片等。

### 【0028】

圖1係表示實施方式1之切削工具之構成之一例之概略部分剖視圖。切削工具100具備基材10、及設置於基材10上之覆膜20。覆膜20包含第1層21及第2層22。第2層22設置於較第1層21更靠近基材10之位置。第1層21包含第1單元層1與第2單元層2交替地積層而成之多層構造。第2層22包含第3單元層3與第4單元層4交替地積層而成之多層構造。

### 【0029】

《基材》

基材10並無特別限定。基材10例如可由超硬合金、金屬陶瓷、高速鋼、陶瓷、立方晶氮化硼燒結體、及金剛石燒結體等構成。基材10較佳為由超硬合金製造。其原因在於，超硬合金之耐磨性優異。

### 【0030】

超硬合金係指以WC(碳化鎢)粒子為主成分之燒結體。超硬合金包含硬質相及黏結相。硬質相含有WC粒子。黏結相係將WC粒子彼此相互黏結。黏結相例如含有Co(鈷)等。黏結相例如可進而含有TiC(碳化鈦)、TaC(碳化鉭)、NbC(碳化鈮)等。

**【0031】**

超硬合金可含有於其製造過程中不可避免地混入之雜質。超硬合金於其組織中亦有可能包含游離碳或被稱為「 $\eta$ 層」之異常層。進而，超硬合金亦可為實施表面改質處理所得者。例如，超硬合金亦可於其表面包含脫 $\beta$ 層等。

**【0032】**

超硬合金可含有85質量%以上98質量%以下之WC粒子，並含有2質量%以上15質量%以下之Co。WC粒子之平均粒徑可為0.2  $\mu\text{m}$ 以上4  $\mu\text{m}$ 以下。

**【0033】**

Co比WC粒子更為軟質。如後所述，當對基材10之表面實施離子轟擊處理時，可去除軟質之Co。藉由超硬合金具有上述組成，且WC粒子具有上述平均粒徑，從而於去除Co後之表面形成適度之凹凸。認為藉由在該表面形成覆膜20，從而表現出投錨效應，提高覆膜20與基材10之密接性。

**【0034】**

此處，WC粒子之粒徑表示外接於WC粒子之二維投影圖像之圓之直徑。粒徑使用掃描電子顯微鏡(Scanning Electron Microscope, SEM)或穿透式電子顯微鏡(Transmission Electron Microscope, TEM)測定。即，切割超硬合金，用SEM或TEM觀察其切割面。於觀察圖像中，將外接於WC粒子之圓之直徑視為WC粒子之粒徑。於觀察圖像中，測定隨機提取之10個以上(較佳為50個以上，更佳為100個以上)WC粒子之粒徑，將其算術平均值設為WC粒子之平均粒徑。較理想為於觀察時，藉由截面拋光儀

(Cross section Polisher, CP)或聚焦離子束(Focused Ion Beam, FIB)等預先對切割面進行截面加工。

### 【0035】

#### 《覆膜》

覆膜20設置於基材10上。覆膜20可設置於基材10之表面之一部分，亦可設置於整面。但是，覆膜20設置於基材10之表面中至少相當於切削刃之部分。於本發明中，基材10之表面之相當於切削刃之部分係指於基材10之表面，距刀尖稜線之距離為0.5 mm以內、或2 mm以內之區域。只要不損害本發明之效果，即便並未於相當於切削刃之部分之至少一部分形成覆膜，亦不脫離本發明之範圍。

### 【0036】

覆膜20包含第1層21及第2層22。第2層22可設置於基材10之正上方。第1層21亦可為覆膜20之最表面之層。覆膜20可包含設置於基材10之正上方之第2層22、及設置於第2層22之正上方之第1層21。只要不損害本發明之效果，覆膜20可於包含第1層21及第2層22之同時還包含其他層。例如，覆膜20可包含設置於基材10與第2層22之間之底層、及設置於覆膜20之最表面之表面層之一者或兩者。底層可包含選自由TiCN層、TiN層、及TiCNO層所組成之群中之至少一層。表面層可包含選自由TiC層、TiN層、及TiCN層所組成之群中之至少一層。

### 【0037】

覆膜20之積層構成無需於整個覆膜20一致，積層構成亦可部分不同。

### 【0038】

覆膜20之厚度可為1.5  $\mu\text{m}$ 以上30  $\mu\text{m}$ 以下。藉由覆膜20之厚度為1.5  $\mu\text{m}$ 以上，從而耐磨性得到提高。藉由覆膜20之厚度為30  $\mu\text{m}$ 以下，從而耐缺損性得到提高。覆膜20之厚度可為2.0  $\mu\text{m}$ 以上25  $\mu\text{m}$ 以下，亦可為3.0  $\mu\text{m}$ 以上20  $\mu\text{m}$ 以下。此處，覆膜之厚度係指構成覆膜之層之各者之厚度之總和。作為「構成覆膜之層」，例如可例舉：第1層、第2層、底層、表面層等。

#### 【0039】

構成覆膜之各層之厚度可藉由如下方式測定，即，獲得與切削工具之表面之法線方向平行之截面之薄片樣品(以下亦記為「截面樣品」)，用掃描穿透式電子顯微鏡(STEM)觀察該截面樣品而測定。作為掃描穿透式電子顯微鏡，例如可例舉日本電子股份有限公司製造之JEM-2100F(商品名)。將截面樣品之觀察倍率設為5000~10000倍，測定各層之五處之厚度，將其算術平均值設為「各層之厚度」。

#### 【0040】

已確認，只要使用相同之切削工具進行測定，即便任意地選擇測定位置，測定結果亦不會有偏差。

#### 【0041】

##### 《第1層》

第1層21包含第1單元層1與第2單元層2交替地積層而成之多層構造。積層數並無特別限定，只要第1單元層1及第2單元層2之各者之平均厚度為2 nm以上50 nm以下即可。積層數係表示第1層21中所含之第1單元層1及第2單元層2之各者之數量。積層數可為10以上5000以下，可為200以上5000以下，可為400以上2000以下，亦可為500以上1000以下。於第1層

