

(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
2020年1月2日(02.01.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/004373 A1

- (51) 国際特許分類:
B21C 3/02 (2006.01) C23C 16/27 (2006.01)
C01B 32/25 (2017.01) C30B 29/04 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/025108
- (22) 国際出願日: 2019年6月25日(25.06.2019)
- (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 2018-121764 2018年6月27日(27.06.2018) JP
- (71) 出願人: 住友電工ハードメタル株式会社 (SUMITOMO ELECTRIC HARDMETAL CORP.) [JP/JP]; 〒6640016 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 Hyogo (JP). 住友電気工業株式会社(SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 野原 拓也 (NOHARA, Takuya); 〒6640016 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友電工ハードメタル株式会社内 Hyogo (JP). 植田 暁彦(UEDA, Akihiko); 〒6640016 兵

庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友電工ハードメタル株式会社内 Hyogo (JP). 小林 豊(KOBAYASHI, Yutaka); 〒6640016 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友電工ハードメタル株式会社内 Hyogo (JP). 西林 良樹(NISHIBAYASHI, Yoshiki); 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP).

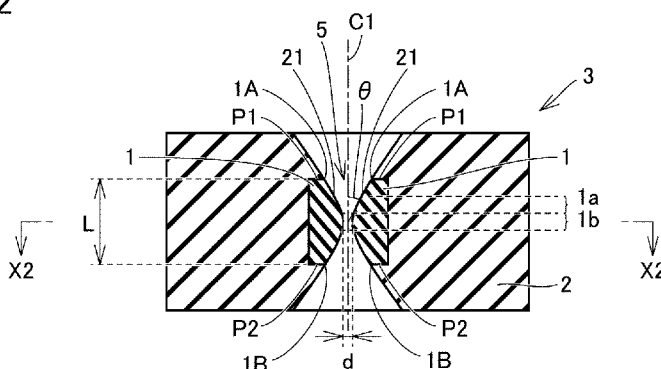
(74) 代理人: 特許業務法人深見特許事務所(FUKAMI PATENT OFFICE, P.C.); 〒5300005 大阪府大阪市北区中之島三丁目2番4号 中之島フェスティバルタワー・ウエスト Osaka (JP).

(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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, 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,

(54) Title: TOOL WITH THROUGH HOLE, DIAMOND COMPONENT, AND DIAMOND MATERIAL

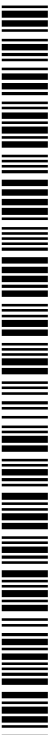
(54) 発明の名称: 貫通孔付工具、ダイヤモンド部品、及び、ダイヤモンド素材

FIG.2



(57) Abstract: This tool with a through hole is provided with a base material, and a diamond component held in the base material, wherein, if the length of the diamond component along a centerline of the through hole is L1, and the maximum value of the diameter of a circle having the same surface area as a region surrounded by an outer edge of a cross section having said centerline as the normal line thereof is M1, the ratio L1/M1 between L1 and M1 is at least equal to 0.8.

(57) 要約: 基材と、前記基材に保持されたダイヤモンド部品とを備える貫通孔付工具であって、前記ダイヤモンド部品は、貫通孔の中心線に沿う長さをL1とし、前記中心線を法線とする断面の外縁に囲まれる領域の等面積円の直径の最大値をM1とした場合に、前記L1と前記M1との比であるL1/M1は0.8以上である。



WO 2020/004373 A1

SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, 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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, 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, 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))

明 細 書

発明の名称：

貫通孔付工具、ダイヤモンド部品、及び、ダイヤモンド素材

技術分野

[0001] 本開示は、貫通孔付工具、ダイヤモンド部品、及び、ダイヤモンド素材に関する。本出願は、2018年6月27日に出願した日本特許出願である特願2018-121764号に基づく優先権を主張する。当該日本特許出願に記載された全ての記載内容は、参照によって本明細書に援用される。

背景技術

[0002] ダイヤモンドは、極めて高い硬度を有しているため、ダイス、ウォータージェットノズル、ワイヤーガイド等の耐磨工具に使用されている。

[0003] 特開平5-169131号公報（特許文献1）には、貫通して形成された孔を有し、支持体に取り付けられた多結晶CVDダイヤモンド層を含む線引きダイが開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開平5-169131号公報

発明の概要

[0005] 本開示の一態様に係る貫通孔付工具は、
基材と、前記基材に保持されたダイヤモンド部品とを備える貫通孔付工具であって、

前記ダイヤモンド部品は、貫通孔の中心線に沿う長さをL1とし、前記中心線を法線とする断面の外縁に囲まれる領域の等面積円の直径の最大値をM1とした場合に、前記L1と前記M1との比である $L1/M1$ は0.8以上である、貫通孔付工具である。

[0006] 本開示の一態様に係るダイヤモンド部品は、
貫通孔を備えるダイヤモンド部品であって、

前記ダイヤモンド部品は、貫通孔の中心線に沿う長さを L_1 とし、前記中心線を法線とする断面の外縁に囲まれる領域の等面積円の直径の最大値を M_1 とした場合に、前記 L_1 と前記 M_1 との比である L_1/M_1 は 0.8 以上である、ダイヤモンド部品である。

[0007] 本開示の一態様に係るダイヤモンド素材は、
貫通孔付工具に用いるためのダイヤモンド素材であって、
前記ダイヤモンド素材は、貫通孔が形成された場合の前記貫通孔の中心線に沿う長さを L_2 とし、前記中心線を法線とする断面の等面積円の直径の最大値を M_2 とした場合に、前記 L_2 と前記 M_2 との比である L_2/M_2 は 0.8 以上である、ダイヤモンド素材である。

[0008] 本開示の一態様に係るダイヤモンド素材は、
貫通孔付工具に用いるためのダイヤモンド素材であって、
前記ダイヤモンド素材は、単結晶ダイヤモンドからなり、
前記ダイヤモンド素材は、 (111) 面、 (100) 面、又は、 (110) 面からなる第1面を有し、
前記ダイヤモンド素材は、前記第1面の法線に沿う長さを L_2 とし、前記第1面に平行な断面の等面積円の直径の最大値を M_2 とした場合に、前記 L_2 と前記 M_2 との比である L_2/M_2 は 0.8 以上である、ダイヤモンド素材である。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]図1は、本開示の一態様に係る貫通孔付工具の平面図である。
[図2]図2は、図1に示される貫通孔付工具の X_1-X_1 線における断面図である。
[図3]図3は、図2に示される貫通孔付工具の X_2-X_2 線における断面図である。
[図4]図4は、図3に示されるダイヤモンド部品の外形に囲まれる領域 S_1 を示す図である。
[図5]図5は、図4に示される領域 S_1 の等面積円を示す図である。

[図6]図6は、従来の貫通孔付工具の断面図である。

[図7]図7は、本開示の一態様に係るダイヤモンド部品の平面図である。

[図8]図8は、図7に示されるダイヤモンド部品のX3-X3線における断面図である。

[図9]図9は、本開示の一態様に係るダイヤモンド素材の平面図である。

[図10]図10は、図9に示されるダイヤモンド素材のX4-X4線における断面図である。

[図11]図11は、ダイヤモンド素材のレーザ切断に用いる切断治具及び切断補助治具の模式図である。

[図12]図12は、図11に示される切断治具及び切断補助治具の上面図である。

発明を実施するための形態

[0010] [本開示が解決しようとする課題]

近年、伸線素材の高強度化とともに、高能率加工の要求が厳しくなっている。従来のダイスを高強度線材の高能率加工に適用する場合、ダイスの摩耗が生じやすく、工具寿命が短くなる傾向がある。

[0011] そこで、本目的は、高強度線材の高能率加工においても、長い工具寿命を有することができる貫通孔付工具、並びに、該貫通孔付工具に用いることのできるダイヤモンド部品、及び、ダイヤモンド素材を提供することを目的とする。

[本開示の効果]

上記態様によれば、貫通孔付工具は、高強度線材の高能率加工においても、長い工具寿命を有することができる。

[本開示の実施形態の説明]

最初に本開示の実施態様を列記して説明する。

[0012] (1) 本開示の一実施の形態に係る貫通孔付工具は、
基材と、前記基材に保持されたダイヤモンド部品とを備える貫通孔付工具であって、

前記ダイヤモンド部品は、貫通孔の中心線に沿う長さを $L1$ とし、前記中心線を法線とする断面の外縁に囲まれる領域の等面積円の直径の最大値を $M1$ とした場合に、前記 $L1$ と前記 $M1$ との比である $L1/M1$ は 0.8 以上である、貫通孔付工具である。

[0013] この貫通孔付工具は、高強度線材の高効率加工においても、長い工具寿命を有することができる。

[0014] (2) 前記 $L1$ は、 0.5 mm 以上 50 mm 以下であり、前記 $M1$ は、 0.5 mm 以上 56 mm 以下であることが好ましい。これによると、ダイヤモンド部品は優れた耐摩耗性を有することができる。

[0015] (3) 前記貫通孔は、径の最小値が 0.001 mm 以上 15 mm 以下であることが好ましい。この貫通孔付工具は、幅広い穴径に対応できるため、工具としての利便性が高い。

