



(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 I880922 B

(45)公告日：中華民國 114 (2025) 年 04 月 21 日

(21)申請案號：109109610 (22)申請日：中華民國 109 (2020) 年 03 月 23 日

(51)Int. Cl. : **C06B23/00 (2006.01)** **C06B27/00 (2006.01)**
 C06B21/00 (2006.01) **B01J3/08 (2006.01)**

(30)優先權：2019/03/26 日本 JP2019-058397
 2019/11/26 日本 JP2019-212821

(71)申請人：日商大賽璐股份有限公司 (日本) DAICEL CORPORATION (JP)
 日本

(72)發明人：間彥智明 MAHIKO, TOMOAKI (JP)；牧野有都 MAKINO, YUTO (JP)；鶴井明
 彥 TSURUI, AKIHIKO (JP)；劉明 LIU, MING (CN)；西川正浩 NISHIKAWA,
 MASAHIRO (JP)

(74)代理人：閻啓泰；林景郁

(56)參考文獻：
 US 4483836 US 2015/0157997A1

審查人員：陳子明

申請專利範圍項數：6 項 圖式數：1 共 27 頁

(54)名稱

炸藥組成物及其製造方法、以及摻雜有雜原子之奈米鑽石之製造方法

(57)摘要

本發明提供一種炸藥組成物，其包含至少一種炸藥與至少一種雜原子化合物，且上述雜原子化合物包含選自由 B、P、Si、S、Cr、Sn、Al、Ge、Li、Na、K、Cs、Mg、Ca、Sr、Ba、Ti、Zr、V、Nb、Ta、Mo、W、Mn、Ni、Cu、Ag、Cd、Hg、Ga、In、Tl、As、Sb、Bi、Se、Te、Co、Xe、F、Y 及鑷系元素所組成之群中之至少一種雜原子。

無



I880922

【發明摘要】

【中文發明名稱】 炸藥組成物及其製造方法、以及摻雜有雜原子之奈米鑽石之製造方法

【英文發明名稱】 無

【中文】

本發明提供一種炸藥組成物，其包含至少一種炸藥與至少一種雜原子化合物，且上述雜原子化合物包含選自由B、P、Si、S、Cr、Sn、Al、Ge、Li、Na、K、Cs、Mg、Ca、Sr、Ba、Ti、Zr、V、Nb、Ta、Mo、W、Mn、Ni、Cu、Ag、Cd、Hg、Ga、In、Tl、As、Sb、Bi、Se、Te、Co、Xe、F、Y及鑷系元素所組成之群中之至少一種雜原子。

【英文】

無

【指定代表圖】 無

【代表圖之符號簡單說明】

無

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】 炸藥組成物及其製造方法、以及摻雜有雜原子之奈米鑽石之製造方法

【英文發明名稱】 無

【技術領域】

【0001】 本發明係關於一種炸藥組成物及其製造方法、以及摻雜有雜原子之奈米鑽石之製造方法。

【先前技術】

【0002】 鑽石之發光中心係奈米尺寸且化學上穩定之螢光性發色團，由於不顯示有機物之螢光體中所常見之於生物體內之分解、褪色、閃爍，故而期待作為螢光成像之探針。又，亦存在可自外部測量發光中心內所激發之電子之旋轉資訊之情形，藉此亦期待用作ODMR（光學檢測磁共振法）或量子位元。

【0003】 作為鑽石之發光中心之一種之SiV中心於發光光譜中具有稱為ZPL（零聲子等級）之陡峭波峰（非專利文獻1）。

【0004】 摻雜有矽或硼之鑽石係藉由CVD法等而製造（專利文獻1~4）。

【0005】 專利文獻5揭示一種鑽石合成用炸藥組成物，其包含一種或兩種以上之高性能炸藥與鑽石粉。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

【0006】 [專利文獻1]日本特表2014-504254

[專利文獻2]日本特開2004-176132

[專利文獻3]日本特開2018-076216

[專利文獻4]日本特開2018-012612

[專利文獻5]日本特開平2-241536

[非專利文獻]

【0007】 [非專利文獻1]E. Neu et al. APPLIED PHYSICS LETTERS 98, 243107 (2011)

【發明內容】

[發明所欲解決之課題]

【0008】 本發明之目的在於：提供一種適於製造摻雜有雜原子之奈米鑽石之炸藥組成物及其製造方法、以及摻雜有雜原子之奈米鑽石之製造方法。

[解決課題之技術手段]

【0009】 本發明提供以下炸藥組成物及其製造方法、以及摻雜有雜原子之奈米鑽石之製造方法。

項1·一種炸藥組成物，其包含至少一種炸藥與至少一種雜原子化合物，且上述雜原子化合物包含選自由B、P、Si、S、Cr、Sn、Al、Ge、Li、Na、K、Cs、Mg、Ca、Sr、Ba、Ti、Zr、V、Nb、Ta、Mo、W、Mn、Ni、Cu、Ag、Cd、Hg、Ga、In、Tl、As、Sb、Bi、Se、Te、Co、Xe、F、Y及鑷系元素所組成之群中之至少一種雜原子。