21中，最靠近基材10之層可為第1單元層1，亦可為第2單元層2。又，於第1層21中，距離基材10最遠之層可為第1單元層1，亦可為第2單元層2。

#### 【0042】

第1層之平均厚度可設為1.0  $\mu\text{m}$ 以上20  $\mu\text{m}$ 以下。藉由第1層之平均厚度為1.0  $\mu\text{m}$ 以上，從而耐磨性得到提高。藉由第1層之平均厚度為20  $\mu\text{m}$ 以下，從而耐缺損性得到提高。第1層之平均厚度之下限可為1.0  $\mu\text{m}$ 以上，可為2.0  $\mu\text{m}$ 以上，亦可為3.0  $\mu\text{m}$ 以上。第1層之平均厚度之上限可為20  $\mu\text{m}$ 以下，可為18  $\mu\text{m}$ 以下，可為16  $\mu\text{m}$ 以下，亦可為12  $\mu\text{m}$ 以下。第1層之平均厚度可為1.0  $\mu\text{m}$ 以上20  $\mu\text{m}$ 以下，可為2.0  $\mu\text{m}$ 以上16  $\mu\text{m}$ 以下，亦可為3.0  $\mu\text{m}$ 以上12  $\mu\text{m}$ 以下。

#### 【0043】

《第1單元層及第2單元層之平均厚度》

第1單元層1之平均厚度為2 nm以上50 nm以下，第2單元層2之平均厚度為2 nm以上50 nm以下。藉由在第1層中交替地積層此種薄層，可抑制龜裂之擴展。當第1單元層1及第2單元層2之一者或兩者之平均厚度未達2 nm時，第1單元層1與第2單元層2之組成會混合，龜裂擴展之抑制效果可能會降低。當第1單元層1及第2單元層2之一者或兩者之平均厚度超過50 nm時，層間剝離之抑制效果可能會降低。第1單元層之平均厚度與第2單元層之平均厚度可相同，亦可不同。

#### 【0044】

第1單元層之平均厚度之下限為2 nm以上，可為4 nm以上，可為6 nm以上，亦可為8 nm以上。第1單元層之平均厚度之上限為50 nm以下，可為46 nm以下，可為40 nm以下，亦可為30 nm以下。第1單元層之平均厚

度為2 nm以上50 nm以下，4 nm以上40 nm以下，亦可為6 nm以上30 nm以下。

#### 【0045】

第2單元層之平均厚度之下限為2 nm以上，可為4 nm以上，可為6 nm以上，亦可為8 nm以上。第2單元層之平均厚度之上限為50 nm以下，可為46 nm以下，可為40 nm以下，亦可為30 nm以下。第2單元層之平均厚度為2 nm以上50 nm以下，可為4 nm以上40 nm以下，亦可為6 nm以上30 nm以下。

#### 【0046】

第1單元層及第2單元層之各者之平均厚度之測定方法如下所示。獲得與切削工具之表面之法線方向平行之切削工具之截面之薄片樣品(以下亦記為「截面樣品」)。用掃描穿透式電子顯微鏡(STEM)觀察該截面樣品。作為掃描穿透式電子顯微鏡，例如可例舉日本電子股份有限公司製造之JEM-2100F(商品名)。截面樣品之觀察倍率根據第1單元層1及第2單元層2之厚度而適當調整。例如，觀察倍率可設為約100萬倍。於一個第1單元層中，測定五處之厚度。算出第1單元層之五處之厚度之算術平均值，將該算術平均值作為該第1單元層之平均厚度。於一個第2單元層中，測定五處之厚度。

#### 【0047】

針對五個不同之第1單元層之各者，按照上述步序測定第1單元層之平均厚度。求出五個第1單元層之平均厚度之算術平均值。於本發明中，將該算術平均值設為第1單元層之平均厚度。針對五個不同之第2單元層之各者，按照上述步序測定第2單元層之平均厚度。求出五個第2單元層之平

均厚度之算術平均值。於本發明中，將該算術平均值設為第2單元層之平均厚度。後述之第3單元層及第4單元層之各者之平均厚度亦藉由與上述相同之方法測定。

**【0048】**

已確認，只要使用相同之切削工具進行測定，即便任意地選擇測定位置，測定結果亦不會有偏差。

**【0049】**

《第1單元層及第2單元層之組成》

於本發明之切削工具中，第1單元層包含 $Ti_aAl_{1-a-b}B_bN$ ，此處，滿足 $0.30 \leq a \leq 0.50$ 、及 $0 < b \leq 0.10$ ，第2單元層包含 $Ti_cAl_{1-c}N$ ，此處，滿足 $0.70 \leq c \leq 1.00$ 。只要不損害本發明之效果，第1單元層可於包含 $Ti_aAl_{1-a-b}B_bN$ 之同時還包含雜質。第1單元層可由 $Ti_aAl_{1-a-b}B_bN$ 及雜質構成。只要不損害本發明之效果，第2單元層可於包含 $Ti_cAl_{1-c}N$ 之同時還包含雜質。第2單元層可由 $Ti_cAl_{1-c}N$ 及雜質構成。作為雜質，例如可例舉碳(C)、氧(O)。

**【0050】**

於第1單元層中， $a$ 之下限為0.30以上，可為0.36以上，可為0.37以上，亦可為0.39以上。 $a$ 之上限為0.50以下，可為0.48以下，亦可為0.45以下。 $a$ 可為 $0.36 \leq a \leq 0.48$ ，亦可為 $0.37 \leq a \leq 0.45$ 。

**【0051】**

於第1單元層中， $b$ 之下限超過0，可為0.01以上，可為0.02以上，亦可為0.05以上。 $b$ 之上限為0.10以下，可為0.08以下，亦可為0.07以下。 $b$ 可為 $0.01 \leq b \leq 0.08$ ，亦可為 $0.02 \leq b \leq 0.07$ 。

**【0052】**

於第2單元層中，c之下限為0.70以上，可為0.75以上，可為0.80以上，亦可為0.87以上。c之上限為1.00以下，可為0.95以下，亦可為0.92以下。c可為 $0.75 \leq d \leq 0.95$ ，亦可為 $0.80 \leq d \leq 0.92$ 。

### 【0053】

第1單元層之 $Ti_aAl_{1-a-b}B_bN$ 中之a、b及第2單元層之 $Ti_cAl_{1-c}N$ 中之c係藉由使用能量分散型X射線光譜法(Energy Dispersive X-ray spectrometry, EDX)測定各層之組成而特定出。組成分析係使用附屬於穿透式電子顯微鏡(Transmission Electron Microscope: TEM)之EDX(TEM-DEX)。作為EDX裝置，例如可例舉日本電子股份有限公司製造之JED-2300(商標)。

### 【0054】

上述組成分析按照以下步序進行。獲得與切削工具之表面之法線方向平行之截面之薄片樣品(以下亦記為「截面樣品」)。在用TEM觀察該截面樣品的同時，於一個第1單元層內或一個第2單元層內，於任意選擇之五個點進行EDX分析。第1單元層與第2單元層可藉由對比度之差異來區分。此處，「任意選擇之五個點」係自互不相同之晶粒選擇者。藉由對在五個點之測定中獲得之各元素之組成比進行算術平均，而特定出第1單元層及第2單元層之各者之組成。

