(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2024年3月7日(07.03.2024)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2024/048672 A1

(51) 国際特許分類:
B23B 27/14 (2006.01) *B23P 15/28* (2006.01)
B23B 51/00 (2006.01) *C23C 14/06* (2006.01)
B23C 5/16 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2023/031600

(22) 国際出願日： 2023年8月30日(30.08.2023)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(30) 優先権データ：
特願 2022-138710 2022年8月31日(31.08.2022) JP

(71) 出願人: 京セラ株式会社 (**KYOCERA CORPORATION**) [JP/JP]; 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町６番地 Kyoto (JP).

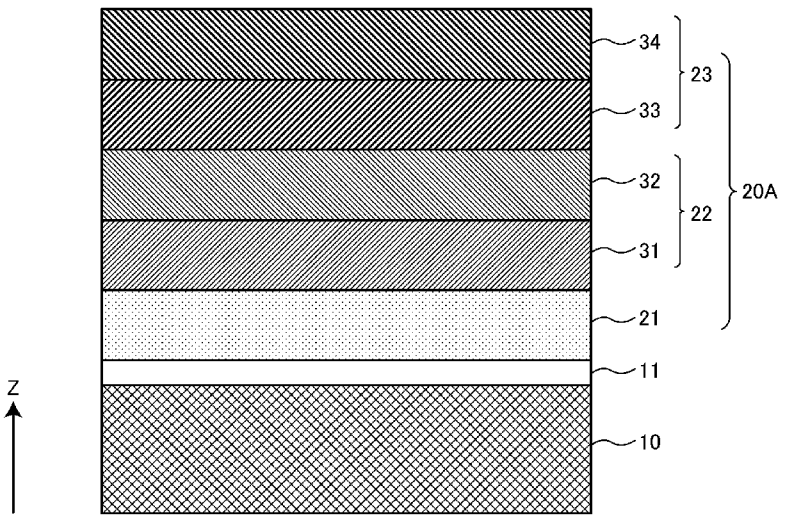
(72) 発明者: 在田 浩輝 (**ARITA, Hiroki**); 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町６番地 京セラ株式会社内 Kyoto (JP).

(74) 代理人: 弁理士法人酒井国際特許事務所 (**SAKAI INTERNATIONAL PATENT OFFICE**); 〒1000013 東京都千代田区霞が関３丁目８番１号 虎の門三井ビルディング Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC,

(54) **Title:** COATED TOOL AND CUTTING TOOL

(54) 発明の名称： 被覆工具および切削工具



(57) **Abstract:** A coated tool according to the present disclosure comprises a substrate, a first coating layer, a second coating layer, and a third coating layer. The first coating layer contains Al, Ti, Cr, and N. The second coating layer includes a first film and a second film. The first film contains Al, Ti, Cr, and N and has a Ti/Al ratio higher than that of the first coating layer. The second film contains Al, Ti, Cr, and N and has a Cr/Al ratio higher than that of the first coating layer. The third coating layer includes a third film and a fourth film. The third film contains Al, Ti, Cr, and N and has a Ti/Al

WO 2024/048672 A1

［続葉有］

EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能):ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一　国際調査報告(条約第21条(3))

ratio higher than that of the first film. The fourth film contains Al, Ti, Cr, and N and has a Cr/Al ratio higher than that of the second film.

(57) 要約:本開示による被覆工具は、基体と、第１の被覆層と、第２の被覆層と、第３の被覆層とを備える。第１の被覆層は、ＡｌとＴｉとＣｒとＮとを含有する。第２の被覆層は、第１の膜と、第２の膜とを含む。第１の膜は、ＡｌとＴｉとＣｒとＮとを含有し、第１の被覆層におけるＴｉ／Ａｌ比よりも高いＴｉ／Ａｌ比を有する。第２の膜は、ＡｌとＴｉとＣｒとＮとを含有し、第１の被覆層におけるＣｒ／Ａｌ比よりも高いＣｒ／Ａｌ比を有する。第３の被覆層は、第３の膜と、第４の膜とを含む。第３の膜は、ＡｌとＴｉとＣｒとＮとを含有し、前記第１の膜におけるＴｉ／Ａｌ比よりも高いＴｉ／Ａｌ比を有する。第４の膜は、ＡｌとＴｉとＣｒとＮとを含有し、前記第２の膜におけるＣｒ／Ａｌ比よりも高いＣｒ／Ａｌ比を有する。

明　細　書

発明の名称 ： 被覆工具および切削工具

技術分野

[0001]　本開示は、被覆工具および切削工具に関する。

背景技術

[0002]　旋削加工または転削加工等の切削加工に用いられる工具として、超硬合金、サーメット、またはセラミックス等の基体の表面を被覆層でコーティングすることによって耐摩耗性等を向上させた被覆工具が知られている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２００４－５０３８１号公報

特許文献2：特開２０１８－３０２１２号公報

発明の概要

[0004]　本開示の一態様による被覆工具は、基体と、基体の上に位置する第１の被覆層と、第１の被覆層の上に位置する第２の被覆層と、第２の被覆層の上に位置する第３の被覆層とを備える。第１の被覆層は、ＡｌとＴｉとＣｒとＮとを含有する。第２の被覆層は、第１の膜と、第２の膜とを含む。第１の膜は、ＡｌとＴｉとＣｒとＮとを含有し、第１の被覆層におけるＴｉ／Ａｌ比よりも高いＴｉ／Ａｌ比を有する。第２の膜は、ＡｌとＴｉとＣｒとＮとを含有し、第１の被覆層におけるＣｒ／Ａｌ比よりも高いＣｒ／Ａｌ比を有する。第３の被覆層は、第３の膜と、第４の膜とを含む。第３の膜は、ＡｌとＴｉとＣｒとＮとを含有し、第１の膜におけるＴｉ／Ａｌ比よりも高いＴｉ／Ａｌ比を有する。第４の膜は、ＡｌとＴｉとＣｒとＮとを含有し、前記第２の膜におけるＣｒ／Ａｌ比よりも高いＣｒ／Ａｌ比を有する。

図面の簡単な説明

[0005] [図1]図１は、実施形態に係る被覆工具の一例を示す斜視図である。

[図2]図２は、実施形態に係る被覆工具の一例を示す側断面図である。

[図3]図３は、第１の実施形態に係る被覆層の一例を示す断面図である。

[図4A]図４Ａは、第１の実施形態に係る被覆層におけるＴｉ／ＡｌＩ比を説明する模式図である。

[図4B]図４Ｂは、第１の実施形態に係る被覆層におけるＣｒ／ＡｌＩ比を説明する模式図である。

[図5A]図５Ａは、第１の実施形態に係る被覆層に含まれる第１の被覆層の一例を示す断面図である。

[図5B]図５Ｂは、第１の実施形態に係る被覆層に含まれる第２の被覆層の一例を示す断面図である。

[図5C]図５Ｃは、第１の実施形態に係る被覆層に含まれる第３の被覆層の一例を示す断面図である。

[図6]図６は、第２の実施形態に係る被覆層の一例を示す断面図である。

[図7A]図７Ａは、第２の実施形態に係る被覆層におけるＴｉ／ＡｌＩ比を説明する模式図である。

[図7B]図７Ｂは、第２の実施形態に係る被覆層におけるＣｒ／ＡｌＩ比を説明する模式図である。

[図8]図８は、第２の実施形態に係る被覆層に含まれる第４の被覆層の一例を示す断面図である。

[図9]図９は、基体に被覆層を形成する成膜装置の一例を模式的に示す図である。

[図10]図１０は、実施形態に係る切削工具の一例を示す正面図である。

発明を実施するための形態

[0006] 以下に、本開示による被覆工具および切削工具を実施するための形態（以下、「実施形態」と記載する）について図面を参照しつつ詳細に説明する。この実施形態により本開示による被覆工具および切削工具が限定されるものではない。各実施形態は、処理内容を矛盾させない範囲で適宜組み合わせることが可能である。以下の各実施形態において同一の部位には同一の符号を付し、重複する説明は省略される。

[0007] 以下に示す実施形態では、「一定」、「直交」、「垂直」あるいは「平行」といった表現が用いられる場合があるが、これらの表現は、厳密に「一定」、「直交」、「垂直」あるいは「平行」であることを要しない。すなわち、上記した各表現は、例えば製造精度、または設置精度などのずれを許容するものとする。

[0008] 旋削加工または転削加工等の切削加工に用いられる工具として、超硬合金、サーメット、またはセラミックス等の基体の表面を被覆層でコーティングすることによって耐摩耗性等を向上させた被覆工具が知られている。

[0009] 上述した従来技術には、工具の寿命を延ばすという点で更なる改善の余地がある。

[0010] そこで、上述の問題点を克服し、工具の寿命を延ばすことができる技術の実現が期待されている。

[0011] ＜被覆工具＞

図１は、実施形態に係る被覆工具の一例を示す斜視図である。図２は、実施形態に係る被覆工具の一例を示す側断面図である。図１に示すように、実施形態に係る被覆工具１は、チップ本体２を有する。

[0012] （チップ本体２）

チップ本体２は、たとえば、上面および下面（図１に示すＺ軸と交わる面）の形状が平行四辺形である六面体形状を有する。

[0013] チップ本体２の１つのコーナー部は、切刃部として機能する。切刃部は、第１面（たとえば上面）と、第１面に連接する第２面（たとえば側面）とを有する。実施形態において、第１面は切削により生じた切屑をすくい取る「すくい面」として機能し、第２面は「逃げ面」として機能する。第１面と第２面とが交わる稜線の少なくとも一部には、切刃が位置しており、被覆工具１は、かかる切刃を被削材に当てることによって被削材を切削する。

[0014] チップ本体２の中央部には、チップ本体２を上下に貫通する貫通孔５が位置する。貫通孔５には、後述するホルダ７０に被覆工具１を取り付けるためのネジ７５が挿入される（図１０参照）。

[0015] 図２に示すように、チップ本体２は、基体１０と、被覆層２０とを有する。

[0016] （基体１０）

基体１０は、たとえば超硬合金で形成される。超硬合金は、Ｗ（タングステン）、具体的には、ＷＣ（炭化タングステン）を含有する。超硬合金は、Ｎｉ（ニッケル）またはＣｏ（コバルト）を含有していてもよい。具体的には、基体１０は、ＷＣ粒子を硬質相成分とし、Ｃｏを結合相の主成分とするＷＣ基超硬合金からなる。

[0017] 基体１０は、サーメットで形成されてもよい。サーメットは、たとえばＴｉ（チタン）、具体的には、ＴｉＣ（炭化チタン）またはＴｉＮ（窒化チタン）を含有する。サーメットは、ＮｉまたはＣｏを含有していてもよい。

[0018] 基体１０は、立方晶窒化硼素（ｃＢＮ）粒子を含有する立方晶窒化硼素質の焼結体で形成されてもよい。基体１０は、立方晶窒化硼素（ｃＢＮ）粒子に限らず、六方晶窒化硼素（ｈＢＮ）、菱面体晶窒化硼素（ｒＢＮ）、またはウルツ鉱窒化硼素（ｗＢＮ）等の粒子を含有していてもよい。

[0019] 基体１０は、セラミックスで形成されてもよい。セラミックスとしては、例えばAl_2O_3（酸化アルミニウム）が挙げられる。Al_2O_3の種類としては、例えば、κ－Al_2O_3及びα－Al_2O_3が含まれる。セラミックスは、酸化アルミニウムに他の元素を含有していてもよい。例えば、セラミックスは、酸化アルミニウムに加えて、マグネシウム（Ｍｇ）、カルシウム（Ｃａ）、ストロンチウム（Ｓｒ）、珪素（Ｓｉ）及び周期律表の第３族元素のうち、少なくとも１つを含有していてもよい。

[0020] （被覆層２０）

被覆層２０は、例えば、基体１０の耐摩耗性、および耐熱性等を向上させることを目的として基体１０に被覆される。図２の例では、被覆層２０が基体１０を全体的に被覆している。被覆層２０は、少なくとも基体１０の上に位置していればよい。被覆層２０が基体１０の第１面（ここでは、上面）に位置する場合、第１面の耐摩耗性、および耐熱性が高い。被覆層２０が基体

１０の第２面（ここでは、側面）に位置する場合、第２面の耐摩耗性、および耐熱性が高い。

[0021] （第１の実施形態に係る被覆層２０Ａ）

ここで、図３、図４Ａ、図４Ｂ、図５Ａ、図５Ｂ、および図５Ｃを参照して第１の実施形態に係る被覆層２０Ａの具体的な構成を説明する。図３は、第１の実施形態に係る被覆層の一例を示す断面図である。図４Ａは、第１の実施形態に係る被覆層におけるＴｉ／ＡｌＩ比を説明する模式図である。図４Ｂは、第１の実施形態に係る被覆層におけるＣｒ／ＡｌＩ比を説明する模式図である。図５Ａは、第１の実施形態に係る被覆層に含まれる第１の被覆層の一例を示す断面図である。図５Ｂは、第１の実施形態に係る被覆層に含まれる第２の被覆層の一例を示す断面図である。図５Ｃは、第１の実施形態に係る被覆層に含まれる第３の被覆層の一例を示す断面図である。

[0022] 図３に示すように、被覆層２０としての第１の実施形態に係る被覆層２０Ａは、基体１０の上に位置する第１の被覆層２１と、第１の被覆層２１の上に位置する第２の被覆層２２と、第２の被覆層２２の上に位置する第３の被覆層２３とを含む。チップ本体２が、基体１０および被覆層２０としての被覆層２０Ａに加えて、中間層１１を含む場合には、図３に示すように、中間層１１は、基体１０と第１の被覆層２１との間に位置する。この場合には、第１の被覆層２１は、中間層１１を介して基体１０の上に位置する。

[0023] （第１の被覆層２１）

第１の被覆層２１は、ＡｌとＴｉとＣｒとＮとを含有する。第１の被覆層２１は、例えば、Ａｌ、Ｔｉ、およびＣｒの窒化物であるＡｌＴｉＣｒＮを含有するＡｌＴｉＣｒＮ層であってもよい。「ＡｌＴｉＣｒＮ」との表記は、ＡｌとＴｉとＣｒとＮとが任意の割合で存在することを意味しており、必ずしもＡｌとＴｉとＣｒとＮとが１対１対１対１で存在することを意味するものではない。第１の被覆層２１の厚さは、例えば、５００ｎｍ以上１５００ｎｍ以下である。

[0024] 基体１０の上に位置する第１の被覆層２１は、基体１０と第１の被覆層２

１の上に位置する被覆層（被覆層２０Ａにおいては、第２の被覆層２２および第３の被覆層２３）との間の残留応力を低減することができる。すなわち、第１の被覆層２１は、基体１０と被覆層２０Ａとの間の残留応力を低減することができる。それにより、基体１０と被覆層２０Ａとの間の剥離またはクラックを低減することができる。言い換えれば、基体１０と被覆層２０Ａとの間の密着性を向上させることができる。その結果、被覆工具１の寿命を延ばすことができる。