[0016] (4) 前記ダイヤモンド部品は、前記貫通孔の入り口側の面と、前記貫通孔の出口側の面 $P2$ とのなす角度 α が 0° 以上 1° 以下であることが好ましい。このダイヤモンド部品は、貫通孔付工具の作製時に、基材の凹部に配置した際に倒れにくい。よって、貫通孔付工具の作製が容易となる。

[0017] (5) 前記ダイヤモンド部品は、合成単結晶ダイヤモンドからなることが好ましい。単結晶ダイヤモンドは、所望の形状に加工しやすい。よって、貫通孔付工具を効率的に作製することができる。

[0018] (6) 前記合成単結晶ダイヤモンドは、窒素原子を 0.01 ppb 以上 3000 ppm 以下の濃度で含むことが好ましい。これによると、貫通孔付工具の耐摩耗性が良好となる。更に、この合成単結晶ダイヤモンドは、貫通孔付工具の作製時に割れにくい。

[0019] (7) 前記合成単結晶ダイヤモンドは、硼素原子を 0.5 ppb 以上 10000 ppm 以下の濃度で含むことが好ましい。これによると、貫通孔付工具の耐摩耗性が良好となる。更に、この合成単結晶ダイヤモンドは、貫通孔付工具の作製時に割れにくい。

[0020] (8) 前記合成単結晶ダイヤモンドは、珪素原子を 0.0001 ppb 以

上10000 ppm以下の濃度で含むことが好ましい。これによると、貫通孔付工具の耐摩耗性が良好となる。更に、この合成単結晶ダイヤモンドは、貫通孔付工具の作製時に割れにくい。

[0021] (9) 前記合成単結晶ダイヤモンドは、窒素原子、硼素原子及び珪素原子以外の不純物原子を合計で0.5 ppb以上10000 ppm以下の濃度で含むことが好ましい。これによると、貫通孔付工具の耐摩耗性が良好となる。更に、この合成単結晶ダイヤモンドは、貫通孔付工具の作製時に割れにくい。

[0022] (10) 前記合成単結晶ダイヤモンドは、円偏光を照射した場合に発生する位相差が、0.1 nm以上200 nm以下であることが好ましい。これによると、貫通孔付工具の使用時に、ダイヤモンド部品に欠けが発生することを抑制することができる。

[0023] (11) 前記ダイヤモンド部品は、前記貫通孔の入り口側の面が(111)面、(100)面、又は、(110)面からなることが好ましい。これによると、貫通孔付工具の使用時に生じるダイヤモンド部品の偏摩耗、及び、ダイヤモンド部品の耐摩耗性を、被貫通材の要求に応じて制御することができる。

[0024] (12) 前記ダイヤモンド部品は多結晶ダイヤモンドからなることが好ましい。これによると、貫通孔付工具の使用時に、ダイヤモンド部品における欠けの発生及びクラックの進展、並びに、ダイヤモンド部品の偏摩耗を抑制することができる。

[0025] (13) 前記貫通孔付工具はダイス、ウォータージェットノズル、又はワイヤーガイドであることが好ましい。これらの貫通孔付工具は、優れた工具寿命を有することができる。

[0026] (14) 本開示の一実施の形態に係るダイヤモンド部品は、貫通孔を備えるダイヤモンド部品であって、前記ダイヤモンド部品は、前記貫通孔の中心線に沿う長さをL1とし、前記中心線を法線とする断面の外縁に囲まれる領域の等面積円の直径の最大値

をM1とした場合に、前記L1と前記M1との比である $L1/M1$ は0.8以上である、ダイヤモンド部品である。

[0027] このダイヤモンド部品を備える貫通孔付工具は、優れた工具寿命を有することができる。

[0028] (15) 本開示の一実施の形態に係るダイヤモンド素材は、貫通孔付工具に用いるためのダイヤモンド素材であって、前記ダイヤモンド素材は、貫通孔が形成された場合の前記貫通孔の中心線に沿う長さをL2とし、前記中心線を法線とする断面の等面積円の直径の最大値をM2とした場合に、前記L2と前記M2との比である $L2/M2$ は0.8以上である、ダイヤモンド素材である。

[0029] このダイヤモンド素材を用いて作製された貫通孔付工具は、優れた工具寿命を有することができる。

[0030] (16) 本開示の一実施の形態に係るダイヤモンド素材は、貫通孔付工具に用いるためのダイヤモンド素材であって、前記ダイヤモンド素材は、単結晶ダイヤモンドからなり、前記ダイヤモンド素材は、(111)面、(100)面、又は、(110)面からなる第1面を有し、前記ダイヤモンド素材は、前記第1面の法線に沿う長さをL2とし、前記第1面に平行な断面の等面積円の直径の最大値をM2とした場合に、前記L2と前記M2との比である $L2/M2$ は0.8以上である、ダイヤモンド素材である。

[0031] このダイヤモンド素材を用いて作製された貫通孔付工具は、優れた工具寿命を有することができる。

[本開示の実施形態の詳細]

本開示の一実施形態に係る貫通孔付工具の具体例を、以下に図面を参照しつつ説明する。本開示はこれらの例示に限定されるものではなく、請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

[0032] 図面において、同一の参照符号は、同一部分または相当部分を表わすものである。長さ、幅、厚さ、深さなどの寸法関係は図面の明瞭化と簡略化のために適宜変更されており、実際の寸法関係を表わすものではない。

[0033] <実施の形態 1：貫通孔付工具>

本開示の一実施の形態に係る貫通孔付工具を図 1～図 6 を用いて説明する。図 1 は、本開示の一態様に係る貫通孔付工具の平面図である。図 2 は、図 1 に示される貫通孔付工具の X 1 - X 1 線における断面図である。図 3 は、図 2 に示される貫通孔付工具の X 2 - X 2 線における断面図である。図 4 は、図 3 に示されるダイヤモンド部品の断面の等面積円を示す図である。図 6 は、従来の貫通孔付工具の断面図である。

[0034] 図 1 に示されるように、本実施形態に係る貫通孔付工具 3 は、基材 2 と、前記基材 2 に保持されたダイヤモンド部品 1 とを備える。

[0035] (基材)

基材 2 は、ダイヤモンド部品 1 を保持するものである。基材 2 の素材としては、焼結合金、ステンレス鋼等を用いることができる。

[0036] 基材 2 の形状は、図 1 に示される形状に限定されず、貫通孔付工具の用途に応じて、適宜変更することができる。

[0037] 図 1～図 3 には示されていないが、基材 2 とダイヤモンド部品 1 との間には、接合材として焼結合金や蝟材が存在していてもよい。

[0038] (ダイヤモンド部品)

図 2 に示されるように、ダイヤモンド部品 1 は、入り口 1 A 及び出口 1 B を含み、入り口 1 A 側から貫通孔を貫通する被貫通材が挿入され、被貫通材は出口 1 B 側から排出される。ダイヤモンド部品 1 は、貫通孔の径 d が最小値の第 1 領域 1 b と、第 1 領域 1 b に連なり、貫通孔の入り口 1 A 側に配置される第 2 領域 1 a とを含む。

[0039] ダイヤモンド部品 1 及び基材 2 には、入口 1 A から出口 1 B まで連なる貫通孔 5 が設けられており、貫通孔 5 は壁面 2 1 により規定される。壁面 2 1 の傾斜は、中心軸としての中心線 C 1 に対して徐々に変化している。図 2 に

示される断面では、中心線C 1は直線であり、貫通孔5は中心線C 1に対して対称な形状を有している。

[0040] ダイヤモンド部品1は、貫通孔の中心線C 1に沿う長さ（図2においてLで示される長さ）をL 1とし、中心線C 1を法線とする断面の外縁に囲まれる領域の等面積円の直径の最大値をM 1とした場合に、L 1とM 1との比である $L 1 / M 1$ （以下、比（ $L 1 / M 1$ ）とも記す。）は0. 8以上である。本明細書において、ダイヤモンド部品1の中心線C 1を法線とする断面の外縁に囲まれる領域とは、断面におけるダイヤモンド部品1の外縁O（図3及び図4参照）により囲まれる領域S 1（図4参照）であり、貫通孔を有しないものを意味する。従って、図4に示されるように、領域S 1の面積は、外縁Oに囲まれる領域全ての面積であり、貫通孔に相当する面積も含む。領域S 1の等面積円の直径とは、領域S 1の等面積円Eの直径Mを意味する（図5参照）。直径Mの最大値がM 1である。

[0041] ダイヤモンド部品1が上記の構成を有することにより、本実施形態の貫通孔付工具は、高強度線材の高効率加工においても、長い工具寿命を有することができる。その理由について、本発明者らは下記の通り推察する。

[0042] 貫通孔付工具の工具寿命が短くなる原因の一つに、貫通孔付工具の使用に伴うダイヤモンド部品の摩耗が挙げられる。この摩耗には、ダイヤモンド部品と貫通孔を通過する被貫通材との摩擦により生じる摩擦熱により、ダイヤモンドがグラファイト化して摩耗する反応摩耗、及び、ダイヤモンド部品と被貫通材との摩擦により生じる機械的摩耗が寄与すると考えられる。本実施形態の貫通孔付工具では、反応摩耗及び機械的摩耗の両方が抑制されているため、工具寿命が長くなると考えられる。その理由は下記（i）及び（ii）の通りと推察される。