### 【0055】

針對五個不同之第1單元層之各者，按照上述步序特定出第1單元層之組成。於本發明中，將五個第1單元層之組成之平均值作為第1單元層之組成，並基於此特定出a及b。針對五個不同之第2單元層之各者，按照上述步序特定出第2單元層之組成。於本發明中，將五個第2單元層之組成之

平均值作為第2單元層之組成，並基於此特定出c。後述之第3單元層及第4單元層之各者之組成、以及第3單元層之 $Ti_dAl_{1-d-e}B_eN$ 中之d及e、第4單元層之 $Ti_fAl_{1-f-g}B_gN$ 中之f及g亦藉由與上述相同之方法測定。

### 【0056】

已確認，只要使用相同之切削工具進行測定，即便任意地選擇測定點，測定結果亦不會有偏差。

### 【0057】

#### 《第1層之組成》

於第1層中，鈦之原子數T2相對於鈦及鋁之原子數之合計T1之百分率 $(T2/T1) \times 100$ (以下亦記為「百分率 $(T2/T1) \times 100$ 」)為60%以上。藉此，第1層可具有優異之耐凹坑磨耗性。基於提高耐凹坑磨耗性之觀點而言，百分率 $(T2/T1) \times 100$ 之下限為60%以上，可為60.0%以上，可為62.2%以上，可為62.5%以上，可為63%以上，可為63.5%以上，亦可為66%以上。基於提高耐氧化性之觀點而言，百分率 $(T2/T1) \times 100$ 之上限可為80%以下，可為77%以下，可為76.9%以下，亦可為75%以下。百分率 $(T2/T1) \times 100$ 可為60%以上80%以下，可為63%以上77%以下，亦可為66%以上75%以下。

### 【0058】

第1層之百分率 $(T2/T1) \times 100$ 係藉由TEM-EDX測定。作為EDX裝置，例如可例舉日本電子股份有限公司製造之JED-2300(商品名)。百分率 $(T2/T1) \times 100$ 係按照以下步序測定。

### 【0059】

獲得與切削工具之表面之法線方向平行之截面之薄片樣品(以下亦記

為「截面樣品」)。在用TEM觀察該截面樣品的同時，於第1層內，於任意地選擇之五個視野進行EDX分析，測定鈦之原子數T2相對於鈦及鋁之原子數之合計T1之百分率 $(T2/T1) \times 100$ 。此處，「任意地選擇之五個視野」以互不重疊之方式設定。一個視野之範圍設為 $200 \times 200$  nm。於本發明中，將於五個視野之測定中獲得之百分率 $(T2/T1) \times 100$ 之算術平均作為第1層之百分率 $(T2/T1) \times 100$ 。

#### 【0060】

已確認，只要使用相同之切削工具進行測定，即便任意地選擇測定點，測定結果亦不會有偏差。

#### 【0061】

《第1層之奈米壓痕硬度》

25°C下之第1層之奈米壓痕硬度為30 GPa以上。藉此，切削工具之耐磨性得到提高。奈米壓痕硬度之下限可為32 GPa以上，亦可為34 GPa以上。奈米壓痕硬度H之上限並無特別限制，基於製造方面之觀點而言，可為60 GPa以下，可為40 GPa以下，亦可為36 GPa以下。奈米壓痕硬度H可為30 GPa以上60 GPa以下，可為32 GPa以上60 GPa以下，亦可為34 GPa以上60 GPa以下。

#### 【0062】

25°C下之第1層之奈米壓痕硬度係依據「ISO 14577-1：2015金屬材料-硬度及材料參數之儀器化壓痕試驗(Metallic materials-Instrumented indentation test for hardness and materials parameters-)」中規定之標準步序，藉由奈米壓痕法來測定。測定機器係使用Elionix公司製造之「ENT-1100a」。壓頭之壓入負載設為1 g。於與切削工具之表面之法線

方向平行之截面，於截面之垂直方向(即與切削工具之表面平行之方向)對第1層進行壓頭之壓入。

#### 【0063】

於一個測定樣品中，在五處進行上述測定。將五處之奈米壓痕硬度之平均值作為第1層之奈米壓痕硬度。再者，一看便被認為是異常值之資料將被排除。

#### 【0064】

已確認，只要使用相同之切削工具進行測定，即便任意地選擇測定點，測定結果亦不會有偏差。

#### 【0065】

《第1層之晶粒之最大內切圓之直徑》

第1層包含複數個晶粒，該晶粒之最大內切圓之直徑可為5 nm以上500 nm以下。藉此，切削工具之耐凹坑磨耗性得到提高。於不損害本發明之效果之範圍內，本發明之第1層可於包含複數個晶粒之同時還包含不構成晶粒之區域(原子排列隨機之區域)。

#### 【0066】

基於提高耐磨性及耐缺損性之觀點而言，上述晶粒之最大內切圓之直徑之上限可為500 nm以下，可為450 nm以下，亦可為400 nm以下。基於抑制由過度之晶粒微細化導致之膜硬度降低之觀點而言，該晶粒之最大內切圓之直徑之下限可為5 nm以上，可為7 nm以上，亦可為10 nm以上。該晶粒之最大內切圓之直徑可為5 nm以上500 nm以下，可為7 nm以上450 nm以下，亦可為10 nm以上400 nm以下。

#### 【0067】

上述晶粒之最大內切圓之直徑之測定方法如下所示。獲得與切削工具之表面之法線方向平行之切削工具之截面之薄片樣品(厚度：約10~100 nm，以下亦記為「截面樣品」)。用穿透式電子顯微鏡(TEM)觀察該截面樣品，獲得明場像。觀察倍率設為100萬倍~500萬倍。該明場像以如下方式獲取，即，如圖4所示，其包含夾在自表示第1層之平均厚度方向上之中心之線L1向基材側之距離為0.2 μm之線L2與自上述線L1向覆膜之表面側之距離為0.2 μm之線L3之間的區域A。於該區域A中任意地設定150 nm×150 nm之矩形之測定視野。

#### 【0068】

於上述測定視野中，特定出原子排列為 $\pm 0.5^\circ$ 以下之區域，將該區域定義為晶粒。使用圖5，對原子排列為 $\pm 0.5^\circ$ 以下之區域、及晶粒之特定方法進行說明。

#### 【0069】

圖5係表示上述測定視野之明場像之一例之模式圖。於圖5中，原子以符號50之黑點表示。再者，圖5中示出原子之一部分。於該明場像中，用線段以原子間距離最近之方式連接規則地配置之原子50。於圖5中，該線段用L10~L14、L20~L22、及L30~L34表示。將線段彼此之角度為 $\pm 0.5^\circ$ 以下(即 $-0.5^\circ$ 以上 $0.5^\circ$ 以下)之區域定義為晶粒。