[0025] （第２の被覆層２２）

第２の被覆層２２は、図３に示すように、第１の膜３１と、第２の膜３２とを含む。第１の膜３１および第２の膜３２の各々は、ＡｌとＴｉとＣｒとＮとを含有する。第１の膜３１および第２の膜３２の各々は、例えば、Ａｌ、Ｔｉ、およびＣｒの窒化物であるＡｌＴｉＣｒＮを含有するＡｌＴｉＣｒＮ膜であってもよい。第１の膜３１の厚さは、例えば、２００ｎｍ以上４００ｎｍ以下である。第２の膜３２の厚さは、例えば、２００ｎｍ以上４００ｎｍ以下である。

[0026] 第１の膜３１は、第１の被覆層２１におけるＴｉ／Ａｌ比よりも高いＴｉ／Ａｌ比を有する。ここで、Ｔｉ／Ａｌ比は、Ａｌの原子数に対するＴｉの原子数の比を意味する。それにより、基体１０と第２の被覆層２２の上に位置する被覆層（被覆層２０Ａにおいては、第３の被覆層２３）との間の残留応力を顕著に増加させることなく、被覆層２０Ａの耐摩耗性および耐チッピング性を向上させることができる。第１の膜３１は、第１の被覆層２１におけるＣｒ／Ａｌ比よりも低いＣｒ／Ａｌ比を有するものであってもよい。

[0027] 第２の膜３２は、第１の被覆層２１におけるＣｒ／Ａｌ比よりも高いＣｒ／Ａｌ比を有する。ここで、Ｃｒ／Ａｌ比は、Ａｌの原子数に対するＣｒの原子数の比を意味する。それにより、基体１０と第２の被覆層２２の上に位置する被覆層（被覆層２０Ａにおいては、第３の被覆層２３）との間の残留応力を顕著に増加させることなく、被覆層２０Ａの潤滑性および耐溶着性を向上させることができる。第２の膜３２は、第１の被覆層２１におけるＴｉ

／ＡｌＩ比よりも低いＴｉ／ＡｌＩ比を有するものであってもよい。

[0028] 第２の被覆層２２は、基体１０と第２の被覆層２２の上に位置する被覆層との間の残留応力を顕著に増加させることなく、被覆層２０Ａの耐摩耗性および耐チッピング性を向上させると共に被覆層２０Ａの潤滑性および耐溶着性を向上させることができる。その結果、被覆工具１の寿命を延ばすことができる。

[0029] （第３の被覆層２３）

第３の被覆層２３は、図３に示すように、第３の膜３３と、第４の膜３４とを含む。第３の膜３３および第４の膜３４の各々は、ＡｌとＴｉとＣｒとＮとを含有する。第３の膜３３および第４の膜３４の各々は、例えば、ＡｌＴｉ、およびＣｒの窒化物であるＡｌＴｉＣｒＮを含有するＡｌＴｉＣｒＮ膜であってもよい。第３の膜３３の厚さは、例えば、２００ｎｍ以上４００ｎｍ以下である。第４の膜３４の厚さは、例えば、２００ｎｍ以上４００ｎｍ以下である。

[0030] 第３の膜３３は、第１の膜３１におけるＴｉ／ＡｌＩ比よりも高いＴｉ／ＡｌＩ比を有する。ここで、Ｔｉ／ＡｌＩ比は、ＡｌＩの原子数に対するＴｉの原子数の比を意味する。それにより、被覆層２０Ａの耐摩耗性および耐チッピング性を向上させることができる。第３の膜３３は、第１の膜３１におけるＣｒ／ＡｌＩ比よりも低いＣｒ／ＡｌＩ比を有するものであってもよい。

[0031] 第４の膜３４は、第２の膜３２におけるＣｒ／ＡｌＩ比よりも高いＣｒ／ＡｌＩ比を有する。ここで、Ｃｒ／ＡｌＩ比は、ＡｌＩの原子数に対するＣｒの原子数の比を意味する。それにより、被覆層２０Ａの潤滑性および耐溶着性を向上させることができる。第４の膜３４は、第２の膜３２におけるＴｉ／ＡｌＩ比よりも低いＴｉ／ＡｌＩ比を有するものであってもよい。

[0032] 第３の被覆層２３は、被覆層２０Ａの耐摩耗性および耐チッピング性を向上させると共に被覆層２０Ａの潤滑性および耐溶着性を向上させることができる。その結果、被覆工具１の寿命を延ばすことができる。

[0033] （被覆層２０Ａにおけるｔｉ／ＡｌＩ比の例）

図４Ａに示すように、被覆層２０ＡにおけるＴｉ／ＡｌＩ比は、被覆層２０Ａの厚さの方向において連続的に変化してもよい。被覆層２０Ａにおいて対象とする領域におけるＴｉ／ＡｌＩ比が一定でない場合、この領域におけるＴｉ／ＡｌＩ比の平均値をこの領域におけるＴｉ／ＡｌＩ比としてもよい。

[0034] 図４Ａに示す例においては、被覆層２０ＡにおけるＴｉ／ＡｌＩ比は、第１の被覆層２１においてほぼ一定である。被覆層２０ＡにおけるＴｉ／ＡｌＩ比は、第２の被覆層２２に含まれる第１の膜３１および第３の被覆層２３に含まれる第３の膜３３において極大である。被覆層２０ＡにおけるＴｉ／ＡｌＩ比は、第２の被覆層２２に含まれる第２の膜３２および第３の被覆層２３に含まれる第４の膜３４において極小である。

[0035] ここで、単に第１の膜３１におけるＴｉ／ＡｌＩ比が第１の被覆層２１におけるＴｉ／ＡｌＩ比より大きいだけでなく、第１の膜３１におけるＴｉ／ＡｌＩ比の極大値が、第１の被覆層２１におけるＴｉ／ＡｌＩ比より大きくてもよい。単に第３の膜３３におけるＴｉ／ＡｌＩ比が第１の膜３１におけるＴｉ／ＡｌＩ比より大きいだけでなく、第３の膜３３におけるＴｉ／ＡｌＩ比の極大値が、第１の膜３１におけるＴｉ／ＡｌＩ比の極大値より大きくてもよい。

[0036] 単に第２の膜３２におけるＴｉ／ＡｌＩ比が第１の被覆層２１におけるＴｉ／ＡｌＩ比より小さいだけでなく、第２の膜３２におけるＴｉ／ＡｌＩ比の極小値が、第１の被覆層２１におけるＴｉ／ＡｌＩ比より小さくてもよい。単に第４の膜３４におけるＴｉ／ＡｌＩ比が第２の膜３２におけるＴｉ／ＡｌＩ比より小さいだけでなく、第４の膜３４におけるＴｉ／ＡｌＩ比の極小値が、第２の膜３２におけるＴｉ／ＡｌＩ比の極小値より小さくてもよい。

[0037] （被覆層２０ＡにおけるＣｒ／ＡｌＩ比の例）

図４Ｂに示すように、被覆層２０ＡにおけるＣｒ／ＡｌＩ比は、被覆層２０Ａの厚さの方向において連続的に変化してもよい。被覆層２０Ａにおいて対象とする領域におけるＣｒ／ＡｌＩ比が一定でない場合、この領域におけるＣｒ／ＡｌＩ比の平均値をこの領域におけるＣｒ／ＡｌＩ比としてもよい。

[0038] 図４Ｂに示す例においては、被覆層２０ＡにおけるＣｒ／ＡｌＩ比は、第１

の被覆層２１においてほぼ一定である。被覆層２０ＡにおけるＣｒ／ＡｌＩ比は、第２の被覆層２２に含まれる第２の膜３２および第３の被覆層２３に含まれる第４の膜３４において極大である。被覆層２０ＡにおけるＣｒ／ＡｌＩ比は、第２の被覆層２２に含まれる第１の膜３１および第３の被覆層２３に含まれる第３の膜３３において極小である。

[0039] ここで、単に第２の膜３２におけるＣｒ／ＡｌＩ比が第１の被覆層２１におけるＣｒ／ＡｌＩ比より大きいだけでなく、第２の膜３２におけるＣｒ／ＡｌＩ比の極大値が、第１の被覆層２１におけるＣｒ／ＡｌＩ比より大きくてもよい。単に第４の膜３４におけるＣｒ／ＡｌＩ比が第２の膜３２におけるＣｒ／ＡｌＩ比より大きいだけでなく、第４の膜３４におけるＣｒ／ＡｌＩ比の極大値が、第２の膜３２におけるＣｒ／ＡｌＩ比の極大値より大きくてもよい。

[0040] 単に第１の膜３１におけるＣｒ／ＡｌＩ比が第１の被覆層２１におけるＣｒ／ＡｌＩ比より小さいだけでなく、第１の膜３１におけるＣｒ／ＡｌＩ比の極小値が、第１の被覆層２１におけるＣｒ／ＡｌＩ比より小さくてもよい。単に第３の膜３３におけるＣｒ／ＡｌＩ比が第１の膜３１おけるＣｒ／ＡｌＩ比より小さいだけでなく、第３の膜３３におけるＣｒ／ＡｌＩ比の極小値が、第１の膜３１おけるＣｒ／ＡｌＩ比の極小値より小さくてもよい。

[0041] 基体１０に第１の被覆層２１、第１の膜３１、第２の膜３２、第３の膜３３、および第４の膜３４が順に積層された被覆層２０Ａを示したが、基体１０に第１の被覆層２１、第２の膜３２、第１の膜３１、第４の膜３４、および第３の膜３３を順に積層してもよい。

[0042] （第１の被覆層２１、第２の被覆層２２、および第３の被覆層２３の例）

図５Ａに示すように、第１の被覆層２１は、複数の化合物層２１ａと複数の化合物層２１ｂとが交互に積層された領域を含むことがある。ここで、化合物層２１ａにおけるＴｉ／ＡｌＩ比およびＣｒ／ＡｌＩ比は、それぞれ、化合物層２１ｂにおけるＴｉ／ＡｌＩ比およびＣｒ／ＡｌＩ比と異なる。例えば、化合物層２１ａにおけるＴｉ／ＡｌＩ比は、化合物層２１ｂにおけるＴｉ／ＡｌＩ比よりも大きいと共に、化合物層２１ｂにおけるＣｒ／ＡｌＩ比は、化合物層

２１ａにおけるＣｒ／ＡｌＩ比よりも大きい。化合物層２１ａおよび化合物層２１ｂの各々の厚さの平均値は、１ｎｍ以上１０ｎｍ以下である。

[0043] この場合には、第１の被覆層２１の硬度を向上させることができる。それにより、第１の被覆層２１の強度を向上させることができる。その結果、被覆工具１の寿命を延ばすことができる。

[0044] 図５Ｂに示すように、第２の被覆層２２に含まれる第１の膜３１は、複数の化合物層３１ａと複数の化合物層３１ｂとが交互に積層された領域を含むことがある。ここで、化合物層３１ａにおけるＴｉ／ＡｌＩ比およびＣｒ／ＡｌＩ比は、それぞれ、化合物層３１ｂにおけるＴｉ／ＡｌＩ比およびＣｒ／ＡｌＩ比と異なる。例えば、化合物層３１ａにおけるＴｉ／ＡｌＩ比は、化合物層３１ｂにおけるＴｉ／ＡｌＩ比よりも大きいと共に、化合物層３１ｂにおけるＣｒ／ＡｌＩ比は、化合物層３１ａにおけるＣｒ／ＡｌＩ比よりも大きい。化合物層３１ａおよび化合物層３１ｂの各々の厚さの平均値は、１ｎｍ以上１０ｎｍ以下である。

[0045] この場合には、第１の膜３１の硬度およびそれに応じて第２の被覆層２２の硬度を向上させることができる。それにより、第１の膜３１の強度およびそれに応じて第２の被覆層２２の強度を向上させることができる。その結果、被覆工具１の寿命を延ばすことができる。

[0046] 図５Ｂに示すように、第２の被覆層２２に含まれる第２の膜３２は、複数の化合物層３２ａと複数の化合物層３２ｂとが交互に積層された領域を含むことがある。ここで、化合物層３２ａにおけるＴｉ／ＡｌＩ比およびＣｒ／ＡｌＩ比は、それぞれ、化合物層３２ｂにおけるＴｉ／ＡｌＩ比およびＣｒ／ＡｌＩ比と異なる。例えば、化合物層３２ａにおけるＣｒ／ＡｌＩ比は、化合物層３２ｂにおけるＣｒ／ＡｌＩ比よりも大きいと共に、化合物層３２ｂにおけるＴｉ／ＡｌＩ比は、化合物層３２ａにおけるＴｉ／ＡｌＩ比よりも大きい。化合物層３２ａおよび化合物層３２ｂの各々の厚さの平均値は、１ｎｍ以上１０ｎｍ以下である。

[0047] この場合には、第２の膜３２の硬度およびそれに応じて第２の被覆層２２

の硬度を向上させることができる。それにより、第２の膜３２の強度およびそれに応じて第２の被覆層２２の強度を向上させることができる。その結果、被覆工具１の寿命を延ばすことができる。

[0048] 図５Ｃに示すように、第３の被覆層２３に含まれる第３の膜３３は、複数の化合物層３３ａと複数の化合物層３３ｂとが交互に積層された領域を含むことがある。ここで、化合物層３３ａにおけるＴｉ／Ａｌ比およびＣｒ／Ａｌ比は、それぞれ、化合物層３３ｂにおけるＴｉ／Ａｌ比およびＣｒ／Ａｌ比と異なる。例えば、化合物層３３ａにおけるＴｉ／Ａｌ比は、化合物層３３ｂにおけるＴｉ／Ａｌ比よりも大きいと共に、化合物層３３ｂにおけるＣｒ／Ａｌ比は、化合物層３３ａにおけるＣｒ／Ａｌ比よりも大きい。化合物層３３ａおよび化合物層３３ｂの各々の厚さの平均値は、１ｎｍ以上１０ｎｍ以下である。

[0049] この場合には、第３の膜３３の硬度およびそれに応じて第３の被覆層２３の硬度を向上させることができる。それにより、第３の膜３３の強度およびそれに応じて第３の被覆層２３の強度を向上させることができる。その結果、被覆工具１の寿命を延ばすことができる。

[0050] 図５Ｃに示すように、第３の被覆層２３に含まれる第４の膜３４は、複数の化合物層３４ａと複数の化合物層３４ｂとが交互に積層された領域を含むことがある。ここで、化合物層３４ａにおけるＴｉ／Ａｌ比およびＣｒ／Ａｌ比は、それぞれ、化合物層３４ｂにおけるＴｉ／Ａｌ比およびＣｒ／Ａｌ比と異なる。例えば、化合物層３４ａにおけるＣｒ／Ａｌ比は、化合物層３４ｂにおけるＣｒ／Ａｌ比よりも大きいと共に、化合物層３４ｂにおけるＴｉ／Ａｌ比は、化合物層３４ａにおけるＴｉ／Ａｌ比よりも大きい。化合物層３４ａおよび化合物層３４ｂの各々の厚さの平均値は、１ｎｍ以上１０ｎｍ以下である。

[0051] この場合には、第４の膜３４の硬度およびそれに応じて第３の被覆層２３の硬度を向上させることができる。それにより、第４の膜３４の強度およびそれに応じて第３の被覆層２３の強度を向上させることができる。その結果