[0043] （i）反応摩耗の抑制

従来の貫通孔付工具1 3では、ダイヤモンド部品1 1は、主面が正方形の板状であった。図6に示されるように、従来例では、貫通孔の中心線C 1に沿う長さ（図6においてLで示される長さ）L 1が、中心線C 1に垂直な方

向（図6の水平方向）の長さ L_3 よりも非常に短く、 L_1 と L_3 との比（ L_1 / L_3 ）は、例えば、0.6以上0.75以下であった。

[0044] 一方、本実施形態に係るダイヤモンド部品1では貫通孔の中心線C1に沿う長さ（図2においてLで示される長さ） L_1 と M_1 との比（ L_1 / M_1 ）が0.8以上であり、従来例よりも、長さ L_1 の割合が大きくなっている。

[0045] 従って、従来例と本実施形態において、ダイヤモンド部品の中心線C1に垂直な方向（図2及び図6の水平方向）の長さが同一、かつ、貫通孔の形状が同一の場合、ダイヤモンド部品の体積は、本実施形態の方が、従来例よりも大きくなる。

[0046] ダイヤモンドは熱伝導率が高いため、ダイヤモンド部品の体積が大きいと、ダイヤモンド部品と被貫通材との間で生じる摩擦熱が拡散しやすい。よって、本実施形態のダイヤモンド部品では、摩擦熱によりダイヤモンドがグラファイト化して摩耗する反応摩耗が抑制される。これにより、本実施形態の貫通孔付工具の工具寿命が長くなると推察される。

[0047] (ii) 機械的摩耗の抑制

ダイヤモンド部品と、被貫通材との間に生じる機械的摩耗を抑制する方法の一つとして、貫通孔の形状を最適化することが挙げられる。従来のダイヤモンド部品11では、中心線C1に沿う長さ L_1 が短いため、貫通孔5の形状の設計の自由度が限定されていた。このため、ダイヤモンド部品11に最適な形状の貫通孔を実際に形成することは困難であった。

[0048] 一方、本実施形態のダイヤモンド部品1では、ダイヤモンド部品の中心線C1に垂直な方向（図2及び図6の水平方向）の長さが従来例と同一の場合、中心線C1に沿う方向の長さ L_1 が従来例よりも長くなる。よって、本実施形態では、貫通孔の形状の設計の自由度が高くなり、ダイヤモンド部品に、機械的摩耗を抑制するための最適な形状の貫通孔を形成することが可能となる。これにより、本実施形態の貫通孔付工具の工具寿命が長くなると推察される。

[0049] 上記 L_1 と M_1 との比（ L_1 / M_1 ）は、0.9以上が好ましく、1.0

以上がより好ましく、1.3以上が更に好ましい。比 $(L1/M1)$ の上限值は特に限定されないが、例えば、1.4以下とすることが好ましい。すなわち、比 $(L1/M1)$ は、0.8以上1.4以下が好ましく、0.9以上1.4以下が好ましく、1.0以上1.4以下が好ましく、1.3以上1.4以下が好ましい。

[0050] ダイヤモンド部品1の入り口1A側の面P1、及び、出口1B側の面P2の形状は特に限定されないが、略同一の面積を有する正方形とすることができる。すなわち、ダイヤモンド部品1は全体として角柱形状を有することができる。本明細書において、2つの正方形の面積が略同一の面積を有するとは、2つの正方形の面積の差が、小さい方の面積を基準として、5%以内の場合を意味する。

[0051] ダイヤモンド部品1が全体として角柱形状を有する場合、貫通孔の中心線に沿う長さ $L1$ と、面P1及び面P2の一辺の長さ D との比 $(L1/D)$ は0.8以上が好ましい。これによると、比 $(L1/M1)$ の値が0.8以上である場合と同様のメカニズムにより、ダイヤモンド部品1の耐摩耗性が向上する。

[0052] 比 $(L1/D)$ は、1.0以上が好ましく、1.1以上が好ましい。比 $(L1/D)$ の上限值は特に限定されないが、例えば、1.5以下とすることが好ましい。すなわち、比 $(L1/D)$ は、0.8以上1.5以下が好ましく、1.0以上1.5以下が好ましく、1.1以上1.5以下が好ましい。面P1の一辺の長さ D と、面P2の一辺の長さ D とが異なる場合は、 D は長い方の一辺の長さを示すものとする。

[0053] ダイヤモンド部品1において、貫通孔の中心線 $C1$ に沿う長さ $L1$ は、0.5mm以上50mm以下であり、中心線 $C1$ を法線とする断面の外縁に囲まれる領域 $S1$ の等面積円の直径の最大値 $M1$ は、0.5mm以上60mm以下であることが好ましい。

[0054] これによると、ダイヤモンド部品1は十分大きな体積を有するため、優れた放熱性を有することができる。よって、ダイヤモンド部品の反応摩耗を抑

制することができる。更に、ダイヤモンド部品1は中心線C1に沿う長さが十分に長いため、貫通孔の設計の自由度が大きくなる。よって、ダイヤモンド部品1に、機械的摩耗を抑制するための最適な貫通孔の形状を適用することができ、ダイヤモンド部品1の機械的摩耗を抑制することができる。

[0055] L1は、0.5mm以上50mm以下がより好ましく、0.5mm以上25mm以下が更に好ましい。M1は、0.5mm以上56mm以下がより好ましく、0.5mm以上31mm以下が更に好ましい。

[0056] 貫通孔5は、径の最小値（図2においてdで示される長さ）が0.001mm以上15mm以下であることが好ましい。この貫通孔付工具は、幅広い穴径に対応できるため、工具としての利便性が高い。径の最小値dは、0.005mm以上10mm以下がより好ましく、0.01mm以上5mm以下が更に好ましい。

[0057] ダイヤモンド部品1は、貫通孔5の入り口1A側の面P1と、貫通孔5の出口1B側の面P2とのなす角度 α が 0° 以上 1° 以下であることが好ましい。このダイヤモンド部品は、貫通孔付工具の作製時に、基材の凹部に配置した際に倒れにくい。よって、貫通孔付工具を効率的に作製することができる。前記角度 α は 0° 以上 0.75° 以下がより好ましく、 0° 以上 0.5° 以下が更に好ましい。

[0058] 本明細書において、面P1と面P2とのなす角度 α （図示せず）とは、面P1と面P2とをそれぞれ拡大した仮想面P1'と仮想面P2'を想定し、仮想面P1'と仮想面P2'とがなす角度を意味する概念である。

[0059] ダイヤモンド部品1の素材は特に限定されず、単結晶ダイヤモンド、多結晶ダイヤモンド及び焼結ダイヤモンドのいずれも用いることができる。

[0060] 単結晶ダイヤモンドとしては、天然ダイヤモンド及び合成単結晶ダイヤモンドが挙げられる。合成単結晶ダイヤモンドは、所望の形状に加工しやすく、貫通孔付工具を効率的に作製することができるため、本実施形態のダイヤモンド部品の材料として好適である。合成単結晶ダイヤモンドの製造方法は特に限定されない。例えば、高圧合成法や気相合成法を用いて作製された合

成単結晶ダイヤモンドを用いることができる。

- [0061] 合成単結晶ダイヤモンドは、窒素原子を0.01ppb以上3000ppm以下の濃度で含むことが好ましい。これによると、貫通孔付工具の耐摩耗性が良好となる。更に、この合成単結晶ダイヤモンドは、貫通孔付工具の作製時に割れにくい。合成単結晶ダイヤモンド中の窒素原子の濃度は、0.1ppm以上500ppm以下がより好ましく、1ppm以上200ppm以下が更に好ましい。
- [0062] 合成単結晶ダイヤモンドは、硼素原子を0.5ppb以上10000ppm以下の濃度で含むことが好ましい。これによると、貫通孔付工具の耐摩耗性が良好となる。更に、この合成単結晶ダイヤモンドは、貫通孔付工具の作製時に割れにくい。合成単結晶ダイヤモンド中の硼素原子の濃度は、0.5ppb以上1ppm以下がより好ましく、0.5ppb以上0.5ppm以下が更に好ましい。
- [0063] 合成単結晶ダイヤモンドは、珪素原子を0.0001ppb以上10000ppm以下の濃度で含むことが好ましい。これによると、貫通孔付工具の耐摩耗性が良好となる。更に、この合成単結晶ダイヤモンドは、貫通孔付工具の作製時に割れにくい。合成単結晶ダイヤモンド中の珪素原子の濃度は、0.003ppm以上100ppm以下がより好ましく、0.01ppm以上50ppm以下がより好ましく、0.1ppm以上25ppm以下が更に好ましい。
- [0064] 合成単結晶ダイヤモンドは、窒素原子、硼素原子及び珪素原子以外の不純物原子を合計で0.5ppb以上10000ppm以下の濃度で含むことが好ましい。ここで不純物原子としては、水素、アルミニウム、チタン、クロム、銅、タングステン、イリジウム等が挙げられる。これによると、貫通孔付工具の耐摩耗性が良好となる。更に、この合成単結晶ダイヤモンドは、貫通孔付工具の作製時に割れにくい。合成単結晶ダイヤモンド中の不純物原子の合計の濃度は、0.5ppb以上5000ppm以下がより好ましく、0.1ppm以上3000ppm以下が更に好ましい。