項2·如項1所記載之炸藥組成物，其中，上述炸藥包含選自由三硝基甲苯（TNT）、環三亞甲三硝胺（六素精，RDX）、環四亞甲四硝胺（八角硝胺）、三硝苯基甲硝胺（特出兒）、新戊四醇四硝酸酯（PETN）、四硝甲烷（TNM）、三胺基-三硝基苯、六硝基芪及二胺基二硝基苯并氧化呔咱（diaminodinitrobenzofuroxan）所組成之群中之至少一種。

項3·如項1或2所記載之炸藥組成物，其中，雜原子化合物為有機雜原子化

合物。

項4·如項1至3中任一項所記載之炸藥組成物，其包含80~99.9999質量%之炸藥、0.0001~20質量%之雜原子化合物。

項5·如項1至4中任一項所記載之炸藥組成物，其中，炸藥及/或雜原子化合物之粒子尺寸為10 mm以下。

項6·一種項1至5中任一項所記載之炸藥組成物之製造方法，其將炸藥與雜原子化合物以乾燥粉或熔融狀態或者使用溶劑來混合，並藉由壓製法（pressing）或鑄製法（casting）來成形。

項7·如項6所記載之炸藥組成物之製造方法，其使用粒子尺寸為10 mm以下之炸藥及/或雜原子化合物以乾燥粉或熔融狀態混合而製作炸藥組成物。

項8·一種摻雜有雜原子之奈米鑽石之製造方法，其包括使項1至5中任一項所記載之炸藥組成物於密閉容器內爆炸之步驟。

[發明之效果]

【0010】 藉由使用本發明之炸藥組成物，可獲得藉由爆轟法而摻雜有至少一種雜原子之奈米鑽石。

【圖式簡單說明】

【0011】

[圖1]係藉由使用三苯基矽醇作為矽化合物且使添加量以外加比例計為1質量%而獲得之摻雜有矽之奈米鑽石之（a）738 nm亮點成像圖像、（b）圖1（a）之亮點之螢光測定結果、（c）混酸及鹼處理後之試樣之XRD測定結果。於圖1（b）中，在750 nm附近存在螢光之旁帶（肩峰），但該旁帶亦存在視樣品而不存在之情形。

【實施方式】

【0012】 本發明之炸藥組成物包含至少一種炸藥與至少一種雜原子化合物。

【0013】 作為炸藥，並無特別限定，可廣泛地使用公知之炸藥。作為具體例，可列舉三硝基甲苯（TNT）、環三亞甲三硝胺（六素精，RDX）、環四亞甲四硝胺（八角硝胺）、三硝苯基甲硝胺（特出兒）、新戊四醇四硝酸酯（PETN）、四硝甲烷（TNM）、三胺基-三硝基苯、六硝基芪、二胺基二硝基苯并氧化吡嗪等，可將該等單獨使用，或組合兩種以上使用。

【0014】 雜原子化合物係包含至少一種雜原子（碳以外之原子）之化合物，可為有機化合物與無機化合物之任一者。

【0015】 雜原子選自由B、P、Si、S、Cr、Sn、Al、Ge、Li、Na、K、Cs、Mg、Ca、Sr、Ba、Ti、Zr、V、Nb、Ta、Mo、W、Mn、Ni、Cu、Ag、Cd、Hg、Ga、In、Tl、As、Sb、Bi、Se、Te、Co、Xe、F、Y及鑷系元素所組成之群中，較佳為選自由Si、Ge、Sn、B、P、Ni、Ti、Co、Xe、Cr、W、Ta、Zr、Ag及鑷系元素所組成之群中，進而較佳為選自由Si、Ge、Sn、B、P、Ni、Ti、Co、Xe、Cr、W、Ta、Zr、及Ag所組成之群中。

【0016】 於以下記載有具體例之雜原子化合物僅為示例，可廣泛地使用公知之雜原子化合物。

【0017】 於雜原子為矽之情形時，作為有機矽化合物，可列舉：

• 乙醯氧基三甲基矽烷、二乙醯氧基二甲基矽烷、三乙醯氧基甲基矽烷、乙醯氧基三乙基矽烷、二乙醯氧基二乙基矽烷、三乙醯氧基乙基矽烷、乙醯氧基三丙基矽烷、甲氧基三甲基矽烷、二甲氧基二甲基矽烷、三甲氧基甲基矽烷、乙氧基三甲基矽烷、二乙氧基二甲基矽烷、三乙氧基甲基矽烷、乙氧基三乙基矽烷、二乙氧基二乙基矽烷、三乙氧基乙基矽烷、三甲基苯氧基矽烷等具有低

