

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2013-28497
(P2013-28497A)

(43) 公開日 平成25年2月7日(2013.2.7)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)
C O 1 B 31/06 (2006.01) C O 1 B 31/06 A 4 G 1 4 6

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 30 頁)

(21) 出願番号	特願2011-165746 (P2011-165746)	(71) 出願人	000002130 住友電気工業株式会社 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号
(22) 出願日	平成23年7月28日 (2011.7.28)	(74) 代理人	110001195 特許業務法人深見特許事務所
		(72) 発明者	池田 和寛 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友 電気工業株式会社伊丹製作所内
		(72) 発明者	有元 桂子 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友 電気工業株式会社伊丹製作所内
		(72) 発明者	山本 佳津子 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友 電気工業株式会社伊丹製作所内

最終頁に続く

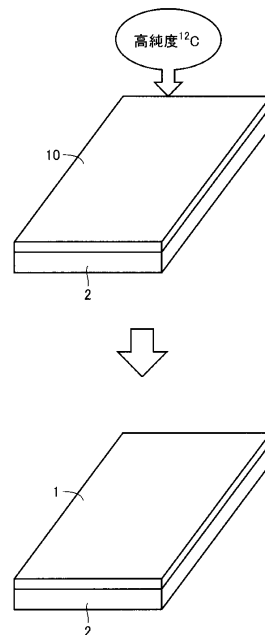
(54) 【発明の名称】 多結晶ダイヤモンドおよびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】磁気センシングに利用可能なナノ多結晶ダイヤモンドおよびその製造方法を提供する。

【解決手段】ナノ多結晶ダイヤモンド1は、炭素同位体¹²Cの純度が99.9質量%以上である炭素と、炭素以外の複数の不純物とで構成される。複数の不純物の濃度は、それぞれ0.01質量%以下であり、結晶粒径は500nm以下である。上記ナノ多結晶ダイヤモンド1は、炭素同位体¹²Cの純度が99.9質量%以上であり、化学純度が99質量%以上である炭化水素ガスを熱分解して得られる黒鉛に、高温高压プレス装置内で熱処理を施してダイヤモンドに変換することで作製可能である。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

炭素同位体 ^{12}C の純度が 99.9 質量% 以上である炭素と、
前記炭素以外の複数の不純物とで構成され、
前記複数の不純物の濃度がそれぞれ 0.01 質量% 以下であり、結晶粒径が 500 nm 以下である、多結晶ダイヤモンド。

【請求項 2】

前記多結晶ダイヤモンドの結晶粒界における前記不純物の濃度がそれぞれ 0.01 質量% 以下である、請求項 1 に記載の多結晶ダイヤモンド。

【請求項 3】

ヌーブ硬度が 150 GPa 以上である、請求項 1 または請求項 2 に記載の多結晶ダイヤモンド。

【請求項 4】

前記複数の不純物は、水素、酸素、窒素、シリコンおよび硼素を含み、
前記水素の濃度が $2 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 以下であり、
前記酸素の濃度が $2 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 以下であり、
前記窒素の濃度が $4 \times 10^{16} / \text{cm}^3$ 以下であり、
前記シリコンの濃度が $1 \times 10^{16} / \text{cm}^3$ 以下であり、
前記硼素の濃度が $2 \times 10^{15} / \text{cm}^3$ 以下である、請求項 1 から請求項 3 のいずれかに記載の多結晶ダイヤモンド。

【請求項 5】

前記多結晶ダイヤモンドは、1500 以上の温度で、前記炭素同位体 ^{12}C の純度が 99.9 質量% 以上である炭化水素を熱分解して得られた黒鉛を焼結することで作製される、請求項 1 から請求項 4 のいずれかに記載の多結晶ダイヤモンド。

【請求項 6】

炭素同位体 ^{12}C の純度が 99.9 質量% 以上であり、化学純度が 99 質量% 以上である炭化水素ガスを熱分解して得られる黒鉛を準備する工程と、
高温高压プレス装置内で前記黒鉛に熱処理を施して前記黒鉛をダイヤモンドに変換する工程と、
を備えた、多結晶ダイヤモンドの製造方法。

【請求項 7】

前記黒鉛をダイヤモンドに変換する工程では、焼結助剤や触媒を添加することなく、高压下で前記黒鉛に熱処理を施す、請求項 6 に記載の多結晶ダイヤモンドの製造方法。

【請求項 8】

前記黒鉛を準備する工程は、前記真空チャンバ内に導入した前記炭化水素ガスを 1500 以上の温度で熱分解して基材上に黒鉛を形成する工程を含む、請求項 6 または請求項 7 に記載の多結晶ダイヤモンドの製造方法。

【請求項 9】

前記黒鉛をダイヤモンドに変換する工程では、前記基材上に形成された前記黒鉛に 7 GPa 以上の高压下で 1500 以上の熱処理を施す、請求項 8 に記載の多結晶ダイヤモンドの製造方法。

【請求項 10】

前記黒鉛のかさ密度が $1.4 \text{ g} / \text{cm}^3$ 以上である、請求項 6 から請求項 9 のいずれかに記載の多結晶ダイヤモンドの製造方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、多結晶ダイヤモンドおよびその製造方法に関し、特に、磁気センシングに利用可能であり、ナノサイズの結晶粒を持つ多結晶ダイヤモンド（以下、「ナノ多結晶ダイヤモンド」と称する）およびその製造方法に関する。

10

20

30

40

50

【背景技術】

【0002】

ダイヤモンドの内部のNV (Nitrogen - Vacancy) センターを利用することで、磁気センシングを行うことができることは知られている。例えば J. R. Maze et al., "Nanoscale magnetic sensing with an individual electronic spin in diamond", Nature vol. 455, p. 644 ~ 647 (2008) には、ダイヤモンド中の個々の電子スピンを利用した磁気センシングに関する報告がなされている。

【先行技術文献】

【非特許文献】

10

【0003】

【非特許文献1】 J. R. Maze et al., "Nanoscale magnetic sensing with an individual electronic spin in diamond", Nature vol. 455, p. 644 ~ 647 (2008)

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかし、ダイヤモンド中に不純物が多く存在することで、該不純物が、NV センターの蛍光強度に悪影響を及ぼし、また感度を決定する共鳴線幅を広げることにもなり、結果として磁気センシングの精度を低下させることが懸念される。

20

【0005】

ところで、従来の多結晶ダイヤモンドの合成工程においては、水素、窒素、シリコン、硼素を代表とする多くの不純物がダイヤモンド中に混入してしまう。例えば黒鉛を直接ダイヤモンドに変換することでナノ多結晶ダイヤモンドを作製することができるが、市販の黒鉛はコークスやピッチから作製されるため、黒鉛中への不純物の取込みを回避するのは困難である。そのため、当該方法で合成された多結晶ダイヤモンド中にも不純物が取り込まれてしまう。また、たとえ黒鉛の高純度化を行ったとしても、現状の技術では、黒鉛の製造中に混入する不純物を除去するのは困難である。この除去しきれなかった不純物が、合成後のダイヤモンド結晶の結晶粒界に偏析することとなる。

30

【0006】

このように、多結晶ダイヤモンドには、多くの不純物が含まれることから、多結晶ダイヤモンドを利用して磁気センシングに適した基板を作製することは困難であると考えられてきた。特に、ナノサイズの小さな結晶粒を持つナノ多結晶ダイヤモンドの場合には、困難性が高いと考えられてきた。

【0007】

そこで、本発明は、磁気センシングに利用可能なナノ多結晶ダイヤモンドおよびその製造方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

40

本発明に係る多結晶ダイヤモンドは、特定の炭素同位体で実質的に構成され、多結晶体でありながら、磁気センシングに利用可能なダイヤモンドである。具体的には、該多結晶ダイヤモンドは、炭素同位体 ^{12}C の純度が 99.9 質量% 以上である炭素と、炭素以外の複数の不純物とで構成される。複数の不純物の濃度は、それぞれ 0.01 質量% 以下であり、結晶粒径 (最大長さ) は 500 nm 以下である。

【0009】

上記多結晶ダイヤモンドは、結晶粒径が小さく、かつ高純度の炭素同位体 ^{12}C を含み、全体にわたって不純物濃度の極めて低いものである。本発明の多結晶ダイヤモンドには、従来のような不純物の偏析も見られず、いずれの部分の不純物濃度も極めて低いものである。そのため、結晶粒界における不純物の濃度も、0.01 質量% 以下程度である。こ

50

のように不純物濃度が極めて低く、結晶粒径が小さいことから、該多結晶ダイヤモンドのヌーブ硬度も高く、例えばヌーブ硬度は150 GPa以上である。

【0010】

上記複数の不純物としては、例えば水素、酸素、窒素、シリコン、硼素を挙げることができる。多結晶ダイヤモンド中の水素の濃度は、例えば $2 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 以下程度であり、酸素の濃度は、例えば $2 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 以下程度であり、窒素の濃度は、例えば $4 \times 10^{16} / \text{cm}^3$ 以下程度であり、シリコンの濃度は、例えば $1 \times 10^{16} / \text{cm}^3$ 以下程度であり、硼素の濃度は、例えば $2 \times 10^{15} / \text{cm}^3$ 以下程度である。

【0011】

上記多結晶ダイヤモンドは、1500 以上の温度で、炭素同位体 ^{12}C の純度が99.9質量%以上である炭化水素を熱分解して得られた黒鉛（グラファイト）を焼結することで作製可能である。

【0012】

本発明に係る多結晶ダイヤモンドの製造方法は、炭素同位体 ^{12}C の純度が99.9質量%以上であり、化学純度が99質量%以上である炭化水素ガスを熱分解して得られる黒鉛を準備する工程と、高温高压プレス装置内で上記黒鉛に熱処理を施して該黒鉛をダイヤモンドに変換する工程とを備える。

【0013】

上記黒鉛をダイヤモンドに変換する工程では、焼結助剤や触媒を添加することなく、高压下で黒鉛に熱処理を施すことが好ましい。また、上記黒鉛を準備する工程は、真空チャンバ内に導入した上記炭化水素ガスを好ましくは1500 以上の温度で熱分解して基材上に黒鉛を形成する工程を含むものであってもよい。また、黒鉛をダイヤモンドに変換する工程では、基材上に形成された黒鉛に7 GPa以上の高压下で1500 以上の熱処理を施してもよい。上記黒鉛中のかさ密度は、好ましくは、 $1.4 \text{ g} / \text{cm}^3$ 以上である。

【発明の効果】

【0014】

本発明の多結晶ダイヤモンドでは、炭素中の炭素同位体 ^{12}C の濃度を99.9質量%以上と高くし、かつダイヤモンド中の各不純物濃度を0.01質量%以下と従来の多結晶ダイヤモンドと比較して極めて低くしているので、NVセンターを利用した磁気センシングを行うことができる。

【0015】

本発明に係る多結晶ダイヤモンドの製造方法では、炭素同位体 ^{12}C の純度が99.9質量%以上であり、化学純度が99質量%以上である炭化水素ガスを熱分解して、炭素同位体 ^{12}C の純度が99.9質量%以上であり、化学純度が99質量%以上である黒鉛（固体炭素）を準備し、該黒鉛に熱処理を施してダイヤモンドに変換するので、高純度の炭素同位体 ^{12}C を含みかつ不純物濃度が極めて低い多結晶ダイヤモンドを作製することができる。つまり、NVセンターを利用した磁気センシングを行うことが可能な多結晶ダイヤモンドを作製することができる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本発明の1つの実施の形態におけるナノ多結晶ダイヤモンドを、基材上に形成した黒鉛から作製している様子を示す斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下、本発明の実施の形態について図1を用いて説明する。

本実施の形態におけるナノ多結晶ダイヤモンドは、炭素同位体 ^{12}C で実質的に構成され、不純物量が極めて少ないものである。ここで、本明細書において「不純物」とは、炭素以外の元素をいう。典型的には、ナノ多結晶ダイヤモンドには複数の不可避不純物が含まれるが、本実施の形態におけるナノ多結晶ダイヤモンドでは、各不純物の濃度が、それぞれ0.01質量%以下である。

10

20

30

40

50

【0018】

図1に示すように、本実施の形態のナノ多結晶ダイヤモンド1は、基材2上に形成される。該ナノ多結晶ダイヤモンド1は、基材2上に形成され、高純度の炭素同位体 ^{12}C で実質的に構成された黒鉛（グラファイト）10に熱処理を施すことで作製可能である。

【0019】

本実施の形態のナノ多結晶ダイヤモンド1では、全体にわたって不純物濃度が極めて低く、従来のような不純物の偏析も見られず、いずれの部分の不純物濃度も極めて低くなる。このため、ナノ多結晶ダイヤモンドの結晶粒界における不純物の濃度も、0.01質量%以下程度となる。

【0020】

このように、本実施の形態のナノ多結晶ダイヤモンド1では、ダイヤモンド中の各不純物濃度を0.01質量%以下と極めて低くしているため、不純物が、ダイヤモンド内部のNVセンターの蛍光強度や、感度を決定する共鳴線幅に悪影響を及ぼすことを効果的に抑制することができる。その結果、本実施の形態のナノ多結晶ダイヤモンドにより、NVセンターを利用した磁気センシングを行うことができる。