[0065] 合成単結晶ダイヤモンド中の窒素原子、硼素原子、珪素原子、及び、その他の不純物原子の濃度は、二次イオン質量分析（SIMS：Secondary Ion Mass Spectrometry）法により測定する。測定装置としては、CAMECA社製「IMS 7f」（製品名）を用いる。SIMS法では、一次イオンとしてCs⁺を用いて、加速電圧15kV、検出領域35 μ m Φ として、試料最表面から0.5 μ mまでの深さでスパッタした場所での濃度を求める。濃度定量は、別途用意した標準試料（イオン注入により作製した不純物濃度既知の単結晶ダイヤモンド）との比較により行う。不純物濃度は、値が小さいと、機器の精度により、測定値が真の値とずれることがある。より正確な値を得るために、相互に少なくとも100 μ m離れた位置の5点において、0.5 μ mまでの深さで測定し、5点の値の平均値を算出し、この平均値を各原子の濃度とする。

[0066] 合成単結晶ダイヤモンドは、円偏光を照射した場合に発生する位相差が、0.1nm以上200nm以下であることが好ましい。合成単結晶ダイヤモンド中の位相差は、合成単結晶ダイヤモンド中に欠陥が存在することを示す。位相差の範囲がこの範囲であると、欠陥の量が適切な範囲に制御されているため、貫通孔付工具の使用時に、ダイヤモンド部品に欠陥に由来する欠けが発生することを抑制することができる。該位相差は、10nm以上200nm以下がより好ましく、30nm以上300nm以下が更に好ましい。位相差は、下記の（a-1）～（a-3）の手順に従い測定する。

[0067] （a-1）測定試料の準備

ダイヤモンド部品を厚さ700 μ mの板形状に加工する。ダイヤモンド部品の厚みが大きい場合には、例えば、研磨やエッチング等を用いて加工してもよい。ダイヤモンド部品を厚さ700 μ mにまで加工することができない場合は、上記加工を行わずに下記に記載する位相差の測定を行い、その測定値を板厚に比例させて厚み700 μ mの場合に換算してもよい。

[0068] （a-2）円偏光の照射

上記（a-1）で準備された測定試料の一方の主面側から、当該主面に対

してほぼ垂直に円偏光を照射する。

[0069] (a-3) 複屈折率の測定

円偏光が照射された主面において、測定領域(1mm×1mm)を10点設定し、この10点内で位相差を測定する。位相差の測定には株式会社フォトリテック社製「WPA-micro」(商品名)、又は、「WPA-100」(商品名)を用いる。

[0070] 10点の測定領域における測定値の平均値を算出し、該平均値を合成単結晶ダイヤモンドの位相差とする。

[0071] ダイヤモンド部品1が合成単結晶ダイヤモンドからなる場合は、ダイヤモンド部品1は、貫通孔5の入り口側の面P1が(111)面、(100)面、又は、(110)面からなることが好ましい。これによると、貫通孔付工具の使用時に生じるダイヤモンド部品の偏摩耗、及び、ダイヤモンド部品の耐摩耗性を、被貫通材の要求に応じて制御することができる。

[0072] 面P1が(111)面の場合は、ダイヤモンド部品の偏摩耗が生じにくいいため、貫通孔付工具の使用に伴う貫通孔の形状の変化を抑制することができる。よって、被貫通材は均一な断面形状を有することができる。

[0073] 面P1が(100)面の場合は、研磨が容易であるため、貫通孔の形成加工が容易であり、製造コストの面で有利である。

[0074] 面P1が(110)面の場合は、貫通孔付工具で加工後の被貫通材(例えば伸線ワイヤー等)の表面粗さが良好となる。

[0075] ダイヤモンド部品は多結晶ダイヤモンドからなることが好ましい。多結晶ダイヤモンドは、優れた硬度を有するとともに、硬さの方向性や劈開性がない。よって、ダイヤモンド部品に多結晶ダイヤモンドを用いると、貫通孔付工具の使用時に、ダイヤモンド部品における欠けの発生、クラックの進展、及び、ダイヤモンド部品の偏摩耗を抑制することができる。

[0076] 多結晶ダイヤモンドの製造方法は特に限定されない。例えば、グラファイト型層状構造の炭素物質を、焼結助剤や触媒を添加せずに、超高温高圧下で焼結して得られる多結晶ダイヤモンドを用いることができる。

[0077] <実施の形態2：ダイス>

本開示の一実施の形態に係る貫通孔付工具は、ダイスに適用することができる。このダイスは、ダイヤモンド部材と伸線材との間の摩擦により生じる反応摩耗、及び、機械的摩耗を抑制することができるため、優れた工具寿命を有することができる。

[0078] <実施の形態3：ウォータージェットノズル>

本開示の一実施の形態に係る貫通孔付工具は、ウォータージェットノズルに適用することができる。このウォータージェットノズルは、ダイヤモンド部材と水との間の摩擦により生じる反応摩耗、及び、機械的摩耗を抑制することができるため、優れた工具寿命を有することができる。

[0079] <実施の形態4：ワイヤーガイド>

本開示の一実施の形態に係る貫通孔付工具は、ワイヤーガイドに適用することができる。このワイヤーガイドは、ダイヤモンド部材とワイヤーとの間の摩擦により生じる反応摩耗、及び、機械的摩耗を抑制することができるため、優れた工具寿命を有することができる。

[0080] <実施の形態5：ダイヤモンド部品>

本実施の一実施の形態に係るダイヤモンド部品を図7及び図8を用いて説明する。図7は、本開示の一態様に係るダイヤモンド部品の平面図である。図8は、図7に示されるダイヤモンド部品のX3-X3線における断面図である。

[0081] 図7及び図8に示されるように、本実施形態に係るダイヤモンド部品1は、貫通孔5を備えるダイヤモンド部品1であって、ダイヤモンド部品1は、貫通孔5の中心線C1に沿う長さ（図8においてLで示される長さ）をL1とし、中心線C1を法線とする断面の外縁に囲まれる領域S1の等面積円の直径の最大値をM1とした場合に、L1とM1との比（ $L1/M1$ ）は0.8以上である。図7及び図8では、ダイヤモンド素材の形状は四角錐台であるが、ダイヤモンド素材の形状は、比（ $L1/M1$ ）が0.8以上であれば、四角錐台に限定されない。例えば、四角柱、円柱、円錐台等を採用するこ

とができる。

[0082] このダイヤモンド部品を備える貫通孔付工具は、優れた工具寿命を有することができる。その理由は、実施の形態1で説明した通りである。

[0083] ダイヤモンド部品1の詳細な説明は、実施の形態1に示す通りであるため、その説明は繰り返さない。

[0084] <実施の形態6：ダイヤモンド素材（1）>

本開示の一実施の形態に係るダイヤモンド素材を図9及び図10を用いて説明する。図9は、本開示の一態様に係るダイヤモンド素材の平面図である。図10は、図9に示されるダイヤモンド素材のX4-X4線における断面図である。

[0085] 図9及び図10に示されるように、ダイヤモンド素材4は、貫通孔付工具に用いるためのダイヤモンド素材であって、貫通孔が形成された場合の貫通孔の中心線に沿う長さ（図10においてLで示される長さ）をL2とし、中心線C1を法線とする断面の等面積円の直径の最大値をM2とした場合に、L2とM2との比である $L2/M2$ （以下、比 $(L2/M2)$ とも記す。）は0.8以上である。図9及び図10では、ダイヤモンド素材の形状は四角錐台であるが、ダイヤモンド素材の形状は、比 $(L2/M2)$ が0.8以上であれば、四角錐台に限定されない。例えば、四角柱、円柱、円錐台等を採用することができる。

[0086] このダイヤモンド素材4に貫通孔を形成して作製されたダイヤモンド部材は、実施の形態5に示されるダイヤモンド部材の構成を有することができる。従って、このダイヤモンド素材を用いて作製されたダイヤモンド部材を備える貫通孔付工具は、優れた工具寿命を有することができる。

[0087] <実施の形態7：ダイヤモンド素材（2）>

図9及び図10に示されるように、ダイヤモンド素材4は、貫通孔付工具に用いるための合成単結晶ダイヤモンド素材であって、前記合成単結晶ダイヤモンド素材は、(111)面、(100)面、又は、(110)面からなる第1面を有し、ダイヤモンド素材は、第1面の法線に沿う長さ（図10に

においてLで示される長さ)をL2とし、第1面に平行な断面の等面積円の直径の最大値をM2とした場合に、L2とM2との比(L2/M2)は0.8以上である。このダイヤモンド素材4に第1面の法線に平行な貫通孔を形成して作製されたダイヤモンド部材は、実施の形態5に示されるダイヤモンド部材の構成を有することができる。従って、このダイヤモンド素材を用いて作製されたダイヤモンド部材を備える貫通孔付工具は、優れた工具寿命を有することができる。