、被覆工具１の寿命を延ばすことができる。

[0052] 被覆層２０Ａに含まれる被覆層または膜における元素の割合を、たとえば、Ｘ線光電子分光法（ＸＰＳ）に基づく分析または走査透過電子顕微鏡（ＳＴＥＭ）に付属しているエネルギー分散型Ｘ線分光器（ＥＤＳ）を用いた分析により特定することが可能である。被覆層２０Ａに含まれる膜における交互に積層された複数の化合物層の存在を走査透過電子顕微鏡（ＳＴＥＭ）によって得られる明視野像または高角散乱環状暗視野像、または、エネルギー分散型Ｘ線分光器（ＥＤＳ）を用いた分析によって確認することができる。

[0053] （中間層１１）

図３に示すように、基体１０と被覆層２０としての被覆層２０Ａとの間には、中間層１１が位置していてもよい。具体的には、中間層１１は、一方の面（ここでは下面）において基体１０の上面に接し、且つ、他方の面（ここでは上面）において被覆層２０Ａ（例えば、第１の被覆層２１）の下面に接する。

[0054] 中間層１１は、基体１０との密着性が被覆層２０Ａと比べて高い。このような特性を有する金属元素としては、たとえば、Ｚｒ、Ｈｆ、Ｖ、Ｎｂ、Ｔａ、Ｃｒ、Ｍｏ、Ｗ、Ａｌ、Ｓｉ、Ｙ、およびＴｉが挙げられる。中間層１１は、上記金属元素のうち少なくとも１種以上の金属元素を含有する。たとえば、中間層１１は、Ｔｉを含有していても良い。Ｓｉは、半金属元素であるが、本明細書においては、半金属元素も金属元素に含まれるものとする。

[0055] 中間層１１がＴｉを含有する場合、中間層１１におけるＴｉの含有率は、１．５原子％以上であってもよい。たとえば、中間層１１におけるＴｉの含有率は、２原子％以上であってもよい。

[0056] 中間層１１は、上記金属元素（Ｚｒ、Ｈｆ、Ｖ、Ｎｂ、Ｔａ、Ｃｒ、Ｍｏ、Ｗ、Ａｌ、Ｓｉ、Ｙ、およびＴｉ）以外の成分を含有していてもよい。ただし、基体１０との密着性の観点から、中間層１１は、上記金属元素を合量で少なくとも９５原子％以上含有していてもよい。中間層１１は、上記金属元素を合量で９８原子％以上含有してもよい。中間層１１における金属成分

の割合は、たとえば、走査透過電子顕微鏡（ＳＴＥＭ）に付属しているエネルギー分散型Ｘ線分光器（ＥＤＳ）を用いた分析により特定可能である。

[0057] このように、基体１０との濡れ性が被覆層２０Ａと比べて高い中間層１１を基体１０と被覆層２０Ａとの間に設けることにより、基体１０および被覆層２０Ａの密着性を向上させることができる。中間層１１は、被覆層２０Ａとの密着性も高いため、被覆層２０Ａが中間層１１から剥離するといったことも生じにくい。

[0058] 中間層１１の厚みは、たとえば０．１ｎｍ以上、２０ｎｍ未満であってもよい。

[0059] （第２の実施形態に係る被覆層２０Ｂ）

次に、図６、図７Ａ、図７Ｂ、および図８を参照して第２の実施形態に係る被覆層２０Ｂの具体的な構成を説明する。図６は、第２の実施形態に係る被覆層の一例を示す断面図である。図７Ａは、第２の実施形態に係る被覆層におけるＴｉ／ＡｌＩ比を説明する模式図である。図７Ｂは、第２の実施形態に係る被覆層におけるＣｒ／ＡｌＩ比を説明する模式図である。図８は、第２の実施形態に係る被覆層に含まれる第４の被覆層の一例を示す断面図である。

[0060] 図６に示すように、第２の実施形態に係る被覆層２０Ｂは、第２の実施形態に係る被覆層２０Ｂが、第３の被覆層２３の上に位置する第４の被覆層２４をさらに含む点で、第１の実施形態に係る被覆層２０Ａと異なる。第１の実施形態に係る被覆層２０Ａの構成と同様である第２の実施形態に係る被覆層２０Ｂの構成の説明を省略する。

[0061] （第４の被覆層２４）

第４の被覆層２４は、図６に示すように、第５の膜３５と、第６の膜３６とを含む。

[0062] 第５の膜３５は、ＡｌとＴｉとＮとを含有する。第５の膜３５は、例えば、ＡｌおよびＴｉの窒化物であるＡｌＴｉＮを含有するＡｌＴｉＮ膜であってもよい。「ＡｌＴｉＮ」との表記は、ＡｌとＴｉとＮとが任意の割合で存

在することを意味しており、必ずしもＡｌとＴｉとＮとが１対１対１で存在することを意味するものではない。第５の膜３５は、Ｃｒをさらに含有するものであってもよい。この場合には、第５の膜３５は、例えば、Ａｌ、Ｔｉ、およびＣｒの窒化物であるＡｌＴｉＣｒＮを含有するＡｌＴｉＣｒＮ膜であってもよい。第５の膜３５の厚さは、例えば、２００ｎｍ以上４００ｎｍ以下である。

[0063] 第６の膜３６は、ＡｌとＣｒとＮとを含有する。第６の膜３６は、例えば、ＡｌおよびＣｒの窒化物であるＡｌＣｒＮを含有するＡｌＣｒＮ膜であってもよい。「ＡｌＣｒＮ」との表記は、ＡｌとＣｒとＮとが任意の割合で存在することを意味しており、必ずしもＡｌとＣｒとＮとが１対１対１で存在することを意味するものではない。第６の膜３６は、Ｔｉをさらに含有するものであってもよい。この場合には、第６の膜３６は、例えば、Ａｌ、Ｔｉ、およびＣｒの窒化物であるＡｌＴｉＣｒＮを含有するＡｌＴｉＣｒＮ膜であってもよい。第６の膜３６の厚さは、例えば、２００ｎｍ以上４００ｎｍ以下である。

[0064] 第５の膜３５は、第３の膜３３におけるＴｉ／Ａｌ比よりも高いＴｉ／Ａｌ比を有する。ここで、Ｔｉ／Ａｌ比は、Ａｌの原子数に対するＴｉの原子数の比を意味する。それにより、被覆層２０Ｂの耐摩耗性および耐チッピング性をさらに向上させることができる。第５の膜３５は、第３の膜３３におけるＣｒ／Ａｌ比よりも低いＣｒ／Ａｌ比を有するものであってもよい。

[0065] 第６の膜３６は、第４の膜３４におけるＣｒ／Ａｌ比よりも高いＣｒ／Ａｌ比を有する。ここで、Ｃｒ／Ａｌ比は、Ａｌの原子数に対するＣｒの原子数の比を意味する。それにより、被覆層２０Ｂの潤滑性および耐溶着性をさらに向上させることができる。第６の膜３６は、第４の膜３４におけるＴｉ／Ａｌ比よりも低いＴｉ／Ａｌ比を有するものであってもよい。

[0066] 第４の被覆層２４は、被覆層２０Ｂの耐摩耗性および耐チッピング性をさらに向上させると共に被覆層２０Ａの潤滑性および耐溶着性をさらに向上させることができる。その結果、被覆工具１の寿命をさらに延ばすことができ

る。

[0067] 被覆層２０Ｂにおいて、第３の被覆層２３は、基体１０と第３の被覆層２３の上に位置する被覆層としての第４の被覆層２４との間の残留応力を顕著に増加させないように作用する。

[0068] 第５の膜３５におけるＴｉ／ＡｌＩ比は、１以上１．５以下であることがある。第５の膜３５におけるＴｉ／ＡｌＩ比が、１以上である場合には、被覆層２０Ｂの耐摩耗性および耐チッピング性をさらに向上させることができる。第５の膜３５におけるＴｉ／ＡｌＩ比が、１．５以下である場合には、基体１０と被覆層２０Ｂとの間の残留応力を顕著に増加させないようにすることができる。それにより、基体１０と被覆層２０Ｂとの間の剥離またはクラックを低減することができる。その結果、被覆工具１の寿命をさらに延ばすことができる。

[0069] 第６の膜３６におけるＣｒ／ＡｌＩ比は、１以上１．５以下であることがある。第６の膜３６におけるＣｒ／ＡｌＩ比が、１以上である場合には、被覆層２０Ｂの潤滑性および耐溶着性をさらに向上させることができる。第６の膜３６におけるＣｒ／ＡｌＩ比が、１．５以下である場合には、基体１０と被覆層２０Ｂとの間の残留応力を顕著に増加させないようにすることができる。それにより、基体１０と被覆層２０Ｂとの間の剥離またはクラックを低減することができる。その結果、被覆工具１の寿命をさらに延ばすことができる。

[0070] （被覆層２０ＢにおけるＴｉ／ＡｌＩ比の例）

図７Ａに示すように、被覆層２０ＢにおけるＴｉ／ＡｌＩ比は、被覆層２０Ｂの厚さの方向において連続的に変化してもよい。被覆層２０Ｂにおいて対象とする領域におけるＴｉ／ＡｌＩ比が一定でない場合、この領域におけるＴｉ／ＡｌＩ比の平均値をこの領域におけるＴｉ／ＡｌＩ比としてもよい。

[0071] 図７Ａに示す例においては、被覆層２０ＢにおけるＴｉ／ＡｌＩ比は、第４の被覆層２４に含まれる第５の膜３５においてもまた極大である。被覆層２０ＢにおけるＴｉ／ＡｌＩ比は、第４の被覆層２４に含まれる第６の膜３６に

おいてもまた極小である。

[0072] ここで、第５の膜３５におけるＴｉ／ＡｌＩ比の極大値は、第３の膜３３におけるＴｉ／ＡｌＩ比の極大値よりも大きい。一方、第６の膜３６におけるＴｉ／ＡｌＩ比の極小値は、第４の膜３４におけるＴｉ／ＡｌＩ比の極小値よりも小さい。第６の膜３６におけるＴｉ／ＡｌＩ比の極小値は、例えば、実質的に０である。

[0073] （被覆層２０Ｂにおける Ｃｒ／ＡｌＩ比の例）

図７Ｂに示すように、被覆層２０Ｂにおける Ｃｒ／ＡｌＩ比は、被覆層２０Ｂの厚さの方向において連続的に変化してもよい。被覆層２０Ｂにおいて対象とする領域における Ｃｒ／ＡｌＩ比が一定でない場合、この領域における Ｃｒ／ＡｌＩ比の平均値をこの領域における Ｃｒ／ＡｌＩ比としてもよい。

[0074] 図７Ｂに示す例においては、被覆層２０Ｂにおける Ｃｒ／ＡｌＩ比は、第４の被覆層２４に含まれる第６の膜３６においてもまた極大である。被覆層２０Ｂにおける Ｃｒ／ＡｌＩ比は、第４の被覆層２４に含まれる第５の膜３５においてもまた極小である。

[0075] ここで、第６の膜３６における Ｃｒ／ＡｌＩ比の極大値は、第４の膜３４における Ｃｒ／ＡｌＩ比の極大値よりも大きい。一方、第５の膜３５における Ｃｒ／ＡｌＩ比の極小値は、第３の膜３３おける Ｃｒ／ＡｌＩ比の極小値よりも小さい。第５の膜３５における Ｃｒ／ＡｌＩ比の極小値は、例えば、実質的に０である。

[0076] 基体１０に第１の被覆層２１、第１の膜３１、第２の膜３２、第３の膜３３、第４の膜３４、第５の膜３５、および第６の膜３６が順に積層された被覆層２０Ｂを示したが、基体１０に第１の被覆層２１、第２の膜３２、第１の膜３１、第４の膜３４、第３の膜３３、第６の膜３６、および第５の膜３５を順に積層してもよい。

[0077] （第４の被覆層２４の例）

図８に示すように、第４の被覆層２４に含まれる第５の膜３５は、複数の化合物層３５ａと複数の化合物層３５ｂとが交互に積層された領域を含むこ

とがある。ここで、化合物層３５ａにおけるＴｉ／ＡｌＩ比は、化合物層３５ｂにおけるＴｉ／ＡｌＩ比と異なる。例えば、化合物層３５ａにおけるＴｉ／ＡｌＩ比は、化合物層３５ｂにおけるＴｉ／ＡｌＩ比よりも大きい。化合物層３５ａおよび化合物層３５ｂの各々の厚さの平均値は、１ｎｍ以上１０ｎｍ以下である。

[0078] この場合には、第５の膜３５の硬度およびそれに応じて第４の被覆層２４の硬度を向上させることができる。特に、高温における第４の被覆層２４の硬度を向上させることができる。それにより、第５の膜３５の強度およびそれに応じて第４の被覆層２４の強度を向上させることができる。特に、第４の被覆層２４の耐摩耗性を向上させることができる。その結果、被覆工具１の寿命をさらに延ばすことができる。

[0079] 図８に示すように、第４の被覆層２４に含まれる第６の膜３６は、複数の化合物層３６ａと複数の化合物層３６ｂとが交互に積層された領域を含むことがある。ここで、化合物層３６ａにおけるＣｒ／ＡｌＩ比は、化合物層３６ｂにおけるＣｒ／ＡｌＩ比と異なる。例えば、化合物層３６ａにおけるＣｒ／ＡｌＩ比は、化合物層３６ｂにおけるＣｒ／ＡｌＩ比よりも大きい。化合物層３６ａおよび化合物層３６ｂの各々の厚さの平均値は、１ｎｍ以上１０ｎｍ以下である。

[0080] この場合には、第６の膜３６の硬度およびそれに応じて第４の被覆層２４の硬度を向上させることができる。特に、高温における第４の被覆層２４の硬度を向上させることができる。それにより、第６の膜３６の強度およびそれに応じて第４の被覆層２４の強度を向上させることができる。特に、第４の被覆層２４の耐摩耗性を向上させることができる。その結果、被覆工具１の寿命をさらに延ばすことができる。

[0081] ＜被覆工具の製造方法＞

次に、図９を参照して、実施形態に係る被覆工具１を製造する方法の一例を説明する。図９は、基体に被覆層を形成する成膜装置の一例を模式的に示す図である。被覆工具１を製造する方法は、以下に示す方法に限定されない

。

[0082] まず、従来公知の方法を用いて被覆工具１の形状を有する基体１０を作製する。次に、基体１０の表面に被覆層２０を形成する。被覆層２０の成膜方法としては、例えば、イオンプレーティング法またはスパッタリング法等の物理蒸着（ＰＶＤ）法を使用することができる。一例として、イオンプレーティング法で被覆層２０を作製する場合には、例えば、図９に示すようなアークイオンプレーティング成膜装置（以下、ＡＩＰ装置と記載する）１０００を使用することができる。