【0021】

また、炭素同位体 ^{12}C を濃縮して99.9質量%以上（炭素同位体 ^{13}C を含む場合には、炭素同位体 ^{13}C の濃度が0.1質量%以下）に高純度化することにより、不要な核スピンや電子スピンをも効果的に抑制することができる。さらに、炭素同位体 ^{12}C と炭素同位体 ^{13}C の混合状態によって構成されるダイヤモンド結晶においては、炭素同位体 ^{13}C の濃度を0.1質量%以下とすることにより、核スピンの影響をより効果的に低減することができる。

【0022】

なお、隣接するスピン間の距離は、数10nm程度以上離れていることが望ましい。また、核スピンの1000倍のスピン磁気モーメントを持つ電子スピンは、 $1/1000$ 、即ち0.001%以下であることが望ましい。

【0023】

磁気測定には、NVセンターの蛍光と、その磁気応答による蛍光変化を利用すればよい。例えば、400~550nmの波長の光をダイヤモンドに吸収させることで生ずる638nmあるいは1042nmの発光が、特定のマイクロ波照射条件において、外部磁場に対して強度変化を示すことを利用して磁気測定を行うことができる。

【0024】

本実施の形態のナノ多結晶ダイヤモンドが、不純物として、たとえば、水素、酸素、窒素、シリコンおよび硼素を含む場合、ナノ多結晶ダイヤモンド中の水素の濃度は $2 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 以下程度であり、酸素の濃度は $2 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 以下程度であり、窒素の濃度は $4 \times 10^{16} / \text{cm}^3$ 以下程度であり、シリコンの濃度は $1 \times 10^{16} / \text{cm}^3$ 以下程度であり、硼素の濃度は $2 \times 10^{15} / \text{cm}^3$ 以下程度である。好ましくは、ナノ多結晶ダイヤモンド中の水素の濃度は $5 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 以下程度であり、酸素の濃度は $1 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 以下程度であり、窒素の濃度は $1 \times 10^{16} / \text{cm}^3$ 以下程度であり、シリコンの濃度は $5 \times 10^{15} / \text{cm}^3$ 以下程度であり、硼素の濃度は $7 \times 10^{14} / \text{cm}^3$ 以下程度である。

【0025】

本実施の形態のナノ多結晶ダイヤモンドでは、上述のように結晶粒界における不純物濃度も極めて低いので、結晶粒界での結晶粒の滑りを抑制することができる。その結果、従来のCVD法で作製した多結晶ダイヤモンドと比較して、結晶粒同士の結合を強化することができる。

【0026】

また、本実施の形態のナノ多結晶ダイヤモンドは、単結晶ダイヤモンド等の他のダイヤモンドと比較して、異方性が小さい。そのため、様々な形状にして使用することができる。例えば、検査対象に対して直接差込むことが可能となるように、針状とすることができ

10

20

30

40

50

る。この場合には、硬い物質についても検査を行うことができるようになる。また、本実施の形態のナノ多結晶ダイヤモンドを薄板状とし、その上に試料を置いて検査することも可能である。この場合でも、劈開が起こり難いためナノ多結晶ダイヤモンドが割れ難いので、圧力をかけた状態で、物質や細胞の磁氣的応答を観察することが可能となる。

【0027】

その上、炭素同位体を高純度化することにより、ナノ多結晶ダイヤモンドの結晶粒界での結晶の滑りが更に生じ難くなるばかりでなく、炭素同位体の濃縮による炭素同位体の不均一性をも排除することができる。このため、ナノ多結晶ダイヤモンド中の全ての結晶粒子が、一つの結晶のように結合し、結晶粒界においても、通常のダイヤモンド多結晶の結晶粒界に比べて、単結晶に近い状態で分子同士を結合させることができる。これらの相乗的な効果によって、本実施の形態のナノ多結晶ダイヤモンドのヌーブ硬度を150 GPa以上程度と高くすることができる。また、高純度化を施しただけのものに比べ、熱伝導率が高くなること、同位体の不均一性が少ないことなどの効果で、摩擦に対しての摩擦が少なく、大気中、室温から800 の範囲での耐摩耗性は同位体を濃縮したものに比べて3倍程度高いという付加的効果も得られた。

10

【0028】

上記に加え、ダイヤモンドの合成時における結晶粒の異常成長をも効果的に抑制することができ、結晶粒のサイズのバラツキも低減することができる。具体的には、本実施の形態のナノ多結晶ダイヤモンドの結晶粒径（最大長さ）は、500 nm以下である。より詳しくは、ナノ多結晶ダイヤモンドの結晶粒径（最大長さ）は、10～100 nm程度である。

20

【0029】

次に、本実施の形態のナノ多結晶ダイヤモンドを作製する際に使用可能な黒鉛について説明する。

【0030】

該黒鉛は、一体の固体炭素であり、結晶化部分を含む。図1の例では、多結晶ダイヤモンド1および黒鉛10は、平板状の形状を有しているが、任意の形状、厚みとすることができる。また、黒鉛10中の不純物濃度等の成分も、基本的にナノ多結晶ダイヤモンド1に受け継がれることとなる。

【0031】

黒鉛の結晶化部分における結晶粒径（結晶粒の最大長さ）は特に限定されない。多結晶であることや単結晶であることに拘わらず、本実施の形態における不純物濃度と同位体の濃縮が本質的であって、黒鉛が非マルテンサイト変態を起こすことによって多結晶ダイヤモンドの結晶粒をナノサイズとすることができる。このとき、不純物が少ないということが、結晶粒の過度の成長を妨げる良い効果となっており、100 nm以下の粒径を容易に得ることができる。

30

【0032】

黒鉛のかさ密度は、たとえば0.8 g/cm³以上であればよい。好ましくは、黒鉛のかさ密度は、1.4 g/cm³以上である。この程度の密度とすることにより、高温高圧プロセス時の圧縮による体積変化を小さく抑えることができ、温度制御が容易となるばかりでなく、歩留まりをも向上させることができる。

40

【0033】

黒鉛中に混入する不純物としては、たとえば窒素、水素、酸素、硼素、シリコン、結晶粒の成長を促進するような遷移金属などが挙げられる。窒素は、前述のように、結晶粒界への析出量が多く、また該結晶粒界における濃度も、従来例では、通常は数100 ppmに及ぶ。これによって結晶粒界で結晶粒が滑り易くなる。水素については、結晶粒界でのsp²結合によって安定するため、結果的に黒鉛の硬度を低下させる。従来黒鉛を用いて作製したダイヤモンド焼結体では、前述のように黒鉛の原料がコークスやピッチであるため、高純度化処理を行っているにもかかわらず、必ず数100 ppm程度の量の水素が黒鉛に混入してしまう。酸素は、炭素と反応しやすい上、硼素と酸化物を形成し、局所的

50

な結晶粒の成長を促す。また、窒素と硼素は、結晶粒界での結晶粒の滑りを引き起こし、硬度を本質的な限界硬さにまで高める際の障害となる。

【0034】

本実施の形態のナノ多結晶ダイヤモンドを作製するために使用する黒鉛では、窒素、水素、酸素、硼素、シリコン、遷移金属等の不純物量が、0.01質量%以下である。つまり、黒鉛中の不純物濃度が、SIMS (Secondary Ion Mass Spectrometry) 分析での検出限界以下程度である。また、遷移金属については、黒鉛中の濃度が、ICP (Inductively Coupled Plasma) 分析やSIMS分析における検出限界以下程度である。

【0035】

このように、黒鉛中の不純物量をSIMS分析やICP分析での検出限界レベルにまで低下させることで、該黒鉛を用いてダイヤモンドを作製した場合に、極めて高純度で高硬度のダイヤモンドを作製することができる。なお、SIMS分析やICP分析での検出限界より若干多い不純物を含む黒鉛を用いた場合でも、従来と比較すると格段に優れた特性のダイヤモンドが得られる。

【0036】

次に、本実施の形態におけるナノ多結晶ダイヤモンドの製造方法について説明する。

本実施の形態に係るナノ多結晶ダイヤモンドは、炭素同位体¹²Cの純度が99.9質量%以上であり(炭素同位体¹³Cを含む場合には、炭素同位体¹³Cの濃度が0.1質量%以下)、化学純度が99質量%以上である炭化水素ガスを熱分解して得られる黒鉛に、高温高压プレス装置内で熱処理を施してダイヤモンドに変換することで作製可能である。つまり、本実施の形態に係るナノ多結晶ダイヤモンドは、真空雰囲気、高純度の炭素同位体¹²Cで実質的に構成され極めて低不純物濃度の固相の炭素に熱処理を施して作製することができる。

【0037】

上記黒鉛は、ナノ多結晶ダイヤモンドの作製前に、真空チャンバ内で作製するようにしてもよく、基材等の上に予め形成した黒鉛を別途準備して保管等するようにしてもよい。

【0038】

上記黒鉛は、真空チャンバ内に導入され、炭素同位体¹²Cの純度が99.9質量%以上であり、化学純度が99質量%以上である炭化水素ガスを1500以上3000以下程度の温度で熱分解して基材上に形成することができる。このとき、真空チャンバ内の真空度は、20~100 Torr程度とすればよい。それにより、気相の炭化水素から直接基材上に、一体の結晶状あるいは多結晶である固相の黒鉛を形成することができる。また、不純物量の極めて少ない黒鉛を基材上に作製することができる。なお、炭化水素ガスとしては、メタンガスを使用することが好ましい。

【0039】

黒鉛を基材上に作製する際には、真空チャンバ内に設置した基材を1500以上の温度に加熱する。加熱方法としては周知の手法を採用することができる。たとえば、基材を直接あるいは間接的に1500以上の温度に加熱可能なヒータを真空チャンバに設置することが考えられる。

【0040】

黒鉛の作製の基材としては、1500から3000程度の温度に耐え得る材料であればいかなる固相材料であってもよい。具体的には、金属、無機セラミック材料、炭素材料を基材として使用可能である。黒鉛中への不純物混入を抑制するという観点からは、上記基材を炭素で構成することが好ましい。固相の炭素材料としてはダイヤモンドや黒鉛を挙げることができる。黒鉛を基材として使用する場合、上述の手法で作製した不純物量の極めて少ない黒鉛を基材として使用することが考えられる。基材の材料としてダイヤモンドや黒鉛のような炭素材料を使用する場合、基材の少なくとも表面を炭素材料で構成すればよい。たとえば、基材の表面のみを炭素材料で構成し、基材の残りの部分を炭素材料以外の材料で構成してもよく、基材全体を炭素材料で構成してもよい。

10

20

30

40

50

【0041】

上記黒鉛をダイヤモンドに変換する工程では、焼結助剤や触媒を添加することなく、高温高圧プレス装置内で黒鉛に熱処理を施すことが好ましい。ダイヤモンドの合成条件として、温度は1200 から2500 程度、圧力は7 G P aから25 G P a程度とすればよい。好ましくは、合成温度は1900 以上、合成圧力は12 G P a以上である。

【0042】

ダイヤモンドの合成には、一軸性の圧力を加えてもよく、等方的な圧力を加えてもよい。しかし、等方的な圧力によって、結晶粒径や、結晶の異方性の程度を揃えるという観点から、静水圧下での合成が好ましい。

【0043】

次に、本発明の実施例について説明する。

【実施例1】

【0044】

真空チャンバー内で、炭素同位体 ^{12}C の純度が99.9質量%であり、化学純度が99質量%であるメタンガスを、600 に熱した多孔質チタン中を通して、1900 に加熱したダイヤモンド基板上に吹きつけた。このとき、真空チャンバー内の真空度は20~30 Torrとした。すると、ダイヤモンド基板上に黒鉛(グラファイト)が堆積した。黒鉛のかさ密度は 2.0 g/cm^3 であった。

【0045】

上記の黒鉛を、温度2300 、圧力15 G P aの条件下で直接多結晶ダイヤモンドに変換した。この多結晶ダイヤモンドの結晶粒径は、各々10~100 nm程度の大きさであった。SIMS分析によると、上記多結晶ダイヤモンド中の窒素、水素、酸素、硼素、シリコンの含有量は検出限界以下であった。また、上記多結晶ダイヤモンドのX線回折パターンから、多結晶ダイヤモンド中にはダイヤモンド以外の成分は見られなかった。

【0046】

このナノ多結晶ダイヤモンドに窒素を300 keVの加速エネルギーで $10^{10}/\text{cm}^2$ 程度照射し、900 の熱処理を行った後、その工程によってできたNV-センターによる637 nmの蛍光強度を測定した。その結果、直径0.5 cm、円形コイルで周波数2.87 GHz、5ターン、出力0.5 Wのマイクロ波照射下で、532 nmのレーザーを励起光として照射したところ、磁場の有無によって最大1%の蛍光強度の変化が見られた。また、この多結晶ダイヤモンドのヌーブ硬度は190 G P aであった。

【実施例2】

【0047】

真空チャンバー内で、炭素同位体 ^{12}C の純度が99.999質量%であり、化学純度が99質量%であるメタンガスを、600 に熱した多孔質チタン中を通して、1900 に加熱したダイヤモンド基板上に吹きつけた。このとき、真空チャンバー内の真空度は20~30 Torrとした。すると、ダイヤモンド基板上に黒鉛が堆積した。黒鉛のかさ密度は 2.0 g/cm^3 であった。

