



(19) 中華民國智慧財產局

(12) 發明說明書公告本

(11) 證書號數：TW I704106 B

(45) 公告日：中華民國 109 (2020) 年 09 月 11 日

(21) 申請案號：108135094

(22) 申請日：中華民國 108 (2019) 年 09 月 27 日

(51) Int. Cl. : C01B32/25 (2017.01)

C01B32/26 (2017.01)

B01J3/06 (2006.01)

(30) 優先權：2018/10/01 世界智慧財產權組織 PCT/JP2018/036706

(71) 申請人：日商住友電氣工業股份有限公司 (日本) SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.

(JP)

日本

(72) 發明人：角谷均 SUMIYA, HITOSHI (JP)；山本佳津子 YAMAMOTO, KATSUKO (JP)

(74) 代理人：陳長文

(56) 參考文獻：

CN 102712478A

CN 104755420A

CN 107207358A

JP 2009-67609A

JP 2009-67610A

JP 2016-87481A

審查人員：黃怡菱

申請專利範圍項數：6 項 圖式數：1 共 34 頁

(54) 名稱

鑽石多晶體、具備鑽石多晶體之工具及鑽石多晶體之製造方法

(57) 摘要

本發明之鑽石多晶體係包含鑽石粒子者，且包含立方晶鑽石與 6H 型六方晶鑽石，上述立方晶鑽石與上述 6H 型六方晶鑽石分別存在於相同或不同之上述鑽石粒子中，處於紅外吸收光譜中之 1200 cm^{-1} 以上 1300 cm^{-1} 以下之範圍之吸收之最大值 Ab_1 與處於 1900 cm^{-1} 以上 2100 cm^{-1} 以下之範圍之吸收之最大值 Ab_2 之比 Ab_1/Ab_2 為 0.4 以上 1 以下。

A diamond polycrystal includes diamond grains, the diamond polycrystal including a cubic diamond and a 6H type hexagonal diamond, wherein the cubic diamond and the 6H type hexagonal diamond exist in the same or different diamond grains, and a ratio Ab_1/Ab_2 is more than or equal to 0.4 and less than or equal to 1, Ab_1 representing a maximum value of absorption in a range of more than or equal to 1200 cm^{-1} and less than or equal to 1300 cm^{-1} in an infrared absorption spectrum, Ab_2 representing a maximum value of absorption in a range of more than or equal to 1900 cm^{-1} and less than or equal to 2100 cm^{-1} .

I704106

【發明摘要】

【中文發明名稱】

鑽石多晶體、具備鑽石多晶體之工具及鑽石多晶體之製造方法

【英文發明名稱】

DIAMOND POLYCRYSTAL, TOOL INCLUDING DIAMOND POLYCRYSTAL, AND METHOD OF PRODUCING DIAMOND POLYCRYSTAL

【中文】

本發明之鑽石多晶體係包含鑽石粒子者，且包含立方晶鑽石與6H型六方晶鑽石，上述立方晶鑽石與上述6H型六方晶鑽石分別存在於相同或不同之上述鑽石粒子中，處於紅外吸收光譜中之 1200 cm^{-1} 以上 1300 cm^{-1} 以下之範圍之吸收之最大值 Ab_1 與處於 1900 cm^{-1} 以上 2100 cm^{-1} 以下之範圍之吸收之最大值 Ab_2 之比 Ab_1/Ab_2 為0.4以上1以下。

【英文】

A diamond polycrystal includes diamond grains, the diamond polycrystal including a cubic diamond and a 6H type hexagonal diamond, wherein the cubic diamond and the 6H type hexagonal diamond exist in the same or different diamond grains, and a ratio Ab_1/Ab_2 is more than or equal to 0.4 and less than or equal to 1, Ab_1 representing a maximum value of absorption in a range of more than or equal to 1200 cm^{-1} and less than or equal to 1300 cm^{-1} in an infrared absorption spectrum, Ab_2 representing a maximum value of absorption in a range of more than or equal to 1900 cm^{-1} and less than or equal to

2100 cm⁻¹.

【指定代表圖】

無

【代表圖之符號簡單說明】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】

鑽石多晶體、具備鑽石多晶體之工具及鑽石多晶體之製造方法

【英文發明名稱】

DIAMOND POLYCRYSTAL, TOOL INCLUDING DIAMOND POLYCRYSTAL, AND METHOD OF PRODUCING DIAMOND POLYCRYSTAL

【技術領域】

【0001】

本發明係關於一種鑽石多晶體、具備鑽石多晶體之工具及鑽石多晶體之製造方法。

【先前技術】

【0002】

鑽石多晶體由於具有優異之硬度，且不具有硬度之方向性及解理性，故廣泛用於切削工具、修整器及模具等工具及掘鑿鑽頭等。

【0003】

先前之鑽石多晶體藉由將作為原料之鑽石之粉末與燒結助劑或結合材料一同於鑽石於熱力學方面穩定之高壓高溫(一般而言，壓力為5~8 GPa左右及溫度為1300~2200°C左右)之條件下燒結而獲得。作為燒結助劑，使用Fe、Co及Ni等鐵族元素金屬、CaCO₃等碳酸鹽等。作為結合材料，使用SiC等陶瓷等。

【0004】

利用上述方法獲得之鑽石多晶體中包含燒結助劑或結合材料。燒結

助劑及結合材料可能成為使鑽石多晶體之硬度及強度等機械特性或耐熱性降低之原因。

【0005】

亦已知有藉由酸處理去除鑽石多晶體中之燒結助劑者、及使用耐熱性之SiC作為結合材料之耐熱性優異之鑽石多晶體。然而，該鑽石多晶體之硬度或強度較低，且作為工具材料之機械特性不充分。

【0006】

另一方面，可不使用燒結助劑等而使石墨、玻璃碳、非晶形碳、洋葱狀碳等非鑽石狀碳材料於超高壓高溫下直接轉換為鑽石。藉由於自非鑽石相朝鑽石相直接轉換之同時進行燒結而獲得鑽石多晶體(N.Dubrovinskaia et al. , *Diamond&Related Materials* , 14(2005)16-22(非專利文獻1)、H.Sumiya et al. , *Japanese Journal of Applied Physics* 48(2009)120206(非專利文獻2))。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

【0007】

[專利文獻1]國際公開第2012/023473號

[非專利文獻]

【0008】

[非專利文獻1]N.Dubrovinskaia et al. , *Diamond&Related Materials* , 14(2005)16-22

[非專利文獻2]H.Sumiya et al. , *Japanese Journal of Applied Physics* 48(2009)120206

【發明內容】

【0009】

本發明之鑽石多晶體係包含鑽石粒子者，

且包含立方晶鑽石與6H型六方晶鑽石，

上述立方晶鑽石與上述6H型六方晶鑽石分別存在於相同或不同之上述鑽石粒子中，

且處於紅外吸收光譜下之 1200 cm^{-1} 以上 1300 cm^{-1} 以下之範圍之吸收之最大值 Ab_1 與處於 1900 cm^{-1} 以上 2100 cm^{-1} 以下之範圍之吸收之最大值 Ab_2 之比 Ab_1/Ab_2 為0.4以上1以下。