[0088] <実施の形態8：貫通孔付工具の製造方法(1)>

本開示の一実施の形態に係る貫通孔付工具の製造方法の一例について説明する。本実施形態では、ダイヤモンド部材が合成単結晶ダイヤモンドからなる場合を説明する。本実施形態の貫通孔付工具の製造方法は、合成単結晶ダイヤモンドを作製する工程(以下、「合成単結晶ダイヤモンド作製工程」とも記す。)、ダイヤモンド素材を作製する工程(以下、「ダイヤモンド素材作製工程」とも記す。)、及び、貫通孔付工具を作製する工程(以下、「貫通孔付工具作製工程」とも記す。)を含む。

[0089] (合成単結晶ダイヤモンド作製工程)

合成単結晶ダイヤモンドを、例えば、高圧合成法や化学気相合成法(CVD: chemical vapor deposition)を用いて作製する。合成単結晶ダイヤモンド中の窒素原子、硼素原子、珪素原子、及び、その他の不純物の濃度、並びに、欠陥の量を制御しやすいため、CVD法を用いることが好ましい。

[0090] CVD法では、CVD成長炉の基板ホルダ上に配置した種基板上に単結晶ダイヤモンドを成長させる。成長方法は、熱フィラメント法、燃焼炎法、アークジェット法等の公知の一般的な方法を使用することができる。

[0091] 合成単結晶ダイヤモンド中の窒素原子、硼素原子、珪素原子、及び、その他の不純物の濃度は、原料ガス比率、合成炉内部構成部品、合成温度等により調整することができる。

[0092] 合成単結晶ダイヤモンド中の欠陥の量は、種基板の面粗さ、合成前表面処理等により調整することができる。

[0093] (ダイヤモンド素材作製工程)

種基板上に形成された単結晶ダイヤモンドを、レーザ切断して所望の形状に切り出すことにより、ダイヤモンド素材を作製する。この時、単結晶ダイヤモンド上におけるレーザ照射の間隔（距離）を調整することにより、切り出されるダイヤモンド素材の厚みを所望の厚みとすることができる。この厚みが、実施の形態6で説明したダイヤモンド素材における貫通孔が形成された場合の貫通孔の中心線に沿う長さL2、実施の形態7で説明したダイヤモンド素材における第1面の法線に沿う長さL2、又は、第1面（図10における上面）P21又は第2面に略平行な第2面P22の一辺の長さに相当する。これらの長さは、後の工程で維持される。よって、ダイヤモンド素材における長さL2は、ダイヤモンド部品における貫通孔の中心線に沿う長さL1と同一であり、ダイヤモンド素材における第1面P21及び第2面P22の一辺の長さは、ダイヤモンド部品における、面P1及びP2の一辺の長さと同一の値である。

[0094] 本実施形態では、レーザ切断の際に、図11、及び、図12に示されるようなスリット入り切断補助治具51を用いる。

[0095] 従来、合成単結晶ダイヤモンドをレーザ切断する際は、合成単結晶ダイヤモンドの一端を切断治具50で保持して空中で浮かせた状態で切断していた。従来の方法では、レーザ光の反射を防ぐために、合成単結晶ダイヤモンドを下方から支える切断補助治具51を用いていなかった。このため、合成単結晶ダイヤモンドを厚く切り出そうとすると、切断途中に、切断治具50で保持されていない端部側（切り出される側）が、それ自体の重みで折れてしまい、バリが生じ易かった。

[0096] ダイヤモンド素材にバリが生じると、その後の工程で、ダイヤモンド素材を基材の凹部に設置する際にダイヤモンド素材が傾いてしまうため、バリを研磨により除去していた。このため、従来の切断方法では、研磨工程の増加によるコストの増大、及び、生産力の低下が生じていた。

[0097] 一方、本実施形態では、合成単結晶ダイヤモンドの一端を切断治具50で

保持するとともに、スリット入りの切断補助治具51を合成単結晶ダイヤモンドの下方に設置して、合成単結晶ダイヤモンドを下方から支えながらレーザー切断を行う。レーザー光はスリットを通過するように照射するため、レーザー光の反射は生じない。合成単結晶ダイヤモンドは、切断補助治具51により支持されているため、合成単結晶ダイヤモンドを厚く切り出しても、切断途中に、合成単結晶ダイヤモンドが折れることはない。よって、得られたダイヤモンド素材はバリの発生が抑制されている。

[0098] レーザ切断の条件は、例えば、レーザー波長532nm、繰返し周波数6kHz以上10kHz以下、出力3W以上20W以下とすることができる。

[0099] (貫通孔付工具作製工程)

得られたダイヤモンド素材を、基材の凹部に焼結合金粉末等の接合材とともに、配置する。これに対して加熱処理を施して、接合材を焼結させ、ダイヤモンド素材と基材とを接合し、接合体を得る。

[0100] 得られた接合体に、レーザー照射により貫通孔を形成して、ダイヤモンド部品を備える貫通孔付工具を製造することができる。

[0101] <実施の形態9：貫通孔付工具の製造方法(2)>

本開示の一実施の形態に係る貫通孔付工具の製造方法の一例について説明する。本実施形態では、ダイヤモンド部材が多結晶ダイヤモンドからなる場合を説明する。本実施形態の貫通孔付工具の製造方法は、多結晶ダイヤモンドを作製する工程(以下、「多結晶ダイヤモンド作製工程」とも記す。)、ダイヤモンド素材を作製する工程(以下、「ダイヤモンド素材作製工程」とも記す。)、及び、貫通孔付工具を作製する工程(以下、「貫通孔付工具作製工程」とも記す。)を含む。

[0102] (多結晶ダイヤモンド作製工程)

多結晶ダイヤモンドを、例えば、グラファイト型層状構造の炭素物質を、焼結助剤や触媒を添加せずに、超高温高圧下で焼結して作製する。

[0103] 続いて、ダイヤモンド素材作製工程、及び、貫通孔付工具作製工程を、実施の形態8と同様の方法で行うことにより、ダイヤモンド部品を備える貫通

孔付工具を製造することができる。

実施例

[0104] 本実施の形態を実施例によりさらに具体的に説明する。ただし、これらの実施例により本実施の形態が限定されるものではない。

[0105] 本実施例では、ダイヤモンド部品が合成単結晶ダイヤモンドからなる貫通孔付工具（ダイス）を作製し、その評価を行った。具体的な製造方法及び評価方法は下記の通りである。

[0106] <合成単結晶ダイヤモンドの作製>

合成単結晶ダイヤモンドをCVD法により作製した。まず、主面が5 mm × 5 mmの正形状で厚みが0.5 mmの単結晶ダイヤモンド種基板を準備した。これを研磨にて平坦化し、その後、合成単結晶ダイヤモンド内の欠陥を制御する前処理として酸素（O₂）ガスとフッ化水素（CF₄）ガスとを用いて0.01 μm～0.5 μmの深さ領域までドライエッチングした。この基板の上に単結晶ダイヤモンドからなるエピタキシャル成長層を1 mmの厚さで形成した。原料ガスとして水素（H₂）ガス、メタン（CH₄）ガスおよび窒素（N₂）ガスの混合ガスを使用した。H₂ガスに対するCH₄ガスの体積比率（CH₄ガス/H₂ガス）を5～20体積%とし、CH₄ガスに対するN₂ガスの体積比率（N₂ガス/CH₄ガス）を0.01～5体積%とした。また、圧力は9.3～14.7 kPaに設定し、基板温度は850～1200℃に設定した。不純物濃度は原料ガス比率、合成炉内部構成部品、合成温度等で制御可能であり、欠陥量は単結晶ダイヤモンド種基板の表面の平坦度や研磨ダメージ層の有無で制御可能である。

[0107] <合成単結晶ダイヤモンドの測定>

得られた合成単結晶ダイヤモンドについて、窒素原子濃度、硼素原子濃度、珪素原子濃度、その他の不純物原子の全体の濃度、及び、位相差を測定した。それぞれの測定方法は、実施の形態1に示す通りである。結果を表1に示す。

[0108] <ダイヤモンド素材の作製>

上記で作製された単結晶ダイヤモンドを、図11及び図12に示される切断治具及びスリット入り補助治具を用いて支持した状態でレーザ切断することにより、底面及び上面が正方形である四角柱形状のダイヤモンド素材を作製した。

[0109] 各試料のダイヤモンド素材の厚み（高さ） L_2 、及び、ダイヤモンド素材の底面及び上面の一辺の長さ D_2 を測定した。「 L_2 」及び「 D_2 」の値は、後の工程において維持される。よって、ダイヤモンド素材の「 L_2 」及び「 D_2 」の値は、該ダイヤモンド素材を用いて作製された貫通孔付工具中のダイヤモンド部品の貫通孔の中心線 C_1 に沿う長さ「 L_1 」及びダイヤモンド部品の底面及び上面の一辺の長さ「 D 」の値と同一である。従って、ダイヤモンド素材で測定した「 L_2 」及び「 D_2 」の値を、表1のダイヤモンド部品の「 L_1 」及び「 D 」の項目に示す。

[0110] 上記「 D 」の値に基づき、底面及び上面の等面積円の径 M を算出した。各試料のダイヤモンド素材の形状は四角柱であるため、「 M 」の値は、等面積円の径の最大値 M_1 に相当する。従って、算出された「 M 」の値を、表1のダイヤモンド部品の「 M_1 」の項に示す。