【0048】

上記の黒鉛を、温度2300 、圧力15 G P aの条件下で直接多結晶ダイヤモンドに変換した。この多結晶ダイヤモンドの結晶粒径は、各々10~100 nm程度の大きさであった。SIMS分析によると、上記多結晶ダイヤモンド中の窒素、水素、酸素、硼素、シリコンの含有量は検出限界以下であった。また、上記多結晶ダイヤモンドのX線回折パターンから、多結晶ダイヤモンド中にはダイヤモンド以外の成分は見られなかった。

【0049】

このナノ多結晶ダイヤモンドに窒素を300 keVの加速エネルギーで $10^{10}/\text{cm}^2$ 程度照射し、900 の熱処理を行った後、その工程によってできたNV-センターによる637 nmの蛍光強度を測定した。その結果、直径0.5 cm、円形コイルで周波数2.87 GHz、5ターン、出力0.5 Wのマイクロ波照射下で、532 nmのレーザーを励起光として照射したところ、磁場の有無によって最大3%の蛍光強度の変化が見られ

10

20

30

40

50

た。また、この多結晶ダイヤモンドのヌーブ硬度は190 GPaであった。

【実施例3】

【0050】

真空チャンバー内で、炭素同位体¹²Cの純度が99.999質量%であり、化学純度が99質量%であるメタンガスを、600に熱した多孔質チタン中を通して、1900に加熱したダイヤモンド基板上に吹きつけた。このとき、真空チャンバー内の真空度は20~30 Torrとした。すると、ダイヤモンド基板上に黒鉛が堆積した。黒鉛のかさ密度は2.0 g/cm³であった。

【0051】

上記の黒鉛を、温度2400、圧力15 GPaの条件下で直接多結晶ダイヤモンドに変換した。この多結晶ダイヤモンドの結晶粒径は、各々10~100 nm程度の大きさであった。SIMS分析によると、上記多結晶ダイヤモンド中の窒素、水素、酸素、硼素、シリコンの含有量は検出限界以下であった。また、上記多結晶ダイヤモンドのX線回折パターンから、多結晶ダイヤモンド中にはダイヤモンド以外の成分は見られなかった。

10

【0052】

このナノ多結晶ダイヤモンドに窒素を300 keVの加速エネルギーで10¹⁰/cm²程度照射し、900の熱処理を行った後、その工程によってできたNV-センターによる637 nmの蛍光強度を測定した。その結果、直径0.5 cm、円形コイルで周波数2.87 GHz、5ターン、出力0.5 Wのマイクロ波照射下で、532 nmのレーザーを励起光として照射したところ、磁場の有無によって最大3%の蛍光強度の変化が見られた。また、この多結晶ダイヤモンドのヌーブ硬度は190 GPaであった。

20

【実施例4】

【0053】

真空チャンバー内で、炭素同位体¹²Cの純度が99.999質量%であり、化学純度が99質量%であるメタンガスを、600に熱した多孔質チタン中を通して、1900に加熱したダイヤモンド基板上に吹きつけた。このとき、真空チャンバー内の真空度は20~30 Torrとした。すると、ダイヤモンド基板上に黒鉛が堆積した。黒鉛のかさ密度は2.0 g/cm³であった。

【0054】

上記の黒鉛を、温度2500、圧力15 GPaの条件下で直接多結晶ダイヤモンドに変換した。この多結晶ダイヤモンドの結晶粒径は、各々10~100 nm程度の大きさであった。SIMS分析によると、上記多結晶ダイヤモンド中の窒素、水素、酸素、硼素、シリコンの含有量は検出限界以下であった。また、上記多結晶ダイヤモンドのX線回折パターンから、多結晶ダイヤモンド中にはダイヤモンド以外の成分は見られなかった。

30

【0055】

このナノ多結晶ダイヤモンドに窒素を300 keVの加速エネルギーで10¹⁰/cm²程度照射し、900の熱処理を行った後、その工程によってできたNV-センターによる637 nmの蛍光強度を測定した。その結果、直径0.5 cm、円形コイルで周波数2.87 GHz、5ターン、出力0.5 Wのマイクロ波照射下で、532 nmのレーザーを励起光として照射したところ、磁場の有無によって最大3%の蛍光強度の変化が見られた。また、この多結晶ダイヤモンドのヌーブ硬度は190 GPaであった。

40

【実施例5】

【0056】

真空チャンバー内で、炭素同位体¹²Cの純度が99.999質量%であり、化学純度が99質量%であるメタンガスを、600に熱した多孔質チタン中を通して、1900に加熱したダイヤモンド基板上に吹きつけた。このとき、真空チャンバー内の真空度は20~30 Torrとした。すると、ダイヤモンド基板上に黒鉛が堆積した。黒鉛のかさ密度は2.0 g/cm³であった。

【0057】

上記の黒鉛を、温度2000、圧力16 GPaの条件下で直接多結晶ダイヤモンドに

50

変換した。この多結晶ダイヤモンドの結晶粒径は、各々10～100nm程度の大きさであった。SIMS分析によると、上記多結晶ダイヤモンド中の窒素、水素、酸素、硼素、シリコンの含有量は検出限界以下であった。また、上記多結晶ダイヤモンドのX線回折パターンから、多結晶ダイヤモンド中にはダイヤモンド以外の成分は見られなかった。

【0058】

このナノ多結晶ダイヤモンドに窒素を300keVの加速エネルギーで $10^{10}/\text{cm}^2$ 程度照射し、900の熱処理を行った後、その工程によってできたNV-センターによる637nmの蛍光強度を測定した。その結果、直径0.5cm、円形コイルで周波数2.87GHz、5ターン、出力0.5Wのマイクロ波照射下で、532nmのレーザーを励起光として照射したところ、磁場の有無によって最大3%の蛍光強度の変化が見られた。また、この多結晶ダイヤモンドのヌーブ硬度は190GPaであった。

10

【実施例6】

【0059】

真空チャンバー内で、炭素同位体 ^{12}C の純度が99.999質量%であり、化学純度が99質量%であるメタンガスを、600に熱した多孔質チタン中を通して、1900に加熱したダイヤモンド基板上に吹きつけた。このとき、真空チャンバー内の真空度は20～30Torrとした。すると、ダイヤモンド基板上に黒鉛が堆積した。黒鉛のかさ密度は $2.0\text{g}/\text{cm}^3$ であった。

【0060】

上記の黒鉛を、温度2100、圧力16GPaの条件下で直接多結晶ダイヤモンドに変換した。この多結晶ダイヤモンドの結晶粒径は、各々10～100nm程度の大きさであった。SIMS分析によると、上記多結晶ダイヤモンド中の窒素、水素、酸素、硼素、シリコンの含有量は検出限界以下であった。また、上記多結晶ダイヤモンドのX線回折パターンから、多結晶ダイヤモンド中にはダイヤモンド以外の成分は見られなかった。

20

【0061】

このナノ多結晶ダイヤモンドに窒素を300keVの加速エネルギーで $10^{10}/\text{cm}^2$ 程度照射し、900の熱処理を行った後、その工程によってできたNV-センターによる637nmの蛍光強度を測定した。その結果、直径0.5cm、円形コイルで周波数2.87GHz、5ターン、出力0.5Wのマイクロ波照射下で、532nmのレーザーを励起光として照射したところ、磁場の有無によって最大3%の蛍光強度の変化が見られた。また、この多結晶ダイヤモンドのヌーブ硬度は190GPaであった。

30

【実施例7】

【0062】

真空チャンバー内で、炭素同位体 ^{12}C の純度が99.999質量%であり、化学純度が99質量%であるメタンガスを、600に熱した多孔質チタン中を通して、1900に加熱したダイヤモンド基板上に吹きつけた。このとき、真空チャンバー内の真空度は20～30Torrとした。すると、ダイヤモンド基板上に黒鉛が堆積した。黒鉛のかさ密度は $2.0\text{g}/\text{cm}^3$ であった。

【0063】

上記の黒鉛を、温度2200、圧力16GPaの条件下で直接多結晶ダイヤモンドに変換した。この多結晶ダイヤモンドの結晶粒径は、各々10～100nm程度の大きさであった。SIMS分析によると、上記多結晶ダイヤモンド中の窒素、水素、酸素、硼素、シリコンの含有量は検出限界以下であった。また、上記多結晶ダイヤモンドのX線回折パターンから、多結晶ダイヤモンド中にはダイヤモンド以外の成分は見られなかった。

40

【0064】

このナノ多結晶ダイヤモンドに窒素を300keVの加速エネルギーで $10^{10}/\text{cm}^2$ 程度照射し、900の熱処理を行った後、その工程によってできたNV-センターによる637nmの蛍光強度を測定した。その結果、直径0.5cm、円形コイルで周波数2.87GHz、5ターン、出力0.5Wのマイクロ波照射下で、532nmのレーザーを励起光として照射したところ、磁場の有無によって最大3%の蛍光強度の変化が見られ

50

た。また、この多結晶ダイヤモンドのヌーブ硬度は190 GPaであった。

【実施例8】

【0065】

真空チャンバー内で、炭素同位体 ^{12}C の純度が99.999質量%であり、化学純度が99質量%であるメタンガスを、600に熱した多孔質チタン中を通して、1500に加熱したダイヤモンド基板上に吹きつけた。このとき、真空チャンバー内の真空度は20~30 Torrとした。すると、ダイヤモンド基板上に黒鉛が堆積した。黒鉛のかさ密度は 1.6 g/cm^3 であった。

【0066】

上記の黒鉛を、温度2200、圧力15 GPaの条件下で直接多結晶ダイヤモンドに変換した。この多結晶ダイヤモンドの結晶粒径は、各々10~100 nm程度の大きさであった。SIMS分析によると、上記多結晶ダイヤモンド中の窒素、水素、酸素、硼素、シリコンの含有量は検出限界以下であった。また、上記多結晶ダイヤモンドのX線回折パターンから、多結晶ダイヤモンド中にはダイヤモンド以外の成分は見られなかった。

10

【0067】

このナノ多結晶ダイヤモンドに窒素を300 keVの加速エネルギーで $10^{10}/\text{cm}^2$ 程度照射し、900の熱処理を行った後、その工程によってできたNV-センターによる637 nmの蛍光強度を測定した。その結果、直径0.5 cm、円形コイルで周波数2.87 GHz、5ターン、出力0.5 Wのマイクロ波照射下で、532 nmのレーザーを励起光として照射したところ、磁場の有無によって最大3%の蛍光強度の変化が見られた。また、この多結晶ダイヤモンドのヌーブ硬度は150 GPaであった。

20

【実施例9】

【0068】

真空チャンバー内で、炭素同位体 ^{12}C の純度が99.999質量%であり、化学純度が99質量%であるメタンガスを、600に熱した多孔質チタン中を通して、1500に加熱したダイヤモンド基板上に吹きつけた。このとき、真空チャンバー内の真空度は20~30 Torrとした。すると、ダイヤモンド基板上に黒鉛が堆積した。黒鉛のかさ密度は 1.6 g/cm^3 であった。

【0069】

上記の黒鉛を、温度2300、圧力15 GPaの条件下で直接多結晶ダイヤモンドに変換した。この多結晶ダイヤモンドの結晶粒径は、各々10~100 nm程度の大きさであった。SIMS分析によると、上記多結晶ダイヤモンド中の窒素、水素、酸素、硼素、シリコンの含有量は検出限界以下であった。また、上記多結晶ダイヤモンドのX線回折パターンから、多結晶ダイヤモンド中にはダイヤモンド以外の成分は見られなかった。

30

【0070】

このナノ多結晶ダイヤモンドに窒素を300 keVの加速エネルギーで $10^{10}/\text{cm}^2$ 程度照射し、900の熱処理を行った後、その工程によってできたNV-センターによる637 nmの蛍光強度を測定した。その結果、直径0.5 cm、円形コイルで周波数2.87 GHz、5ターン、出力0.5 Wのマイクロ波照射下で、532 nmのレーザーを励起光として照射したところ、磁場の有無によって最大3%の蛍光強度の変化が見られた。また、この多結晶ダイヤモンドのヌーブ硬度は150 GPaであった。

40

【実施例10】

【0071】

真空チャンバー内で、炭素同位体 ^{12}C の純度が99.999質量%であり、化学純度が99質量%であるメタンガスを、600に熱した多孔質チタン中を通して、1500に加熱したダイヤモンド基板上に吹きつけた。このとき、真空チャンバー内の真空度は20~30 Torrとした。すると、ダイヤモンド基板上に黒鉛が堆積した。黒鉛のかさ密度は 1.6 g/cm^3 であった。

【0072】

上記の黒鉛を、温度2400、圧力15 GPaの条件下で直接多結晶ダイヤモンドに

50

変換した。この多結晶ダイヤモンドの結晶粒径は、各々10～100nm程度の大きさであった。SIMS分析によると、上記多結晶ダイヤモンド中の窒素、水素、酸素、硼素、シリコンの含有量は検出限界以下であった。また、上記多結晶ダイヤモンドのX線回折パターンから、多結晶ダイヤモンド中にはダイヤモンド以外の成分は見られなかった。