#### 【0070】

於圖5中，線段L10~L14彼此之角度為 $\pm 0.5^\circ$ 以下，且包含該等線段之區域屬於晶粒24a。線段L20~L22彼此之角度為 $\pm 0.5^\circ$ 以下，且包含該等線段之區域屬於晶粒24b。線段L30~L34彼此之角度為 $\pm 0.5^\circ$ 以下，且包含該等線段之區域屬於晶粒24c。

**【0071】**

求出上述測定視野中各晶粒之最大內切圓之直徑。最大內切圓之直徑係指能夠於晶粒之內部畫出之與該晶粒之外緣之至少一部分接觸之最大之內切圓之直徑。

**【0072】**

於圖5中，晶粒24a之最大內切圓25a之直徑為D1。晶粒24b之最大內切圓25b之直徑為D2。晶粒24c之最大內切圓25c之直徑為D3。確認到於D1、D2、及D3全部為50 nm以下之情形時，圖5所示之第1層包含複數個晶粒，該晶粒之最大內切圓之直徑為50 nm以下。

**【0073】**

已確認，只要使用相同之切削工具進行測定，即便任意地設定上述測定視野，晶粒之最大內切圓之直徑之測定結果亦不會有偏差。

**【0074】**

圖5中，於晶粒24a、晶粒24b、及晶粒24c之間存在空間，實際上於空間中存在晶粒。由於TEM用之截面樣品之厚度約為10~100 nm，因此明場像亦反映深度方向上之資訊。於複數個晶粒在樣品之厚度方向上重疊之區域中，於明場像上無法確認出規則之原子排列。因此，該複數個晶粒重疊之區域於上述特定方法中未被判定為晶粒。

**【0075】**

《晶粒與第1單元層及第2單元層之位置關係》

使用圖6，對晶粒與第1單元層及第2單元層之位置關係進行說明。圖6係模式性地表示實施方式1之第1層之沿膜厚方向之截面之圖。如圖6所示，第1層21包含第1單元層1與第2單元層2交替地積層而成之多層構造。

圖6中示出複數個晶粒24，晶粒24間之交界表示為晶粒界25。各晶粒24可僅包含第1單元層或第2單元層。又，各晶粒24可跨越一層以上第1單元層及一層以上第2單元層而存在。即，各晶粒24可具有第1單元層與第2單元層交替地積層而成之層狀構造。

### 【0076】

#### 《第2層》

第2層22包含第3單元層3與第4單元層4交替地積層而成之多層構造。積層數並無特別限定，只要第3單元層3及第4單元層4之各者之平均厚度為2 nm以上50 nm以下即可。積層數係表示第2層22中所含之第3單元層3及第4單元層4之各者之數量。積層數可為10以上5000以下，可為200以上5000以下，可為400以上2000以下，亦可為500以上1000以下。於第2層22中，最靠近基材10之層可為第3單元層3，亦可為第4單元層4。又，於第2層22中，距離基材10最遠之層可為第3單元層3，亦可為第4單元層4。

### 【0077】

第2層之平均厚度可設為0.5  $\mu\text{m}$ 以上10  $\mu\text{m}$ 以下。藉由第2層之平均厚度為0.5  $\mu\text{m}$ 以上，從而耐磨性得到提高。藉由第2層之平均厚度為10  $\mu\text{m}$ 以下，從而耐缺損性得到提高。第2層之平均厚度之下限可為1.0  $\mu\text{m}$ 以上，可為2.0  $\mu\text{m}$ 以上，亦可為3.0  $\mu\text{m}$ 以上。第2層之平均厚度之上限可為10  $\mu\text{m}$ 以下，可為9  $\mu\text{m}$ 以下，可為8  $\mu\text{m}$ 以下，亦可為7  $\mu\text{m}$ 以下。第2層之平均厚度可為1.0  $\mu\text{m}$ 以上9  $\mu\text{m}$ 以下，可為2.0  $\mu\text{m}$ 以上8  $\mu\text{m}$ 以下，亦可為3.0  $\mu\text{m}$ 以上7  $\mu\text{m}$ 以下。

### 【0078】

#### 《第3單元層及第4單元層之平均厚度》

第3單元層3之平均厚度為2 nm以上100 nm以下，第4單元層4之平均厚度為2 nm以上100 nm以下。藉由在第2層中交替地積層此種薄層，可抑制龜裂之擴展。當第3單元層3及第4單元層4之一者或兩者之平均厚度未達2 nm時，第3單元層3與第4單元層4之組成會混合，龜裂擴展之抑制效果可能會降低。當第3單元層3及第4單元層4之一者或兩者之平均厚度超過100 nm時，層間剝離之抑制效果可能會降低。第3單元層之平均厚度與第4單元層之平均厚度可相同，亦可不同。

**【0079】**

第3單元層之平均厚度之下限為2 nm以上，可為5 nm以上，可為10 nm以上，可為15 nm以上，亦可為20 nm以上。第3單元層之平均厚度之上限為100 nm以下，可為80 nm以下，可為75 nm以下，可為65 nm以下，亦可為64 nm以下。第3單元層之平均厚度為2 nm以上100 nm以下，可為5 nm以上75 nm以下，亦可為10 nm以上65 nm以下。

**【0080】**

第4單元層之平均厚度之下限為2 nm以上，可為5 nm以上，可為10 nm以上，可為15 nm以上，亦可為20 nm以上。第4單元層之平均厚度之上限為100 nm以下，可為80 nm以下，可為75 nm以下，可為65 nm以下，可為52 nm以下，亦可為50 nm以下。第4單元層之平均厚度為2 nm以上100 nm以下，可為5 nm以上75 nm以下，亦可為10 nm以上50 nm以下。

**【0081】**

第3單元層及第4單元層之各者之平均厚度藉由與上述第1單元層及第2單元層之各者之平均厚度之測定方法相同之方法測定。已確認，只要使用相同之切削工具進行測定，即便任意地選擇測定位置，測定結果亦不會

有偏差。

### 【0082】

《第3單元層及第4單元層之組成》

於本發明之切削工具中，第3單元層包含 $Ti_dAl_{1-d-e}B_eN$ ，此處，滿足 $0.25 \leq d < 0.45$ 、 $0 < e \leq 0.10$ ，第4單元層包含 $Ti_fAl_{1-f-g}B_gN$ ，此處，滿足 $0.35 \leq f < 0.55$ 、 $0 < g \leq 0.10$ 、及 $0.05 \leq f - d \leq 0.2$ 。只要不損害本發明之效果，第3單元層可於包含 $Ti_dAl_{1-d-e}B_eN$ 之同時還包含雜質。第3單元層可由 $Ti_dAl_{1-d-e}B_eN$ 及雜質構成。只要不損害本發明之效果，第4單元層可於包含 $Ti_fAl_{1-f-g}B_gN$ 之同時還包含雜質。第4單元層可由 $Ti_fAl_{1-f-g}B_gN$ 及雜質構成。作為該雜質，例如可例舉碳(C)、氧(O)。