[0111] 全ての試料において、ダイヤモンド素材の底面と上面とのなす角度 α は 0.5° 以下であった。試料1～試料6及び試料8～試料11では、底面及び上面は（110）面であった。試料7では、底面及び上面は（111）面であった。

[0112] <貫通孔付工具の作製>

得られたダイヤモンド素材を、基材（素材：焼結合金）の凹部に、ダイヤモンド素材の底面が凹部の底面と略平行となるように配置した。この時、ダイヤモンド素材が傾かないように、凹部の底面とダイヤモンド素材との間に接着剤としてスプレーのりを塗布した。その後、凹部の間隙に焼結合金粉末からなる接合材を封入した。これに対して、加熱処理を施して、接合材を焼結させ、ダイヤモンド素材と基材とを接合し、接合体を得た。

[0113] 得られた接合体に、レーザ照射によりダイヤモンド素材の上面から底面へ

と連続する貫通孔を形成して、貫通孔付工具を製造した。これにより、ダイヤモンド素材の上面は貫通孔の入り口側の面 P 1 となり、底面は貫通孔の出口側の面 P 2 となる。貫通孔は径の最小値 d を 0.080 mm 、第 1 領域の中心線に沿う長さを $16\ \mu\text{m}$ 、第 2 領域を規定するダイヤモンド部品の壁面と中心線とのなす角度 θ を 12° とした。

[0114] <伸線加工試験>

得られた貫通孔付工具を用いて、線材（線径 ϕ : $86.63\ \mu\text{m}$ 、素材 : SUS 304）の伸線加工試験を行った。伸線時には合成油系潤滑剤を用いた。伸線速度は 500 m/分 であり、減面率は 14% であった。

[0115] 上記の条件で 15 km 伸線し、伸線後の貫通孔付工具において、径の最小値を測定し、最小値の単位時間当たりの増加量（ $\mu\text{m/分}$ ）を摩耗速度とした。この摩耗速度が小さいほど、耐摩耗性に優れている。結果を表 1 に示す。

[0116]

[表1]

Table 1

試料 No.	ダイヤモンド部品 形状					ダイヤモンド部品 物性						摩耗速度 ($\mu\text{m}/\text{分}$)
	L1 (mm)	D (mm)	M1 (mm)	L1/M1	L1/D	面 P1 面方位	窒素 原子 (ppm)	珪素 原子 (ppm)	硼素 原子 (ppm)	不純物 原子 (ppm)	位相差 (nm)	
1	0.6	0.8	0.903	0.665	0.75	(110)	0.2	0.004	0.003	<0.005	30	0.04
2	0.8	0.8	0.903	0.886	1	(110)	5	0.9	0.001	28.4	71	0.017
3	0.9	0.8	0.903	0.997	1.125	(110)	0.1	0.004	0.002	2.1	68	0.011
4	0.9	0.8	0.903	0.997	1.125	(110)	2	1.4	0.0009	91	81	0.013
5	0.9	0.8	0.903	0.997	1.125	(110)	5	0.9	0.001	28.4	71	0.013
6	0.9	0.8	0.903	0.997	1.125	(110)	24	3	0.009	540	80	0.015
7	0.9	0.8	0.903	0.997	1.125	(111)	21	2.7	0.008	570	76	0.009
8	0.9	0.8	0.903	0.997	1.125	(110)	100	0.05	0.003	2100	76	0.02
9	0.9	0.8	0.903	0.997	1.125	(110)	220	0.9	0.002	2540	80	0.035
10	1.2	0.8	0.903	1.329	1.5	(110)	50	0.023	0.0006	1989	73	0.012
11	1.2	0.8	0.903	1.329	1.5	(110)	150	0.07	0.001	2250	80	0.015

試料1は、比(L1/M1)の値が0.665であり、比較例に該当する。試料2～11は、比(L1/M1)の値が0.8以上であり、実施例に該当する。試料2～11(実施例)は、試料1(比較例)に比べて、高強度線材の高効率加工において、優れた耐摩耗性を示すことが確認された。

[0118] 以上のように本開示の実施の形態および実施例について説明を行なったが、上述の各実施の形態および実施例の構成を適宜組み合わせたり、様々に変形することも当初から予定している。

[0119] 今回開示された実施の形態および実施例はすべての点で例示であって、制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した実施の形態および実施例ではなく請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味、および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

符号の説明

[0120] 1, 11 ダイヤモンド部品、2, 12 基材、3, 13 貫通孔付工具、4 ダイヤモンド素材、5 貫通孔、21 壁面、1a 第2領域、1b 第1領域、1A 入り口、1B 出口、O 外縁、L 中心線C1に沿う長さ、P1 入り口側の面、P2 出口側の面。

請求の範囲

- [請求項1] 基材と、前記基材に保持されたダイヤモンド部品とを備える貫通孔付工具であって、
前記ダイヤモンド部品は、貫通孔の中心線に沿う長さをL1とし、前記中心線を法線とする断面の外縁に囲まれる領域の等面積円の直径の最大値をM1とした場合に、前記L1と前記M1との比であるL1/M1は0.8以上である、貫通孔付工具。
- [請求項2] 前記L1は、0.5mm以上50mm以下であり、
前記M1は、0.5mm以上56mm以下である、請求項1に記載の貫通孔付工具。
- [請求項3] 前記貫通孔は、径の最小値が0.001mm以上15mm以下である、請求項1又は請求項2に記載の貫通孔付工具。
- [請求項4] 前記ダイヤモンド部品は、前記貫通孔の入り口側の面と、前記貫通孔の出口側の面とのなす角度 α が0°以上1°以下である、請求項1から請求項3のいずれか1項に記載の貫通孔付工具。
- [請求項5] 前記ダイヤモンド部品は、合成単結晶ダイヤモンドからなる、請求項1から請求項4のいずれか1項に記載の貫通孔付工具。
- [請求項6] 前記合成単結晶ダイヤモンドは、窒素原子を0.01ppb以上3000ppm以下の濃度で含む、請求項5に記載の貫通孔付工具。
- [請求項7] 前記合成単結晶ダイヤモンドは、硼素原子を0.5ppb以上10000ppm以下の濃度で含む、請求項5又は請求項6に記載の貫通孔付工具。
- [請求項8] 前記合成単結晶ダイヤモンドは、珪素原子を0.0001ppb以上10000ppm以下の濃度で含む、請求項5から請求項7のいずれか1項に記載の貫通孔付工具。
- [請求項9] 前記合成単結晶ダイヤモンドは、窒素原子、硼素原子及び珪素原子以外の不純物原子を合計で0.5ppb以上10000ppm以下の濃度で含む、請求項5から請求項8のいずれか1項に記載の貫通孔付

工具。

[請求項10] 前記合成単結晶ダイヤモンドは、円偏光を照射した場合に発生する位相差が、 0.1 nm 以上 200 nm 以下である、請求項5から請求項9のいずれか1項に記載の貫通孔付工具。

[請求項11] 前記ダイヤモンド部品は、前記貫通孔の入り口側の面が (111) 面、 (100) 面、又は、 (110) 面からなる、請求項5から請求項10のいずれか1項に記載の貫通孔付工具。

[請求項12] 前記ダイヤモンド部品は多結晶ダイヤモンドからなる、請求項1から請求項4のいずれか1項に記載の貫通孔付工具。

[請求項13] 前記貫通孔付工具はダイス、ウォータージェットノズル、又はワイヤーガイドである、請求項1から請求項12のいずれか1項に記載の貫通孔付工具。

[請求項14] 貫通孔を備えるダイヤモンド部品であって、
前記ダイヤモンド部品は、前記貫通孔の中心線に沿う長さを $L1$ とし、前記中心線を法線とする断面の外縁に囲まれる領域の等面積円の直径の最大値を $M1$ とした場合に、前記 $L1$ と前記 $M1$ との比である $L1/M1$ は 0.8 以上である、ダイヤモンド部品。

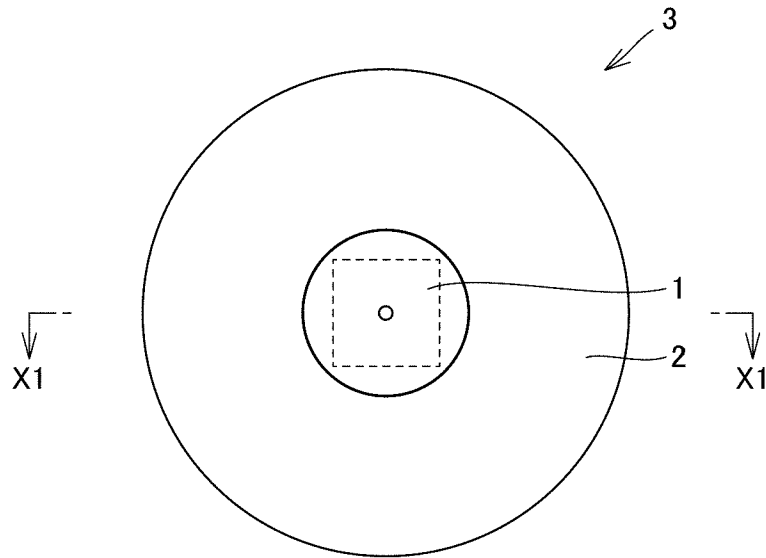
[請求項15] 貫通孔付工具に用いるためのダイヤモンド素材であって、
前記ダイヤモンド素材は、貫通孔が形成された場合の前記貫通孔の中心線に沿う長さを $L2$ とし、前記中心線を法線とする断面の等面積円の直径の最大値を $M2$ とした場合に、前記 $L2$ と前記 $M2$ との比である $L2/M2$ は 0.8 以上である、ダイヤモンド素材。