【0073】

このナノ多結晶ダイヤモンドに窒素を300keVの加速エネルギーで $10^{10}/\text{cm}^2$ 程度照射し、900の熱処理を行った後、その工程によってできたNV-センターによる637nmの蛍光強度を測定した。その結果、直径0.5cm、円形コイルで周波数2.87GHz、5ターン、出力0.5Wのマイクロ波照射下で、532nmのレーザーを励起光として照射したところ、磁場の有無によって最大3%の蛍光強度の変化が見られた。また、この多結晶ダイヤモンドのヌーブ硬度は150GPaであった。

10

【実施例11】

【0074】

真空チャンバー内で、炭素同位体 ^{12}C の純度が99.999質量%であり、化学純度が99質量%であるメタンガスを、600に熱した多孔質チタン中を通して、1500に加熱したダイヤモンド基板上に吹きつけた。このとき、真空チャンバー内の真空度は20～30Torrとした。すると、ダイヤモンド基板上に黒鉛が堆積した。黒鉛のかさ密度は $1.6\text{g}/\text{cm}^3$ であった。

【0075】

上記の黒鉛を、温度2500、圧力15GPaの条件下で直接多結晶ダイヤモンドに変換した。この多結晶ダイヤモンドの結晶粒径は、各々10～100nm程度の大きさであった。SIMS分析によると、上記多結晶ダイヤモンド中の窒素、水素、酸素、硼素、シリコンの含有量は検出限界以下であった。また、上記多結晶ダイヤモンドのX線回折パターンから、多結晶ダイヤモンド中にはダイヤモンド以外の成分は見られなかった。

20

【0076】

このナノ多結晶ダイヤモンドに窒素を300keVの加速エネルギーで $10^{10}/\text{cm}^2$ 程度照射し、900の熱処理を行った後、その工程によってできたNV-センターによる637nmの蛍光強度を測定した。その結果、直径0.5cm、円形コイルで周波数2.87GHz、5ターン、出力0.5Wのマイクロ波照射下で、532nmのレーザーを励起光として照射したところ、磁場の有無によって最大3%の蛍光強度の変化が見られた。また、この多結晶ダイヤモンドのヌーブ硬度は150GPaであった。

30

【実施例12】

【0077】

真空チャンバー内で、炭素同位体 ^{12}C の純度が99.999質量%であり、化学純度が99質量%であるメタンガスを、600に熱した多孔質チタン中を通して、1500に加熱したダイヤモンド基板上に吹きつけた。このとき、真空チャンバー内の真空度は20～30Torrとした。すると、ダイヤモンド基板上に黒鉛が堆積した。黒鉛のかさ密度は $1.6\text{g}/\text{cm}^3$ であった。

【0078】

上記の黒鉛を、温度2000、圧力16GPaの条件下で直接多結晶ダイヤモンドに変換した。この多結晶ダイヤモンドの結晶粒径は、各々10～100nm程度の大きさであった。SIMS分析によると、上記多結晶ダイヤモンド中の窒素、水素、酸素、硼素、シリコンの含有量は検出限界以下であった。また、上記多結晶ダイヤモンドのX線回折パターンから、多結晶ダイヤモンド中にはダイヤモンド以外の成分は見られなかった。

40

【0079】

このナノ多結晶ダイヤモンドに窒素を300keVの加速エネルギーで $10^{10}/\text{cm}^2$ 程度照射し、900の熱処理を行った後、その工程によってできたNV-センターによる637nmの蛍光強度を測定した。その結果、直径0.5cm、円形コイルで周波数2.87GHz、5ターン、出力0.5Wのマイクロ波照射下で、532nmのレーザーを励起光として照射したところ、磁場の有無によって最大3%の蛍光強度の変化が見られ

50

た。また、この多結晶ダイヤモンドのヌーブ硬度は150 GPaであった。

【実施例13】

【0080】

真空チャンバー内で、炭素同位体 ^{12}C の純度が99.999質量%であり、化学純度が99質量%であるメタンガスを、600に熱した多孔質チタン中を通して、1500に加熱したダイヤモンド基板上に吹きつけた。このとき、真空チャンバー内の真空度は20~30 Torrとした。すると、ダイヤモンド基板上に黒鉛が堆積した。黒鉛のかさ密度は1.6 g/cm³であった。

【0081】

上記の黒鉛を、温度2100、圧力16 GPaの条件下で直接多結晶ダイヤモンドに変換した。この多結晶ダイヤモンドの結晶粒径は、各々10~100 nm程度の大きさであった。SIMS分析によると、上記多結晶ダイヤモンド中の窒素、水素、酸素、硼素、シリコンの含有量は検出限界以下であった。また、上記多結晶ダイヤモンドのX線回折パターンから、多結晶ダイヤモンド中にはダイヤモンド以外の成分は見られなかった。

10

【0082】

このナノ多結晶ダイヤモンドに窒素を300 keVの加速エネルギーで 10^{10} /cm²程度照射し、900の熱処理を行った後、その工程によってできたNV-センターによる637 nmの蛍光強度を測定した。その結果、直径0.5 cm、円形コイルで周波数2.87 GHz、5ターン、出力0.5 Wのマイクロ波照射下で、532 nmのレーザーを励起光として照射したところ、磁場の有無によって最大3%の蛍光強度の変化が見られた。また、この多結晶ダイヤモンドのヌーブ硬度は150 GPaであった。

20

【実施例14】

【0083】

真空チャンバー内で、炭素同位体 ^{12}C の純度が99.999質量%であり、化学純度が99質量%であるメタンガスを、600に熱した多孔質チタン中を通して、1500に加熱したダイヤモンド基板上に吹きつけた。このとき、真空チャンバー内の真空度は20~30 Torrとした。すると、ダイヤモンド基板上に黒鉛が堆積した。黒鉛のかさ密度は1.6 g/cm³であった。

【0084】

上記の黒鉛を、温度2200、圧力16 GPaの条件下で直接多結晶ダイヤモンドに変換した。この多結晶ダイヤモンドの結晶粒径は、各々10~100 nm程度の大きさであった。SIMS分析によると、上記多結晶ダイヤモンド中の窒素、水素、酸素、硼素、シリコンの含有量は検出限界以下であった。また、上記多結晶ダイヤモンドのX線回折パターンから、多結晶ダイヤモンド中にはダイヤモンド以外の成分は見られなかった。

30

【0085】

このナノ多結晶ダイヤモンドに窒素を300 keVの加速エネルギーで 10^{10} /cm²程度照射し、900の熱処理を行った後、その工程によってできたNV-センターによる637 nmの蛍光強度を測定した。その結果、直径0.5 cm、円形コイルで周波数2.87 GHz、5ターン、出力0.5 Wのマイクロ波照射下で、532 nmのレーザーを励起光として照射したところ、磁場の有無によって最大3%の蛍光強度の変化が見られた。また、この多結晶ダイヤモンドのヌーブ硬度は170 GPaであった。

40

【実施例15】

【0086】

真空チャンバー内で、炭素同位体 ^{12}C の純度が99.999質量%であり、化学純度が99.999質量%であるメタンガスを、600に熱した多孔質チタン中を通して、1900に加熱したダイヤモンド基板上に吹きつけた。このとき、真空チャンバー内の真空度は20~30 Torrとした。すると、ダイヤモンド基板上に黒鉛が堆積した。黒鉛のかさ密度は2.0 g/cm³であった。

【0087】

上記の黒鉛を、温度2200、圧力15 GPaの条件下で直接多結晶ダイヤモンドに

50

変換した。この多結晶ダイヤモンドの結晶粒径は、各々10～100nm程度の大きさであった。SIMS分析によると、上記多結晶ダイヤモンド中の窒素、水素、酸素、硼素、シリコンの含有量は検出限界以下であった。また、上記多結晶ダイヤモンドのX線回折パターンから、多結晶ダイヤモンド中にはダイヤモンド以外の成分は見られなかった。

【0088】

このナノ多結晶ダイヤモンドに窒素を300keVの加速エネルギーで $10^{10}/\text{cm}^2$ 程度照射し、900の熱処理を行った後、その工程によってできたNV-センターによる637nmの蛍光強度を測定した。その結果、直径0.5cm、円形コイルで周波数2.87GHz、5ターン、出力0.5Wのマイクロ波照射下で、532nmのレーザーを励起光として照射したところ、磁場の有無によって最大3%の蛍光強度の変化が見られた。また、この多結晶ダイヤモンドのヌーブ硬度は205GPaであった。

10

【実施例16】

【0089】

真空チャンバー内で、炭素同位体 ^{12}C の純度が99.999質量%であり、化学純度が99.999質量%であるメタンガスを、600に熱した多孔質チタン中を通して、1900に加熱したダイヤモンド基板上に吹きつけた。このとき、真空チャンバー内の真空度は20～30Torrとした。すると、ダイヤモンド基板上に黒鉛が堆積した。黒鉛のかさ密度は $2.0\text{g}/\text{cm}^3$ であった。

【0090】

上記の黒鉛を、温度2300、圧力15GPaの条件下で直接多結晶ダイヤモンドに変換した。この多結晶ダイヤモンドの結晶粒径は、各々10～100nm程度の大きさであった。SIMS分析によると、上記多結晶ダイヤモンド中の窒素、水素、酸素、硼素、シリコンの含有量は検出限界以下であった。また、上記多結晶ダイヤモンドのX線回折パターンから、多結晶ダイヤモンド中にはダイヤモンド以外の成分は見られなかった。

20

【0091】

このナノ多結晶ダイヤモンドに窒素を300keVの加速エネルギーで $10^{10}/\text{cm}^2$ 程度照射し、900の熱処理を行った後、その工程によってできたNV-センターによる637nmの蛍光強度を測定した。その結果、直径0.5cm、円形コイルで周波数2.87GHz、5ターン、出力0.5Wのマイクロ波照射下で、532nmのレーザーを励起光として照射したところ、磁場の有無によって最大3%の蛍光強度の変化が見られた。また、この多結晶ダイヤモンドのヌーブ硬度は200GPaであった。

30

【実施例17】

【0092】

真空チャンバー内で、炭素同位体 ^{12}C の純度が99.999質量%であり、化学純度が99.999質量%であるメタンガスを、600に熱した多孔質チタン中を通して、1900に加熱したダイヤモンド基板上に吹きつけた。このとき、真空チャンバー内の真空度は20～30Torrとした。すると、ダイヤモンド基板上に黒鉛が堆積した。黒鉛のかさ密度は $2.0\text{g}/\text{cm}^3$ であった。

【0093】

上記の黒鉛を、温度2400、圧力15GPaの条件下で直接多結晶ダイヤモンドに変換した。この多結晶ダイヤモンドの結晶粒径は、各々10～100nm程度の大きさであった。SIMS分析によると、上記多結晶ダイヤモンド中の窒素、水素、酸素、硼素、シリコンの含有量は検出限界以下であった。また、上記多結晶ダイヤモンドのX線回折パターンから、多結晶ダイヤモンド中にはダイヤモンド以外の成分は見られなかった。

40

【0094】

このナノ多結晶ダイヤモンドに窒素を300keVの加速エネルギーで $10^{10}/\text{cm}^2$ 程度照射し、900の熱処理を行った後、その工程によってできたNV-センターによる637nmの蛍光強度を測定した。その結果、直径0.5cm、円形コイルで周波数2.87GHz、5ターン、出力0.5Wのマイクロ波照射下で、532nmのレーザーを励起光として照射したところ、磁場の有無によって最大3%の蛍光強度の変化が見られ

50

た。また、この多結晶ダイヤモンドのヌーブ硬度は200 GPaであった。

【実施例18】

【0095】

真空チャンバー内で、炭素同位体¹²Cの純度が99.999質量%であり、化学純度が99.999質量%であるメタンガスを、600に熱した多孔質チタン中を通して、1900に加熱したダイヤモンド基板上に吹きつけた。このとき、真空チャンバー内の真空度は20~30 Torrとした。すると、ダイヤモンド基板上に黒鉛が堆積した。黒鉛のかさ密度は2.0 g/cm³であった。

【0096】

上記の黒鉛を、温度2500、圧力15 GPaの条件下で直接多結晶ダイヤモンドに変換した。この多結晶ダイヤモンドの結晶粒径は、各々10~100 nm程度の大きさであった。SIMS分析によると、上記多結晶ダイヤモンド中の窒素、水素、酸素、硼素、シリコンの含有量は検出限界以下であった。また、上記多結晶ダイヤモンドのX線回折パターンから、多結晶ダイヤモンド中にはダイヤモンド以外の成分は見られなかった。

10

【0097】

このナノ多結晶ダイヤモンドに窒素を300 keVの加速エネルギーで10¹⁰/cm²程度照射し、900の熱処理を行った後、その工程によってできたNV-センターによる637 nmの蛍光強度を測定した。その結果、直径0.5 cm、円形コイルで周波数2.87 GHz、5ターン、出力0.5 Wのマイクロ波照射下で、532 nmのレーザーを励起光として照射したところ、磁場の有無によって最大3%の蛍光強度の変化が見られた。また、この多結晶ダイヤモンドのヌーブ硬度は205 GPaであった。