級烷基之矽烷；

【0018】 · 三氯甲基矽烷、二氯二甲基矽烷、氯三甲基矽烷、三氯乙基矽烷、二氯二乙基矽烷、氯三乙基矽烷、三氯苯基矽烷、二氯二苯基矽烷、氯三苯基矽烷、二氯二苯基矽烷、二氯甲基苯基矽烷、二氯乙基苯基矽烷、氯二氟甲基矽烷、二氯氟甲基矽烷、氯氟二甲基矽烷、氯乙基二氟矽烷、二氯乙基氟矽烷、氯二氟丙基矽烷、二氯氟丙基矽烷、三氟甲基矽烷、二氟二甲基矽烷、氟三甲基矽烷、乙基三氟矽烷、二乙基二氟矽烷、三乙基氟矽烷、三氟丙基矽烷、氟三丙基矽烷、三氟苯基矽烷、二氟二苯基矽烷、氟三苯基矽烷、三溴甲基矽烷、二溴二甲基矽烷、溴三甲基矽烷、溴三乙基矽烷、溴三丙基矽烷、二溴二苯基矽烷、溴三苯基矽烷等具有鹵素原子之矽烷；

【0019】 · 六甲基二矽烷、六乙基二矽烷、六丙基二矽烷、六苯基二矽烷、八苯基環四矽烷等聚矽烷；

· 三乙基矽氮烷、三丙基矽氮烷、三苯基矽氮烷、六甲基二矽氮烷、六乙基二矽氮烷、六苯基二矽氮烷、六甲基環三矽氮烷、八甲基環四矽氮烷、六乙基環三矽氮烷、八乙基環四矽氮烷、六苯基環三矽氮烷等矽氮烷；

· 矽苯、二矽苯等於芳香環上組入有矽原子之芳香族矽烷；

· 三甲基矽醇、二甲基苯基矽醇、三乙基矽醇、二乙基矽二醇、三丙基矽醇、二丙基矽二醇、三苯基矽醇、二苯基矽二醇等含羥基之矽烷；

【0020】 · 四甲基矽烷、乙基三甲基矽烷、三甲基丙基矽烷、三甲基苯基矽烷、二乙基二甲基矽烷、三乙基甲基矽烷、甲基三苯基矽烷、四乙基矽烷、三乙基苯基矽烷、二乙基二苯基矽烷、乙基三苯基矽烷、四苯基矽烷等烷基或芳基取代矽烷；

· 三苯基矽基甲酸、三甲基矽基乙酸、三甲基矽基丙酸、三甲基矽基丁酸等含羧基之矽烷；

【0021】 · 六甲基二矽氧烷、六乙基二矽氧烷、六丙基二矽氧烷、六苯基二矽氧烷等矽氧烷；

· 甲基矽烷、二甲基矽烷、三甲基矽烷、二乙基矽烷、三乙基矽烷、三丙基矽烷、二苯基矽烷、三苯基矽烷等具有烷基或芳基與氫原子之矽烷；

· 肆(氫甲基)矽烷、肆(羥甲基)矽烷、肆(三甲基矽基)矽烷、肆(三甲基矽基)甲烷、肆(二甲基矽醇基)矽烷、肆(三(羥甲基)矽基)矽烷、肆(硝酸甲基)矽烷 (tetrakis(nitratomethyl)silane) 等。

【0022】 作為無機矽化合物，可列舉：氧化矽、氮氧化矽、氮化矽、碳氧化矽、碳氮化矽、矽烷、或摻雜有矽之碳材料等。作為供摻雜矽之碳材料，可列舉：石墨、碳精、活性碳、碳黑、科琴黑 (Ketjenblack)、焦炭、軟碳、硬碳、乙炔黑、碳纖維、中孔碳等。

【0023】 作為硼化合物，例如可列舉無機硼化合物、有機硼化合物等。

【0024】 作為無機硼化合物，例如可列舉：原硼酸、二氧化二硼、三氧化二硼、三氧化四硼、五氧化四硼、三溴化硼、四氟硼酸、硼酸銨、硼酸鎂等。

【0025】 作為有機硼化合物，例如可列舉：三乙基硼烷、(R)-5,5-二苯基-2-甲基-3,4-丙醇-1,3,2-噁唑硼烷 ((R)-5,5-diphenyl-2-methyl-3,4-propano-1,3,2-oxazaborolidine)、硼酸三異丙酯、2-異丙氧基-4,4,5,5-四甲基-1,3,2-二氧硼烷、雙(己烯基甘醇酸)二硼、4-(4,4,5,5-四甲基-1,3,2-二氧硼烷-2-基)-1H-吡唑、N-[4-(4,4,5,5-四甲基-1,2,3-二氧硼烷-2-基)苯基]胺基甲酸三級丁酯、苯基硼酸、3-乙醯基苯基硼酸、三氟化硼乙酸錯合物、三氟化硼環丁硼錯合物、2-噻吩硼酸、硼酸參(三甲基矽基)酯等。