[0083] 図９に示すＡＩＰ装置１０００は、真空チャンバ１０１の中にN_2またはＡｒ等のガスをガス導入口１０２から導入し、ＡＩＰ装置１０００に配置されたカソード電極１０３とアノード電極１０４との間に高電圧を印加して、ガスのプラズマを発生させる。このようなプラズマによって、ターゲット１０５から所望の金属またはセラミックスを蒸発させるとともにイオン化させて、高エネルギー状態の金属またはセラミックのイオンを生成させる。このイオン化した金属またはセラミックを試料としての基体１０の表面に付着させて基体１０の表面に被覆層２０を被覆する。

[0084] 図９に示すように、複数個の基体１０がタワー１０７にセットされて試料支持台１０６上に載置されてもよい。複数（図では２セット）の試料支持台１０６が図示されないテーブルに載置されてもよい。さらに、図９に示すように、基体１０を加熱するためのヒータ１０８、ガスを系外に排出するためのガス排出口１０９、および基体１０にバイアス電圧を印加するためのバイアス電源１１０が設けられている。

[0085] ターゲット１０５としては、例えば、金属アルミ（Ａｌ）と、金属チタン（Ｔｉ）、金属クロム（Ｃｒ）とをそれぞれ独立に含有する金属ターゲット、これらを複合化した合金ターゲット、これらの窒化物の粉末または焼結体からなる混合物ターゲットを用いることができる。例えば、ターゲット１０５として、ＡｌおよびＴｉを複合化した第１の合金ターゲットと、ＡｌおよびＣｒを複合化した第２の合金ターゲットとを用いることができる。

[0086] そして、ターゲット１０５を用いて、アーク放電またはグロー放電などにより金属源を蒸発させて、金属源の金属をイオン化すると同時に、窒素源の窒素（N_2）ガスと反応させることにより、基体１０の表面に被覆層２０が堆積する。

[0087] その際、ターゲット１０５の位置から基体１０の位置までの距離が１６０ｍｍ以上、例えば、２６０ｍｍ以上となるように試料支持台１０６を制御する。ターゲット１０５の表面の中心部分から基体１０の方向に直進性の高い多数の磁力線を発生させ、基体１０付近での磁束密度を０．２～０．８ｍＴ（ミリテスラ）となるようにする。

[0088] ＡＩＰ装置１０００内に反応ガスとして窒素ガスを導入し、２～１０Ｐａの雰囲気圧力とすることがある。基体１０の温度を３００～５００℃に維持する。さらに、基体１０に－５０～－２００Ｖのバイアス電圧を印加し、ターゲット１０５（カソード電極１０３）とアノード電極１０４との間に３０～２００Ａのアーク放電を発生させる。その間、基体１０を自公転させつつ基体１０に金属を蒸着させる。

[0089] ここで、基体１０に被覆層２０に含まれる各被覆層を積層する際に、カソード電極１０３としてのターゲット１０５とアノード電極１０４との間に発生させるアーク放電の電流値を制御する。例えば、カソード電極１０３としてのＡｌおよびＴｉを複合化した第１の合金ターゲットまたはＡｌおよびＣｒを複合化した第２の合金ターゲットとアノード電極１０４との間に発生させるアーク放電の電流値を制御する。

[0090] 例えば、被覆層２０に含まれる被覆層または膜におけるＴｉ／Ａｌ比を増加させる（減少させる）ためには、カソード電極１０３としてのＡｌおよびＴｉを複合化した第１の合金ターゲットとアノード電極１０４との間に発生させるアーク放電の電流値を増加させる（または減少させる）。

[0091] 例えば、被覆層２０に含まれる被覆層または膜におけるＣｒ／Ａｌ比を増加させる（減少させる）ためには、カソード電極１０３としてのＡｌおよびＣｒを複合化した第２の合金ターゲットとアノード電極１０４との間に発生

させるアーク放電の電流値を増加させる（または減少させる）。

[0092] 基体１０付近の磁束密度の制御方法としては、例えば、ターゲット１０５の周辺に磁場発生源である電磁コイル又は永久磁石を設置すること、ＡＩＰ装置１０００の内部、例えば、中心部に永久磁石を配置すること、または、隣接するターゲット１０５の位置を調整することによって、磁場を制御することができる。

[0093] 磁力を、磁束密度計にて、基体１０の位置の磁束密度を測定することにより算出する。磁束密度を単位ｍＴ（ミリテスラ）で表す。ここでターゲット１０５の位置から基体１０の位置までの距離は、基体１０がターゲット１０５に最近接する位置で測定した距離および基体１０がターゲット１０５から最も離れた距離を表す。

[0094] 成膜に際しては、図９に示すような基体１０の各位置においてターゲット１０５に対して基体１０が最も近づく向きになる周期を試料の回転数としたとき、回転数を調整することで、被覆層２０の厚さの方向における重金属および軽金属の組成の差の周期を調整することができる。具体的には、２～２０ｒｐｍ（回転毎分）の周期となるように基体１０および試料支持台１０６の回転数を調整することがある。

[0095] 成膜の際に、タワー１０７が自転しながら基体１０が載置された試料支持台１０６の各々が自転し、さらに複数の試料支持台１０６が公転するようにテーブルを回転させてもよい。このような公転のタイミングを調整することによって、第１の被覆層２１、第２の被覆層２２（第１の膜３１および第２の膜３２）、第３の被覆層２３（第３の膜３３および第４の膜３４）、および第４の被覆層２４（第５の膜３５および第６の膜３６）を構成する各化合物層の厚さを制御することができる。

[0096] パルス状のバイアス電圧を印加することで、ターゲット１０５から基体１０までの金属イオンが飛来する時間または距離を調整することができる。それにより、成膜の際に、重金属成分および軽金属成分の組成の差をつけることもできる。

[0097] 例えば、基体１０がターゲット１０５に近づきかつ対向するように基体１０が配置された場合には、ターゲット１０５からの重金属成分が基体１０へ直線的に飛来することになり、重金属のほうが軽金属よりも多く基体１０に堆積する。一方、基体１０がターゲット１０５から遠ざかりかつ対向しないように基体１０が配置された場合には、軽金属成分が回り込んで基体１０に堆積するので重金属成分の堆積量は減少すると考えられる。その際、ターゲット１０５の位置から基体１０の位置までの距離を長く、かつ、基体１０付近においてある程度の磁束密度を維持することで、軽金属成分の回り込みが促進され、重金属成分と軽金属成分の組成差が増加すると考えられる。

[0098] ＜切削工具＞

次に、図１０を参照して上述した被覆工具１を備える切削工具の構成を説明する。図１０は、実施形態に係る切削工具の一例を示す正面図である。

[0099] 図１０に示すように、実施形態に係る切削工具１００は、被覆工具１と、被覆工具１を固定するためのホルダ７０とを備える。

[0100] ホルダ７０は、第１端（図１０における上端）から第２端（図１０における下端）に向かって伸びる棒状の部材である。ホルダ７０は、たとえば、鋼、または鋳鉄製である。特に、これらの部材の中で靭性の高い鋼を用いることがある。

[0101] ホルダ７０は、第１端側の端部にポケット７３を有する。ポケット７３は、被覆工具１が装着される部分であり、被削材の回転方向と交わる着座面と、着座面に対して傾斜する拘束側面とを有する。着座面には、後述するネジ７５を螺合させるネジ孔が設けられている。

[0102] 被覆工具１は、ホルダ７０のポケット７３に位置し、ネジ７５によってホルダ７０に装着される。すなわち、被覆工具１の貫通孔５にネジ７５を挿入し、このネジ７５の先端をポケット７３の着座面に形成されたネジ孔に挿入してネジ部同士を螺合させる。これにより、被覆工具１は、切刃部３がホルダ７０から外方に突出するようにホルダ７０に装着される。

[0103] 実施形態においては、いわゆる旋削加工に用いられる切削工具を例示して

いる。旋削加工としては、例えば、内径加工、外径加工及び溝入れ加工が挙げられる。切削工具としては旋削加工に用いられるものに限定されない。例えば、転削加工に用いられる切削工具に被覆工具１を用いてもよい。転削加工に用いられる切削工具としては、たとえば、平フライス、正面フライス、側フライス、および溝切りフライスなどのフライス、および、１枚刃エンドミル、複数刃エンドミル、テーパ刃エンドミル、およびボールエンドミルなどのエンドミルなどが挙げられる。

実施例

[0104] 以下、本開示の実施例を具体的に説明する。本開示は以下に示す実施例に限定されるものではない。

[0105] 図９に示すようなＡＩＰ装置を用いて、ＷＣ基超硬合金からなる基体の上に被覆層を形成することによって、実施例に係る被覆工具を作製した。ターゲットとしては、ＡｌおよびＴｉを複合化した第１の合金ターゲット、および、ＡｌおよびＣｒを複合化した第２の合金ターゲットを用いた。第１の合金ターゲットまたは第２の合金ターゲットから生じた金属のイオンを窒素ガスと反応させることで、基体の上に被覆層を堆積させた。

[0106] ここで、基体を自公転させると共に基体に被覆層を積層する際に、カソード電極としての第１の合金ターゲットまたは第２の合金ターゲットとアノード電極との間に発生させるアーク放電の電流値を以下のように制御した。

[0107] まず、第１の合金ターゲットとアノード電極との間に発生させるアーク放電の電流値を２００Ａに設定すると共に第２の合金ターゲットとアノード電極との間に発生させるアーク放電の電流値を２００Ａに設定することで、基体の上に第１の被覆層を積層させた。

[0108] 次に、第１の合金ターゲットとアノード電極との間に発生させるアーク放電の電流値を１００Ａに設定すると共に、第２の合金ターゲットとアノード電極との間に発生させるアーク放電の電流値を５０Ａに設定することで、第１の被覆層の上に第２の被覆層に含まれる第１の膜を積層させた。

[0109] 次に、第１の金属ターゲットとアノード電極との間に発生させるアーク放

電の電流値を５０Ａに設定すると共に、第２の金属ターゲットとアノード電極との間に発生させるアーク放電の電流値を１００Ａに設定することで、第１の膜の上に第２の被覆層に含まれる第２の膜を積層させた。

[0110] 次に、第１の合金ターゲットとアノード電極との間に発生させるアーク放電の電流値を１２０Ａに設定すると共に、第２の合金ターゲットとアノード電極との間に発生させるアーク放電の電流値を３０Ａに設定することで、第２の膜の上に第３の被覆層に含まれる第３の膜を積層させた。

[0111] 次に、第１の合金ターゲットとアノード電極との間に発生させるアーク放電の電流値を３０Ａに設定すると共に、第２の合金ターゲットとアノード電極との間に発生させるアーク放電の電流値を１２０Ａに設定することで、第３の膜の上に第３の被覆層に含まれる第４の膜を積層させた。

[0112] 次に、第１の合金ターゲットとアノード電極との間に発生させるアーク放電の電流値を１５０Ａに設定すると共に、第２の合金ターゲットとアノード電極との間に発生させるアーク放電の電流値を０Ａに設定することで、第４の膜の上に第４の被覆層に含まれる第５の膜を積層させた。

[0113] 最後に、第１の合金ターゲットとアノード電極との間に発生させるアーク放電の電流値を０Ａに設定すると共に、第２の合金ターゲットとアノード電極との間に発生させるアーク放電の電流値を１５０Ａに設定することで、第５の膜の上に第３の被覆層に含まれる第６の膜を積層させた。

[0114] このように作製した被覆工具について、Ｘ線光電子分光法（ＸＰＳ）によって、基体に堆積させた被覆層または膜に含まれる元素を分析した。

[0115] 第１の被覆層、第２の被覆層に含まれる第１の膜および第２の膜、および、第３の被覆層に含まれる第３の膜および第４の膜の各々が、ＡｌとＴｉとＣｒとＮとを含有することを確認することができた。第４の被覆層に含まれる第５の膜が、ＡｌとＴｉとＮとを含有することを確認することができた。第４の被覆層に含まれる第６の膜が、ＡｌとＣｒとＮとを含有することを確認することができた。

[0116] 第１の被覆層、第１の膜、第２の膜、第３の膜、第４の膜、第５の膜、お

よび第６の膜におけるＴｉ／ＡｌＩ比が、被覆層または膜の厚さの方向、すなわち、基板の表面に垂直な方向において、基板の表面からの距離に対して連続的に変化することを確認することができた。第１の被覆層、第１の膜、第２の膜、第３の膜、第４の膜、第５の膜、および第６の膜におけるＣｒ／ＡｌＩ比が、被覆層または膜の厚さの方向、すなわち、基板の表面に垂直な方向において、基板の表面からの距離に対して連続的に変化することを確認することができた。

[0117] 第１の膜におけるＴｉ／ＡｌＩ比（極大値０．８）が、第１の被覆層におけるＴｉ／ＡｌＩ比（０．６）よりも高いことを確認することができた。第２の膜におけるＣｒ／ＡｌＩ比（極大値０．８）が、第１の被覆層におけるＣｒ／ＡｌＩ比（０．６）よりも高いことを確認することができた。第３の膜におけるＴｉ／ＡｌＩ比（極大値１）が、第１の膜におけるＴｉ／ＡｌＩ比（極大値０．８）よりも高いことを確認することができた。第４の膜におけるＣｒ／ＡｌＩ（極大値１）比が、第２の膜におけるＣｒ／ＡｌＩ比（極大値０．８）よりも高いことを確認することができた。第５の膜におけるＴｉ／ＡｌＩ比（極大値１．４）が、第３の膜におけるＴｉ／ＡｌＩ比（極大値１）よりも高いことを確認することができた。第６の膜におけるＣｒ／ＡｌＩ比（極大値１．２）が、第４の膜におけるＣｒ／ＡｌＩ比（極大値１）よりも高いことを確認することができた。

[0118] 第５の膜および第６の膜について、エネルギー分散型Ｘ線分光器（ＥＤＳ）によって元素分析を行った。第５の膜および第６の膜について、走査透過電子顕微鏡（ＳＴＥＭ）によって得られる明視野像および高角散乱環状暗視野像を得た。

[0119] 第５の膜が、複数の第１の化合物層と複数の第２の化合物層とが交互に積層された領域を含むと共に、第６の膜が、複数の第３の化合物層と複数の第４の化合物層とが交互に積層された領域を含むことを確認することができた。第１の化合物層におけるＴｉ／ＡｌＩ比が、第２の化合物層におけるＴｉ／ＡｌＩ比と異なると共に、第３の化合物層におけるＣｒ／ＡｌＩ比が、第４の化

合物層におけるＣｒ／ＡｌＩ比と異なることを確認することができた。

[0120] ＜切削試験＞

実施例に係る被覆工具および比較例としての従来品（従来品１、従来品２、および従来品３）に係る被覆工具について切削試験を行った。切削試験の試験条件は、以下の通りであった。基体としてドリル加工用超硬材種（型番：２ＺＤＫ０６０－ＨＰ－ＯＨ（内部給油タイプ）φ６ｍｍ）を用いて、以下の条件にて切削試験を行った。