【0010】

本發明之工具具備上述鑽石多晶體。

【0011】

本發明之鑽石多晶體之製造方法具備：

準備作為起始物質之石墨化度為0.6以下之非鑽石狀碳材料之步驟；

將壓力設為 $P(\text{GPa})$ 、將溫度設為 $T(^{\circ}\text{C})$ 時，

自滿足 $P \leq 10$ 且 $0 \leq T \leq 100$ 之條件之起始壓力及起始溫度

分別以 $0.2\text{ GPa}/\text{分鐘}$ 以上 $20\text{ GPa}/\text{分鐘}$ 以下之升壓速度及、

$300^{\circ}\text{C}/\text{分鐘}$ 以上 $3000^{\circ}\text{C}/\text{分鐘}$ 以下之升溫速度同時上升，升壓及升溫

至滿足

$$10 < P \leq 25 \quad \text{式(1)、}$$

$$1000 < T \leq 2500 \quad \text{式(2)、}$$

$$P \geq 0.000097T^2 - 0.422T + 471 \quad \text{式(3)、及}$$

$$P \leq 0.000113T^2 - 0.541T + 663 \quad \text{式(4)}$$

之條件之燒結壓力及燒結溫度之步驟；及

於上述燒結壓力及上述燒結溫度下，使上述非鑽石狀碳材料轉換為鑽石粒子且使其燒結之步驟。

【圖式簡單說明】

【0012】

圖1係表示鑽石多晶體之紅外吸收光譜之曲線圖。

【實施方式】

【0013】

[本發明所欲解決之問題]

非專利文獻1~3之鑽石多晶體若應用於切削工具等，則存在易產生刀尖之缺損之傾向，就耐缺損性及耐龜裂性等方面而言存在問題。

【0014】

本發明係鑒於上述情況而成者，目的在於提供一種於維持較高之硬度之同時具有優異之耐缺損性之鑽石多晶體、具備鑽石多晶體之工具及鑽石多晶體之製造方法。

【0015】

[本發明之效果]

根據本發明，可提供一種於維持較高之硬度之同時具有優異之耐缺損性之鑽石多晶體、具備鑽石多晶體之工具及鑽石多晶體之製造方法。

【0016】

[本發明之實施形態之說明]

首先列舉本案發明之實施方式進行說明。

[1]本發明之一態樣之鑽石多晶體係包含鑽石粒子者，

且包含立方晶鑽石與6H型六方晶鑽石，

上述立方晶鑽石與上述6H型六方晶鑽石分別存在於相同或不同之上述鑽石粒子中，

且處於紅外吸收光譜下之 1200 cm^{-1} 以上 1300 cm^{-1} 以下之範圍之吸收之最大值 Ab_1 與處於 1900 cm^{-1} 以上 2100 cm^{-1} 以下之範圍之吸收之最大值 Ab_2 之比 Ab_1/Ab_2 為0.4以上1以下。

【0017】

上述鑽石多晶體於維持較高之硬度之同時具有優異之耐缺損性。

【0018】

[2]上述6H型六方晶鑽石於上述鑽石粒子內以層狀存在。藉由如此規定，而成為耐龜裂傳輸性進一步優異之鑽石多晶體。

【0019】

[3]室溫下之努氏硬度為100 GPa以上150 GPa以下。藉由如此規定，而成為硬度進一步優異之鑽石多晶體。

【0020】

[4]上述鑽石粒子之平均粒徑為1 nm以上60 nm以下。藉由如此規定，而成為不僅是耐缺損性，而且耐龜裂性亦進一步優異之鑽石多晶體。

【0021】

[5]本發明之一態樣之工具具備如上述[1]至[4]中任一項中記載之鑽石多晶體。

【0022】

上述工具於加工各種材料時具有優異之耐缺損性。

【0023】

[6]本發明之一態樣之鑽石多晶體之製造方法具備：

準備作為起始物質之石墨化度為0.6以下之非鑽石狀碳材料之步驟；

將壓力設為P(GPa)、將溫度設為T(°C)時，

自滿足 $P \leq 10$ 且 $0 \leq T \leq 100$ 之條件之起始壓力及起始溫度

分別以0.2 GPa/分鐘以上20 GPa/分鐘以下之升壓速度及、

300°C/分鐘以上3000°C/分鐘以下之升溫速度同時上升，升壓及升溫

至滿足

$$10 < P \leq 25 \quad \text{式(1)、}$$

$$1000 < T \leq 2500 \quad \text{式(2)、}$$

$$P \geq 0.000097T^2 - 0.422T + 471 \quad \text{式(3)、及}$$

$$P \leq 0.000113T^2 - 0.541T + 663 \quad \text{式(4)}$$

之條件之燒結壓力及燒結溫度之步驟；及

於上述燒結壓力及上述燒結溫度下，使上述非鑽石狀碳材料轉換為鑽石粒子且使其燒結之步驟。

【0024】

上述製造方法可製造於維持較高之硬度之同時具有優異之耐缺損性之鑽石多晶體。

【0025】

[7]上述非鑽石狀碳材料包含低晶質石墨、熱分解石墨或非晶形碳。

藉由如此規定，可製造耐龜裂性進一步優異之鑽石多晶體。

【0026】

[本發明之實施形態之詳情]

以下說明本發明之實施形態之詳情。再者，本發明並不限定於該等

例示。此處，於本說明書中「A~B」之形式之記法意指範圍之上限下限(即A以上B以下)，於A中無單位之記載，僅B中記載單位之情形時，A之單位與B之單位相同。

【0027】

《鑽石多晶體》

本實施形態之鑽石多晶體係包含鑽石粒子者，

且包含立方晶鑽石與6H型六方晶鑽石，

上述立方晶鑽石與上述6H型六方晶鑽石分別存在於相同或不同之上述鑽石粒子中，

且處於紅外吸收光譜中之 1200 cm^{-1} 以上 1300 cm^{-1} 以下之範圍之吸收之最大值 Ab_1 與處於 1900 cm^{-1} 以上 2100 cm^{-1} 以下之範圍之吸收之最大值 Ab_2 之比 Ab_1/Ab_2 為0.4以上1以下。

【0028】

上述鑽石多晶體包含鑽石粒子。即，鑽石多晶體以作為粒子之鑽石為基本組成，實質上不包含藉由燒結助劑及結合材料之一者或兩者形成之結合相(黏合劑)。因此，上述鑽石多晶體具備非常高之硬度與強度。又，上述鑽石多晶體於高溫條件下亦不產生由與結合材料之熱膨脹率之差異或結合材料之觸媒作用導致之機械特性之劣化或脫粒。又，於本實施形態之一態樣中，鑽石粒子亦可理解為鑽石之晶粒。