【0026】 作為磷化合物，例如可列舉無機磷化合物、有機磷化合物等。作為無機磷化合物，可列舉聚磷酸銨等。

【0027】 作為有機磷化合物，可列舉：磷酸三甲酯、磷酸三乙酯、磷酸三

丙酯、磷酸三丁酯、磷酸三戊酯、磷酸三己酯、磷酸二甲酯乙酯、磷酸甲酯二丁酯、磷酸乙酯二丙酯、磷酸2-乙基己酯二(對甲苯基)酯、磷酸雙(2-乙基己基)酯對甲苯酯、磷酸三甲苯酯、磷酸二(十二基)酯對甲苯酯、磷酸參(2-丁氧基乙基)酯、磷酸三環己酯、磷酸三苯酯、磷酸乙酯二苯酯、磷酸二丁酯苯酯、磷酸苯酯雙十二酯、磷酸甲酚二苯酯、磷酸三甲酚酯、磷酸對甲苯酯雙(2,5,5'-三甲基己基)酯、磷酸甲酚-2,6-二甲苯酯、磷酸三(二甲苯)酯、磷酸羥基苯酯二苯酯、磷酸參(三級丁基苯基)酯、磷酸參(異丙基苯基)酯、磷酸2-乙基己酯二苯酯、磷酸雙(2-乙基己基)苯酯、磷酸三(壬基苯基)酯、磷酸苯酯雙新戊酯等磷酸酯；

1,3-伸苯基雙(磷酸二苯酯)、1,4-伸苯基雙(磷酸二(二甲苯)酯)、1,3-伸苯基雙(磷酸3,5,5'-三甲基己酯)、雙酚A雙(磷酸二苯酯)、4,4'-聯苯雙(磷酸二(二甲苯)酯)、1,3,5-伸苯基參(磷酸二(二甲苯)酯)等縮合磷酸酯；

亞磷酸三甲酯、亞磷酸三乙酯、亞磷酸三苯酯、亞磷酸三甲苯酯等亞磷酸酯；

1,3-伸苯基雙(亞磷酸二苯酯)、1,3-伸苯基雙(亞磷酸二(二甲苯)酯)、1,4-伸苯基雙(亞磷酸3,5,5'-三甲基己酯)、雙酚A雙(亞磷酸二苯酯)、4,4'-聯苯雙(亞磷酸二(二甲苯)酯)、1,3,5-伸苯基參(亞磷酸二(二甲苯)酯)等亞磷酸酯。

【0028】 作為鍺化合物，可列舉：甲基鍺烷、乙基鍺烷、三甲基甲醇鍺、二乙酸二甲基鍺、乙酸三丁基鍺、四甲氧基鍺、四乙氧基鍺、異丁基鍺烷、三氯化烷基鍺、三氯化二甲基胺基鍺等有機鍺化合物；硝基三苯酚鍺合物 ($\text{Ge}_2(\text{ntp})_2\text{O}$)、兒茶酚鍺合物 ($\text{Ge}(\text{cat})_2$) 或胺基苊鍺合物 ($\text{Ge}_2(\text{ap})_2\text{Cl}_2$) 等鍺鍺合物；乙醇鍺、四丁醇鍺等烷醇鍺。

【0029】 作為錫化合物，例如可列舉：氧化錫(II)、氧化錫(IV)、硫化錫(II)、硫化錫(IV)、氯化錫(II)、氯化錫(IV)、溴化錫(II)、氟化錫(II)、乙酸錫、硫酸錫等無機錫化合物；四甲基錫之類之烷基錫化合物、氧化單丁基

錫之類之氧化單烷基錫化合物、氧化二丁基錫之類之氧化二烷基錫化合物、四苯基錫之類之芳基錫化合物、馬來酸二甲基錫、羥基丁基錫氧化物、參(2-乙基己酸)單丁基錫等有機錫化合物等。

【0030】 作為鎳化合物，例如可列舉：氯化鎳(II)、溴化鎳(II)、碘化鎳(II)等二價鹵化鎳、乙酸鎳(II)、碳酸鎳(II)等無機鎳化合物；雙(乙基乙醯乙酸)鎳、雙(乙醯丙酮)鎳(bis(acetylacetonato)nickel)等有機鎳化合物等。