（１）切削方法：ドリル加工

（２）被削材：Ｓ５０Ｃ

（３）切削速度Ｖｃ：１００ｍ／分

（４）１回転当たりの送り量ｆ：０．１３ｍｍ／ｒｅｖ

（５）軸方向の切込み深さＨ：１２ｍｍ

（６）加工形態：湿式

（７）評価方法：上記の条件にて基体に対してドリル加工を行い、被削材に形成した穴の数に対する被覆工具の切れ刃の最大摩耗量（ｍｍ）を測定した。切れ刃の最大摩耗量は、切れ刃の逃げ面の表面から摩耗が観察される部分までの深さの最大値とした。

[0121] 被削材に形成した穴の数に対する実施例に係る被覆工具および従来品（従来品１、従来品２、従来品３）に係る被覆工具の切れ刃の最大摩耗量を表１に示す。

[0122]

[表1]

(表1)

	穴の数	切れ刃の最大摩耗量(mm)
実施例	308	0.018
	616	0.028
	924	0.035
	1232	0.050
従来品1	308	0.040
	616	0.100
従来品2	308	0.035
	616	0.052
	924	0.065
	1232	0.075
従来品3	308	0.043
	616	0.050
	924	0.060
	1232	0.075

[0123] 表１に示すように、被削材に形成した穴の数に対する実施例に係る被覆工具の切れ刃の最大摩耗量は、被削材に形成した同じ穴の数に対する従来品（従来品１、従来品２、従来品３）に係る被覆工具の切れ刃の最大摩耗量よりも小さい。よって、実施例に係る被覆工具を従来品（従来品１、従来品２、従来品３）に係る被覆工具と対比すると、実施例に係る被覆工具については、被覆工具の耐摩耗性を向上させることができることを確認することができた。

[0124] 従来品１に係る被覆工具については、穴の数が６１６個である時点で、被覆工具の角部に顕著な欠けが発生した。一方、実施例に係る被覆工具については、被覆工具に顕著な欠けが発生しなかった。よって、実施例に係る被覆工具については、被覆工具の耐チッピング性を維持することができることを確認することができた。

[0125] 上述してきたように、実施形態に係る被覆工具（一例として、被覆工具１）は、基体（一例として、基体１０）と、基体の上に位置する第１の被覆層（一例として、第１の被覆層２１）と、第１の被覆層の上に位置する第２の被覆層（一例として、第２の被覆層２２）と、第２の被覆層の上に位置する第３の被覆層（一例として、第３の被覆層２３）とを備える。第１の被覆層は、ＡｌとＴｉとＣｒとＮとを含有する。第２の被覆層は、第１の膜（一例として、第１の膜３１）と、第２の膜（一例として、第２の膜３２）とを含む。第１の膜は、ＡｌとＴｉとＣｒとＮとを含有し、第１の被覆層におけるＴｉ／Ａｌ比よりも高いＴｉ／Ａｌ比を有する。第２の膜は、ＡｌとＴｉとＣｒとＮとを含有し、第１の被覆層におけるＣｒ／Ａｌ比よりも高いＣｒ／Ａｌ比を有する。第３の被覆層は、第３の膜（一例として、第３の膜３３）と、第４の膜（一例として、第４の膜３４）とを含む。第３の膜は、ＡｌとＴｉとＣｒとＮとを含有し、第１の膜におけるＴｉ／Ａｌ比よりも高いＴｉ／Ａｌ比を有する。第４の膜は、ＡｌとＴｉとＣｒとＮとを含有し、第２の膜におけるＣｒ／Ａｌ比よりも高いＣｒ／Ａｌ比を有する。

[0126] したがって、実施形態に係る被覆工具によれば、工具の寿命を延ばすことができる。

[0127] 図１に示した被覆工具１の形状はあくまで一例であって、本開示による被覆工具の形状を限定するものではない。本開示による被覆工具は、たとえば、回転軸を有し、第１端から第２端にかけて延びる棒形状の本体と、本体の第１端に位置する切刃と、切刃から本体の第２端の側に向かって螺旋状に延びた溝とを有していてもよい。

[0128] ＜付記＞

付記（１）：

基体と、

前記基体の上に位置する第１の被覆層と、

前記第１の被覆層の上に位置する第２の被覆層と、

前記第２の被覆層の上に位置する第３の被覆層と

を備え、

前記第１の被覆層は、ＡｌとＴｉとＣｒとＮとを含有し、

前記第２の被覆層は、

ＡｌとＴｉとＣｒとＮとを含有し、前記第１の被覆層におけるＴｉ／Ａｌ比よりも高いＴｉ／Ａｌ比を有する第１の膜と、

ＡｌとＴｉとＣｒとＮとを含有し、前記第１の被覆層におけるＣｒ／Ａｌ比よりも高いＣｒ／Ａｌ比を有する第２の膜と

を含み、

前記第３の被覆層は、

ＡｌとＴｉとＣｒとＮとを含有し、前記第１の膜におけるＴｉ／Ａｌ比よりも高いＴｉ／Ａｌ比を有する第３の膜と、

ＡｌとＴｉとＣｒとＮとを含有し、前記第２の膜におけるＣｒ／Ａｌ比よりも高いＣｒ／Ａｌ比を有する第４の膜と

を含む、

被覆工具。

付記（２）：

前記第３の膜におけるＴｉ／Ａｌ比の極大値が、前記第１の膜におけるＴｉ／Ａｌ比の極大値よりも大きい、

付記（１）に記載の被覆工具。

付記（３）：

前記第４の膜におけるＴｉ／Ａｌ比の極小値が、前記第２の膜におけるＴｉ／Ａｌ比の極小値よりも小さい、

付記（１）または（２）に記載の被覆工具。

付記（４）：

前記第３の被覆層の上に位置する第４の被覆層

をさらに備え、

前記第４の被覆層は、

ＡｌとＴｉとＮとを含有し、前記第３の膜におけるＴｉ／Ａｌ比よりも

高いＴｉ／ＡｌＩ比を有する第５の膜と、

ＡｌとＣｒとＮとを含有し、前記第４の膜におけるＣｒ／ＡｌＩ比よりも高いＣｒ／ＡｌＩ比を有する第６の膜と

を含む、

付記（１）～（３）のいずれか１つに記載の被覆工具。

付記（５）：

前記第５の膜におけるＴｉ／ＡｌＩ比の極大値および前記第６の膜におけるＣｒ／ＡｌＩ比の極大値の各々は、１以上１．５以下である、

付記（４）に記載の被覆工具。

付記（６）：

前記第５の膜は、複数の第１の化合物層と複数の第２の化合物層とが交互に積層された領域を含み、

前記第６の膜は、複数の第３の化合物層と複数の第４の化合物層とが交互に積層された領域を含み、

前記第１の化合物層におけるＴｉ／ＡｌＩ比は、前記第２の化合物層におけるＴｉ／ＡｌＩ比と異なり、

前記第３の化合物層におけるＣｒ／ＡｌＩ比は、前記第４の化合物層におけるＣｒ／ＡｌＩ比と異なる、

付記（４）または（５）に記載の被覆工具。

付記（７）：

前記第１の化合物層におけるＴｉ／ＡｌＩ比は、前記第２の化合物層におけるＴｉ／ＡｌＩ比よりも大きく、

前記第３の化合物層におけるＣｒ／ＡｌＩ比は、前記第４の化合物層におけるＣｒ／ＡｌＩ比よりも大きい、

付記（６）に記載の被覆工具。

付記（８）：

端部にポケットを有する棒状のホルダと、

前記ポケット内に位置する、付記（１）～（７）のいずれか一つに記載の

被覆工具と

を有する、切削工具。

[0129] さらなる効果および／または変形例は、当業者によって容易に導き出すことができる。このため、本発明のより広範な態様は、以上のように表しかつ記述した特定の詳細および代表的な実施形態に限定されるものではない。したがって、添付の請求の範囲およびその均等物によって定義される総括的な発明の概念の精神または範囲から逸脱することなく、様々な変更が可能である。