【0029】

上述鑽石多晶體係由複數個鑽石粒子構成之多晶體。因此，上述鑽石多晶體不具有如單晶般之方向性(各向異性)及解理性，而對全方位具有各向同性之硬度及耐摩耗性。

【0030】

本發明中之鑽石多晶體規定，於藉由X射線繞射法獲得之X射線繞射光譜中具有相對於來自鑽石構造之全部繞射峰之積分強度之合計大10%之積分強度，且不存在來自鑽石構造以外之繞射峰。即，藉由X射線繞射光譜，可確認該鑽石多晶體不包含上述結合相。繞射峰之積分強度設為除背景以外之值。X射線繞射光譜可藉由下述方法獲得。

【0031】

利用鑽石磨石對鑽石多晶體進行研磨加工，將該加工面作為觀察面。

【0032】

使用X射線繞射裝置(Rigaku公司製造「MiniFlex600」(商品名))獲得鑽石多晶體之切割面之X射線繞射光譜。此時之X射線繞射裝置之條件例如如下所述。

特性X射線：Cu-K α (波長1.54Å)

管電壓：45 kV

管電流：40 mA

濾光片：多層鏡

光學系：集中法

X射線繞射法： θ -2 θ 法。

【0033】

鑽石多晶體可於表現本實施形態之效果之範圍內包含不可避雜質。作為不可避雜質，例如可列舉：1 ppm以下之氫、1 ppm以下之氧、0.1 ppm以下之氮等。本說明書中，不可避雜質之濃度意指以原子數為基準之

濃度。

【0034】

鑽石多晶體中之氫、氧及氮之各者之濃度就強度提昇之觀點而言，較佳為1 ppm以下，更佳為0.1 ppm以下。又，鑽石多晶體中之全部雜質濃度較佳為3 ppm以下，更佳為0.3 ppm以下。鑽石多晶體中之氫、氧及氮之各者之濃度之下限值並無特別限制，就製造上之觀點而言可為0.001 ppm以上。

【0035】

鑽石多晶體中之氫、氧、氮之濃度可藉由二次離子質量分析法(SIMS)測定。作為該測定方法，例如裝置使用「CAMECA IMS-7f」(AMETEK公司製造)，將一次離子種類設為 Cs^+ ，一次加速電壓設為15.0 kV，檢測區域設為 $\phi 30 \mu\text{m}$ 而測定雜質濃度。

【0036】

本實施形態之鑽石多晶體為燒結體，但通常燒結體多指黏合劑，故本實施形態中使用「多晶體」之用語。

【0037】

<鑽石粒子>

鑽石粒子較佳為平均粒徑為60 nm以下。由具有如此小之平均粒徑之鑽石粒子構成之鑽石多晶體可較佳地應用於高負荷加工及細微加工等要求刀尖強韌且高精度之用途之工具。若鑽石粒子之平均粒徑超過60 nm，則於用作加工用工具之情形時，刀尖之精度劣化，進而變得易引起刀尖之缺損。因此，無法應用於高負荷且精密之加工用工具。

【0038】

就將鑽石多晶體較佳地應用於要求刀尖強韌且高精度之用途之工具之觀點而言，鑽石粒子之平均粒徑更佳為50 nm以下，進而較佳為20 nm以下。就該觀點而言，鑽石粒子之平均粒徑可為15 nm以下。

【0039】

就獲得鑽石特有之機械強度之觀點而言，鑽石粒子之平均粒徑之下限值較佳為1 nm以上。就該觀點而言，鑽石粒子之平均粒徑可為10 nm以上，亦可為15 nm以上。

【0040】

鑽石粒子之平均粒徑較佳為1 nm以上60 nm以下，更佳為10 nm以上50 nm以下，進而較佳為15 nm以上40 nm以下。

【0041】

鑽石粒子之平均粒徑可藉由使用掃描式電子顯微鏡(SEM)對藉由研磨加工而將鑽石多晶體精加工為平坦之鏡面之表面進行圖像觀察而求出。具體方法如下所述。

【0042】

使用高解析度掃描式電子顯微鏡以1000~100000倍之倍率觀察藉由鑽石磨輪等之研磨加工而精加工為平坦鏡面之鑽石多晶體之表面，獲得SEM圖像。作為高解析度掃描式電子顯微鏡，例如較佳為使用場發射型掃描電子顯微鏡(FE-SEM)。

【0043】

其次，於該SEM圖像上畫圓，自該圓之中心以放射狀(以各直線間之交叉角度變得大致相等之方式)至圓之外周畫8根直線。於該情形時，上述觀察倍率及圓之直徑較佳為以每根上述直線上載持之鑽石粒子(晶粒子)之

個數成為10~50個左右之方式設定。

【0044】

其次，數出上述各直線上橫切鑽石粒子之晶粒界之個數，藉由將直線之長度除以橫切之個數而求出平均切片長度。將求出之平均切片長度乘以1.128獲得之數值設為平均粒徑。使用3張SEM圖像，對各圖像利用如上所述之方法求出平均粒徑，將3張圖像之平均粒徑之平均值設為「鑽石粒子之平均粒徑」。

【0045】

就抑制產生細微龜裂之觀點而言，SEM圖像中之鑽石粒子之長徑R1與短徑Rs之縱橫比(R1/Rs)較佳為 $1 \leq R1/Rs < 4$ 。此處，長徑意指於鑽石粒子之外圍線上最遠之2點間之距離。短徑意指與規定長徑之直線正交、且與鑽石粒子之外圍之2個交點間之距離為最長之直線之距離。

【0046】

<立方晶鑽石及六方晶鑽石>

本實施形態之鑽石多晶體包含立方晶鑽石及6H型六方晶鑽石。上述立方晶鑽石與上述6H型六方晶鑽石分別存在於相同或不同之上述鑽石粒子中。此處，「立方晶鑽石」係指結晶構造為立方晶之鑽石。又，「六方晶鑽石」係指結晶構造為六方晶之鑽石。「6H型六方晶鑽石」係指結晶面之構造於積層方向上反覆6次週期之六方晶鑽石。若鑽石粒子內存在適量之積層缺陷，則產生相當於6H型六方晶鑽石之結晶構造。若此種結晶構造存在於鑽石粒子內，則存在阻止鑽石粒子內之塑性變形之發展或龜裂之發展且抑制解理性之傾向。因此，鑽石粒子變得更強韌，作為鑽石多晶體之耐龜裂性提昇。其結果為，將該鑽石多晶體用於切削工具等工具之情形

時，工具之耐缺損性得到較大地改善且實用性能提昇。

【0047】

6H型六方晶鑽石較佳為於上述鑽石粒子內以層狀存在。此種鑽石多晶體之耐缺損性進一步優異。6H型六方晶鑽石於上述鑽石粒子內是否以層狀存在，例如可藉由使用穿透式電子顯微鏡而確認。

【0048】

再者，亦存在生成2H型六方晶鑽石(結晶面之構造於積層方向上重複2次週期之六方晶鑽石)之情形，但若為少量(例如若為1體積%以下)則以分散於結晶格子內包含上述6H型六方晶鑽石之粒子之晶界或三相點之形狀存在，故不會對機械特性造成較大影響。然而，但於2H型六方晶鑽石粒子亦以部分凝聚之形態被包含之情形時，存在彼處成為多晶體之破壞之起點，破壞強度降低之傾向。