【0031】 作為鈦化合物，例如可列舉：二氧化鈦、氮化鈦、鈦酸鋇、鈦酸鉛、鈦酸鋇、鈦酸鉀等無機鈦化合物；四乙氧基鈦、四異丙氧基鈦、四丁氧基鈦等四烷氧基鈦；鈦酸四乙二醇、鈦酸二正丁基雙(三乙醇胺)、雙(乙醯丙酮)酸二異丙氧基鈦、辛酸異丙氧基鈦、三甲基丙烯酸異丙基鈦、三丙烯酸異丙基鈦、三(異硬脂醯基)鈦酸異丙酯(isopropyl triisostearoyl titanate)、三(癸基苯磺醯基)鈦酸異丙酯、參(丁基甲基焦磷酸基)鈦酸異丙酯、四異丙基二(二月桂基亞磷酸基)鈦酸酯、二甲基丙烯酸醯氧基乙酸鈦酸酯、二丙烯酸醯氧基乙酸鈦酸酯、二(二辛基磷酸基)鈦酸乙二酯、三(二辛基磷酸)異丙氧基鈦、參(二辛基焦磷酸基)鈦酸異丙酯、四異丙基雙(二辛基亞磷酸基)鈦酸酯、四辛基雙(二(十三基)亞磷酸基)鈦酸酯、四(2,2-二烯丙氧基甲基-1-丁基)雙(二(十三基)亞磷酸基)鈦酸酯、雙(二辛基焦磷酸基)氧乙酸鈦酸酯(bis(dioctyl pyrophosphate)oxyacetate titanate)、參(二辛基焦磷酸基)鈦酸乙二酯、三(正十二基苯磺醯基)鈦酸異丙酯、三辛醯基鈦酸異丙酯、二甲基丙烯酸醯基異硬脂醯基鈦酸異丙酯、異硬脂醯基二丙烯酸醯基鈦酸異丙酯、三(二辛基磷酸基)鈦酸異丙酯、三(異丙苯基苯基)鈦酸異丙酯、三(N-胺基乙基-胺基乙基)鈦酸異丙酯等有機鈦化合物等。

【0032】 作為鈷化合物，例如可列舉：鈷無機酸鹽、鈷鹵化物、氧化鈷、氫氧化鈷、八羰基二鈷、四羰基氫鈷、十二羰基四鈷、次烷基九羰基三鈷等無機鈷化合物；參(乙基乙醯乙酸)鈷、參(乙醯丙酮)鈷、鈷之有機酸鹽(例如乙酸

鹽、丙酸鹽、氰酸鹽、環烷酸鹽、硬脂酸鹽；甲磺酸鹽、乙磺酸鹽、辛磺酸鹽、十二烷磺酸鹽等烷基磺酸鹽（例如C₆₋₁₈烷基磺酸鹽）；苯磺酸鹽、對甲苯磺酸鹽、萘磺酸鹽、癸基苯磺酸鹽、十二基苯磺酸鹽等可經烷基取代之芳基磺酸鹽（例如C₆₋₁₈烷基-芳基磺酸鹽）、有機鈷錯合物等。作為構成錯合物之配位子，可列舉：OH（氫氧基）、烷氧基（甲氧基、乙氧基、丙氧基、丁氧基等）、醯基（乙醯基、丙醯基等）、烷氧基羰基（甲氧基羰基、乙氧基羰基等）、乙醯丙酮根（acetylacetonato）、環戊二烯基、鹵素原子（氯、溴等）、CO、CN、氧原子、H₂O（水合）、膦（三苯基膦等三芳基膦等）之磷化合物、NH₃（氨合物（ammine））、NO、NO₂（硝基）、NO₃（硝酸基）、乙二胺、二仲乙基三胺、吡啶、啡啉等含氮之化合物等。

【0033】 作為氙化合物，例如可列舉：XeF₂、XeF₄、XeF₆、XeOF₂、XeOF₄、XeO₂F₄等氟化物；XeO₃、XeO₄等氧化物；氙酸Xe(OH)₆與其鹽Ba₃XeO₆等；高氙酸(perxenic acid)H₄XeO₆與其鹽Na₄XeO₆；與金屬羰基化合物之錯合物M(CO)₅Xe（M=Cr、Mo、W）、水合物等。

【0034】 作為鉻化合物，例如可列舉：乙醯丙酮鉻等乙醯丙酮鉻錯合物、異丙醇鉻（III）等烷醇鉻、乙酸鉻（II）、二乙酸羥基鉻（III）等有機酸鉻、參(烯丙基)鉻、參(甲基烯丙基)鉻、參(巴豆基)鉻、雙(環戊二烯基)鉻（即二茂鉻）、雙(五甲基環戊二烯基)鉻（即十甲基二茂鉻）、雙(苯)鉻、雙(乙基苯)鉻、雙(1,3,5-三甲苯)鉻、雙(戊二烯基)鉻、雙(2,4-二甲基戊二烯基)鉻、雙(烯丙基)三羰基鉻、(環戊二烯基)(戊二烯基)鉻、四(1-降莖基)鉻、(三亞甲基甲烷)四羰基鉻、雙(丁二烯)二羰基鉻、(丁二烯)四羰基鉻、及雙(環辛四烯)鉻等有機鉻化合物。

【0035】 作為鎢化合物，例如可列舉：三氧化鎢、鎢酸銨、鎢酸鈉等無機鎢化合物、乙基氧硼基亞乙基配位子等硼原子配位鎢錯合物；羰基配位子或環戊二烯基配位子、烷基配位子、烯烴系配位子等碳原子配位鎢錯合物；吡啶配

位子、乙腈配位子等氮原子配位鎢錯合物；配位有磷配位子、亞磷酸酯配位子等之磷原子配位鎢錯合物；配位有二乙基二硫代胺基甲酸酯配位子等之硫原子配位鎢錯合物等有機鎢化合物等。