符号の説明

[0130] １　被覆工具

２　チップ本体

３　切刃部

５　貫通孔

１０　基体

１１　中間層

２０、２０Ａ、２０Ｂ　被覆層

２１　第１の被覆層

２２　第２の被覆層

２３　第３の被覆層

２４　第４の被覆層

３１　第１の膜

３２　第２の膜

３３　第３の膜

３４　第４の膜

３５　第５の膜

３６　第６の膜

２１ａ、２１ｂ、３１ａ、３１ｂ、３２ａ、３２ｂ、３３ａ、３３ｂ、３４ａ、３４ｂ、３５ａ、３５ｂ、３６ａ、３６ｂ　化合物層

７０　ホルダ

７３　ポケット

７５　ネジ

１００　切削工具

１０１　真空チャンバ

１０２　ガス導入口

１０３　カソード電極

１０４　アノード電極

１０５　ターゲット

１０６　試料支持台

１０７　タワー

１０８　ヒータ

１０９　ガス排出口

１１０　バイアス電源

１０００　ＡＩＰ装置

請求の範囲

[請求項1] 基体と、

前記基体の上に位置する第１の被覆層と、

前記第１の被覆層の上に位置する第２の被覆層と、

前記第２の被覆層の上に位置する第３の被覆層と

を備え、

前記第１の被覆層は、ＡｌとＴｉとＣｒとＮとを含有し、

前記第２の被覆層は、

ＡｌとＴｉとＣｒとＮとを含有し、前記第１の被覆層におけるＴｉ／Ａｌ比よりも高いＴｉ／Ａｌ比を有する第１の膜と、

ＡｌとＴｉとＣｒとＮとを含有し、前記第１の被覆層におけるＣｒ／Ａｌ比よりも高いＣｒ／Ａｌ比を有する第２の膜と

を含み、

前記第３の被覆層は、

ＡｌとＴｉとＣｒとＮとを含有し、前記第１の膜におけるＴｉ／Ａｌ比よりも高いＴｉ／Ａｌ比を有する第３の膜と、

ＡｌとＴｉとＣｒとＮとを含有し、前記第２の膜におけるＣｒ／Ａｌ比よりも高いＣｒ／Ａｌ比を有する第４の膜と

を含む、

被覆工具。

[請求項2] 前記第３の膜におけるＴｉ／Ａｌ比の極大値が、前記第１の膜におけるＴｉ／Ａｌ比の極大値よりも大きい、

請求項１に記載の被覆工具。

[請求項3] 前記第４の膜におけるＴｉ／Ａｌ比の極小値が、前記第２の膜におけるＴｉ／Ａｌ比の極小値よりも小さい、

請求項１または２に記載の被覆工具。

[請求項4] 前記第３の被覆層の上に位置する第４の被覆層

をさらに備え、

前記第４の被覆層は、

ＡｌとＴｉとＮとを含有し、前記第３の膜におけるＴｉ／Ａｌ比よりも高いＴｉ／Ａｌ比を有する第５の膜と、

ＡｌとＣｒとＮとを含有し、前記第４の膜におけるＣｒ／Ａｌ比よりも高いＣｒ／Ａｌ比を有する第６の膜と

を含む、

請求項１～３のいずれか１つに記載の被覆工具。

[請求項5] 前記第５の膜におけるＴｉ／Ａｌ比の極大値および前記第６の膜におけるＣｒ／Ａｌ比の極大値の各々は、１以上１．５以下である、

請求項４に記載の被覆工具。

[請求項6] 前記第５の膜は、複数の第１の化合物層と複数の第２の化合物層とが交互に積層された領域を含み、

前記第６の膜は、複数の第３の化合物層と複数の第４の化合物層とが交互に積層された領域を含み、

前記第１の化合物層におけるＴｉ／Ａｌ比は、前記第２の化合物層におけるＴｉ／Ａｌ比と異なり、

前記第３の化合物層におけるＣｒ／Ａｌ比は、前記第４の化合物層におけるＣｒ／Ａｌ比と異なる、

請求項４または５に記載の被覆工具。

[請求項7] 前記第１の化合物層におけるＴｉ／Ａｌ比は、前記第２の化合物層におけるＴｉ／Ａｌ比よりも大きく、

前記第３の化合物層におけるＣｒ／Ａｌ比は、前記第４の化合物層におけるＣｒ／Ａｌ比よりも大きい、

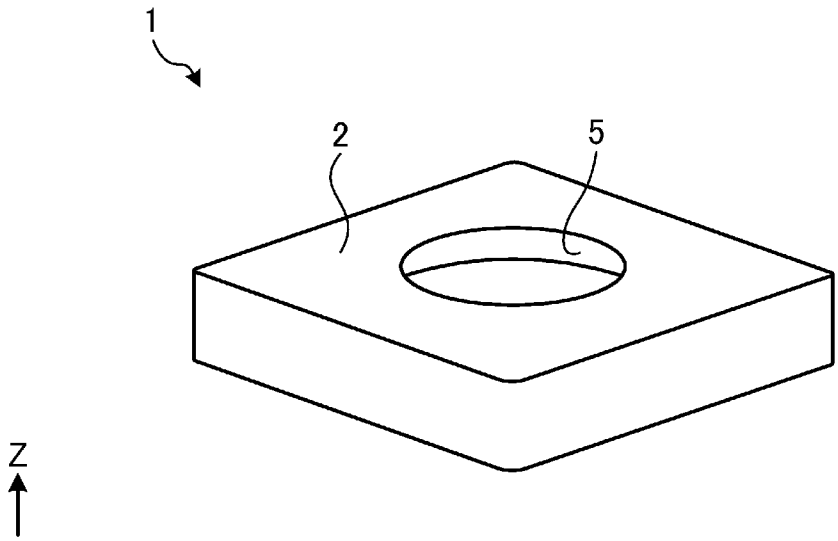
請求項６に記載の被覆工具。

[請求項8] 端部にポケットを有する棒状のホルダと、

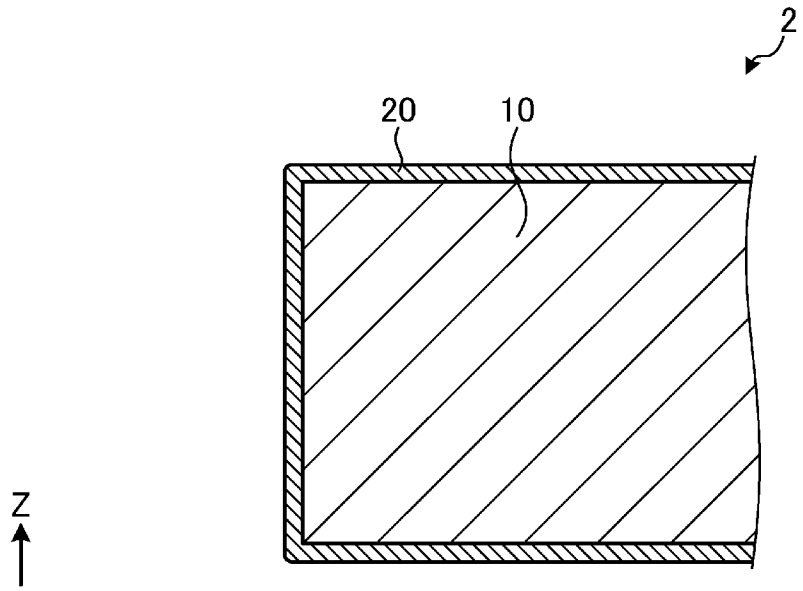
前記ポケット内に位置する、請求項１～７のいずれか一つに記載の被覆工具と

を有する、切削工具。

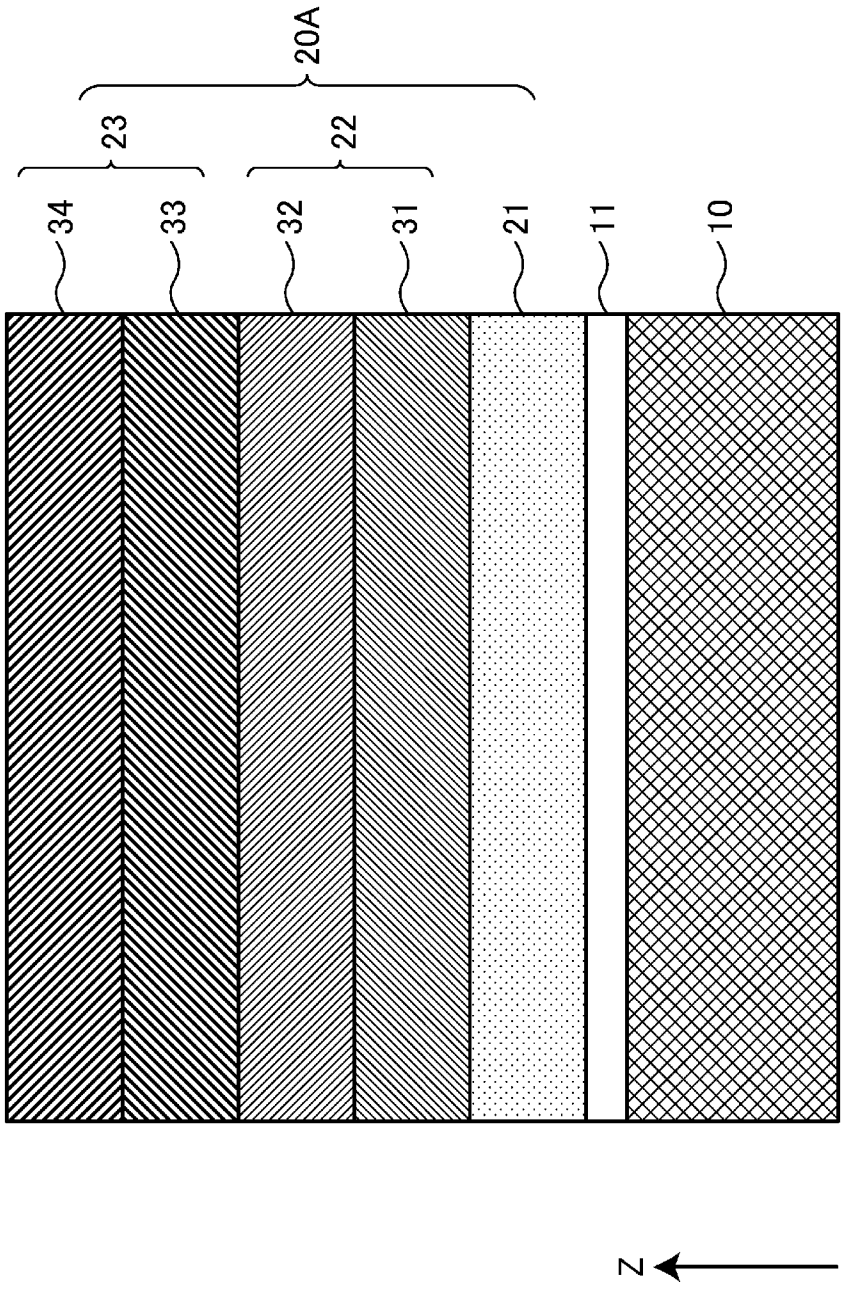
[図1]



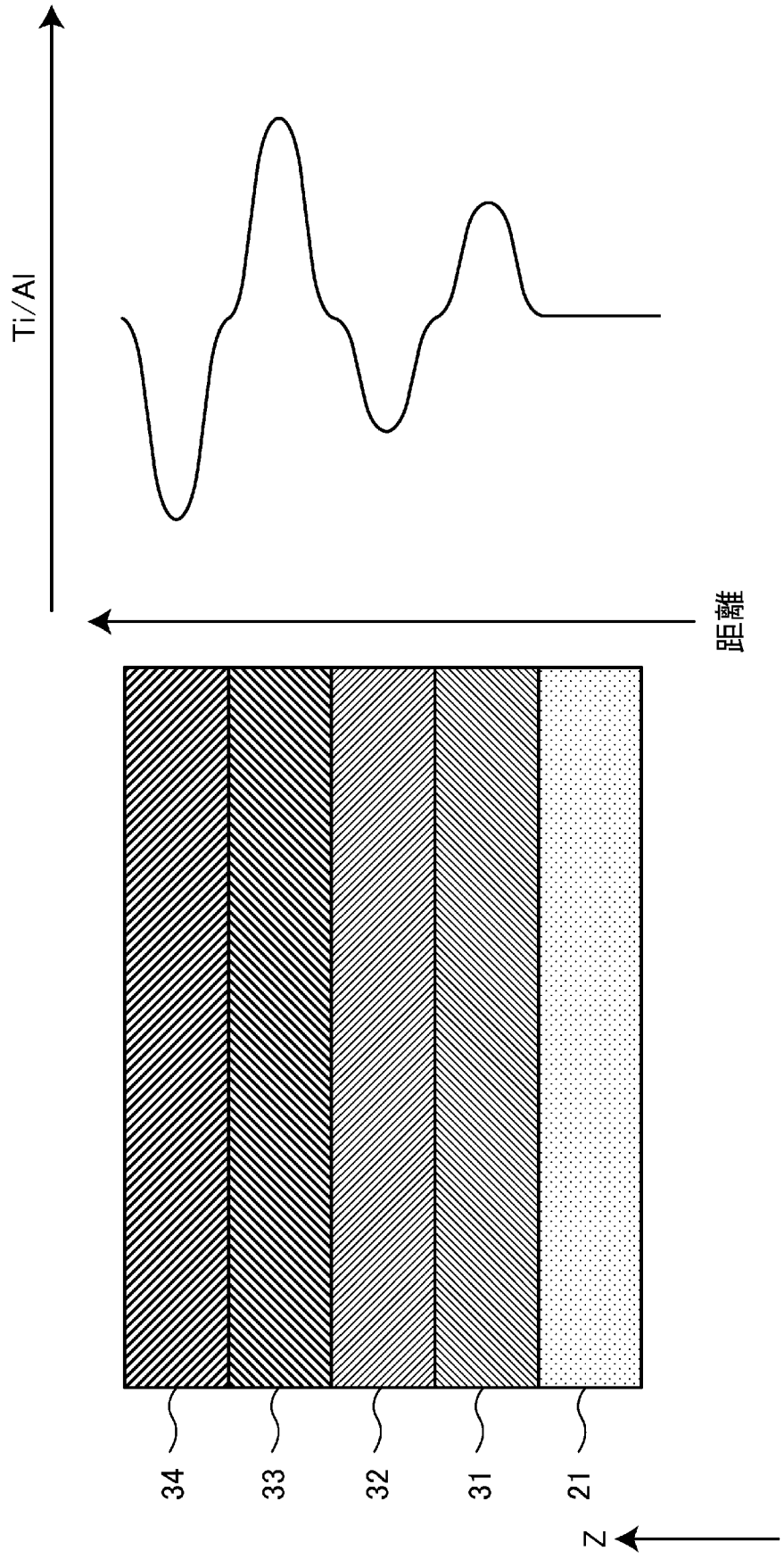
[図2]



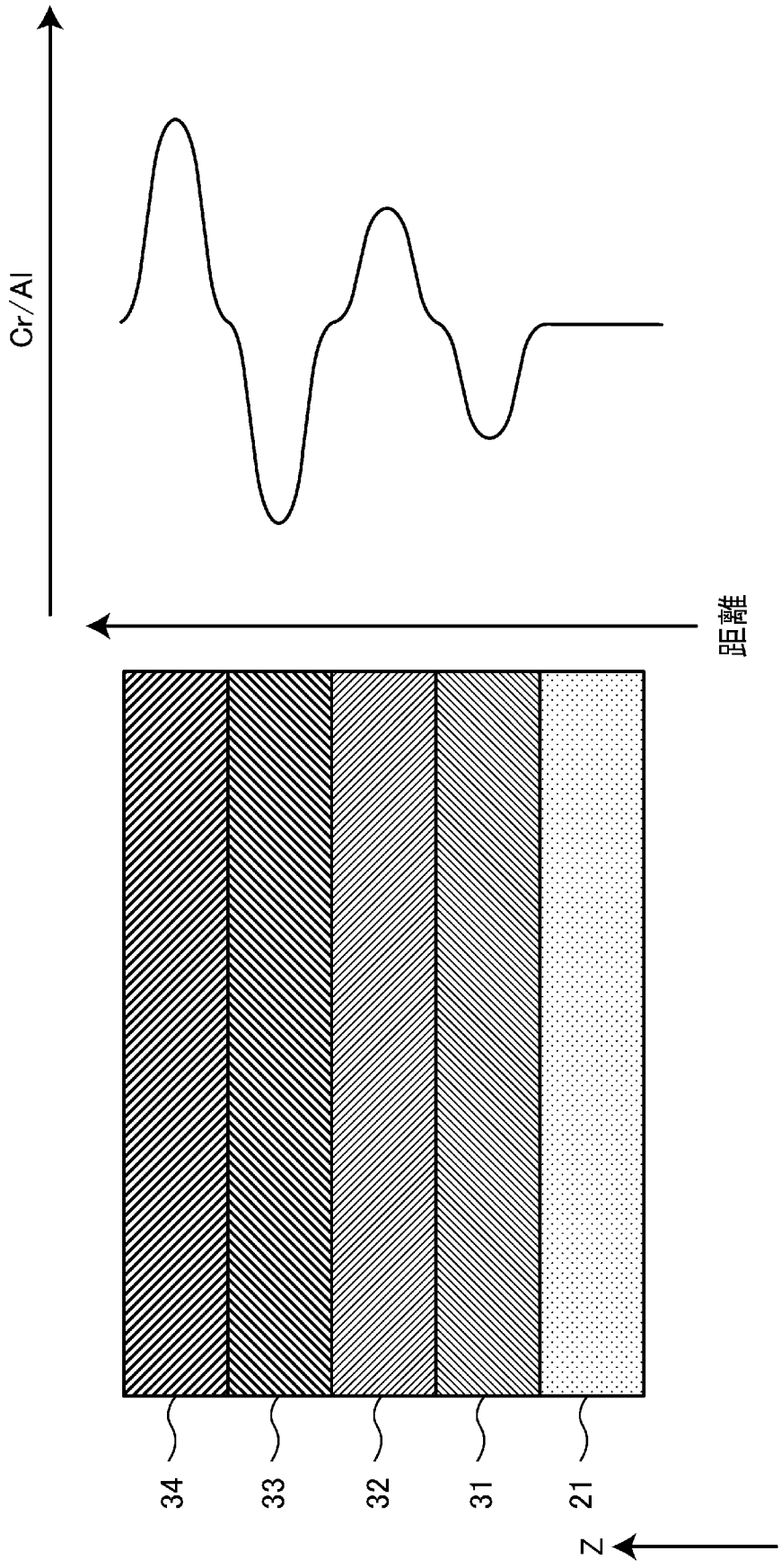
[図3]



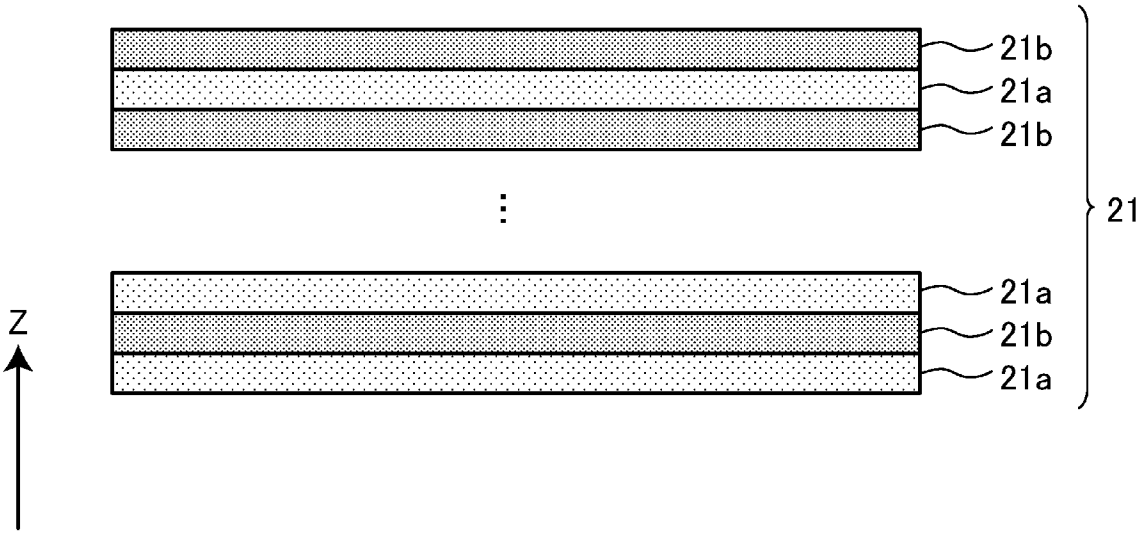
[図4A]