20

【実施例19】

【0098】

真空チャンバー内で、炭素同位体¹²Cの純度が99.999質量%であり、化学純度が99.999質量%であるメタンガスを、600に熱した多孔質チタン中を通して、1900に加熱したダイヤモンド基板上に吹きつけた。このとき、真空チャンバー内の真空度は20~30 Torrとした。すると、ダイヤモンド基板上に黒鉛が堆積した。黒鉛のかさ密度は2.0 g/cm³であった。

【0099】

上記の黒鉛を、温度2000、圧力16 GPaの条件下で直接多結晶ダイヤモンドに変換した。この多結晶ダイヤモンドの結晶粒径は、各々10~100 nm程度の大きさであった。SIMS分析によると、上記多結晶ダイヤモンド中の窒素、水素、酸素、硼素、シリコンの含有量は検出限界以下であった。また、上記多結晶ダイヤモンドのX線回折パターンから、多結晶ダイヤモンド中にはダイヤモンド以外の成分は見られなかった。

30

【0100】

このナノ多結晶ダイヤモンドに窒素を300 keVの加速エネルギーで10¹⁰/cm²程度照射し、900の熱処理を行った後、その工程によってできたNV-センターによる637 nmの蛍光強度を測定した。その結果、直径0.5 cm、円形コイルで周波数2.87 GHz、5ターン、出力0.5 Wのマイクロ波照射下で、532 nmのレーザーを励起光として照射したところ、磁場の有無によって最大3%の蛍光強度の変化が見られた。また、この多結晶ダイヤモンドのヌーブ硬度は205 GPaであった。

40

【実施例20】

【0101】

真空チャンバー内で、炭素同位体¹²Cの純度が99.999質量%であり、化学純度が99.999質量%であるメタンガスを、600に熱した多孔質チタン中を通して、1900に加熱したダイヤモンド基板上に吹きつけた。このとき、真空チャンバー内の真空度は20~30 Torrとした。すると、ダイヤモンド基板上に黒鉛が堆積した。黒鉛のかさ密度は2.0 g/cm³であった。

【0102】

上記の黒鉛を、温度2100、圧力16 GPaの条件下で直接多結晶ダイヤモンドに

50

変換した。この多結晶ダイヤモンドの結晶粒径は、各々10～100nm程度の大きさであった。SIMS分析によると、上記多結晶ダイヤモンド中の窒素、水素、酸素、硼素、シリコンの含有量は検出限界以下であった。また、上記多結晶ダイヤモンドのX線回折パターンから、多結晶ダイヤモンド中にはダイヤモンド以外の成分は見られなかった。

【0103】

このナノ多結晶ダイヤモンドに窒素を300keVの加速エネルギーで $10^{10}/\text{cm}^2$ 程度照射し、900の熱処理を行った後、その工程によってできたNV-センターによる637nmの蛍光強度を測定した。その結果、直径0.5cm、円形コイルで周波数2.87GHz、5ターン、出力0.5Wのマイクロ波照射下で、532nmのレーザーを励起光として照射したところ、磁場の有無によって最大3%の蛍光強度の変化が見られた。また、この多結晶ダイヤモンドのヌーブ硬度は190GPaであった。

10

【実施例21】

【0104】

真空チャンバー内で、炭素同位体 ^{12}C の純度が99.999質量%であり、化学純度が99.999質量%であるメタンガスを、600に熱した多孔質チタン中を通して、1900に加熱したダイヤモンド基板上に吹きつけた。このとき、真空チャンバー内の真空度は20～30Torrとした。すると、ダイヤモンド基板上に黒鉛が堆積した。黒鉛のかさ密度は $2.0\text{g}/\text{cm}^3$ であった。

【0105】

上記の黒鉛を、温度2200、圧力16GPaの条件下で直接多結晶ダイヤモンドに変換した。この多結晶ダイヤモンドの結晶粒径は、各々10～100nm程度の大きさであった。SIMS分析によると、上記多結晶ダイヤモンド中の窒素、水素、酸素、硼素、シリコンの含有量は検出限界以下であった。また、上記多結晶ダイヤモンドのX線回折パターンから、多結晶ダイヤモンド中にはダイヤモンド以外の成分は見られなかった。

20

【0106】

このナノ多結晶ダイヤモンドに窒素を300keVの加速エネルギーで $10^{10}/\text{cm}^2$ 程度照射し、900の熱処理を行った後、その工程によってできたNV-センターによる637nmの蛍光強度を測定した。その結果、直径0.5cm、円形コイルで周波数2.87GHz、5ターン、出力0.5Wのマイクロ波照射下で、532nmのレーザーを励起光として照射したところ、磁場の有無によって最大3%の蛍光強度の変化が見られた。また、この多結晶ダイヤモンドのヌーブ硬度は198GPaであった。

30

【実施例22】

【0107】

真空チャンバー内で、炭素同位体 ^{12}C の純度が99.999質量%であり、化学純度が99.999質量%であるメタンガスを、600に熱した多孔質チタン中を通して、1500に加熱したダイヤモンド基板上に吹きつけた。このとき、真空チャンバー内の真空度は20～30Torrとした。すると、ダイヤモンド基板上に黒鉛が堆積した。黒鉛のかさ密度は $1.6\text{g}/\text{cm}^3$ であった。

【0108】

上記の黒鉛を、温度2300、圧力15GPaの条件下で直接多結晶ダイヤモンドに変換した。この多結晶ダイヤモンドの結晶粒径は、各々10～100nm程度の大きさであった。SIMS分析によると、上記多結晶ダイヤモンド中の窒素、水素、酸素、硼素、シリコンの含有量は検出限界以下であった。また、上記多結晶ダイヤモンドのX線回折パターンから、多結晶ダイヤモンド中にはダイヤモンド以外の成分は見られなかった。

40

【0109】

このナノ多結晶ダイヤモンドに窒素を300keVの加速エネルギーで $10^{10}/\text{cm}^2$ 程度照射し、900の熱処理を行った後、その工程によってできたNV-センターによる637nmの蛍光強度を測定した。その結果、直径0.5cm、円形コイルで周波数2.87GHz、5ターン、出力0.5Wのマイクロ波照射下で、532nmのレーザーを励起光として照射したところ、磁場の有無によって最大3%の蛍光強度の変化が見られ

50

た。また、この多結晶ダイヤモンドのヌーブ硬度は160 GPaであった。

【実施例23】

【0110】

真空チャンバー内で、炭素同位体 ^{12}C の純度が99.999質量%であり、化学純度が99質量%であるメタンガスを、600に熱した多孔質チタン中を通して、1500に加熱したダイヤモンド基板の上に吹きつけた。このとき、真空チャンバー内の真空度は20~30 Torrとした。すると、ダイヤモンド基板の上に黒鉛が堆積した。黒鉛のかさ密度は 1.6 g/cm^3 であった。

【0111】

上記の黒鉛を、温度2300、圧力15 GPaの条件下で直接多結晶ダイヤモンドに変換した。この多結晶ダイヤモンドの結晶粒径は、各々10~100 nm程度の大きさであった。SIMS分析によると、上記多結晶ダイヤモンド中の窒素、水素、酸素、硼素、シリコンの含有量は検出限界以下であった。また、上記多結晶ダイヤモンドのX線回折パターンから、多結晶ダイヤモンド中にはダイヤモンド以外の成分は見られなかった。

10

【0112】

このナノ多結晶ダイヤモンドに窒素を300 keVの加速エネルギーで $10^{10}/\text{cm}^2$ 程度照射し、900の熱処理を行った後、その工程によってできたNV-センターによる637 nmの蛍光強度を測定した。その結果、直径0.5 cm、円形コイルで周波数2.87 GHz、5ターン、出力0.5 Wのマイクロ波照射下で、532 nmのレーザーを励起光として照射したところ、磁場の有無によって最大3%の蛍光強度の変化が見られた。また、この多結晶ダイヤモンドのヌーブ硬度は160 GPaであった。

20

【実施例24】

【0113】

真空チャンバー内で、炭素同位体 ^{12}C の純度が99.999質量%であり、化学純度が99.999質量%であるメタンガスを、600に熱した多孔質チタン中を通して、1500に加熱したダイヤモンド基板の上に吹きつけた。このとき、真空チャンバー内の真空度は20~30 Torrとした。すると、ダイヤモンド基板の上に黒鉛が堆積した。黒鉛のかさ密度は 1.6 g/cm^3 であった。

【0114】

上記の黒鉛を、温度2400、圧力15 GPaの条件下で直接多結晶ダイヤモンドに変換した。この多結晶ダイヤモンドの結晶粒径は、各々10~100 nm程度の大きさであった。SIMS分析によると、上記多結晶ダイヤモンド中の窒素、水素、酸素、硼素、シリコンの含有量は検出限界以下であった。また、上記多結晶ダイヤモンドのX線回折パターンから、多結晶ダイヤモンド中にはダイヤモンド以外の成分は見られなかった。

30

【0115】

このナノ多結晶ダイヤモンドに窒素を300 keVの加速エネルギーで $10^{10}/\text{cm}^2$ 程度照射し、900の熱処理を行った後、その工程によってできたNV-センターによる637 nmの蛍光強度を測定した。その結果、直径0.5 cm、円形コイルで周波数2.87 GHz、5ターン、出力0.5 Wのマイクロ波照射下で、532 nmのレーザーを励起光として照射したところ、磁場の有無によって最大3%の蛍光強度の変化が見られた。また、この多結晶ダイヤモンドのヌーブ硬度は160 GPaであった。

40

【実施例25】

【0116】

真空チャンバー内で、炭素同位体 ^{12}C の純度が99.999質量%であり、化学純度が99.999質量%であるメタンガスを、600に熱した多孔質チタン中を通して、1500に加熱したダイヤモンド基板の上に吹きつけた。このとき、真空チャンバー内の真空度は20~30 Torrとした。すると、ダイヤモンド基板の上に黒鉛が堆積した。黒鉛のかさ密度は 1.6 g/cm^3 であった。

【0117】

上記の黒鉛を、温度2500、圧力15 GPaの条件下で直接多結晶ダイヤモンドに

50

変換した。この多結晶ダイヤモンドの結晶粒径は、各々10～100nm程度の大きさであった。SIMS分析によると、上記多結晶ダイヤモンド中の窒素、水素、酸素、硼素、シリコンの含有量は検出限界以下であった。また、上記多結晶ダイヤモンドのX線回折パターンから、多結晶ダイヤモンド中にはダイヤモンド以外の成分は見られなかった。

【0118】

このナノ多結晶ダイヤモンドに窒素を300keVの加速エネルギーで $10^{10}/\text{cm}^2$ 程度照射し、900の熱処理を行った後、その工程によってできたNV-センターによる637nmの蛍光強度を測定した。その結果、直径0.5cm、円形コイルで周波数2.87GHz、5ターン、出力0.5Wのマイクロ波照射下で、532nmのレーザーを励起光として照射したところ、磁場の有無によって最大3%の蛍光強度の変化が見られた。また、この多結晶ダイヤモンドのヌーブ硬度は160GPaであった。

10

【実施例26】

【0119】

真空チャンバー内で、炭素同位体 ^{12}C の純度が99.999質量%であり、化学純度が99.999質量%であるメタンガスを、600に熱した多孔質チタン中を通して、1500に加熱したダイヤモンド基板上に吹きつけた。このとき、真空チャンバー内の真空度は20～30Torrとした。すると、ダイヤモンド基板上に黒鉛が堆積した。黒鉛のかさ密度は $1.6\text{g}/\text{cm}^3$ であった。

【0120】

上記の黒鉛を、温度2000、圧力16GPaの条件下で直接多結晶ダイヤモンドに変換した。この多結晶ダイヤモンドの結晶粒径は、各々10～100nm程度の大きさであった。SIMS分析によると、上記多結晶ダイヤモンド中の窒素、水素、酸素、硼素、シリコンの含有量は検出限界以下であった。また、上記多結晶ダイヤモンドのX線回折パターンから、多結晶ダイヤモンド中にはダイヤモンド以外の成分は見られなかった。

20

【0121】

このナノ多結晶ダイヤモンドに窒素を300keVの加速エネルギーで $10^{10}/\text{cm}^2$ 程度照射し、900の熱処理を行った後、その工程によってできたNV-センターによる637nmの蛍光強度を測定した。その結果、直径0.5cm、円形コイルで周波数2.87GHz、5ターン、出力0.5Wのマイクロ波照射下で、532nmのレーザーを励起光として照射したところ、磁場の有無によって最大3%の蛍光強度の変化が見られた。また、この多結晶ダイヤモンドのヌーブ硬度は160GPaであった。

30

【実施例27】

【0122】

真空チャンバー内で、炭素同位体 ^{12}C の純度が99.999質量%であり、化学純度が99.999質量%であるメタンガスを、600に熱した多孔質チタン中を通して、1500に加熱したダイヤモンド基板上に吹きつけた。このとき、真空チャンバー内の真空度は20～30Torrとした。すると、ダイヤモンド基板上に黒鉛が堆積した。黒鉛のかさ密度は $1.6\text{g}/\text{cm}^3$ であった。