【0036】 作為鈇化合物，例如可列舉：硝酸鈇、硫酸鈇、氟化鈇、氯化鈇、溴化鈇、碘化鈇等無機鈇化合物；三甲基鈇、三乙基鈇、三異丁基鈇等三烷基鈇、鹵化二烷基鈇、烯基二烷基鈇、炔基二烷基鈇、三苯基鈇、三甲苯基鈇等芳基鈇、鹵化二芳基鈇、2-乙基己酸鈇、丙二酸鈇、甲酸鈇、乙醇鈇、乙醯丙酮鈇等有機鈇化合物。

【0037】 作為鋳化合物，例如可列舉：硝酸鋳、硫酸鋳、碳酸鋳、氫氧化鋳、氟化鋳、氯化鋳、溴化鋳、碘化鋳等無機鋳化合物；正丙醇鋳、正丁醇鋳、三級丁醇鋳、異丙醇鋳、乙醇鋳、乙酸鋳、乙醯丙酮鋳、乙醯丙酮丁醇鋳、雙乙醯丙酮鋳、乙醯乙酸乙基鋳、乙醯丙酮鋳雙(乙醯乙酸乙酯)、六氟乙醯丙酮鋳、三氟乙醯丙酮鋳等有機鋳化合物等。

【0038】 作為銀化合物，例如可列舉：乙酸銀、三甲基乙酸銀、三氟甲磺酸銀、苯甲酸銀等有機銀化合物；硝酸銀、氟化銀、氯化銀、溴化銀、碘化銀、硫酸銀、氧化銀、硫化銀、四氟硼酸銀、六氟磷酸銀(AgPF_6)、六氟錒酸銀(AgSbF_6)等無機銀化合物等。

【0039】 作為鋁化合物，例如可列舉：氧化鋁等無機鋁化合物、三甲氧基鋁、三乙氧基鋁、異丙氧基鋁、異丙氧基二乙氧基鋁、三丁氧基鋁等烷氧基化合物；三乙醯氧基鋁、三硬脂酸鋁、三丁酸鋁等醯氧基化合物；異丙醇鋁、二級丁醇鋁、三級丁醇鋁、參(乙基乙醯乙酸)鋁、參(六氟乙醯丙酮)鋁、參(乙基乙醯乙酸)鋁、參(正丙基乙醯乙酸)鋁、參(異丙基乙醯乙酸)鋁、參(正丁基乙醯乙酸)鋁、參水楊醛鋁、參(2-乙氧基羰基酚基)鋁、參(乙醯丙酮)鋁、三甲基鋁、三乙基鋁、三異丁基鋁等三烷基鋁、鹵化二烷基鋁、烯基二烷基鋁、炔基二烷基

鋁、三苯基鋁、三甲苯基鋁等芳基鋁、鹵化二芳基鋁等有機鋁化合物等。

【0040】 作為釩化合物，例如可列舉：釩酸及偏釩酸、以及該等之鹼金屬鹽無機釩化合物、三乙氧基氧釩、五乙氧基釩、三戊氧基氧釩 (triampyloxy vanadyl)、三異丙氧基氧釩等烷氧化物；雙乙醯丙酮氧釩、乙醯丙酮釩、乙醯丙酮氧釩、乙醯丙酮氧基釩等乙醯丙酮鹽；硬脂酸釩、三甲基乙酸釩、乙酸釩等有機釩化合物。

【0041】 作為鈮化合物，例如可列舉：五氯化鈮、五氟化鈮等鹵化物；硫酸鈮、鈮酸、鈮酸鹽等無機鈮化合物；鈮烷氧化物等有機鈮化合物等。

【0042】 作為鉭化合物，例如可列舉：TaCl₅、TaF₅等無機鉭化合物；Ta(OC₂H₅)₅、Ta(OCH₃)₅、Ta(OC₃H₇)₅、Ta(OC₄H₉)₅、(C₅H₅)₂TaH₃、Ta(N(CH₃)₂)₅等有機鉭化合物等。

【0043】 作為鉬化合物，例如可列舉：三氧化鉬、鉬酸鉍、鉬酸鎂、鉬酸鈣、鉬酸鋇、鉬酸鈉、鉬酸鉀、磷鉬酸、磷鉬酸鉍、磷鉬酸鈉、矽鉬酸、二硫化鉬、二硒化鉬、二碲化鉬、硼化鉬、二矽化鉬、氮化鉬、碳化鉬等無機鉬化合物；二烷基二硫代磷酸鉬、二烷基二硫代胺基甲酸鉬等有機鉬化合物。

【0044】 作為錳化合物，例如可列舉：錳之氫氧化物、硝酸鹽、乙酸鹽、硫酸鹽、氯化物及碳酸鹽等無機錳化合物；包含草酸錳、乙醯丙酮錳化合物、或甲醇錳、乙醇錳、丁醇錳等烷醇錳之有機錳化合物。