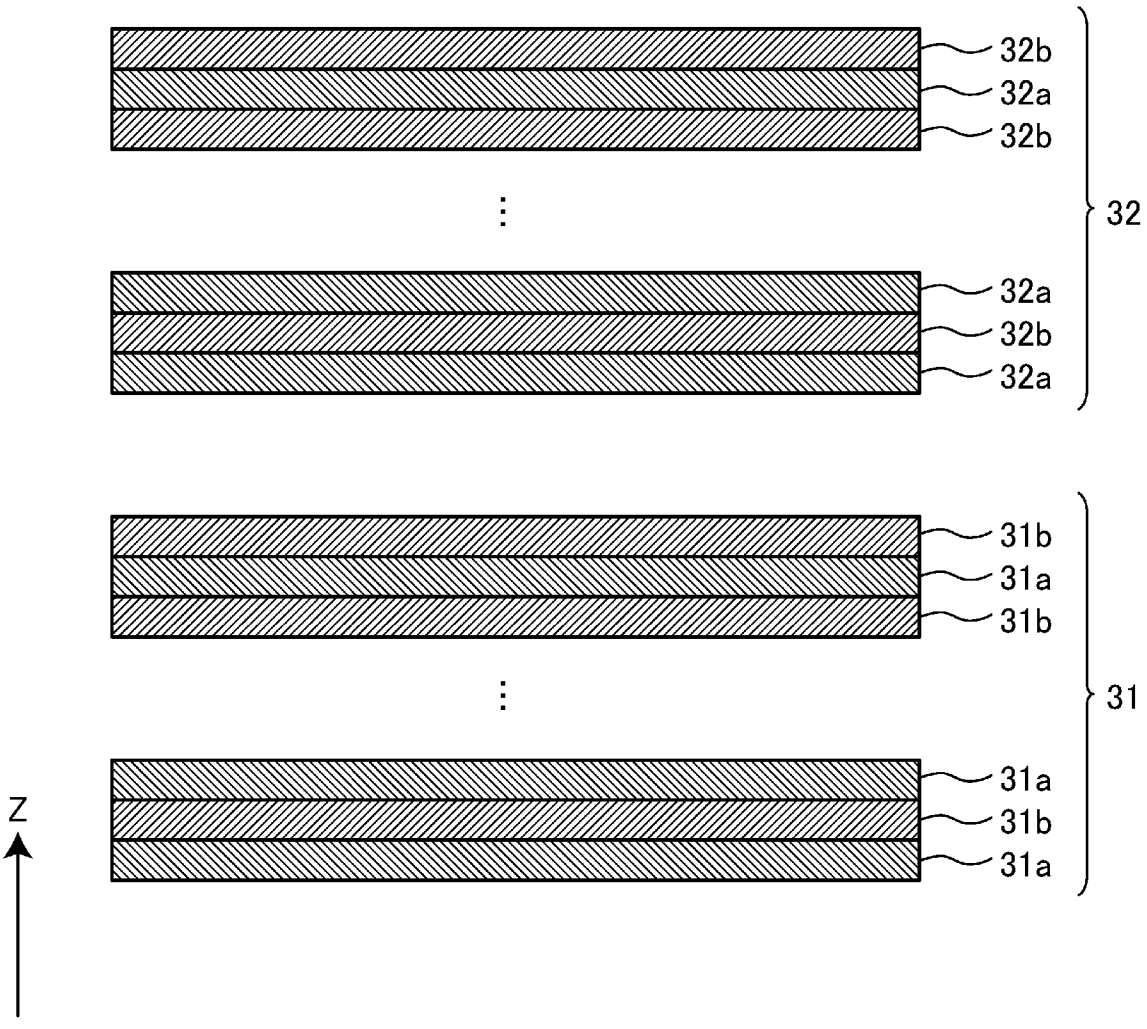
[図4B]



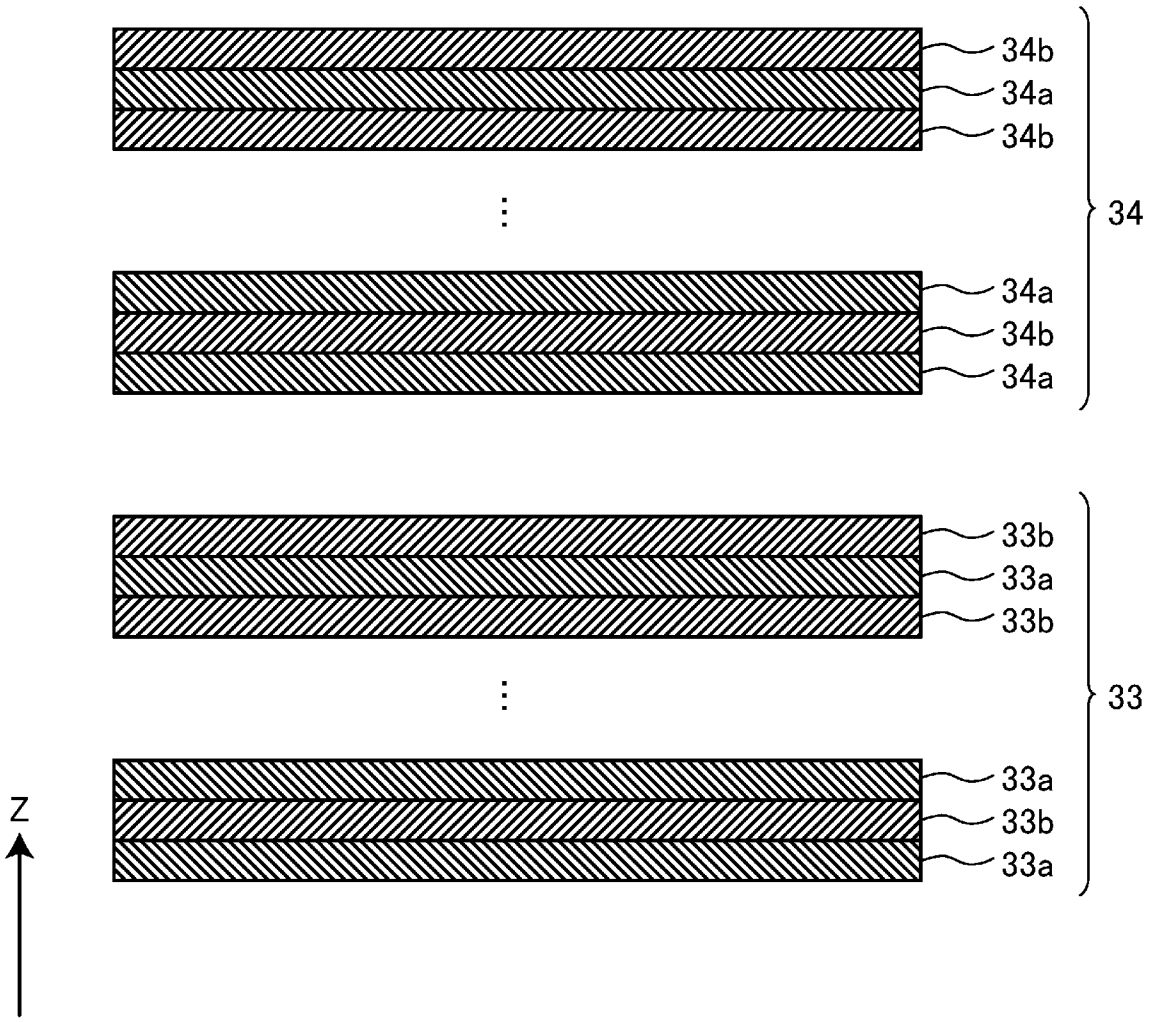
[図5A]


21b
21a
21b
21
21a
21b
21a
Z

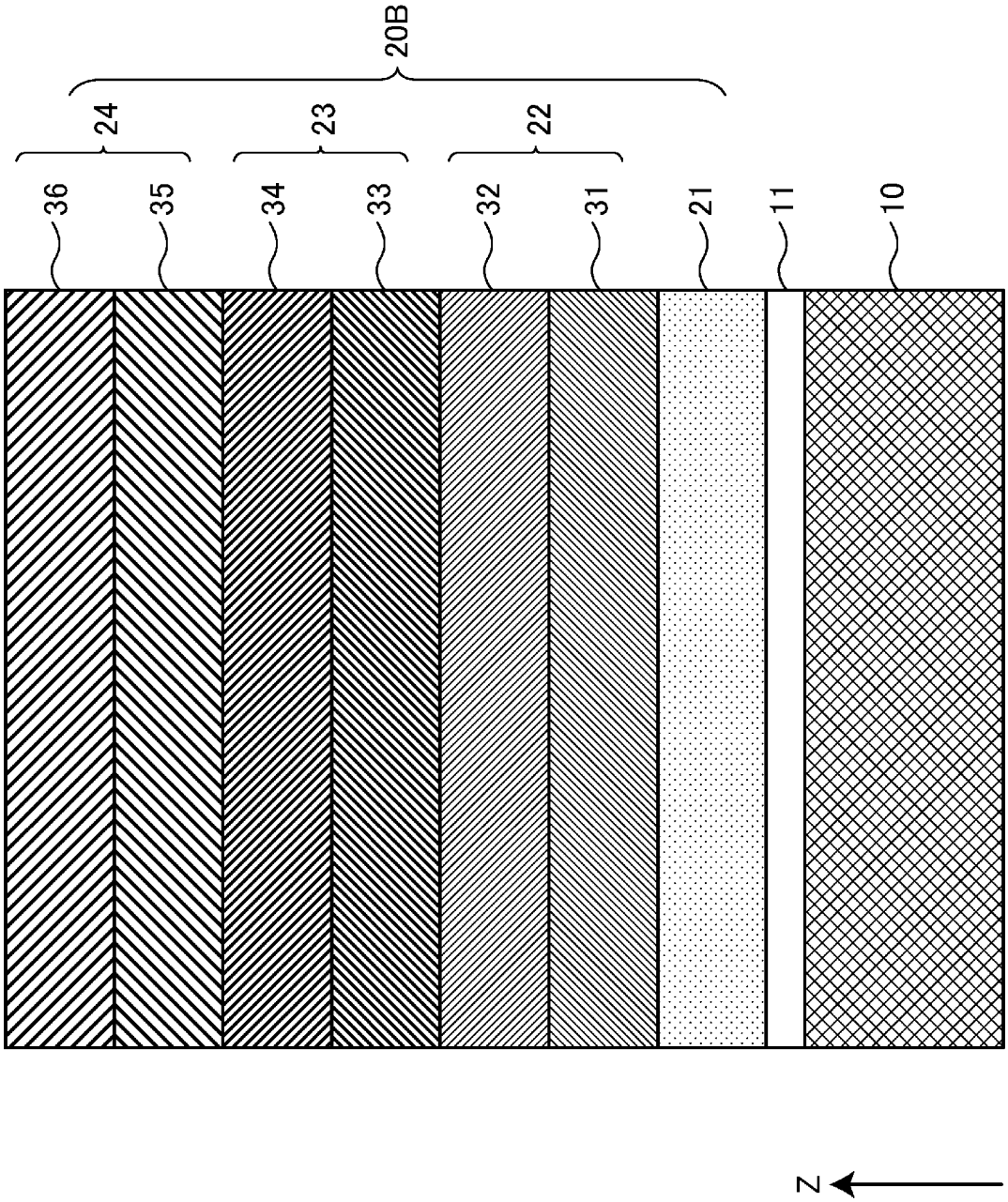
[図5B]


32b
32a
32b
32
32a
32b
32a
31b
31a
31b
31
31a
31b
31a
Z

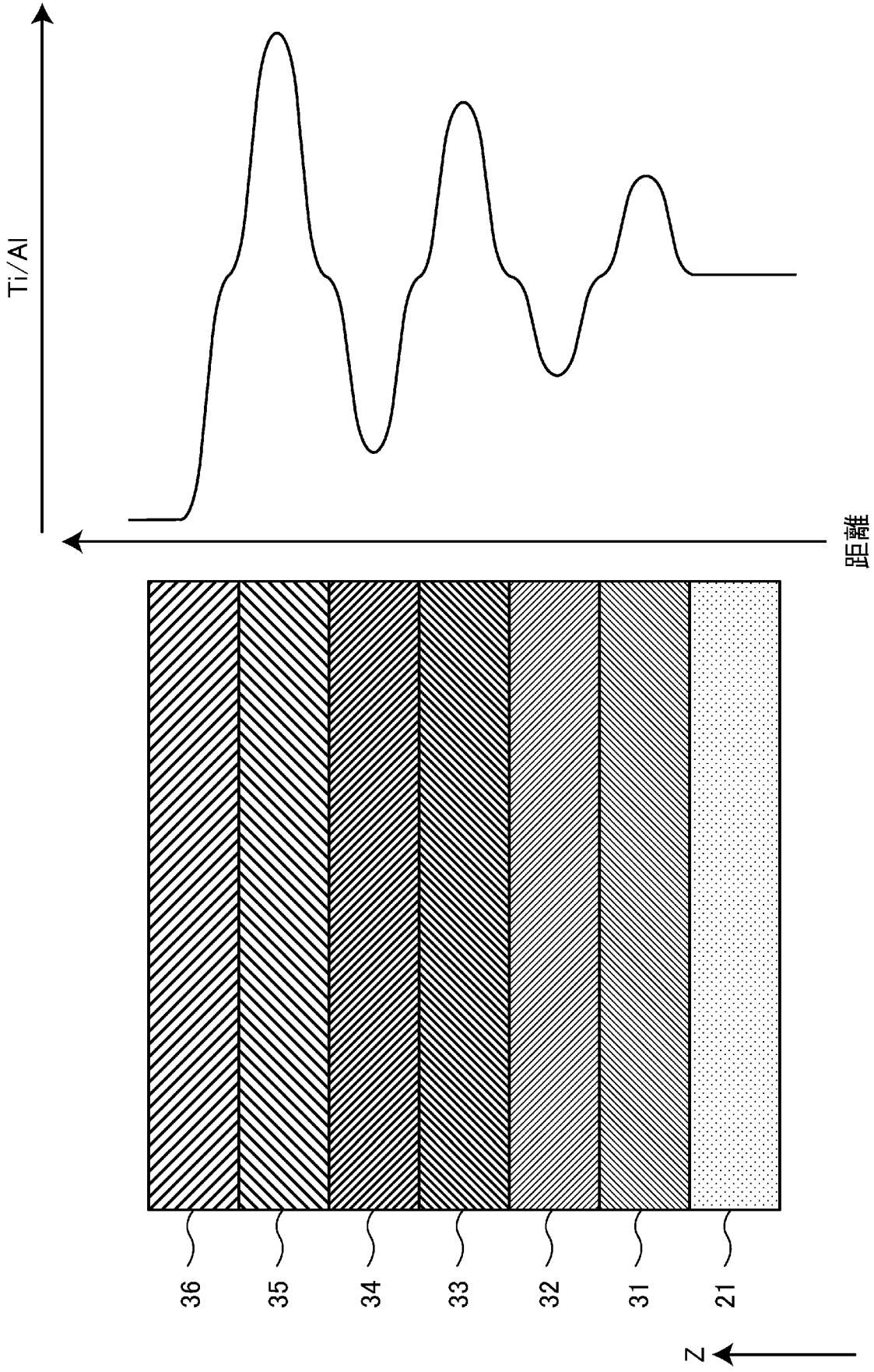
[図5C]