### 【0083】

於第3單元層中， $d$ 之下限為0.25以上，可為0.30以上，可為0.31以上，可為0.32以上，可為0.33以上，亦可為0.34以上。 $d$ 之上限未達0.45，可為0.40以下，可為0.37以下，亦可為0.35以下。 $d$ 可為 $0.30 \leq d \leq 0.40$ ，亦可為 $0.31 \leq d \leq 0.37$ 。

### 【0084】

於第3單元層中， $e$ 之下限超過0，可為0.01以上，可為0.02以上，可為0.04以上，亦可為0.05以上。 $e$ 之上限為0.10以下，可為0.08以下，可為0.07以下，亦可為0.06以下。 $e$ 可為 $0.01 \leq e \leq 0.08$ ，亦可為 $0.02 \leq e \leq 0.07$ 。

### 【0085】

於第4單元層中， $f$ 之下限為0.35以上，可為0.40以上，可為0.41以上，可為0.42以上，可為0.43以上，亦可為0.45以上。 $f$ 之上限未達0.55，

亦可為0.50以下。f可為 $0.40 \leq f < 0.55$ ，亦可為 $0.45 \leq f \leq 0.50$ 。

### 【0086】

於第4單元層中，g之下限超過0，可為0.01以上，可為0.02以上，亦可為0.04以上。g之上限為0.10以下，可為0.08以下，亦可為0.06以下。g可為 $0.01 \leq g \leq 0.10$ ，亦可為 $0.02 \leq g \leq 0.06$ 。

### 【0087】

於第2層中，f-d之下限為0.05以上，可為0.08以上，可為0.10以上，亦可為0.11以上。f-d之上限為0.20以下，亦可為0.18以下。f-d可為 $0.08 \leq f-d \leq 0.18$ ，亦可為 $0.10 \leq f-d \leq 0.18$ 。

### 【0088】

第3單元層之 $Ti_dAl_{1-d-e}B_eN$ 中之d及e、第4單元層之 $Ti_fAl_{1-f-g}B_gN$ 中之f及g藉由與上述第1單元層之 $Ti_aAl_{1-a-b}B_bN$ 中之a、b及第2單元層之 $Ti_cAl_{1-c}N$ 中之c相同之方法測定。已確認，只要使用相同之切削工具進行測定，即便任意地選擇測定位置，測定結果亦不會有偏差。

### 【0089】

《第2層中之X射線繞射分析》

於第2層之X射線繞射光譜中，源自(200)面之峰強度 $I(200)$ 相對於源自(002)面之峰強度 $I(002)$ 之比率 $I(200)/I(002)$ 為2以上，且源自(002)面之峰之半值寬為2度以上。藉此，第2層之硬度及韌性得到提高，可獲得優異之耐磨性及耐缺損性。「源自(002)面之峰強度 $I(002)$ 」係指源自六方晶之(002)面之X射線繞射峰中之最高峰之繞射強度(峰之高度)。「源自(200)面之峰強度 $I(200)$ 」係指源自立方晶之(200)面之X射線繞射峰中之最高峰之繞射強度(峰之高度)。於在第2層之X射線繞射光譜中，存在源自六方晶

之(002)面之峰之情形時，確認出第2層包含六方晶型之結晶結構。於在第2層之X射線繞射光譜中，存在源自立方晶之(200)面之峰之情形時，確認出第2層包含立方晶型之結晶結構。比 $I(200)/I(002)$ 為2以上意味著於第2層形成有立方晶與六方晶之混晶。

### 【0090】

測定峰強度 $I(002)$ 及峰強度 $I(200)$ 時之X射線繞射分析之條件如下所示。

掃描軸：2 $\theta$ - $\theta$

X射線源：Cu-K $\alpha$ 射線(1.541862 Å)

檢測器：0維檢測器(閃爍計數器)

管電壓：45 kV

管電流：40 mA

入射光學系統：利用鏡

受光光學系統：利用分析結晶(PW3098/27)

步長：0.03°

累計時間：2秒

掃描範圍(2 $\theta$ )：20°~80°

### 【0091】

對於第2層中之任意三處分別進行藉由 $\theta/2\theta$ 法之X射線繞射測定(XRD測定)，求出規定之結晶面之X射線繞射強度，將求得之三處之X射線繞射強度之平均值作為該規定之結晶面之X射線繞射強度。(200)面之X射線繞射強度對應於 $2\theta = 43 \sim 44^\circ$ 附近之X射線繞射強度，(002)面之X射線繞射強度對應於 $2\theta = 30 \sim 40^\circ$ 附近之X射線繞射強度。作為用於X射線繞射測定

之裝置，例如可例舉Rigaku股份有限公司製造之「SmartLab」(商品名)、Panalytical製造之「X'pert」(商品名)等。

#### 【0092】

比 $I(200)/I(002)$ 之下限為2以上，可為2.0以上，可為2.2以上，亦可為2.3以上。比 $I(200)/I(002)$ 之上限例如可為10以下，可未達10，可為5以下，亦可為3以下。比 $I(200)/I(002)$ 可為2以上10以下，亦可為2以上5以下。

#### 【0093】

源自(002)面之峰之半值寬為2度以上意味著六方晶微細地分散於第2層中，從而提高硬度及韌性。源自(002)面之峰之半值寬之下限為2度以上，可為2.0度以上，亦可為2.2度以上。源自(002)面之峰之半值寬之上限可為4度以下，亦可為3度以下。源自(002)面之峰之半值寬之下限可為2度以上，可為2.2度以上，亦可為2.4度以上。源自(002)面之峰之半值寬可為2度以上4度以下，亦可為2度以上3度以下。

#### 【0094】

[實施方式2：切削工具之製造方法]

於實施方式2中，對實施方式1之切削工具之製造方法進行說明。實施方式2之製造方法可包括：準備基材之步驟；以及於該基材上形成覆膜之步驟。以下，對各步驟之詳細內容進行說明。

#### 【0095】

《準備基材之步驟》

於準備基材之步驟中，準備基材10。基材10可使用實施方式1中記載之基材。

**【0096】****《形成覆膜之步驟》**

於形成覆膜之步驟中，於基材10上形成覆膜20。於實施方式2中，可藉由物理蒸鍍(Physical Vapor Deposition, PVD)法形成覆膜20。作為PVD法之具體例，可例舉：電弧離子鍍覆(Arc Ion Plating, AIP)法、平衡磁控濺射(Balanced Magnetron Sputtering, BMS)法、及非平衡磁控濺射(Unbalanced Magnetron Sputtering, UBMS)法等。於實施方式2中，較佳為使用電弧離子鍍覆法。