【0045】 作為銅化合物，例如可列舉：草酸銅、硬脂酸銅、甲酸銅、酒石酸銅、油酸銅、乙酸銅、葡萄糖酸銅、水楊酸銅等有機銅化合物；碳酸銅、氯化銅、溴化銅、碘化銅、磷酸銅、菱水鎂鋁石、碳鎂銻、輝橄岩等天然礦物等無機銅化合物。

【0046】 作為鎘化合物，例如可列舉：氟化鎘、氯化鎘、溴化鎘、碘化鎘、氧化鎘、碳酸鎘等無機鎘化合物；鄰苯二甲酸鎘、萘二甲酸鎘等有機鎘化合物。

【0047】 作為汞化合物，例如可列舉：氯化汞、硫酸汞、硝酸汞等無機汞化合物；甲基汞、氯化甲基汞、乙基汞、氯化乙基汞、乙酸苯基汞、乙汞硫柳酸鈉、對氯苯甲酸汞、乙酸汞螢光素等有機汞化合物。

【0048】 作為鎘化合物，例如可列舉：四苯基鎘、肆(3,4,5-三氟苯基)鎘等有機鎘化合物；含氧酸鎘、鹵化鎘、氫氧化鎘、氰化鎘等無機鎘化合物。

【0049】 作為銻化合物，例如可列舉：三乙氧基銻、2-乙基己酸銻、乙醯丙酮銻等有機銻化合物；氰化銻、硝酸銻、硫酸銻、碳酸銻、氟化銻、氯化銻、溴化銻、碘化銻等無機銻化合物。

【0050】 作為砷化合物，例如可列舉：三氧化二砷、五氧化二砷、三氯化砷、五氯化砷、亞砷酸、砷酸、及作為其等之鹽之亞砷酸鈉、亞砷酸銨、亞砷酸鉀、砷酸銨、砷酸鉀等無機砷化合物；卡可基酸、苯胂酸、二苯胂酸、對羥基苯胂酸、對胺基苯胂酸、及作為其等之鹽之卡可基酸鈉、卡可基酸鉀等有機砷化合物。

【0051】 作為銻化合物，例如可列舉：氧化銻、磷酸銻、 KSb(OH) 、 NH_4SbF_6 等無機銻化合物；與有機酸之銻酯、環狀烷基亞銻酸酯、三苯基銻等有機銻化合物。

【0052】 作為鉍化合物，例如可列舉：三苯基鉍、2-乙基己酸鉍、乙醯丙酮鉍等有機鉍化合物；硝酸鉍、硫酸鉍、乙酸鉍、氫氧化鉍、氟化鉍、氯化鉍、溴化鉍、碘化鉍等無機鉍化合物。

【0053】 作為硒化合物，例如可列舉：硒代甲硫胺酸、硒代半胱胺酸、硒代胱胺酸等有機硒化合物；包含硒酸鉀等鹼金屬硒酸鹽、亞硒酸鈉等鹼金屬亞硒酸鹽之無機硒化合物。

【0054】 作為碲化合物，例如可列舉：碲酸及其鹽、氧化碲、氯化碲、溴化碲、碘化碲及烷醇碲。

【0055】 作為鎂化合物，例如可列舉：乙醯乙酸乙基鎂單異丙酯、雙(乙基乙醯乙酸)鎂、乙醯乙酸烷基鎂單異丙酯、雙(乙醯丙酮)鎂等有機鎂化合物；氧化鎂、硫酸鎂、硝酸鎂、氯化鎂等無機鎂化合物。

【0056】 作為鈣化合物，例如可列舉：2-乙基己酸鈣、乙醇鈣、甲醇鈣、甲氧基乙醇鈣、乙醯丙酮鈣等有機鈣化合物；硝酸鈣、硫酸鈣、碳酸鈣、磷酸鈣、氫氧化鈣、氰化鈣、氟化鈣、氯化鈣、溴化鈣、碘化鈣等無機鈣化合物。

【0057】 雜原子為Li、Na、K、Cs、S、Sr、Ba、F、Y、鏷系元素之雜原子化合物可使用公知之有機或無機化合物。

【0058】 雜原子化合物可單獨使用一種，亦可併用兩種以上。

【0059】 包含至少一種炸藥與至少一種雜原子化合物之炸藥組成物中之炸藥之比率較佳為80~99.9999質量%，更佳為85~99.999質量%，進而較佳為90~99.99質量%，尤佳為95~99.9質量%，雜原子化合物之比率較佳為0.0001~20質量%，更佳為0.001~15質量%，進而較佳為0.01~10質量%，尤佳為0.1~5質量%。又，包含炸藥與雜原子化合物之炸藥組成物中之雜原子含量較佳為0.000005~10質量%，更佳為0.00001~8質量%，進而較佳為0.0001~5質量%，尤佳為0.001~3質量%，最佳為0.01~1質量%。

【0060】 至少一種炸藥與至少一種雜原子化合物之混合於兩者為固體之情形時可進行粉體混合，亦可進行熔融，亦可溶解或分散於適當之溶劑而混合。混合可藉由攪拌、珠磨、超音波等來進行。