【0123】

上記の黒鉛を、温度2100、圧力16GPaの条件下で直接多結晶ダイヤモンドに変換した。この多結晶ダイヤモンドの結晶粒径は、各々10～100nm程度の大きさであった。SIMS分析によると、上記多結晶ダイヤモンド中の窒素、水素、酸素、硼素、シリコンの含有量は検出限界以下であった。また、上記多結晶ダイヤモンドのX線回折パターンから、多結晶ダイヤモンド中にはダイヤモンド以外の成分は見られなかった。

40

【0124】

このナノ多結晶ダイヤモンドに窒素を300keVの加速エネルギーで $10^{10}/\text{cm}^2$ 程度照射し、900の熱処理を行った後、その工程によってできたNV-センターによる637nmの蛍光強度を測定した。その結果、直径0.5cm、円形コイルで周波数2.87GHz、5ターン、出力0.5Wのマイクロ波照射下で、532nmのレーザーを励起光として照射したところ、磁場の有無によって最大3%の蛍光強度の変化が見られ

50

た。また、この多結晶ダイヤモンドのヌーブ硬度は160 GPaであった。

【実施例28】

【0125】

真空チャンバー内で、炭素同位体 ^{12}C の純度が99.999質量%であり、化学純度が99.999質量%であるメタンガスを、600に熱した多孔質チタン中を通して、1500に加熱したダイヤモンド基板上に吹きつけた。このとき、真空チャンバー内の真空度は20~30 Torrとした。すると、ダイヤモンド基板上に黒鉛が堆積した。黒鉛のかさ密度は1.6 g/cm³であった。

【0126】

上記の黒鉛を、温度2200、圧力16 GPaの条件下で直接多結晶ダイヤモンドに変換した。この多結晶ダイヤモンドの結晶粒径は、各々10~100 nm程度の大きさであった。SIMS分析によると、上記多結晶ダイヤモンド中の窒素、水素、酸素、硼素、シリコンの含有量は検出限界以下であった。また、上記多結晶ダイヤモンドのX線回折パターンから、多結晶ダイヤモンド中にはダイヤモンド以外の成分は見られなかった。

10

【0127】

このナノ多結晶ダイヤモンドに窒素を300 keVの加速エネルギーで 10^{10} /cm²程度照射し、900の熱処理を行った後、その工程によってできたNV-センターによる637 nmの蛍光強度を測定した。その結果、直径0.5 cm、円形コイルで周波数2.87 GHz、5ターン、出力0.5 Wのマイクロ波照射下で、532 nmのレーザーを励起光として照射したところ、磁場の有無によって最大3%の蛍光強度の変化が見られた。また、この多結晶ダイヤモンドのヌーブ硬度は160 GPaであった。

20

【実施例29】

【0128】

真空チャンバー内で、炭素同位体 ^{12}C の純度が99.999質量%であり、化学純度が99質量%であるメタンガスを、600に熱した多孔質チタン中を通して、1900に加熱したダイヤモンド基板上に吹きつけた。このとき、真空チャンバー内の真空度は90~100 Torrとした。すると、ダイヤモンド基板上に黒鉛が堆積した。黒鉛のかさ密度は2.0 g/cm³であった。

【0129】

上記の黒鉛を、温度2200、圧力15 GPaの条件下で直接多結晶ダイヤモンドに変換した。この多結晶ダイヤモンドの結晶粒径は、各々10~100 nm程度の大きさであった。SIMS分析によると、上記多結晶ダイヤモンド中の窒素、水素、酸素、硼素、シリコンの含有量は検出限界以下であった。また、上記多結晶ダイヤモンドのX線回折パターンから、多結晶ダイヤモンド中にはダイヤモンド以外の成分は見られなかった。

30

【0130】

このナノ多結晶ダイヤモンドに窒素を300 keVの加速エネルギーで 10^{10} /cm²程度照射し、900の熱処理を行った後、その工程によってできたNV-センターによる637 nmの蛍光強度を測定した。その結果、直径0.5 cm、円形コイルで周波数2.87 GHz、5ターン、出力0.5 Wのマイクロ波照射下で、532 nmのレーザーを励起光として照射したところ、磁場の有無によって最大3%の蛍光強度の変化が見られた。また、この多結晶ダイヤモンドのヌーブ硬度は190 GPaであった。

40

【実施例30】

【0131】

真空チャンバー内で、炭素同位体 ^{12}C の純度が99.999質量%であり、化学純度が99質量%であるメタンガスを、600に熱した多孔質チタン中を通して、1900に加熱したダイヤモンド基板上に吹きつけた。このとき、真空チャンバー内の真空度は90~100 Torrとした。すると、ダイヤモンド基板上に黒鉛が堆積した。黒鉛のかさ密度は2.0 g/cm³であった。

【0132】

上記の黒鉛を、温度2300、圧力15 GPaの条件下で直接多結晶ダイヤモンドに

50

変換した。この多結晶ダイヤモンドの結晶粒径は、各々10～100nm程度の大きさであった。SIMS分析によると、上記多結晶ダイヤモンド中の窒素、水素、酸素、硼素、シリコンの含有量は検出限界以下であった。また、上記多結晶ダイヤモンドのX線回折パターンから、多結晶ダイヤモンド中にはダイヤモンド以外の成分は見られなかった。

【0133】

このナノ多結晶ダイヤモンドに窒素を300keVの加速エネルギーで $10^{10}/\text{cm}^2$ 程度照射し、900の熱処理を行った後、その工程によってできたNV-センターによる637nmの蛍光強度を測定した。その結果、直径0.5cm、円形コイルで周波数2.87GHz、5ターン、出力0.5Wのマイクロ波照射下で、532nmのレーザーを励起光として照射したところ、磁場の有無によって最大3%の蛍光強度の変化が見られた。また、この多結晶ダイヤモンドのヌーブ硬度は190GPaであった。

10

【実施例31】

【0134】

真空チャンバー内で、炭素同位体 ^{12}C の純度が99.999質量%であり、化学純度が99質量%であるメタンガスを、600に熱した多孔質チタン中を通して、1900に加熱したダイヤモンド基板上に吹きつけた。このとき、真空チャンバー内の真空度は90～100Torrとした。すると、ダイヤモンド基板上に黒鉛が堆積した。黒鉛のかさ密度は $2.0\text{g}/\text{cm}^3$ であった。

【0135】

上記の黒鉛を、温度2400、圧力15GPaの条件下で直接多結晶ダイヤモンドに変換した。この多結晶ダイヤモンドの結晶粒径は、各々10～100nm程度の大きさであった。SIMS分析によると、上記多結晶ダイヤモンド中の窒素、水素、酸素、硼素、シリコンの含有量は検出限界以下であった。また、上記多結晶ダイヤモンドのX線回折パターンから、多結晶ダイヤモンド中にはダイヤモンド以外の成分は見られなかった。

20

【0136】

このナノ多結晶ダイヤモンドに窒素を300keVの加速エネルギーで $10^{10}/\text{cm}^2$ 程度照射し、900の熱処理を行った後、その工程によってできたNV-センターによる637nmの蛍光強度を測定した。その結果、直径0.5cm、円形コイルで周波数2.87GHz、5ターン、出力0.5Wのマイクロ波照射下で、532nmのレーザーを励起光として照射したところ、磁場の有無によって最大3%の蛍光強度の変化が見られた。また、この多結晶ダイヤモンドのヌーブ硬度は190GPaであった。

30

【実施例32】

【0137】

真空チャンバー内で、炭素同位体 ^{12}C の純度が99.999質量%であり、化学純度が99質量%であるメタンガスを、600に熱した多孔質チタン中を通して、1900に加熱したダイヤモンド基板上に吹きつけた。このとき、真空チャンバー内の真空度は90～100Torrとした。すると、ダイヤモンド基板上に黒鉛が堆積した。黒鉛のかさ密度は $2.0\text{g}/\text{cm}^3$ であった。

【0138】

上記の黒鉛を、温度2500、圧力15GPaの条件下で直接多結晶ダイヤモンドに変換した。この多結晶ダイヤモンドの結晶粒径は、各々10～100nm程度の大きさであった。SIMS分析によると、上記多結晶ダイヤモンド中の窒素、水素、酸素、硼素、シリコンの含有量は検出限界以下であった。また、上記多結晶ダイヤモンドのX線回折パターンから、多結晶ダイヤモンド中にはダイヤモンド以外の成分は見られなかった。

40

【0139】

このナノ多結晶ダイヤモンドに窒素を300keVの加速エネルギーで $10^{10}/\text{cm}^2$ 程度照射し、900の熱処理を行った後、その工程によってできたNV-センターによる637nmの蛍光強度を測定した。その結果、直径0.5cm、円形コイルで周波数2.87GHz、5ターン、出力0.5Wのマイクロ波照射下で、532nmのレーザーを励起光として照射したところ、磁場の有無によって最大3%の蛍光強度の変化が見られ

50

た。また、この多結晶ダイヤモンドのヌーブ硬度は190 GPaであった。

【実施例33】

【0140】

真空チャンパー内で、炭素同位体¹²Cの純度が99.999質量%であり、化学純度が99質量%であるメタンガスを、600に熱した多孔質チタン中を通して、1900に加熱したダイヤモンド基板上に吹きつけた。このとき、真空チャンパー内の真空度は90~100 Torrとした。すると、ダイヤモンド基板上に黒鉛が堆積した。黒鉛のかさ密度は2.0 g/cm³であった。

【0141】

上記の黒鉛を、温度2000、圧力16 GPaの条件下で直接多結晶ダイヤモンドに変換した。この多結晶ダイヤモンドの結晶粒径は、各々10~100 nm程度の大きさであった。SIMS分析によると、上記多結晶ダイヤモンド中の窒素、水素、酸素、硼素、シリコンの含有量は検出限界以下であった。また、上記多結晶ダイヤモンドのX線回折パターンから、多結晶ダイヤモンド中にはダイヤモンド以外の成分は見られなかった。

10

【0142】

このナノ多結晶ダイヤモンドに窒素を300 keVの加速エネルギーで10¹⁰/cm²程度照射し、900の熱処理を行った後、その工程によってできたNV-センターによる637 nmの蛍光強度を測定した。その結果、直径0.5 cm、円形コイルで周波数2.87 GHz、5ターン、出力0.5 Wのマイクロ波照射下で、532 nmのレーザーを励起光として照射したところ、磁場の有無によって最大3%の蛍光強度の変化が見られた。また、この多結晶ダイヤモンドのヌーブ硬度は190 GPaであった。

20

【実施例34】

【0143】

真空チャンパー内で、炭素同位体¹²Cの純度が99.999質量%であり、化学純度が99質量%であるメタンガスを、600に熱した多孔質チタン中を通して、1900に加熱したダイヤモンド基板上に吹きつけた。このとき、真空チャンパー内の真空度は90~100 Torrとした。すると、ダイヤモンド基板上に黒鉛が堆積した。黒鉛のかさ密度は2.0 g/cm³であった。

【0144】

上記の黒鉛を、温度2100、圧力16 GPaの条件下で直接多結晶ダイヤモンドに変換した。この多結晶ダイヤモンドの結晶粒径は、各々10~100 nm程度の大きさであった。SIMS分析によると、上記多結晶ダイヤモンド中の窒素、水素、酸素、硼素、シリコンの含有量は検出限界以下であった。また、上記多結晶ダイヤモンドのX線回折パターンから、多結晶ダイヤモンド中にはダイヤモンド以外の成分は見られなかった。

30

【0145】

このナノ多結晶ダイヤモンドに窒素を300 keVの加速エネルギーで10¹⁰/cm²程度照射し、900の熱処理を行った後、その工程によってできたNV-センターによる637 nmの蛍光強度を測定した。その結果、直径0.5 cm、円形コイルで周波数2.87 GHz、5ターン、出力0.5 Wのマイクロ波照射下で、532 nmのレーザーを励起光として照射したところ、磁場の有無によって最大3%の蛍光強度の変化が見られた。また、この多結晶ダイヤモンドのヌーブ硬度は190 GPaであった。

40

【実施例35】

【0146】

真空チャンパー内で、炭素同位体¹²Cの純度が99.999質量%であり、化学純度が99質量%であるメタンガスを、600に熱した多孔質チタン中を通して、1900に加熱したダイヤモンド基板上に吹きつけた。このとき、真空チャンパー内の真空度は90~100 Torrとした。すると、ダイヤモンド基板上に黒鉛が堆積した。黒鉛のかさ密度は2.0 g/cm³であった。

【0147】

上記の黒鉛を、温度2200、圧力16 GPaの条件下で直接多結晶ダイヤモンドに

50

変換した。この多結晶ダイヤモンドの結晶粒径は、各々10～100nm程度の大きさであった。SIMS分析によると、上記多結晶ダイヤモンド中の窒素、水素、酸素、硼素、シリコンの含有量は検出限界以下であった。また、上記多結晶ダイヤモンドのX線回折パターンから、多結晶ダイヤモンド中にはダイヤモンド以外の成分は見られなかった。