**【0097】**

於AIP法中，將靶材作為陰極(cathode)產生電弧放電。藉此，使靶材蒸發、離子化。其後，於施加有負偏壓電壓之基材10之表面沉積離子。AIP法於靶材之離子化率方面優異。

**【0098】**

使用圖2及圖3，對AIP法中使用之成膜裝置進行說明。如圖2所示，成膜裝置200具備腔室201。於腔室201設有氣體導入口202及氣體排氣口203，該氣體導入口202用以向腔室201內導入原料氣體，該氣體排氣口203用以將原料氣體自腔室201內排出至外部。氣體排氣口203連接於未圖示之真空泵。腔室201內之壓力藉由氣體之導入量及排出量進行調整。

**【0099】**

於腔室201內配置有旋轉台204。於旋轉台204安裝有用以保持基材10之基材保持件205。基材保持件205連接於偏壓電源206之負極。偏壓電源206之正極接地。

**【0100】**

如圖3所示，於腔室201之側壁安裝有複數個靶材211、212、213、214。如圖2所示，各靶材211、212分別連接於直流電源221、222之負極。直流電源221、222係可變電源，其正極接地。靶材213、214雖然於圖2中未圖示，但亦相同。以下，對具體之操作進行說明。

#### 【0101】

使基材10保持於基材保持件205。使用真空泵，將腔室201內之壓力調整為 $1.0 \times 10^{-4}$  Pa。一面使旋轉台204旋轉，一面藉由附設於成膜裝置200之加熱器(未圖示)將基材10之溫度調整為 $500^{\circ}\text{C}$ 。

#### 【0102】

自氣體導入口202導入Ar氣體，將腔室201內之壓力調整為3.0 Pa。一面維持該壓力，一面逐漸改變偏壓電源206之電壓，將該電壓最終調整為-1000 V。其後，藉由利用Ar離子之離子轟擊處理，洗淨基材10之表面。

#### 【0103】

繼而，於覆膜包含底層之情形時，於基材10之表面形成底層。例如，於基材10之表面形成TiCN層、TiN層、或TiCNO層。

#### 【0104】

繼而，於基材10之表面、或底層之表面形成第2層。以獲得第3單元層及第4單元層之組成之方式選擇各靶材之組成。將各靶材設置在規定之位置，自氣體導入口202導入氮氣，於使旋轉台204旋轉之同時形成第2層。於形成第2層時，將基材維持在 $400 \sim 800^{\circ}\text{C}$ 之溫度，將反應氣體壓力維持在 $1 \sim 10$  Pa(氮氣之分壓為 $5 \sim 10$  Pa)，一面於 $30 \sim 200$  V(直流電源)之範圍內逐漸改變偏壓電源之電壓，一面向第3單元層形成用之蒸發源及第4

單元層形成用之蒸發源交替地供給80~200 A之電弧電流。藉此，自第3單元層形成用之蒸發源及第4單元層形成用之蒸發源產生金屬離子，於上述基材與第3單元層形成用之蒸發源相對向時形成第3單元層，於上述基材與第4單元層形成用之蒸發源相對向時形成第4單元層。又，藉由在如上所述地改變偏壓電源之電壓之同時進行成膜，可同時實現第2層之較高之硬度與刀尖品質。經過規定之時間後，停止供給電弧電流。於形成第2層時，藉由調節基材之旋轉速度，從而調整第3單元層及第4單元層各者之厚度。又，藉由調節成膜時間，從而將第2層之厚度調整為規定範圍內。第2層可除了形成於參與切削加工之部分(例如，切削刃附近之切削面)以外，還形成於除了參與切削加工之部分以外之上述基材之表面上。

#### 【0105】

於本實施方式之一態樣中，亦可將基材維持在500~600°C之溫度，將反應氣體壓力維持在5~10 Pa(氬氣之分壓為5~8 Pa)，一面於30~200 V(直流電源)之範圍內逐漸改變偏壓電源之電壓，一面向第3單元層形成用之蒸發源及第4單元層形成用之蒸發源交替地供給80~120 A之電弧電流。藉由此種方式，可於第2層中形成立方晶與六方晶之混晶組織。藉由製成此種混晶組織，立方晶及六方晶各者之晶粒之粗大化得到抑制，進而第2層之韌性及耐熱性得到提高。

#### 【0106】

繼而，於第2層上形成第1層。以獲得第1單元層及第2單元層之組成之方式選擇各靶材之組成。將各靶材設置在規定之位置，自氣體導入口202導入氬氣，於使旋轉台204旋轉之同時形成第1層。第1層之形成條件如下所示。

**【0107】**

<第1層之形成條件>

基材溫度：400～800℃

偏壓電壓：-400～-20 V

電弧電流：80～200 A

反應氣體壓力：2～10 Pa

**【0108】**

基材溫度、反應氣體壓力、偏壓電壓、及電弧電流於上述範圍內設為固定值，或者使值於上述範圍內連續變化。

**【0109】**

第1單元層與第2單元層交替地積層而成之多層構造可藉由適當地組合以下(A)～(D)之方法而形成。

(A)於AIP法中，使用組成互不相同之複數個靶材(燒結合金)。

(B)於AIP法中，成膜時，使施加於基材10之偏壓電壓於上述第1層之形成條件所記載之偏壓電壓內進行變化。

(C)於AIP法中，改變氣體流量。

(D)於AIP法中，使基材10旋轉，並控制其旋轉週期。

**【0110】**

繼而，於覆膜包含表面層之情形時，例如於第1層之表面形成表面層。

**【0111】**

藉由以上方式，可製造具備基材10、及設置於該基材10上之覆膜20之切削工具100。

[實施例]

**【0112】**

藉由實施例，對本實施方式進一步進行具體說明。但是，本實施方式並不受該等實施例限定。

**【0113】**

[實施例1]

<切削工具之製作>

藉由以上方式製作切削工具，對工具壽命進行評價。

**【0114】**

作為基材，準備包含超硬合金之切削刀片（型號：CNMG120408(Sumitomo Electric Hardmetal公司製造)）。該超硬合金包含WC粒子(90質量%)、及Co(10質量%)。該WC粒子之平均粒徑為1~2 μm。

**【0115】**

使用具有圖2及圖3所示之構成之成膜裝置，於上述基材上形成覆膜。首先，對於基材，藉由利用Ar離子之離子轟擊處理，洗淨基材之表面。離子轟擊處理之具體條件如實施方式2所記載。