【0049】

立方晶鑽石及六方晶鑽石藉由利用X射線繞射獲得之繞射峰之圖案得以識別。即，於包含立方晶鑽石及六方晶鑽石之鑽石多晶體之X射線繞射中，獲得立方晶鑽石之繞射峰之圖案與六方晶鑽石之繞射峰之圖案混合之圖案。

6H型六方晶鑽石可根據下述之紅外吸收光譜之圖案確認其存在。另一方面，2H型六方晶鑽石為紅外惰性，於紅外吸收光譜中不顯示。

【0050】

<紅外吸收光譜>

本實施形態之鑽石多晶體之處於紅外吸收光譜中之 1200 cm^{-1} 以上 1300 cm^{-1} 以下之範圍之吸收之最大值 A_{b1} 與處於 1900 cm^{-1} 以上 2100 cm^{-1}

以下之範圍之吸收之最大值 Ab_2 之比 Ab_1/Ab_2 為0.4以上1以下，較佳為0.42以上0.85以下。6H型六方晶鑽石於紅外吸收光譜中之 1200 cm^{-1} 以上 1300 cm^{-1} 以下之範圍內顯示吸收。因此，可根據是否存在該吸收而確認6H型六方晶鑽石之存在。

【0051】

本實施形態中之紅外吸收光譜之測定方法如下。

首先，利用傅立葉變換紅外分光光度計(FT-IR)，於 500 cm^{-1} 以上 4000 cm^{-1} 以下之範圍測量作為試樣之鑽石多晶體之紅外吸收光譜。其次，於獲得之紅外吸收光譜中，以未發現由鑽石之構造缺陷或雜質導致之吸收之波數區域(例如 4000 cm^{-1} 以上 4050 cm^{-1} 以下之區域)之吸收光譜成為0之方式設定基準線。於設定有基準線之紅外吸收光譜中，求出處於 1200 cm^{-1} 以上 1300 cm^{-1} 以下之範圍之吸收(6H型六方晶鑽石產生之吸收)之最大值 Ab_1 與處於 1900 cm^{-1} 以上 2100 cm^{-1} 以下之範圍之吸收(鑽石之多聲子產生之吸收)之最大值 Ab_2 ，算出該等之比 Ab_1/Ab_2 。

【0052】

作為傅立葉變換紅外分光光度計，並無特別限制，例如可列舉日本分光股份有限公司製造之FT/IR-6000series(商品名)。

【0053】

於本實施形態中測定紅外吸收光譜時之溫度為室溫($23\pm 5^\circ\text{C}$)。又，作為試樣之鑽石多晶體使用厚度為1 mm、平行度 1° 以內、測定徑1 mm(試樣徑1 mm以上)者。紅外吸收光譜之測定條件設為累計次數10次、分解值 1 cm^{-1} 。

【0054】

<努氏硬度>

本實施形態之鑽石多晶體較佳為室溫下之努氏硬度為100 GPa以上150 GPa以下，更佳為120 GPa以上150 GPa以下。上述努氏硬度藉由於JIS Z 2251：2009所規定之條件下進行之努氏硬度試驗而求出。

【0055】

JIS Z 2251：2009所規定之努氏硬度試驗公知為工業材料之硬度之測定方法之一。努氏硬度試驗係藉由以特定之溫度及特定之荷重(試驗荷重)將努氏壓頭朝被測定材料按壓，而求出被測定材料之硬度。於本實施形態中，特定之溫度為室溫(23°C±5°C)，特定之荷重為4.9 N。努氏壓頭係指具有底面為菱型之四角錐之形狀之鑽石製之壓頭。

【0056】

<<工具>>

本實施形態之鑽石多晶體之硬度較高，且耐缺損性優異，故可較佳地用於切削工具、耐摩工具、研磨工具、摩擦攪拌接合用工具等。即，本實施形態之工具係具備上述鑽石多晶體者。

【0057】

上述工具可整體由鑽石多晶體構成，亦可僅其中一部分(例如於切削工具之情形時為刀尖部分)由鑽石多晶體構成。又，各工具之表面可形成塗膜。

【0058】

作為切削工具，可列舉：鑽孔、立銑刀、鑽孔用刀尖更換型切削鑽尖、立銑刀用刀尖更換型切削鑽尖、銑刀加工用刀尖更換型切削鑽尖、旋削加工用刀尖更換型切削鑽尖、金屬用鋸、齒輪切製工具、鉸刀、螺栓、

切削工具等。

【0059】

作為耐磨工具，可列舉：模具、刻劃器、劃線輪、修整器等。

【0060】

作為研磨工具，可列舉研磨磨石等。

【0061】

本實施形態之鑽石多晶體包含立方晶鑽石與6H型六方晶鑽石，且係以特定之比率包含上述6H型六方晶鑽石。因此，該鑽石多晶體於維持較高之硬度之同時具有優異之耐缺損性。

先前已知有包含立方晶鑽石與六方晶鑽石之鑽石多晶體，但該六方晶鑽石主要包含2H型六方晶鑽石(例如國際公開第2012/023473號(專利文獻1))。主要包含2H型六方晶鑽石之鑽石多晶體由於構成多晶體之立方晶鑽石粒子之晶界中包含2H型六方晶鑽石結晶，故存在彼處成為破壞之起點而使破壞強度降低之傾向，要求改善。

【0062】

本發明人等以上所述之情況為依據反覆銳意研究之結果發現，藉由自起始壓力及起始溫度分別以特定之升壓速度及特定之升溫速度同時上升而成為目標燒結壓力及燒結溫度，而可製造六方晶鑽石中主要包含6H型六方晶鑽石之鑽石多晶體，從而完成本發明。6H型六方晶鑽石由於於立方晶鑽石粒子內以如雙晶之形狀存在，故藉由阻止粒內之解理破裂之效果而使得耐龜裂性提昇。以下，針對該鑽石多晶體之製造方法進行說明。

【0063】

《鑽石多晶體之製造方法》

本實施形態之鑽石多晶體之製造方法具備：

準備作為起始物質之石墨化度為0.6以下之非鑽石狀碳材料之步驟；

將壓力設為P(GPa)、將溫度設為T(°C)時、

自滿足 $P \leq 10$ 且 $0 \leq T \leq 100$ 之條件之起始壓力及起始溫度

分別以0.2 GPa/分鐘以上20 GPa/分鐘以下之升壓速度及、

300°C/分鐘以上3000°C/分鐘以下之升溫速度同時上升，升壓及升溫

至滿足

$$10 < P \leq 25 \quad \text{式(1)、}$$

$$1000 < T \leq 2500 \quad \text{式(2)、}$$

$$P \geq 0.000097T^2 - 0.422T + 471 \quad \text{式(3)、及}$$

$$P \leq 0.000113T^2 - 0.541T + 663 \quad \text{式(4)}$$

之條件之燒結壓力及燒結溫度之步驟；及

於上述燒結壓力及上述燒結溫度下，使上述非鑽石狀碳材料轉換為鑽石粒子且使其燒結之步驟。

【0064】

<準備非鑽石狀碳材料之步驟>

本步驟中，準備作為起始物質之石墨化度為0.6以下之非鑽石狀碳材料。非鑽石狀碳材料只要為石墨化度為0.6以下且並非鑽石之碳材料，則並無特別限制。非鑽石狀碳材料較佳為包含低晶質石墨、熱分解性石墨或非晶形碳。該等可單獨使用1種，亦可組合使用複數種。上述石墨化度之下限並無特別限制，例如可超過0，亦可為0.04以上。