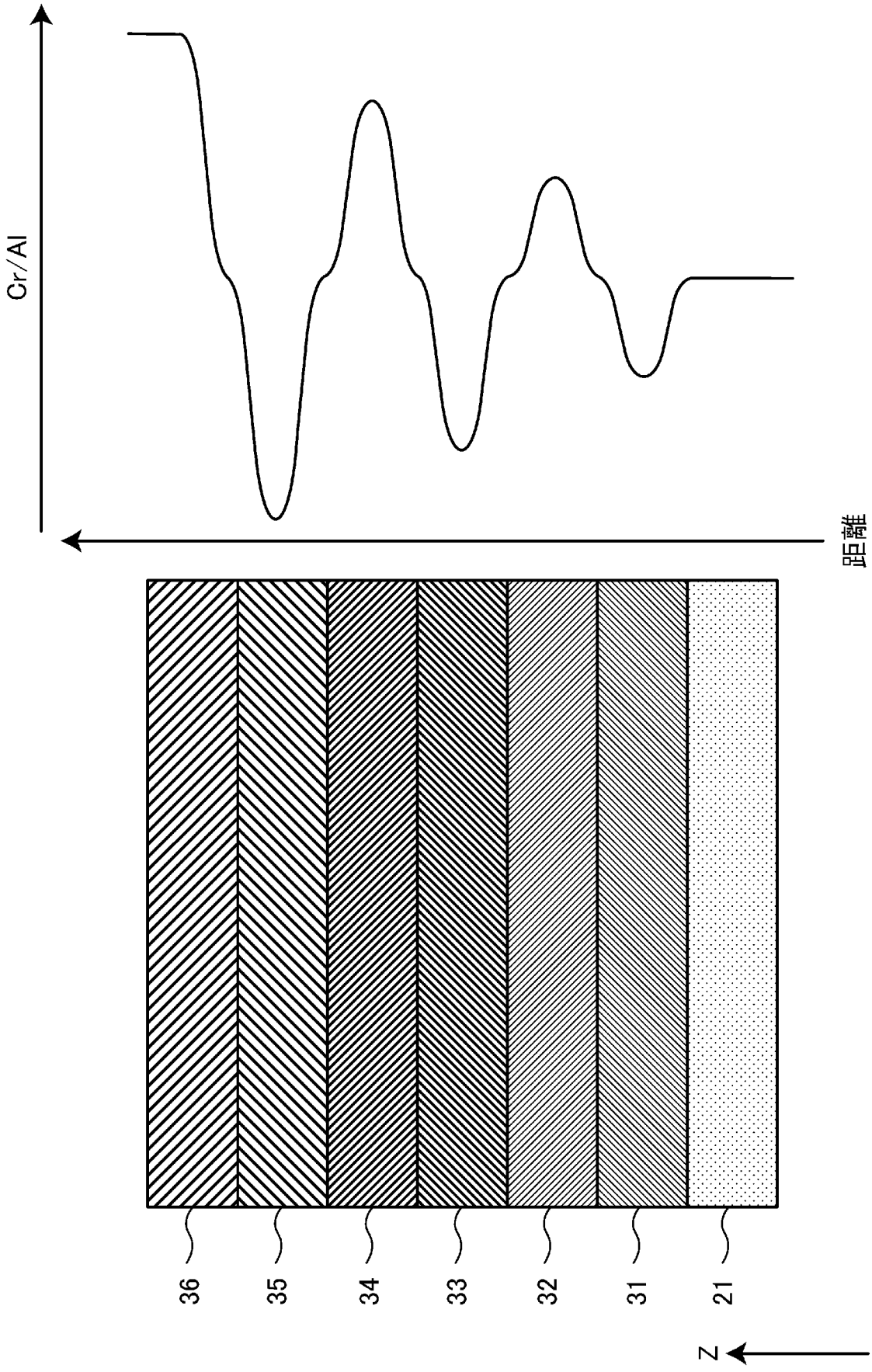
[図6]



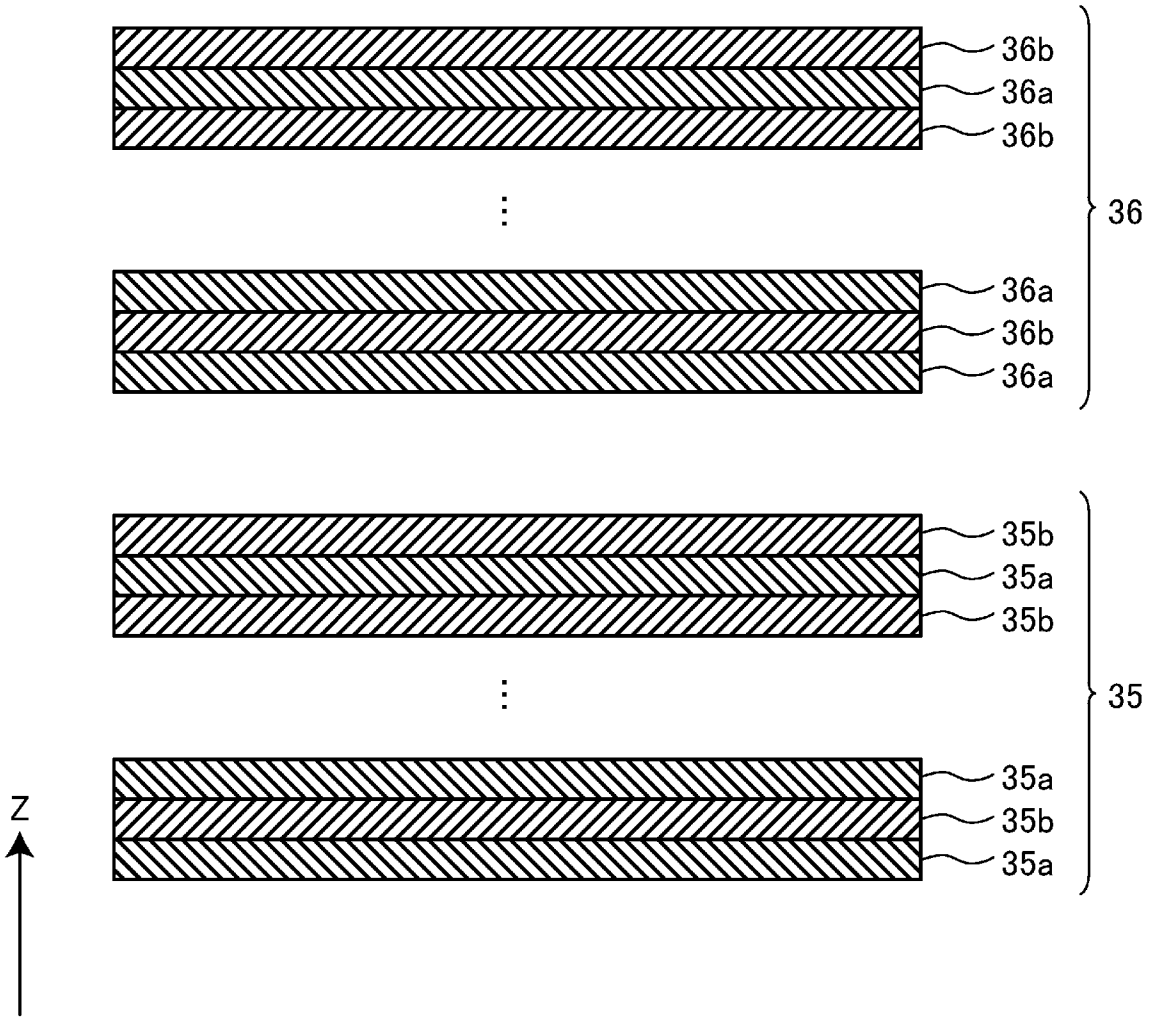
[図7A]



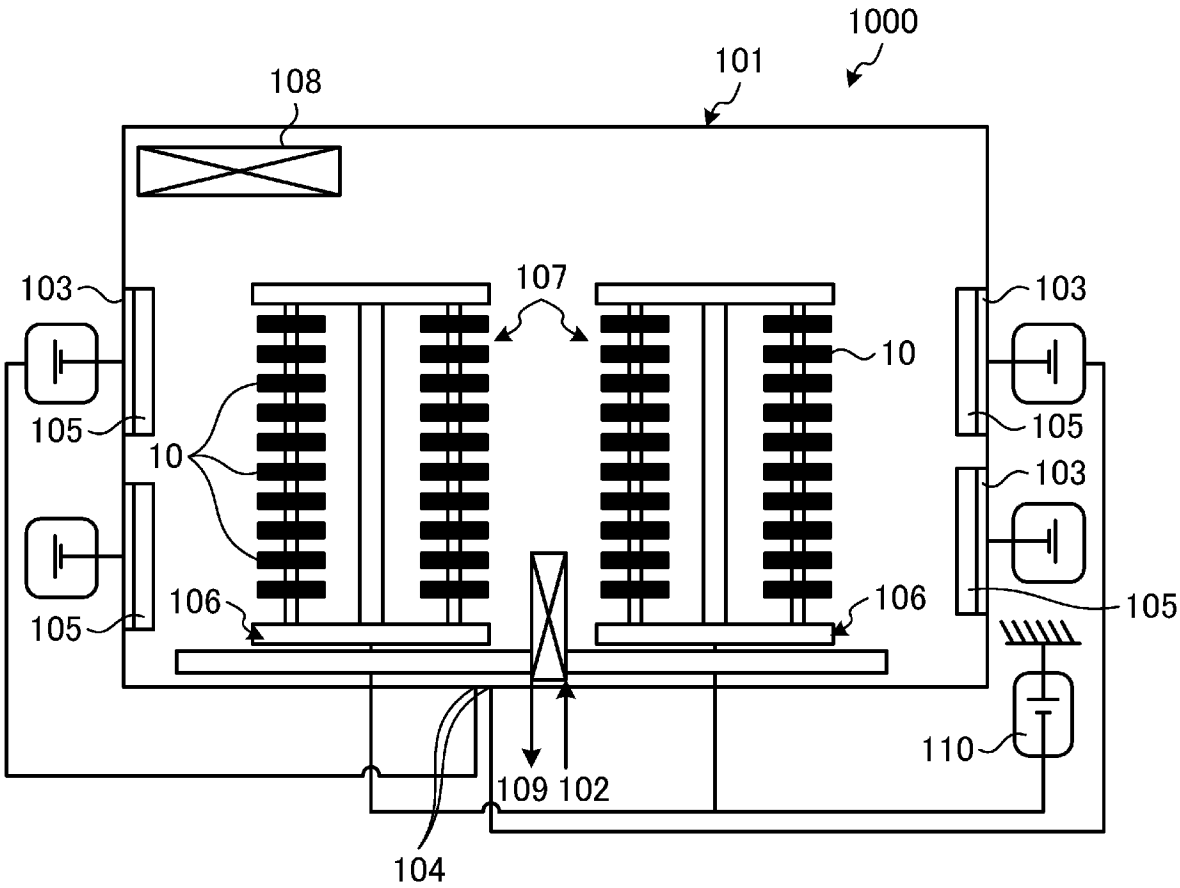
[図7B]



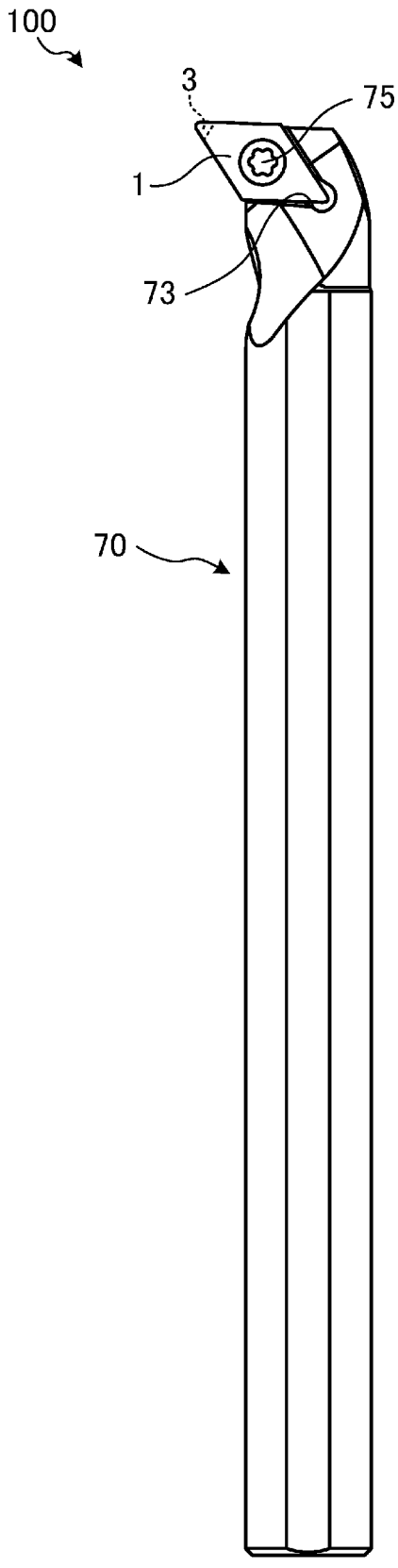
[図8]



[図9]


1000
101
108
103
107
10
105
10
103
105
103
106
106
105
110
109
102
104

[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2023/031600

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B23B 27/14(2006.01)i; ***B23B 51/00***(2006.01)i; ***B23C 5/16***(2006.01)i; ***B23P 15/28***(2006.01)i; ***C23C 14/06***(2006.01)i
FI: B23B27/14 A; B23B51/00 J; B23C5/16; B23P15/28 A; C23C14/06 A

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B23B27/14; B23B51/00; B23C5/16; B23P15/28; C23C14/06

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023
Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2018-39045 A (WADAYAMASEIKI CO., LTD.) 15 March 2018 (2018-03-15)	1-8
A	CN 102975418 A (SHANGHAI CREWELL MATERIAL TECHNOLOGY CO., LTD.) 20 March 2013 (2013-03-20)	1
A	CN 112846335 A (HUNAN BOYUN DONGFANG POWDER METALLURGY CO., LTD.) 28 May 2021 (2021-05-28)	1
A	JP 2003-340607 A (MITSUBISHI MATERIALS CORP.) 02 December 2003 (2003-12-02)	1
A	CN 107815638 A (UNIV FUJIAN TECHNOLOGY) 20 March 2018 (2018-03-20)	1

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
13 October 2023	**31 October 2023**
Name and mailing address of the ISA/JP **Japan Patent Office (ISA/JP)** **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2023/031600

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2018-39045 A	15 March 2018	(Family: none)	
CN 102975418 A	20 March 2013	(Family: none)	
CN 112846335 A	28 May 2021	(Family: none)	
JP 2003-340607 A	02 December 2003	(Family: none)	
CN 107815638 A	20 March 2018	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2023/031600

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

B23B 27/14(2006.01)i; B23B 51/00(2006.01)i; B23C 5/16(2006.01)i; B23P 15/28(2006.01)i; C23C 14/06(2006.01)i
FI: B23B27/14 A; B23B51/00 J; B23C5/16; B23P15/28 A; C23C14/06 A

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

B23B27/14; B23B51/00; B23C5/16; B23P15/28; C23C14/06

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２３年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２３年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２３年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	JP 2018-39045 A (和田山精機株式会社) 15.03.2018 (2018-03-15)	1-8
A	CN 102975418 A (SHANGHAI CREWELL MATERIAL TECHNOLOGY CO., LTD.) 20.03.2013 (2013-03-20)	1
A	CN 112846335 A (HUNAN BOYUN DONGFANG POWDER METALLURGY CO., LTD.) 28.05.2021 (2021-05-28)	1
A	JP 2003-340607 A (三菱マテリアル株式会社) 02.12.2003 (2003-12-02)	1
A	CN 107815638 A (UNIV FUJIAN TECHNOLOGY) 20.03.2018 (2018-03-20)	1

☐ Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
“&” 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
13.10.2023	31.10.2023

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
中川　康文 3C 4068

電話番号 03-3581-1101 内線 3322

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2023/031600

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2018-39045 A	15.03.2018	（ファミリーなし）	
CN 102975418 A	20.03.2013	（ファミリーなし）	
CN 112846335 A	28.05.2021	（ファミリーなし）	
JP 2003-340607 A	02.12.2003	（ファミリーなし）	
CN 107815638 A	20.03.2018	（ファミリーなし）	