**【0116】**

繼而，將靶材設定在成膜裝置之規定之位置。以獲得表1所記載之第1單元層及第2單元層之組成、及表2所記載之第3單元層及第4單元層之組成之方式調整各靶材之組成。

**【0117】**

於基材上形成第2層。具體而言，自氣體導入口導入氮氣，於使旋轉

台旋轉之同時，交替地形成第3單元層與第4單元層，藉此形成第2層。將基材維持在550°C之溫度，將反應氣體壓力維持在8 Pa(氮氣之分壓：8 Pa)，一面於35~180 V之範圍內逐漸改變偏壓電源之電壓，一面向第3單元層形成用之蒸發源及第4單元層形成用之蒸發源分別交替地供給90 A之電弧電流。第3單元層及第4單元層之各者之厚度及積層數藉由基材之旋轉速度進行調整。

### 【0118】

繼而，於第2層上形成第1層。具體而言，自氣體導入口導入氮氣，於使旋轉台旋轉之同時，交替地形成第1單元層與第2單元層，藉此於第2層上形成第1層。各試樣之第1層之形成條件設為基材溫度400~800°C、偏壓電壓-400~-20 V、電弧電流80~200 A、及反應氣體壓力2~10 Pa。基材溫度、反應氣體壓力、偏壓電壓、及電弧電流於上述範圍內設為固定值，或者使值於上述範圍內連續變化。第1單元層及第2單元層之各者之厚度及積層數藉由基材之旋轉速度進行調整。藉由上述步驟，獲得各試樣之切削工具。

### 【0119】

<評價>

《覆膜之構成》

針對各試樣之覆膜，測定第1單元層、第2單元層、第3單元層、及第4單元層之組成、平均厚度、積層數、第1層及第2層之平均厚度、第1層之鈦之原子數相對於鈦及鋁之原子數之合計之百分率(表1中表示為「 $(T2/T1) \times 100$ 」)、第1層之奈米壓痕硬度(表1中表示為「硬度」)、第2層之比率 $I(200)/I(002)$ 、以及源自(002)面之峰之半值寬(表2中表示為

「(002)峰半值寬」)。各項目之測定方法如實施方式1所記載。將結果示於表1及表2。於表1中，「積層數」記載為「1」表示僅形成一層第1單元層或第2單元層。於表1中記載為「-」表示未形成相應之層。

【0120】

[表1]

表1

試樣 No.	第1層								
	第1單元層 (Ti <sub>a</sub> Al <sub>1-a-b</sub> B <sub>b</sub> N)			第2單元層 (Ti <sub>c</sub> Al <sub>1-c</sub> N)		(T <sub>2</sub> /T <sub>1</sub> )×100 [%]	硬度 [GPa]	積層數	平均 厚度 [μm]
	a	b	平均 厚度 [nm]	c	平均 厚度 [nm]				
1	0.30	0.01	5	0.70	15	60.0	34	250	5.0
2	0.30	0.05	2	0.95	2	62.5	33	250	1.0
3	0.30	0.10	50	1.00	50	65.0	31	150	15.0
4	0.39	0.05	16	0.87	15	62.2	36	250	7.8
5	0.50	0.01	2	0.70	2	60.0	33	500	2.0
6	0.50	0.10	50	1.00	50	75.0	30	200	20.0
7	0.36	0.02	29	0.96	38	70.0	32	250	16.8
8	0.48	0.02	30	0.98	41	76.9	28	200	14.2
9	0.39	0.05	8	1.00	9	71.3	34	250	4.3
10	0.39	0.05	15	0.87	16	63.8	36	250	7.8
11	0.39	0.05	14	0.87	14	63.0	35	250	7.0
12	0.37	0.05	16	0.90	16	63.5	37	250	8.0
13	0.39	0.05	16	0.87	15	62.2	35	250	7.8
14	0.38	0.05	12	0.92	14	67.1	33	250	6.5
15	0.39	0.05	16	0.87	15	62.2	35	250	7.8
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	-	-	-	0.84	5100	84.0	22	1	5.1
23	0.40	0.05	4400	-	-	40.0	33	1	4.4
24	0.20	0.10	15	0.89	25	63.1	30	200	8.0
25	0.60	0.15	15	0.90	9	71.3	27	300	7.2
26	0.48	0.05	10	0.64	18	58.3	32	200	5.6
27	0.39	0.06	1	0.85	1	62.0	32	500	1.0
28	0.40	0.05	60	0.84	60	62.0	30	100	12.0

## 【0121】

[表2]

表2

試樣 No.	第2層										
	第3單元層 (Ti <sub>d</sub> Al <sub>1-d</sub> eBeN)			第4單元層 (Ti <sub>f</sub> Al <sub>1-f</sub> gB <sub>g</sub> N)			f-d	I(200)/I(002)	(002)峰半 值寬 [度]	積層數	平均 厚度 [μm]
	d	e	平均 厚度 [nm]	f	g	平均 厚度 [nm]					
1	0.32	0.05	9	0.40	0.05	9	0.08	2.6	2.2	250	4.5
2	0.30	0.05	11	0.42	0.04	10	0.12	2.5	2.4	250	5.3
3	0.33	0.04	10	0.41	0.04	9	0.08	2.4	2.3	250	4.8
4	0.32	0.06	10	0.43	0.05	10	0.11	2.5	2.4	250	5.0
5	0.34	0.05	10	0.42	0.06	10	0.08	2.4	2.3	250	5.0
6	0.31	0.04	11	0.43	0.04	10	0.12	2.6	2.2	250	5.3
7	0.31	0.05	25	0.41	0.06	24	0.10	2.5	2.2	200	9.8
8	0.34	0.04	24	0.45	0.04	27	0.11	2.6	2.2	200	10.2
9	0.33	0.04	14	0.41	0.04	13	0.08	2.3	2.3	50	1.4
10	0.25	0.01	15	0.45	0.10	11	0.20	2.9	2.7	250	6.5
11	0.44	0.10	20	0.50	0.04	15	0.05	2.4	2.4	250	8.8
12	0.25	0.01	31	0.35	0.01	30	0.10	3.4	2.0	150	9.2
13	0.37	0.10	64	0.54	0.10	52	0.18	2.0	3.5	50	5.8
14	0.35	0.04	2	0.46	0.04	2	0.11	2.3	2.4	125	0.5
15	0.34	0.05	100	0.45	0.05	100	0.11	2.4	2.3	50	10.0
21	0.30	0.05	11	0.40	0.05	10	0.10	2.6	2.2	250	5.3
22	0.31	0.05	10	0.37	0.05	9	0.06	2.6	2.2	250	4.8
23	0.28	0.05	9	0.39	0.05	9	0.11	2.6	2.2	250	4.5
24	0.30	0.04	10	0.38	0.04	10	0.08	2.6	2.2	250	5.0
25	0.29	0.05	10	0.39	0.05	11	0.10	2.6	2.2	250	5.3
26	0.31	0.04	10	0.37	0.04	10	0.06	2.6	2.2	250	5.0
27	0.31	0.05	10	0.37	0.05	9	0.06	2.6	2.2	250	4.8
28	0.32	0.04	11	0.38	0.04	11	0.06	2.6	2.2	250	5.5