【0148】

このナノ多結晶ダイヤモンドに窒素を300keVの加速エネルギーで $10^{10}/\text{cm}^2$ 程度照射し、900の熱処理を行った後、その工程によってできたNV-センターによる637nmの蛍光強度を測定した。その結果、直径0.5cm、円形コイルで周波数2.87GHz、5ターン、出力0.5Wのマイクロ波照射下で、532nmのレーザーを励起光として照射したところ、磁場の有無によって最大3%の蛍光強度の変化が見られた。また、この多結晶ダイヤモンドのヌーブ硬度は190GPaであった。

10

【実施例36】

【0149】

真空チャンバー内で、炭素同位体 ^{12}C の純度が99.999質量%であり、化学純度が99質量%であるメタンガスを、600に熱した多孔質チタン中を通して、1500に加熱したダイヤモンド基板上に吹きつけた。このとき、真空チャンバー内の真空度は90～100Torrとした。すると、ダイヤモンド基板上に黒鉛が堆積した。黒鉛のかさ密度は $1.6\text{g}/\text{cm}^3$ であった。

【0150】

上記の黒鉛を、2200、圧力15GPaの条件下で直接多結晶ダイヤモンドに変換した。この多結晶ダイヤモンドの結晶粒径は、各々10～100nm程度の大きさであった。SIMS分析によると、上記多結晶ダイヤモンド中の窒素、水素、酸素、硼素、シリコンの含有量は検出限界以下であった。また、上記多結晶ダイヤモンドのX線回折パターンから、多結晶ダイヤモンド中にはダイヤモンド以外の成分は見られなかった。

20

【0151】

このナノ多結晶ダイヤモンドに窒素を300keVの加速エネルギーで $10^{10}/\text{cm}^2$ 程度照射し、900の熱処理を行った後、その工程によってできたNV-センターによる637nmの蛍光強度を測定した。その結果、直径0.5cm、円形コイルで周波数2.87GHz、5ターン、出力0.5Wのマイクロ波照射下で、532nmのレーザーを励起光として照射したところ、磁場の有無によって最大3%の蛍光強度の変化が見られた。また、この多結晶ダイヤモンドのヌーブ硬度は150GPaであった。

30

【実施例37】

【0152】

真空チャンバー内で、炭素同位体 ^{12}C の純度が99.999質量%であり、化学純度が99質量%であるメタンガスを、600に熱した多孔質チタン中を通して、1500に加熱したダイヤモンド基板上に吹きつけた。このとき、真空チャンバー内の真空度は90～100Torrとした。すると、ダイヤモンド基板上に黒鉛が堆積した。黒鉛のかさ密度は $1.6\text{g}/\text{cm}^3$ であった。

【0153】

上記の黒鉛を、温度2300、圧力15GPaの条件下で直接多結晶ダイヤモンドに変換した。この多結晶ダイヤモンドの結晶粒径は、各々10～100nm程度の大きさであった。SIMS分析によると、上記多結晶ダイヤモンド中の窒素、水素、酸素、硼素、シリコンの含有量は検出限界以下であった。また、上記多結晶ダイヤモンドのX線回折パターンから、多結晶ダイヤモンド中にはダイヤモンド以外の成分は見られなかった。

40

【0154】

このナノ多結晶ダイヤモンドに窒素を300keVの加速エネルギーで $10^{10}/\text{cm}^2$ 程度照射し、900の熱処理を行った後、その工程によってできたNV-センターによる637nmの蛍光強度を測定した。その結果、直径0.5cm、円形コイルで周波数2.87GHz、5ターン、出力0.5Wのマイクロ波照射下で、532nmのレーザーを励起光として照射したところ、磁場の有無によって最大3%の蛍光強度の変化が見られ

50

た。また、この多結晶ダイヤモンドのヌーブ硬度は150 GPaであった。

【実施例38】

【0155】

真空チャンバー内で、炭素同位体 ^{12}C の純度が99.999質量%であり、化学純度が99質量%であるメタンガスを、600に熱した多孔質チタン中を通して、1500に加熱したダイヤモンド基板上に吹きつけた。このとき、真空チャンバー内の真空度は90~100 Torrとした。すると、ダイヤモンド基板上に黒鉛が堆積した。黒鉛のかさ密度は 1.6 g/cm^3 であった。

【0156】

上記の黒鉛を、温度2400、圧力15 GPaの条件下で直接多結晶ダイヤモンドに変換した。この多結晶ダイヤモンドの結晶粒径は、各々10~100 nm程度の大きさであった。SIMS分析によると、上記多結晶ダイヤモンド中の窒素、水素、酸素、硼素、シリコンの含有量は検出限界以下であった。また、上記多結晶ダイヤモンドのX線回折パターンから、多結晶ダイヤモンド中にはダイヤモンド以外の成分は見られなかった。

10

【0157】

このナノ多結晶ダイヤモンドに窒素を300 keVの加速エネルギーで $10^{10}/\text{cm}^2$ 程度照射し、900の熱処理を行った後、その工程によってできたNV-センターによる637 nmの蛍光強度を測定した。その結果、直径0.5 cm、円形コイルで周波数2.87 GHz、5ターン、出力0.5 Wのマイクロ波照射下で、532 nmのレーザーを励起光として照射したところ、磁場の有無によって最大3%の蛍光強度の変化が見られた。また、この多結晶ダイヤモンドのヌーブ硬度は150 GPaであった。

20

【実施例39】

【0158】

真空チャンバー内で、炭素同位体 ^{12}C の純度が99.999質量%であり、化学純度が99質量%であるメタンガスを、600に熱した多孔質チタン中を通して、1500に加熱したダイヤモンド基板上に吹きつけた。このとき、真空チャンバー内の真空度は90~100 Torrとした。すると、ダイヤモンド基板上に黒鉛が堆積した。黒鉛のかさ密度は 1.6 g/cm^3 であった。

【0159】

上記の黒鉛を、温度2500、圧力15 GPaの条件下で直接多結晶ダイヤモンドに変換した。この多結晶ダイヤモンドの結晶粒径は、各々10~100 nm程度の大きさであった。SIMS分析によると、上記多結晶ダイヤモンド中の窒素、水素、酸素、硼素、シリコンの含有量は検出限界以下であった。また、上記多結晶ダイヤモンドのX線回折パターンから、多結晶ダイヤモンド中にはダイヤモンド以外の成分は見られなかった。

30

【0160】

このナノ多結晶ダイヤモンドに窒素を300 keVの加速エネルギーで $10^{10}/\text{cm}^2$ 程度照射し、900の熱処理を行った後、その工程によってできたNV-センターによる637 nmの蛍光強度を測定した。その結果、直径0.5 cm、円形コイルで周波数2.87 GHz、5ターン、出力0.5 Wのマイクロ波照射下で、532 nmのレーザーを励起光として照射したところ、磁場の有無によって最大3%の蛍光強度の変化が見られた。また、この多結晶ダイヤモンドのヌーブ硬度は150 GPaであった。

40

【実施例40】

【0161】

真空チャンバー内で、炭素同位体 ^{12}C の純度が99.999質量%であり、化学純度が99質量%であるメタンガスを、600に熱した多孔質チタン中を通して、1500に加熱したダイヤモンド基板上に吹きつけた。このとき、真空チャンバー内の真空度は90~100 Torrとした。すると、ダイヤモンド基板上に黒鉛が堆積した。黒鉛のかさ密度は 1.6 g/cm^3 であった。

【0162】

上記の黒鉛を、温度2000、圧力16 GPaの条件下で直接多結晶ダイヤモンドに

50

変換した。この多結晶ダイヤモンドの結晶粒径は、各々10～100nm程度の大きさであった。SIMS分析によると、上記多結晶ダイヤモンド中の窒素、水素、酸素、硼素、シリコンの含有量は検出限界以下であった。また、上記多結晶ダイヤモンドのX線回折パターンから、多結晶ダイヤモンド中にはダイヤモンド以外の成分は見られなかった。

【0163】

このナノ多結晶ダイヤモンドに窒素を300keVの加速エネルギーで $10^{10}/\text{cm}^2$ 程度照射し、900の熱処理を行った後、その工程によってできたNV-センターによる637nmの蛍光強度を測定した。その結果、直径0.5cm、円形コイルで周波数2.87GHz、5ターン、出力0.5Wのマイクロ波照射下で、532nmのレーザーを励起光として照射したところ、磁場の有無によって最大3%の蛍光強度の変化が見られた。また、この多結晶ダイヤモンドのヌーブ硬度は150GPaであった。

10

【実施例41】

【0164】

真空チャンバー内で、炭素同位体 ^{12}C の純度が99.999質量%であり、化学純度が99質量%であるメタンガスを、600に熱した多孔質チタン中を通して、1500に加熱したダイヤモンド基板上に吹きつけた。このとき、真空チャンバー内の真空度は90～100Torrとした。すると、ダイヤモンド基板上に黒鉛が堆積した。黒鉛のかさ密度は $1.6\text{g}/\text{cm}^3$ であった。

【0165】

上記の黒鉛を、温度2100、圧力16GPaの条件下で直接多結晶ダイヤモンドに変換した。この多結晶ダイヤモンドの結晶粒径は、各々10～100nm程度の大きさであった。SIMS分析によると、上記多結晶ダイヤモンド中の窒素、水素、酸素、硼素、シリコンの含有量は検出限界以下であった。また、上記多結晶ダイヤモンドのX線回折パターンから、多結晶ダイヤモンド中にはダイヤモンド以外の成分は見られなかった。

20

【0166】

このナノ多結晶ダイヤモンドに窒素を300keVの加速エネルギーで $10^{10}/\text{cm}^2$ 程度照射し、900の熱処理を行った後、その工程によってできたNV-センターによる637nmの蛍光強度を測定した。その結果、直径0.5cm、円形コイルで周波数2.87GHz、5ターン、出力0.5Wのマイクロ波照射下で、532nmのレーザーを励起光として照射したところ、磁場の有無によって最大3%の蛍光強度の変化が見られた。また、この多結晶ダイヤモンドのヌーブ硬度は150GPaであった。

30

【実施例42】

【0167】

真空チャンバー内で、炭素同位体 ^{12}C の純度が99.999質量%であり、化学純度が99質量%であるメタンガスを、600に熱した多孔質チタン中を通して、1500に加熱したダイヤモンド基板上に吹きつけた。このとき、真空チャンバー内の真空度は90～100Torrとした。すると、ダイヤモンド基板上に黒鉛が堆積した。黒鉛のかさ密度は $1.6\text{g}/\text{cm}^3$ であった。

【0168】

上記の黒鉛を、温度2200、圧力16GPaの条件下で直接多結晶ダイヤモンドに変換した。この多結晶ダイヤモンドの結晶粒径は、各々10～100nm程度の大きさであった。SIMS分析によると、上記多結晶ダイヤモンド中の窒素、水素、酸素、硼素、シリコンの含有量は検出限界以下であった。また、上記多結晶ダイヤモンドのX線回折パターンから、多結晶ダイヤモンド中にはダイヤモンド以外の成分は見られなかった。

40

【0169】

このナノ多結晶ダイヤモンドに窒素を300keVの加速エネルギーで $10^{10}/\text{cm}^2$ 程度照射し、900の熱処理を行った後、その工程によってできたNV-センターによる637nmの蛍光強度を測定した。その結果、直径0.5cm、円形コイルで周波数2.87GHz、5ターン、出力0.5Wのマイクロ波照射下で、532nmのレーザーを励起光として照射したところ、磁場の有無によって最大3%の蛍光強度の変化が見られ

50

た。また、この多結晶ダイヤモンドのヌーブ硬度は170 GPaであった。

【実施例43】

【0170】

真空チャンバー内で、炭素同位体¹²Cの純度が99.999質量%であり、化学純度が99.999質量%であるメタンガスを、600に熱した多孔質チタン中を通して、1900に加熱したダイヤモンド基板上に吹きつけた。このとき、真空チャンバー内の真空度は90~100 Torrとした。すると、ダイヤモンド基板上に黒鉛が堆積した。黒鉛のかさ密度は2.0 g/cm³であった。

【0171】

上記の黒鉛を、温度2200、圧力15 GPaの条件下で直接多結晶ダイヤモンドに変換した。この多結晶ダイヤモンドの結晶粒径は、各々10~100 nm程度の大きさであった。SIMS分析によると、上記多結晶ダイヤモンド中の窒素、水素、酸素、硼素、シリコンの含有量は検出限界以下であった。また、上記多結晶ダイヤモンドのX線回折パターンから、多結晶ダイヤモンド中にはダイヤモンド以外の成分は見られなかった。

10

【0172】

このナノ多結晶ダイヤモンドに窒素を300 keVの加速エネルギーで10¹⁰/cm²程度照射し、900の熱処理を行った後、その工程によってできたNV-センターによる637 nmの蛍光強度を測定した。その結果、直径0.5 cm、円形コイルで周波数2.87 GHz、5ターン、出力0.5 Wのマイクロ波照射下で、532 nmのレーザーを励起光として照射したところ、磁場の有無によって最大4%の蛍光強度の変化が見られた。また、この多結晶ダイヤモンドのヌーブ硬度は200 GPaであった。