【0065】

非鑽石狀碳材料之石墨化度(G)係以如下之方式求出。藉由非鑽石狀

碳材料之X射線繞射而測定非鑽石狀碳材料之石墨之(002)面之面間隔 d_{002} ，藉由以下式(A)

$$d_{002} = 3.440 - 0.086 \times (1 - g^2) \quad \text{式(A)}$$

算出非鑽石狀碳材料之亂層構造部之比率 g 。根據以此方式獲得之亂層構造部之比率 g ，藉由以下式(B)

$$G = 1 - g \quad \text{式(B)}$$

算出石墨化度(G)。

【0066】

非鑽石狀碳材料較佳為純度為99體積%以上，更佳為99.5體積%以上，進而較佳為99.9體積%以上，最佳為100體積%。換言之，就抑制晶粒之生長之觀點而言，非鑽石狀碳材料較佳為不包含作為雜質之鐵族元素金屬。作為鐵族元素金屬，例如可列舉：Fe、Co、Ni等。

【0067】

就抑制晶粒之生長且促進朝鑽石之直接轉換之觀點而言，非鑽石狀碳材料較佳為作為雜質之氫、氧、氮等之濃度較低。非鑽石狀碳材料中之氫、氧及氮之濃度各自較佳為1 ppm以下，更佳為0.1 ppm以下。又，非鑽石狀碳材料中之全部雜質濃度較佳為3 ppm以下，更佳為0.3 ppm以下。

【0068】

非鑽石狀碳材料中之氫、氧及氮等雜質之濃度可藉由二次離子質量分析法(SIMS)測定。作為該測定方法，例如裝置使用「CAMECA IMS-7f」(AMETEK公司製造)，將一次離子種類設為 Cs^+ ，一次加速電壓設為15.0 kV，檢測區域設為 $\phi 30 \mu\text{m}$ 而測定雜質濃度。

【0069】

<升壓及升溫至燒結壓力及燒結溫度之步驟>

本步驟中，將壓力設為 $P(\text{GPa})$ ，將溫度設為 $T(^{\circ}\text{C})$ 時，自滿足 $P \leq 10$ 且 $0 \leq T \leq 100$ 之條件之起始壓力及起始溫度分別以 0.2 GPa/分鐘 以上 20 GPa/分鐘 以下之升壓速度及、 300°C/分鐘 以上 3000°C/分鐘 以下之升溫速度同時上升，升壓及升溫至滿足

$$10 < P \leq 25 \quad \text{式(1)、}$$

$$1000 < T \leq 2500 \quad \text{式(2)、}$$

$$P \geq 0.000097T^2 - 0.422T + 471 \quad \text{式(3)、及}$$

$$P \leq 0.000113T^2 - 0.541T + 663 \quad \text{式(4)}$$

之條件之燒結壓力及燒結溫度。

【0070】

若自滿足 $P > 10$ 且 $0 \leq T \leq 100$ 之條件之起始壓力及起始溫度升壓及升溫，則存在大量生成2H型六方晶鑽石之傾向。若大量生成2H型六方晶鑽石，則存在獲得之鑽石多晶體之破壞強度降低之傾向。

於本實施形態之一態樣中，較佳為自滿足 $P \leq 10$ 且 $0 \leq T \leq 100$ 之條件之起始壓力及起始溫度，並不經由滿足 $P > 10 \text{ GPa}$ 且 $0 \leq T \leq 100$ 之條件之壓力及溫度之狀態，而是分別以上述升壓速度及上述升溫速度同時上升，升壓及升溫至特定之燒結壓力及燒結溫度。

【0071】

於滿足 $P < 0.000097T^2 - 0.422T + 471$ 之條件之燒結壓力及燒結溫度下進行燒結之情形時，燒結性較低，存在不易獲得具有充分之硬度(100

GPa以上)之鑽石多晶體之傾向。又，於滿足 $P > 0.000113T^2 - 0.541T + 663$ 之條件之燒結壓力及燒結溫度下進行燒結之情形時，存在不易獲得足夠量之6H型六方晶鑽石之傾向。因此，獲得之鑽石多晶體存在破壞韌性降低且不易獲得目標耐缺損性之傾向。

【0072】

於本實施形態中，自常溫($23 \pm 5^\circ\text{C}$)及大氣壓之狀態至上述起始壓力及起始溫度之狀態之路徑只要不發生降溫或降壓，則並無特別限制。

【0073】

上述起始壓力之上限為10 GPa以下，較佳為9 GPa以下，更佳為8 GPa以下。上述起始壓力之下限較佳為3 GPa以上，更佳為5 GPa以上。

【0074】

上述起始溫度之上限為 100°C 以下，較佳為 50°C 以下，更佳為 30°C 以下。上述起始溫度之下限為 0°C 以上，較佳為 10°C 以上，更佳為 20°C 以上。

【0075】

使作為原料(起始物質)之非鑽石狀碳材料升壓及升溫至上述特定之燒結壓力及燒結溫度時，溫度T之升溫速度為 $300^\circ\text{C}/\text{分鐘}$ 以上 $3000^\circ\text{C}/\text{分鐘}$ 以下，較佳為 $500^\circ\text{C}/\text{分鐘}$ 以上 $2000^\circ\text{C}/\text{分鐘}$ 以下。藉此，抑制2H型六方晶鑽石之生成，促進6H型六方晶鑽石之生成。

【0076】

使作為原料之非鑽石狀碳材料升壓及升溫至上述特定之燒結壓力及燒結溫度時，壓力P之升壓速度為 $0.2 \text{ GPa}/\text{分鐘}$ 以上 $20 \text{ GPa}/\text{分鐘}$ 以下，較佳為 $1 \text{ GPa}/\text{分鐘}$ 以上 $10 \text{ GPa}/\text{分鐘}$ 以下。藉此，抑制2H型六方晶鑽石之生

成，促進6H型六方晶鑽石之生成。

【0077】

進行上述升壓及升溫時，壓力P之增加量 $\Delta P1$ (GPa)相對於溫度T之增加量 $\Delta T1$ ($^{\circ}\text{C}$)之比($\Delta P1/\Delta T1$)較佳為 6.67×10^{-5} 以上 6.67×10^{-2} 以下之範圍。藉此，可獲得抑制2H型六方晶鑽石之生成，促進6H型六方晶鑽石之生成之效果。

【0078】

上述燒結壓力之上限為25 GPa以下，較佳為20 GPa以下，更佳為18 GPa以下。上述燒結壓力之下限高於10 GPa，較佳為11 GPa以上，更佳為12 GPa以上。