## 【0122】

## 《切削試驗》

使用各試樣之切削工具，於以下條件下進行車削加工，測定自刀腹面測定之缺損之寬度達到0.5 mm以上為止之切削距離。切削距離越長，則表示耐凹坑磨耗性及耐缺損性越優異，工具壽命越長。將結果示於表3之「切削試驗」之「切削距離」一欄。

## 【0123】

(切削條件)

被切削材：SUS316 圓材

切削速度：200 m/min

進給量：0.2 mm/rev

切入量：1.5 mm

濕式

上述切削條件相當於不鏽鋼之車削加工(高速加工)。

**【0124】**

[表3]

表3

試樣 No.	切削試驗
	切削距離 [km]
1	3.6
2	2.4
3	3.0
4	4.0
5	2.8
6	3.0
7	4.4
8	2.6
9	4.0
10	3.2
11	3.2
12	3.6
13	3.6
14	2.8
15	2.6
21	1.2
22	1.4
23	2.0
24	2.0
25	1.8
26	2.0
27	1.2
28	1.8

**【0125】**

<評價>

試樣1～試樣15屬於實施例。試樣21～試樣28屬於比較例。確認出試樣1～試樣15較試樣21～試樣28具有更長之工具壽命。

**【0126】**

如上所述，對本發明之實施方式及實施例進行了說明，但當初亦預定了對上述各實施方式及實施例之構成進行適當組合或進行各種變化。

應認為，本次所揭示之實施方式及實施例於所有方面均為例示，而非具有限制性者。本發明之範圍係由發明申請專利之範圍而非上述實施方式及實施例表示，且旨在包含與發明申請專利之範圍等同之含義、及範圍內之所有變更。

**【符號說明】**

**【0127】**

1:第1單元層

2:第2單元層

3:第3單元層

4:第4單元層

10:基材

20:覆膜

21:第1層

22:第2層

24:晶粒

24a:晶粒

24b:晶粒

24c:晶粒

25:晶粒界

25a:最大內切圓

25b:最大內切圓

25c:最大內切圓

50:原子

100:切削工具

200:成膜裝置

201:腔室

202:氣體導入口

203:氣體排氣口

204:旋轉台

205:基材保持件

206:偏壓電源

211, 212, 213, 214:靶材

221, 222:直流電源

A:區域

D1:直徑

D2:直徑

D3:直徑

L1:線

L2:線

L3:線

L10, L11, L12, L13, L14:線段

L20, L21, L22:線段

L30, L31, L32, L33, L34:線段

**【發明申請專利範圍】****【請求項1】**

一種切削工具，其具備基材、及設置於上述基材上之覆膜，且上述覆膜包含第1層及第2層，

上述第2層設置於較上述第1層更靠近上述基材之位置，

上述第1層包含第1單元層與第2單元層交替地積層而成之多層構造，

上述第1單元層之平均厚度為2 nm以上50 nm以下，

上述第2單元層之平均厚度為2 nm以上50 nm以下，

上述第1單元層包含 $Ti_aAl_{1-a-b}B_bN$ ，

此處，滿足

$0.30 \leq a \leq 0.50$ 、及

$0 < b \leq 0.10$ ，

上述第2單元層包含 $Ti_cAl_{1-c}N$ ，

此處，滿足

$0.70 \leq c \leq 1.00$ ，

於上述第1層中，鈦之原子數T2相對於鈦及鋁之原子數之合計T1之百分率 $(T2/T1) \times 100$ 為60%以上，

上述第2層包含第3單元層與第4單元層交替地積層而成之多層構造，

上述第3單元層之平均厚度為2 nm以上100 nm以下，

上述第4單元層之平均厚度為2 nm以上100 nm以下，

上述第3單元層包含 $Ti_dAl_{1-d-e}B_eN$ ，

上述第4單元層包含 $Ti_fAl_{1-f-g}B_gN$ ，

此處，滿足

$$0.25 \leq d < 0.45、$$

$$0 < e \leq 0.10、$$

$$0.35 \leq f < 0.55、$$

$$0 < g \leq 0.10、及$$

$$0.05 \leq f - d \leq 0.20、$$

於上述第2層之X射線繞射光譜中，源自(200)面之峰強度 $I(200)$ 相對於源自(002)面之峰強度 $I(002)$ 之比率 $I(200)/I(002)$ 為2以上，且源自上述(002)面之峰之半值寬為2度以上。

**【請求項2】**

如請求項1之切削工具，其中25°C下之上述第1層之奈米壓痕硬度為30 GPa以上。

**【請求項3】**

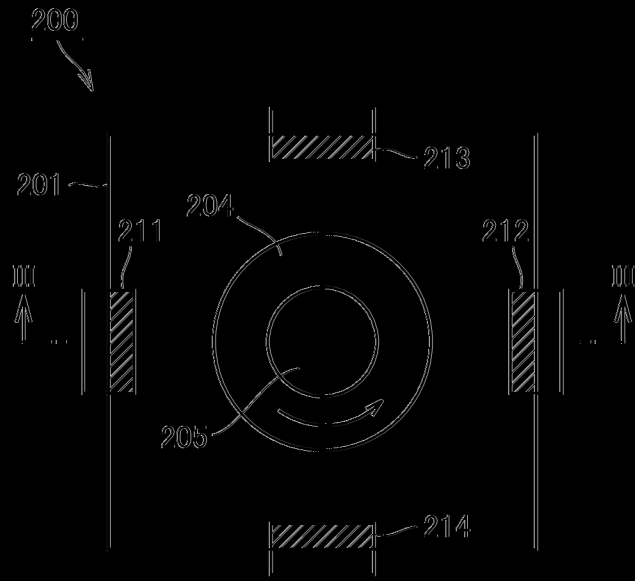
如請求項1或2之切削工具，其中上述第1層之平均厚度為1.0  $\mu\text{m}$ 以上20  $\mu\text{m}$ 以下。

**【請求項4】**

如請求項1或2之切削工具，其中上述第2層之平均厚度為0.5  $\mu\text{m}$ 以上10  $\mu\text{m}$ 以下。







(圖3)