20

【実施例44】

【0173】

真空チャンバー内で、炭素同位体¹²Cの純度が99.999質量%であり、化学純度が99.999質量%であるメタンガスを、600に熱した多孔質チタン中を通して、1900に加熱したダイヤモンド基板上に吹きつけた。このとき、真空チャンバー内の真空度は90~100 Torrとした。すると、ダイヤモンド基板上に黒鉛が堆積した。黒鉛のかさ密度は2.0 g/cm³であった。

【0174】

上記の黒鉛を、温度2300、圧力15 GPaの条件下で直接多結晶ダイヤモンドに変換した。この多結晶ダイヤモンドの結晶粒径は、各々10~100 nm程度の大きさであった。SIMS分析によると、上記多結晶ダイヤモンド中の窒素、水素、酸素、硼素、シリコンの含有量は検出限界以下であった。また、上記多結晶ダイヤモンドのX線回折パターンから、多結晶ダイヤモンド中にはダイヤモンド以外の成分は見られなかった。

30

【0175】

このナノ多結晶ダイヤモンドに窒素を300 keVの加速エネルギーで10¹⁰/cm²程度照射し、900の熱処理を行った後、その工程によってできたNV-センターによる637 nmの蛍光強度を測定した。その結果、直径0.5 cm、円形コイルで周波数2.87 GHz、5ターン、出力0.5 Wのマイクロ波照射下で、532 nmのレーザーを励起光として照射したところ、磁場の有無によって最大4%の蛍光強度の変化が見られた。また、この多結晶ダイヤモンドのヌーブ硬度は200 GPaであった。

40

【実施例45】

【0176】

真空チャンバー内で、炭素同位体¹²Cの純度が99.999質量%であり、化学純度が99.999質量%であるメタンガスを、600に熱した多孔質チタン中を通して、1900に加熱したダイヤモンド基板上に吹きつけた。このとき、真空チャンバー内の真空度は90~100 Torrとした。すると、ダイヤモンド基板上に黒鉛が堆積した。黒鉛のかさ密度は2.0 g/cm³であった。

【0177】

上記の黒鉛を、温度2400、圧力15 GPaの条件下で直接多結晶ダイヤモンドに

50

変換した。この多結晶ダイヤモンドの結晶粒径は、各々10～100nm程度の大きさであった。SIMS分析によると、上記多結晶ダイヤモンド中の窒素、水素、酸素、硼素、シリコンの含有量は検出限界以下であった。また、上記多結晶ダイヤモンドのX線回折パターンから、多結晶ダイヤモンド中にはダイヤモンド以外の成分は見られなかった。

【0178】

このナノ多結晶ダイヤモンドに窒素を300keVの加速エネルギーで $10^{10}/\text{cm}^2$ 程度照射し、900の熱処理を行った後、その工程によってできたNV-センターによる637nmの蛍光強度を測定した。その結果、直径0.5cm、円形コイルで周波数2.87GHz、5ターン、出力0.5Wのマイクロ波照射下で、532nmのレーザーを励起光として照射したところ、磁場の有無によって最大4%の蛍光強度の変化が見られた。また、この多結晶ダイヤモンドのヌーブ硬度は200GPaであった。

10

【実施例46】

【0179】

真空チャンバー内で、炭素同位体 ^{12}C の純度が99.999質量%であり、化学純度が99.999質量%であるメタンガスを、600に熱した多孔質チタン中を通して、1900に加熱したダイヤモンド基板上に吹きつけた。このとき、真空チャンバー内の真空度は90～100Torrとした。すると、ダイヤモンド基板上に黒鉛が堆積した。黒鉛のかさ密度は $2.0\text{g}/\text{cm}^3$ であった。

【0180】

上記の黒鉛を、温度2500、圧力15GPaの条件下で直接多結晶ダイヤモンドに変換した。この多結晶ダイヤモンドの結晶粒径は、各々10～100nm程度の大きさであった。SIMS分析によると、上記多結晶ダイヤモンド中の窒素、水素、酸素、硼素、シリコンの含有量は検出限界以下であった。また、上記多結晶ダイヤモンドのX線回折パターンから、多結晶ダイヤモンド中にはダイヤモンド以外の成分は見られなかった。

20

【0181】

このナノ多結晶ダイヤモンドに窒素を300keVの加速エネルギーで $10^{10}/\text{cm}^2$ 程度照射し、900の熱処理を行った後、その工程によってできたNV-センターによる637nmの蛍光強度を測定した。その結果、直径0.5cm、円形コイルで周波数2.87GHz、5ターン、出力0.5Wのマイクロ波照射下で、532nmのレーザーを励起光として照射したところ、磁場の有無によって最大4%の蛍光強度の変化が見られた。また、この多結晶ダイヤモンドのヌーブ硬度は200GPaであった。

30

【実施例47】

【0182】

真空チャンバー内で、炭素同位体 ^{12}C の純度が99.999質量%であり、化学純度が99.999質量%であるメタンガスを、600に熱した多孔質チタン中を通して、1900に加熱したダイヤモンド基板上に吹きつけた。このとき、真空チャンバー内の真空度は90～100Torrとした。すると、ダイヤモンド基板上に黒鉛が堆積した。黒鉛のかさ密度は $2.0\text{g}/\text{cm}^3$ であった。

【0183】

上記の黒鉛を、温度2000、圧力16GPaの条件下で直接多結晶ダイヤモンドに変換した。この多結晶ダイヤモンドの結晶粒径は、各々10～100nm程度の大きさであった。SIMS分析によると、上記多結晶ダイヤモンド中の窒素、水素、酸素、硼素、シリコンの含有量は検出限界以下であった。また、上記多結晶ダイヤモンドのX線回折パターンから、多結晶ダイヤモンド中にはダイヤモンド以外の成分は見られなかった。

40

【0184】

このナノ多結晶ダイヤモンドに窒素を300keVの加速エネルギーで $10^{10}/\text{cm}^2$ 程度照射し、900の熱処理を行った後、その工程によってできたNV-センターによる637nmの蛍光強度を測定した。その結果、直径0.5cm、円形コイルで周波数2.87GHz、5ターン、出力0.5Wのマイクロ波照射下で、532nmのレーザーを励起光として照射したところ、磁場の有無によって最大3%の蛍光強度の変化が見られ

50

た。また、この多結晶ダイヤモンドのヌーブ硬度は210 GPaであった。

【実施例48】

【0185】

真空チャンバー内で、炭素同位体¹²Cの純度が99.999質量%であり、化学純度が99.999質量%であるメタンガスを、600に熱した多孔質チタン中を通して、1900に加熱したダイヤモンド基板上に吹きつけた。このとき、真空チャンバー内の真空度は90~100 Torrとした。すると、ダイヤモンド基板上に黒鉛が堆積した。黒鉛のかさ密度は2.0 g/cm³であった。

【0186】

上記の黒鉛を、温度2100、圧力16 GPaの条件下で直接多結晶ダイヤモンドに変換した。この多結晶ダイヤモンドの結晶粒径は、各々10~100 nm程度の大きさであった。SIMS分析によると、上記多結晶ダイヤモンド中の窒素、水素、酸素、硼素、シリコンの含有量は検出限界以下であった。また、上記多結晶ダイヤモンドのX線回折パターンから、多結晶ダイヤモンド中にはダイヤモンド以外の成分は見られなかった。

10

【0187】

このナノ多結晶ダイヤモンドに窒素を300 keVの加速エネルギーで10¹⁰/cm²程度照射し、900の熱処理を行った後、その工程によってできたNV-センターによる637 nmの蛍光強度を測定した。その結果、直径0.5 cm、円形コイルで周波数2.87 GHz、5ターン、出力0.5 Wのマイクロ波照射下で、532 nmのレーザーを励起光として照射したところ、磁場の有無によって最大4%の蛍光強度の変化が見られた。また、この多結晶ダイヤモンドのヌーブ硬度は190 GPaであった。

20

【実施例49】

【0188】

真空チャンバー内で、炭素同位体¹²Cの純度が99.999質量%であり、化学純度が99.999質量%であるメタンガスを、600に熱した多孔質チタン中を通して、1900に加熱したダイヤモンド基板上に吹きつけた。このとき、真空チャンバー内の真空度は90~100 Torrとした。すると、ダイヤモンド基板上に黒鉛が堆積した。黒鉛のかさ密度は2.0 g/cm³であった。

【0189】

上記の黒鉛を、温度2200、圧力16 GPaの条件下で直接多結晶ダイヤモンドに変換した。この多結晶ダイヤモンドの結晶粒径は、各々10~100 nm程度の大きさであった。SIMS分析によると、上記多結晶ダイヤモンド中の窒素、水素、酸素、硼素、シリコンの含有量は検出限界以下であった。また、上記多結晶ダイヤモンドのX線回折パターンから、多結晶ダイヤモンド中にはダイヤモンド以外の成分は見られなかった。

30

【0190】

このナノ多結晶ダイヤモンドに窒素を300 keVの加速エネルギーで10¹⁰/cm²程度照射し、900の熱処理を行った後、その工程によってできたNV-センターによる637 nmの蛍光強度を測定した。その結果、直径0.5 cm、円形コイルで周波数2.87 GHz、5ターン、出力0.5 Wのマイクロ波照射下で、532 nmのレーザーを励起光として照射したところ、磁場の有無によって最大3%の蛍光強度の変化が見られた。また、この多結晶ダイヤモンドのヌーブ硬度は198 GPaであった。

40

【実施例50】

【0191】

真空チャンバー内で、炭素同位体¹²Cの純度が99.999質量%であり、化学純度が99.999質量%であるメタンガスを、600に熱した多孔質チタン中を通して、1500に加熱したダイヤモンド基板上に吹きつけた。このとき、真空チャンバー内の真空度は90~100 Torrとした。すると、ダイヤモンド基板上に黒鉛が堆積した。黒鉛のかさ密度は1.6 g/cm³であった。

【0192】

上記の黒鉛を、温度2300、圧力15 GPaの条件下で直接多結晶ダイヤモンドに

50

変換した。この多結晶ダイヤモンドの結晶粒径は、各々10～100nm程度の大きさであった。SIMS分析によると、上記多結晶ダイヤモンド中の窒素、水素、酸素、硼素、シリコンの含有量は検出限界以下であった。また、上記多結晶ダイヤモンドのX線回折パターンから、多結晶ダイヤモンド中にはダイヤモンド以外の成分は見られなかった。

【0193】

このナノ多結晶ダイヤモンドに窒素を300keVの加速エネルギーで $10^{10}/\text{cm}^2$ 程度照射し、900の熱処理を行った後、その工程によってできたNV-センターによる637nmの蛍光強度を測定した。その結果、直径0.5cm、円形コイルで周波数2.87GHz、5ターン、出力0.5Wのマイクロ波照射下で、532nmのレーザーを励起光として照射したところ、磁場の有無によって最大4%の蛍光強度の変化が見られた。また、この多結晶ダイヤモンドのヌーブ硬度は180GPaであった。

10

【0194】

以上の実施例では、炭素同位体 ^{12}C の純度が99.9質量%以上、化学純度が99質量%以上の炭化水素ガスを熱分解して作製され、固相で、かさ密度が $1.6\text{g}/\text{cm}^3$ から $2.0\text{g}/\text{cm}^3$ 程度である極めて高純度の黒鉛に、2000～2500程度の温度、15～16GPa程度の圧力で熱処理を行うことで、磁気センシングに利用可能であり、ヌーブ硬度が150GPaから205GPa程度である高純度のナノ多結晶ダイヤモンドを作製できることを確認できた。しかし、これ以外の範囲の条件であっても、本願の特許請求の範囲に記載の範囲であれば、同等の特性を有するナノ多結晶ダイヤモンドを作製できるものと考えられる。

20

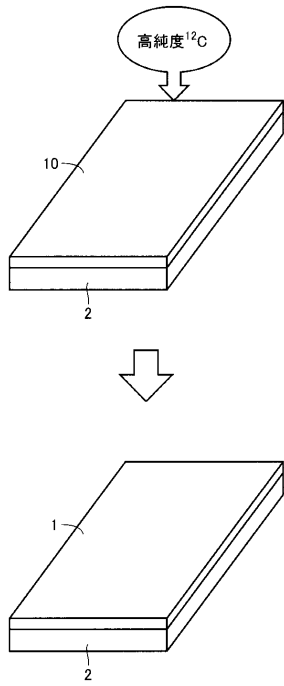
以上のように本発明の実施の形態および実施例について説明を行なったが、上述の実施の形態および実施例を様々に変形することも可能である。また、本発明の範囲は上述の実施の形態および実施例に限定されるものではない。本発明の範囲は、特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更を含むことが意図される。

【符号の説明】

【0195】

1 ナノ多結晶ダイヤモンド、2 基材、10 黒鉛。

【 図 1 】



フロントページの続き

(72)発明者 角谷 均

兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友電気工業株式会社伊丹製作所内

Fターム(参考) 4G146 AA04 AB07 AC02A AC02B AC22A AC22B AC23A AC23B AC27A AC27B
AD28 BA12 BA48 BC04 BC07 BC08 BC11 BC27 BC28 BC34A
BC34B BC35A BC35B BC38A BC38B