【0079】

上述燒結溫度之上限為 2500°C 以下，較佳為 2400°C 以下，更佳為 2300°C 以下。上述燒結溫度之下限為 1000°C 以上，高於 1000°C ，較佳為 1900°C 以上，更佳為 2000°C 以上。

【0080】

<轉換為鑽石粒子且燒結之步驟>

本步驟中，於上述燒結壓力及上述燒結溫度下，使上述非鑽石狀碳材料轉換為鑽石粒子且使其燒結。

【0081】

上述燒結壓力及上述燒結溫度下之燒結時間較佳為1分鐘以上20分鐘以下，更佳為5分鐘以上20分鐘以下，進而較佳為10分鐘以上20分鐘以下。

【0082】

於本實施形態之鑽石多晶體之製造方法中使用之高壓高溫產生裝置只要為獲得鑽石相於熱力學方面為穩定之相的壓力及溫度之條件之裝置，則並無特別限制，就提高生產性及作業性之觀點而言，較佳為高壓高溫產生裝置或多砧型之高壓高溫產生裝置。又，收納作為原料之非鑽石狀碳材料之容器只要為耐高壓高溫性之材料則並無特別限制，例如較佳地使用 Ta、Nb 等。

【0083】

為了防止鑽石多晶體中混入雜質，例如，首先，將作為原料之非鑽石狀碳材料放入 Ta、Nb 等高熔點金屬制之膠囊並於真空中加熱且密封，自非鑽石狀碳材料去除吸附氣體及空氣。其後，較佳為進行上述之升壓及升溫之步驟、以及燒結之步驟。

[實施例]

【0084】

藉由實施例進一步具體地說明本實施之形態。但本實施之形態並不限定於該等實施例。

【0085】

[製造例1～製造例10]

《鑽石多晶體之製作》

〈準備非鑽石狀碳材料之步驟〉

首先，製造例1～7及製造例9中，準備具有表1所示之石墨化度之藉由熱分解法合成之各種石墨(熱分解石墨)作為起始物質。製造例8中，準備焙燒焦炭製作之通常之各向同性石墨(粒徑1～3 μm)。製造例10中，準備利用行星型球磨機以粒徑成為10 nm以下之方式將上述通常之各向同性

石墨超微粉碎並使其非晶化後所得之粉末(石墨化度 ≈ 0 、包含氫及氧之雜質約0.1質量%(1000 ppm))。

【0086】

<升壓及升溫至燒結壓力及燒結溫度之步驟>

其次，將上述非鑽石狀碳材料放入Ta製之膠囊並於真空中加熱及密閉。其後，使用高壓高溫產生裝置，以表1所示之升壓速度及升溫速度自表1所示之起始壓力及起始溫度升壓及升溫至表1所示之燒結壓力及燒結溫度。

此處，製造例1～製造例7中，將壓力設為P(GPa)，將溫度設為T(°C)時，

自滿足 $P \leq 10$ 且 $0 \leq T \leq 100$ 之條件之起始壓力及起始溫度分別以0.2 GPa/分鐘以上20 GPa/分鐘以下之升壓速度及、300°C/分鐘以上3000°C/分鐘以下之升溫速度同時上升，升壓及升溫至滿足

$$10 < P \leq 25 \quad \text{式(1)、}$$

$$1000 < T \leq 2500 \quad \text{式(2)、}$$

$$P \geq 0.000097T^2 - 0.422T + 471 \quad \text{式(3)、及、}$$

$$P \leq 0.000113T^2 - 0.541T + 663 \quad \text{式(4)}$$

之條件之燒結壓力及燒結溫度。

【0087】

<轉換為鑽石粒子且燒結之步驟>

達到上述燒結壓力及上述燒結溫度之後，藉由以表1所示之燒結時間進行加壓加熱處理，而將上述非鑽石狀碳材料轉換為鑽石粒子，且使其燒

結。以此方式獲得鑽石多晶體。再者，非鑽石狀碳材料中未添加燒結助劑及結合材料之任一者。

【0088】

[表1]

表1

| 製造例 | 非鑽石狀碳原料 | 升壓及升溫之條件 | | | 燒結之條件 | |
|-----|---------|---------------|------------------|-----------------|----------------|--------------|
| | 石墨化度G | 起始壓力及 起始溫度 | 升壓速度 (GPa/分鐘) | 升溫速度 (°C/分鐘) | 燒結壓力及燒結 溫度 | 燒結時間 (分鐘) |
| 1 | 0.04 | 8 GPa, 27°C | 15 | 2000 | 18 GPa, 1950°C | 15 |
| 2 | 0.12 | 8 GPa, 27°C | 5 | 1000 | 16 GPa, 2050°C | 15 |
| 3 | 0.36 | 8 GPa, 27°C | 10 | 1500 | 16 GPa, 2050°C | 15 |
| 4 | 0.31 | 8 GPa, 27°C | 15 | 2000 | 18 GPa, 1950°C | 15 |
| 5 | 0.38 | 8 GPa, 27°C | 10 | 1500 | 16 GPa, 2050°C | 15 |
| 6 | 0.48 | 8 GPa, 27°C | 7 | 1000 | 16 GPa, 2100°C | 15 |
| 7 | 0.51 | 8 GPa, 27°C | 5 | 1000 | 16 GPa, 2200°C | 15 |
| 8 | 0.34 | 16 GPa, 23°C | 0 | 100 | 16 GPa, 2300°C | 15 |
| 9 | 0.82 | 16 GPa, 23°C | 0 | 100 | 16 GPa, 2300°C | 15 |
| 10 | ≒0 | 16 GPa, 23°C | 0 | 50 | 16 GPa, 1900°C | 15 |

【0089】

《鑽石多晶體之特性評價》

關於獲得之鑽石多晶體，如下所示，測定鑽石粒子之平均粒徑、X射線繞射光譜、紅外吸收光譜、雜質濃度、努氏硬度及龜裂產生荷重。

【0090】

〈鑽石粒子之平均粒徑〉

藉由使用掃描式電子顯微鏡(SEM)之切割法求出各鑽石多晶體所包含之鑽石粒子之平均粒徑。具體方法如下所述。

【0091】

首先，使用場發射型掃描電子顯微鏡(FE-SEM)觀察經研磨加工之鑽石多晶體，獲得SEM圖像。

【0092】

其次，於該SEM圖像上畫圓，自該圓之中心以放射狀(如各直線間之交叉角度變得大致相等)至圓之外周畫8根直線。於該情形時，觀察倍率及圓之直徑係以上述每根直線上載持之鑽石粒子之個數成為10~50個左右之方式設定。

【0093】

繼而，數出上述每根直線上橫切鑽石粒子之晶粒界之個數，藉由將直線之長度除以該橫切之個數而求出平均切片長度。將求出之平均切片長度乘以1.128所得之值設為平均粒徑。

【0094】

再者，上述SEM圖像之倍率設為30000倍。原因在於，若為低於該數值之倍率，則圓內之晶粒之個數變多，變得不易發現晶界且會產生測量誤差，並且畫線時包含板狀組織之可能性變高。又，若為超過該數值以上之倍率，則圓內之晶粒之個數過少，無法算出正確的平均粒徑。