[請求項16] 貫通孔付工具に用いるためのダイヤモンド素材であって、
前記ダイヤモンド素材は、単結晶ダイヤモンドからなり、
前記ダイヤモンド素材は、 (111) 面、 (100) 面、又は、 (110) 面からなる第1面を有し、
前記ダイヤモンド素材は、前記第1面の法線に沿う長さを $L2$ とし、
前記第1面に平行な断面の等面積円の直径の最大値を $M2$ とした場

合に、前記L 2と前記M 2との比である $L 2 / M 2$ は0. 8以上である、ダイヤモンド素材。

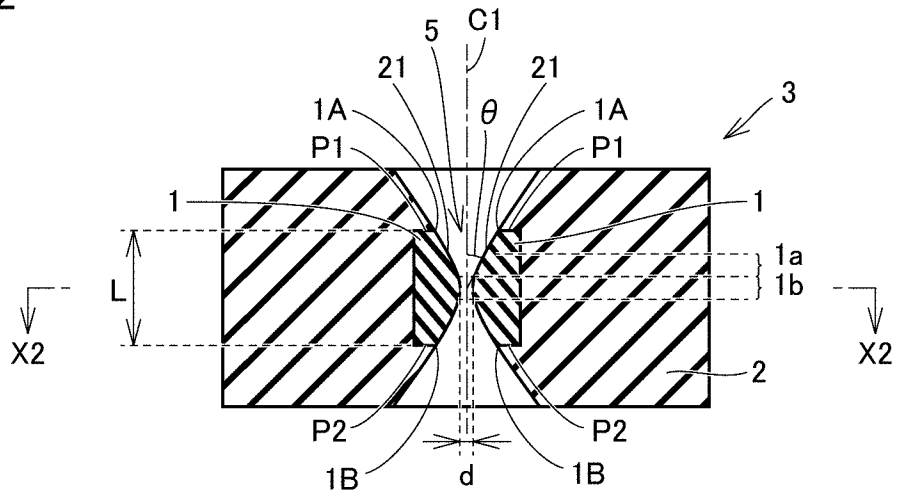
[図1]

FIG.1



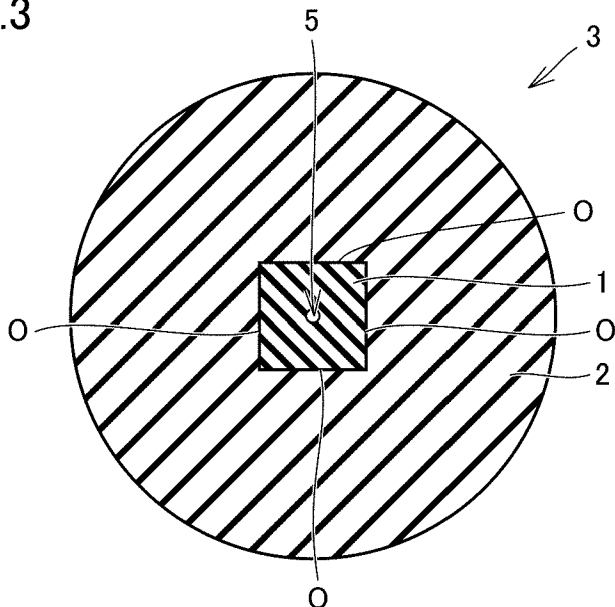
[図2]

FIG.2



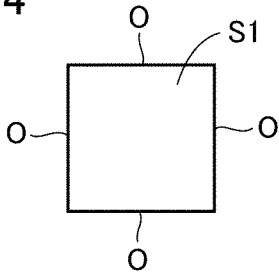
[図3]

FIG.3



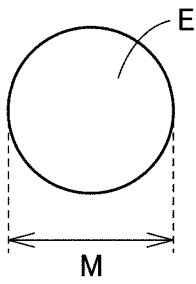
[図4]

FIG.4



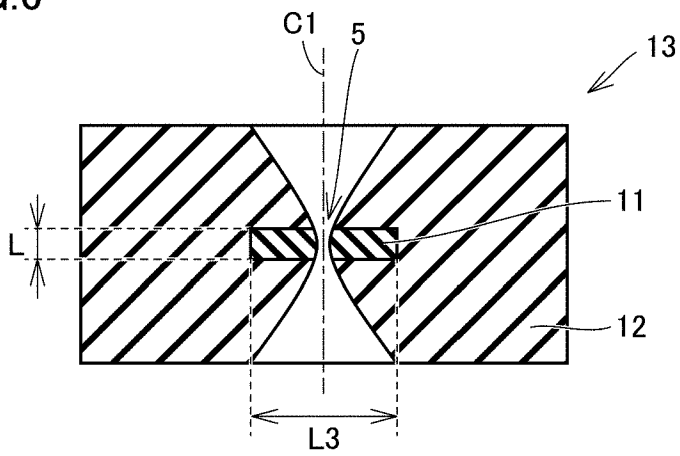
[図5]

FIG.5



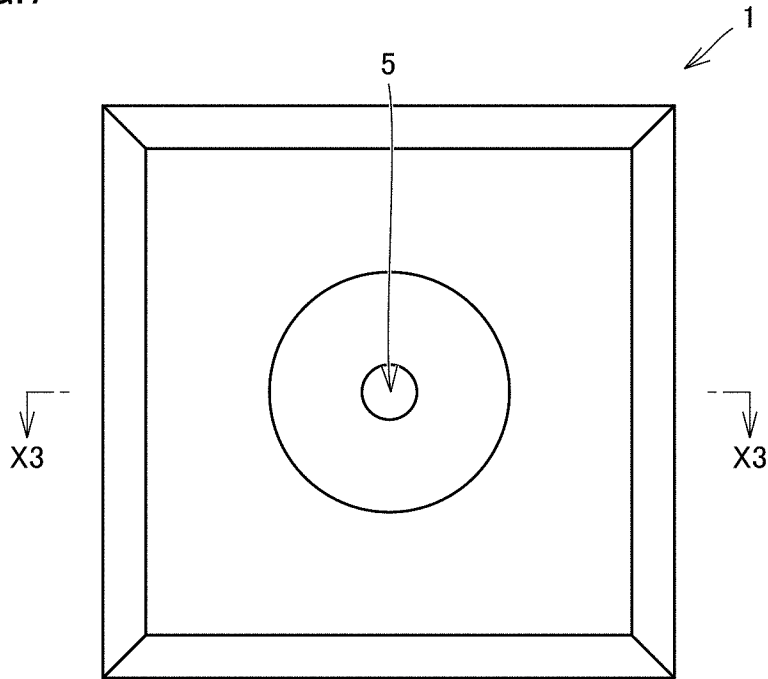
[図6]

FIG.6



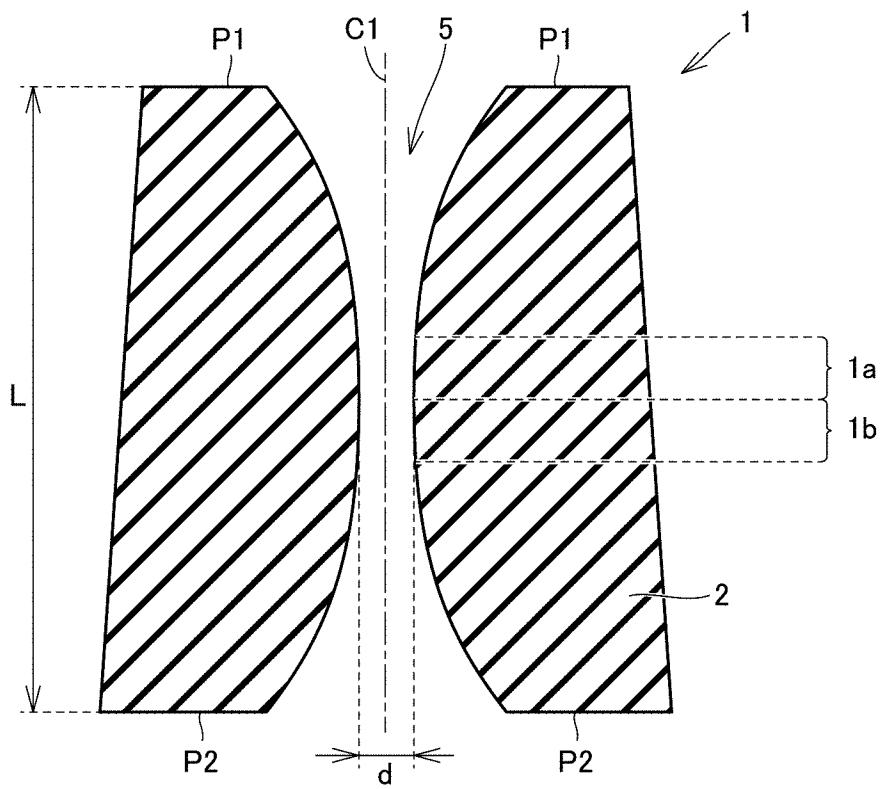
[図7]