【0095】

每個製造例中，使用對1個試樣拍攝各個部位之3張SEM圖像。對使用之每個SEM圖像利用上述方法求出平均粒徑，將獲得之3個平均粒徑之平均值設為該製造例中之鑽石粒子之平均粒徑。將結果示於表2之「鑽石粒子之平均粒徑」之欄。

【0096】

又，若使用穿透式電子顯微鏡觀察各鑽石粒子，則於製造例1~7中

可確認6H型六方晶鑽石於鑽石粒子之結晶內以層狀存在。

【0097】

< X射線繞射光譜 >

針對獲得之鑽石多晶體，藉由X射線繞射法獲得X射線繞射光譜。X射線繞射法之具體方法如上述[本發明之實施形態之詳情]之欄所記載，故不重複該說明。於所有製造例之鑽石多晶體中，根據獲得之X射線繞射光譜之峰圖案可確認存在立方晶鑽石。於所有製造例之鑽石多晶體之X射線繞射光譜中，可確認不存在具有相對於來自鑽石構造之全部繞射峰之積分強度之合計大10%之積分強度之來自鑽石構造以外之繞射峰。

【0098】

< 紅外吸收光譜 >

使用傅立葉變換紅外分光光度計於 500 cm^{-1} 以上 4000 cm^{-1} 以下之範圍測量作為試樣之鑽石多晶體(試樣之尺寸： $3\text{ mm}\times 3\text{ mm}\times 1\text{ mm}$)之紅外吸收光譜。其次，於獲得之紅外吸收光譜中，以未發現由鑽石之構造缺陷或雜質導致之吸收之波數區域(4000 cm^{-1} 以上 4050 cm^{-1} 以下之區域)之吸收光譜成為0之方式設定基準線。將典型的紅外吸收光譜示於圖1。其後，於設定有基準線之紅外吸收光譜中，求出處於 1200 cm^{-1} 以上 1300 cm^{-1} 以下之範圍之吸收(6H型六方晶鑽石產生之吸收)之最大值 Ab_1 與處於 1900 cm^{-1} 以上 2100 cm^{-1} 以下之範圍之吸收(鑽石之多聲子產生之吸收)之最大值 Ab_2 ，算出該等之比 Ab_1/Ab_2 。將結果示於表2。於所有製造例之鑽石多晶體中，根據獲得之紅外線吸收光譜之圖案可確認存在6H型六方晶鑽石。

【0099】

< 雜質濃度 >

使用SIMS測定鑽石多晶體中之氮(N)、氫(H)及氧(O)之各濃度。

【0100】

製造例1～製造例9之鑽石多晶體任一者之氮、氫及氧之合計量均為3 ppm以下。製造例10分別含有氫及氧1000 ppm左右。

【0101】

<努氏硬度>

基於JIS Z 2251：2009所規定之條件，利用努氏壓頭使用微小硬度計進行鑽石多晶體之努氏硬度試驗。此時之測定溫度為23℃，試驗荷重為4.9 N。又，使用具有底面為菱型之四角錐之形狀之鑽石製之壓頭作為努氏壓頭。將結果示於表2。

【0102】

<龜裂產生荷重>

針對鑽石多晶體，為了測定龜裂產生荷重，利用以下條件實施破壞強度試驗。

【0103】

準備頭端半徑R50 μm之球狀之鑽石壓頭，於室溫(23℃)下以1N/秒之負荷速度對各試樣施加荷重，測定試樣中產生龜裂之瞬間之荷重(龜裂產生荷重)。產生龜裂之瞬間係利用Acoustic Emission感測器(AE感測器)測定。進行5次該測定。各試樣之龜裂產生荷重為5次測定之結果之5個值之平均值。將結果示於表2之「龜裂產生荷重」之欄。龜裂產生荷重越大，試樣之強度越高，耐缺損性越優異。

【0104】

<<具備鑽石多晶體之工具之評價>>

< 鏡面切削加工試驗 >

為了調查具備各製造例之鑽石多晶體之工具之耐缺損性，使用各製造例之鑽石多晶體各者製作直徑0.5 mm之球狀立銑刀工具，進行超硬合金(WC-12%Co、粒徑0.3 μm)之端面之鏡面切削加工。具體的切削條件如下所述。

【0105】

(切削條件)

轉速：36000 rpm

切削寬：120 mm/分鐘

加工長：5 μm

切削寬：1 μm

加工時間：3.5小時

加工面積：4×5 mm。

【0106】

觀察切削加工後工具之刀尖狀態，確認是否存在刀尖碎片。此處，「存在」刀尖碎片意指產生寬0.1 μm以上、或深0.01 μm以上之凹部之狀態。將結果示於表2之「刀尖碎片」欄。

【0107】

觀察切削加工後工具之刀尖狀態，測定刀尖之摩耗量。此處，摩耗量「小」意指摩耗量為0 μm以上20 μm以下，摩耗量「大」意指摩耗量超過20 μm。將結果示於表2之「摩耗量」欄。

【0108】

[表2]

表2

| 製造例 | 鑽石粒子之平均粒徑d(nm) | Ab ₁ /Ab ₂ | 努氏硬度Hk(GPa) | 龜裂產生荷重Pc(N) | 刀尖碎片 | 摩耗量 |
|-----|----------------|----------------------------------|-------------|-------------|------|-----|
| 1 | 10 | 0.85 | 123 | 22 | 無 | 小 |
| 2 | 15 | 0.42 | 130 | 20 | 無 | 小 |
| 3 | 20 | 0.54 | 135 | 17 | 無 | 小 |
| 4 | 15 | 0.70 | 128 | 20 | 無 | 小 |
| 5 | 50 | 0.52 | 135 | 15 | 無 | 小 |
| 6 | 40 | 0.48 | 140 | 15 | 無 | 小 |
| 7 | 60 | 0.40 | 145 | 13 | 無 | 小 |
| 8 | 70 | 0.35 | 137 | 11 | 有 | 小 |
| 9 | 120 | 0.18 | 141 | 10 | 有 | 小 |
| 10 | ≤10 | 1.40 | 98.8 | 8 | 有 | 大 |

【0109】

《考察》

製造例1～製造例7之鑽石多晶體以鑽石為基本組成，比Ab₁/Ab₂為0.4以上1以下，與實施例相當。製造例8及製造例9以鑽石為基本組成，但比Ab₁/Ab₂之值未達0.4，與比較例相當。製造例10以鑽石為基本組成，但比Ab₁/Ab₂之值超過1，與比較例相當。

【0110】

可確認製造例1～製造例7之鑽石多晶體具有較高之硬度，且與製造例8～製造例10之鑽石多晶體相比，龜裂產生荷重較大。進而，可確認具備製造例1～製造例7各者之鑽石多晶體之工具於鏡面切削加工試驗中未產生刀尖碎片，摩耗量亦較小，耐缺損性及耐摩耗性優異。

【0111】

可確認製造例8及製造例9之鑽石多晶體雖具有較高之硬度，但龜裂產生荷重小於製造例1～製造例7。進而，可確認具備製造例8及製造例9各者之鑽石多晶體之工具於鏡面切削加工試驗中產生刀尖碎片，耐缺損性劣化。

【0112】

可確認製造例10之鑽石多晶體之硬度不充分，且龜裂產生荷重亦較小。進而，可確認具備製造例10之鑽石多晶體之工具於鏡面切削加工試驗中產生刀尖碎片，耐缺損性劣化。

【0113】

以如上之方式針對本發明之實施之形態及實施例進行了說明，但自開始已預定有適當組合上述各實施之形態及實施例之構成或進行各種變形。

【0114】

應理解，本次揭示之實施形態及實施例之所有情況均為例示，並無特別限制。本發明之範圍並非為上述之說明而是藉由專利申請範圍所示，且包含與專利申請範圍均等之意義及範圍內之所有改變。

【發明申請專利範圍】**【第1項】**

一種鑽石多晶體，其係包含鑽石粒子者，

且包含立方晶鑽石與6H型六方晶鑽石，

上述立方晶鑽石與上述6H型六方晶鑽石分別存在於相同或不同之上述鑽石粒子中，

處於紅外吸收光譜中之 1200 cm^{-1} 以上 1300 cm^{-1} 以下之範圍之吸收之最大值 Ab_1 與處於 1900 cm^{-1} 以上 2100 cm^{-1} 以下之範圍之吸收之最大值 Ab_2 之比 Ab_1/Ab_2 為0.4以上1以下，

上述鑽石粒子之平均粒徑為1 nm以上60 nm以下。

【第2項】

如請求項1之鑽石多晶體，其中上述6H型六方晶鑽石於上述鑽石粒子內以層狀存在。

【第3項】

如請求項1或2之鑽石多晶體，其於室溫下之努氏硬度為100 GPa以上150 GPa以下。

【第4項】

一種具備鑽石多晶體之工具，其具備如請求項1至3中任一項之鑽石多晶體。

【第5項】

一種鑽石多晶體之製造方法，其具備：

準備作為起始物質之石墨化度為0.6以下之非鑽石狀碳材料之步驟；

將壓力設為 $P(\text{GPa})$ 、將溫度設為 $T(^{\circ}\text{C})$ 時，

自滿足 $P \leq 10$ 且 $0 \leq T \leq 100$ 之條件之起始壓力及起始溫度
分別以 0.2 GPa/分鐘 以上 20 GPa/分鐘 以下之升壓速度及、
 300°C/分鐘 以上 3000°C/分鐘 以下之升溫速度同時上升，升壓及升溫
至滿足

$$10 < P \leq 25 \quad \text{式(1)、}$$

$$1000 < T \leq 2500 \quad \text{式(2)、}$$

$$P \geq 0.000097T^2 - 0.422T + 471 \quad \text{式(3)、及}$$

$$P \leq 0.000113T^2 - 0.541T + 663 \quad \text{式(4)}$$

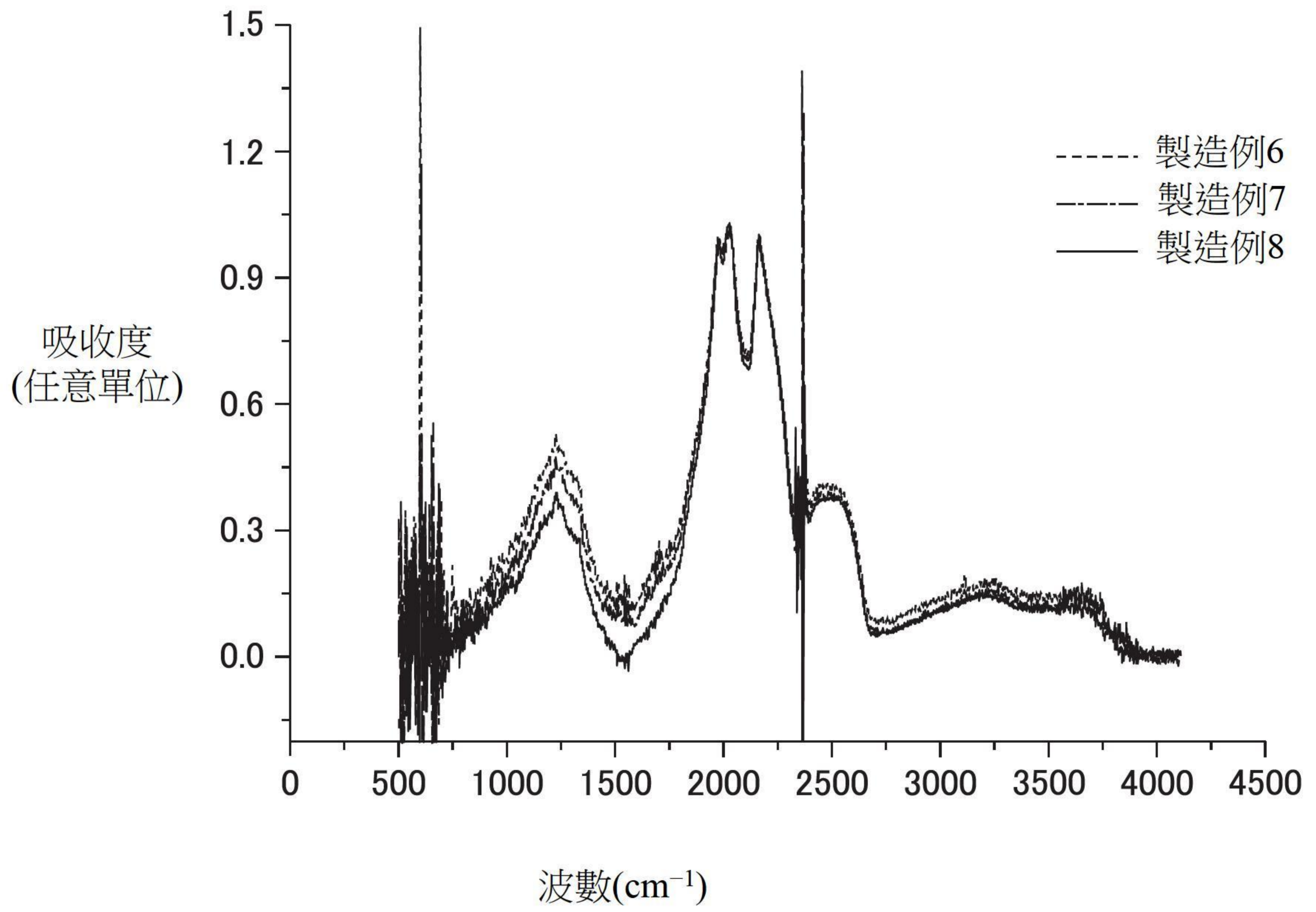
之條件之燒結壓力及燒結溫度之步驟；及

於上述燒結壓力及上述燒結溫度下，使上述非鑽石狀碳材料轉換為
鑽石粒子且使其燒結之步驟。

【第6項】

如請求項5之鑽石多晶體之製造方法，其中上述非鑽石狀碳材料包含
低晶質石墨、熱分解石墨或非晶形碳。

【發明圖式】



【圖1】