FIG.7



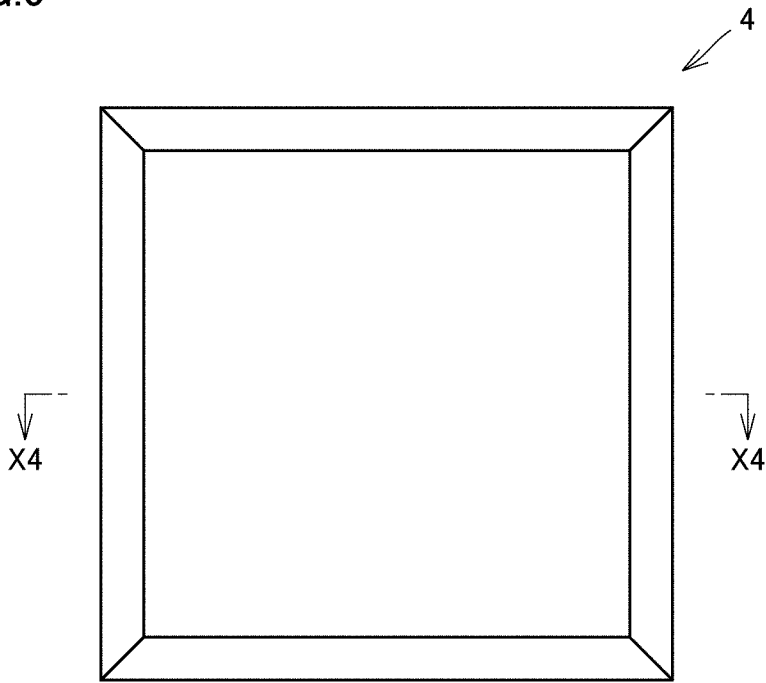
[図8]

FIG.8



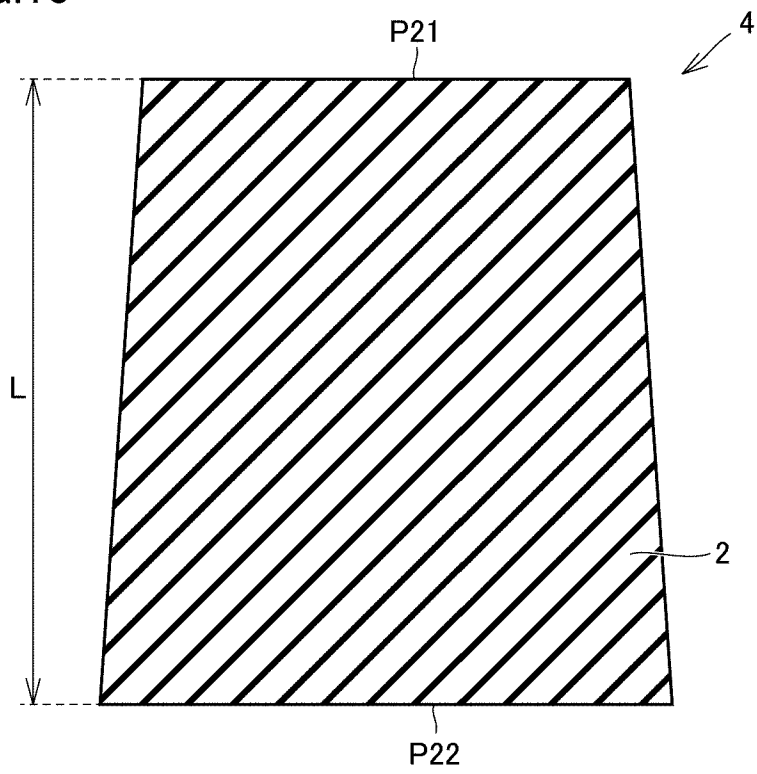
[図9]

FIG.9



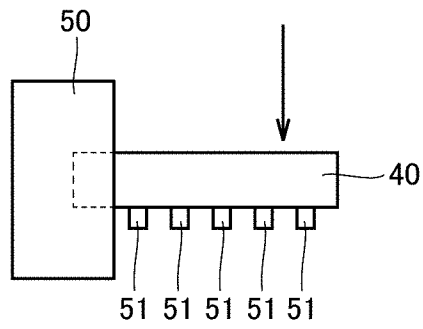
[図10]

FIG.10



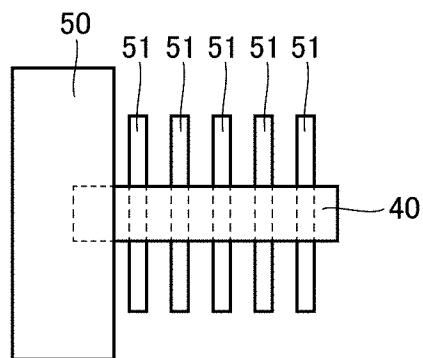
[図11]

FIG.11



[図12]

FIG.12



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/025108

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. B21C3/02 (2006.01) i, C01B32/25 (2017.01) i, C23C16/27 (2006.01) i, C30B29/04 (2006.01) i

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)

Int. Cl. B21C3/02, C01B32/25, C23C16/27, C30B29/04

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 1971-2019
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2019
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2019

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.
X Y	WO 2003/101638 A1 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 11 December 2003, paragraphs [0001], [0022]-[0024], fig. 1, 2 & US 2005/0076897 A1, paragraphs [0001], [0042]-[0046], fig. 1, 2 & EP 1510266 A1 & CN 1691993 A	1-4, 12-15 5-11, 16
Y A	JP 2003-260510 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 16 September 2003, claims 1-3, paragraphs [0001], [0024]-[0029], fig. 1-3 (Family: none)	5-11, 13, 16 1-4, 12, 14, 15
Y A	WO 2016/068244 A1 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 06 May 2016, paragraphs [0001], [0049]-[0055], [0073]-[0087], table 3 & US 2017/0314159 A1, paragraphs [0001], [0053]-[0058], [0087]-[0103], table 3 & EP 3214208 A1 & CN 107109690 A	6-11, 13 1-5, 12, 14-16

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
22.07.2019

Date of mailing of the international search report
30.07.2019

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2019/025108

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2014-148463 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 21 August 2014, claims 1, 5, paragraphs [0006], [0006], [0022]-[0031], tables 1, 2 & EP 1712661 A1, paragraphs [0005], [0036]-[0045] & US 2006/0231015 A1 & CN 1865534 A	10, 11, 13 1-9, 12, 14-16
A	JP 07-214139 A (GENERAL ELECTRIC CO.) 15 August 1995, paragraphs [0003], [0011]-[0016], fig. 1-3 & EP 06655285 A1, column 1, lines 15-27, fig. 1-3 & US 5465603 A	1-16

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. B21C3/02(2006.01)i, C01B32/25(2017.01)i, C23C16/27(2006.01)i, C30B29/04(2006.01)i

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))

Int.Cl. B21C3/02, C01B32/25, C23C16/27, C30B29/04

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	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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
X Y	WO 2003/101638 A1 (住友電気工業株式会社) 2003.12.11, 段落[0001], [0022]-[0024], 図1, 2 & US 2005/0076897 A1 段落[0001], [0042]-[0046], 図1, 2 & EP 1510266 A1 & CN 1691993 A	1-4, 12-15 5-11, 16
Y A	JP 2003-260510 A (住友電気工業株式会社) 2003.09.16, 請求項1-3, 段落[0001], [0024]-[0029], 図1-3 (ファミリーなし)	5-11, 13, 16 1-4, 12, 14, 15

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	の日の後に公表された文献
「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	「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矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「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	「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
「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)	「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
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日

22.07.2019

国際調査報告の発送日

30.07.2019

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁 (ISA/J P)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

中西 哲也

4E

1191

電話番号 03-3581-1101 内線 3425

C (続き) . 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
Y A	WO 2016/068244 A1 (住友電気工業株式会社) 2016.05.06, 段落[0001], [0049]-[0055], [0073]-[0087], 表3 & US 2017/0314159 A1 段落[0001], [0053]-[0058], [0087]-[0103], 表3 & EP 3214208 A1 & CN 107109690 A	6-11, 13 1-5, 12, 14-16
Y A	JP 2014-148463 A (住友電気工業株式会社) 2014.08.21, 請求項1, 5, 6 段落[0006], [0022]-[0031], 表1, 2 & EP 1712661 A1 段落[0005], [0036]-[0045] & US 2006/0231015 A1 & CN 1865534 A	10, 11, 13 1-9, 12, 14-16
A	JP 07-214139 A (ゼネラル・エレクトリック・カンパニー) 1995.08.15, 段落[0003], [0011]-[0016], 図1-3 & EP 0655285 A1 第1欄第15-27行, 第3欄第12-第5欄1行, 図1-3 & US 5465603 A	1-16