【0061】 於較佳之一實施形態中，包含至少一種炸藥與至少一種雜原子化合物之炸藥組成物進而包含至少一種冷卻介質。冷卻介質可為固體、液體、氣體之任一種。作為使用冷卻介質之方法，可列舉將包含炸藥與雜原子化合物之炸藥組成物於冷卻介質中起爆之方法。作為冷卻介質，可列舉不活性氣體（氮氣、氬氣、CO）、水、冰、液態氮、含雜原子之鹽之水溶液、結晶水合物等。作

為含雜原子之鹽，於雜原子為矽之情形時，可列舉六氟矽酸銨、矽酸銨、矽酸四甲基銨等。冷卻介質例如於水或冰之情形時，較佳為相對於炸藥重量使用5倍左右。

【0062】 於本發明之一個較佳之實施形態中，包含至少一種炸藥與至少一種雜原子化合物之炸藥組成物因炸藥的爆炸所生成之高壓高溫條件下之衝擊波受到壓縮而轉化成摻雜有雜原子之奈米鑽石（爆轟法）。於炸藥爆炸時，至少一種雜原子被組入至鑽石晶格。摻雜有雜原子之奈米鑽石之碳源可能為炸藥與有機雜原子化合物，但於包含炸藥與至少一種雜原子化合物之炸藥組成物進而包含不含雜原子之碳材料之情形時，該碳材料亦可能成為摻雜有雜原子之奈米鑽石之碳源。

【0063】 使用本發明之炸藥組成物所製造之摻雜有雜原子之奈米鑽石包含雜原子V（空位）中心，藉此具有螢光發光波峰。螢光發光波峰之波長於雜原子包含矽之情形時，較佳為720~770 nm，更佳為730~760 nm，於雜原子包含鍺之情形時，較佳為580~630 nm，更佳為590~620 nm，於雜原子包含錫之情形時，較佳為590~650 nm，更佳為600~640 nm。於本發明之更佳之一實施形態中，第14族元素為Si之奈米鑽石之螢光發光波峰包含稱為ZPL（零聲子等級）之約738 nm之陡峭波峰。

【0064】 使用本發明之炸藥組成物所製造之摻雜有雜原子之奈米鑽石中之雜原子V中心的濃度較佳為 $1 \times 10^{10}/\text{cm}^3$ 以上，更佳為 $2 \times 10^{10} \sim 1 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ 。推測雜原子V中心之濃度可藉由利用例如共焦點雷射顯微鏡、或螢光吸光分光裝置特定出。再者，藉由螢光吸光分析來確定雜原子V中心之濃度時可參照文獻（DOI 10.1002/pssa.201532174）。

【0065】 使用本發明之炸藥組成物所製造之摻雜有雜原子之奈米鑽石之BET比表面積較佳為20~900 m^2/g ，更佳為25~800 m^2/g ，進而較佳為30~700

m^2/g ，尤佳為 $35\sim 600 \text{ m}^2/\text{g}$ 。BET比表面積可藉由氮吸附進行測定。BET比表面積之測定裝置例如可列舉BELSORP-miniII（MicrotracBEL股份有限公司製造），BET比表面積例如可於以下條件進行測定。

- 測定粉末量：40 mg
- 預乾燥：以 120°C 於真空下處理3小時
- 測定溫度： -196°C （液態氮溫度）

使用本發明之炸藥組成物所製造之摻雜有雜原子之奈米鑽石之一次粒子之平均尺寸較佳為 $2\sim 70 \text{ nm}$ ，更佳為 $2.5\sim 60 \text{ nm}$ ，進而較佳為 $3\sim 55 \text{ nm}$ ，尤佳為 $3.5\sim 50 \text{ nm}$ 。一次粒子之平均尺寸可根據粉末X射線繞射法（XRD）之分析結果藉由謝樂之式而求出。XRD之測定裝置例如可列舉全自動多功能X射線繞射裝置（Rigaku股份有限公司製造）。

【0066】 使用本發明之炸藥組成物所製造之摻雜有雜原子之奈米鑽石之碳含量較佳為 $70\sim 99$ 質量%，更佳為 $75\sim 98$ 質量%，進而較佳為 $80\sim 97$ 質量%。

【0067】 使用本發明之炸藥組成物所製造之摻雜有雜原子之奈米鑽石之氫含量較佳為 $0.1\sim 5$ 質量%，更佳為 $0.2\sim 4.5$ 質量%，進而較佳為 $0.3\sim 4.0$ 質量%。

【0068】 使用本發明之炸藥組成物所製造之摻雜有雜原子之奈米鑽石之氮含量較佳為 $0.1\sim 5$ 質量%，更佳為 $0.2\sim 4.5$ 質量%，進而較佳為 $0.3\sim 4.0$ 質量%。

【0069】 摻雜有雜原子之奈米鑽石之碳、氫、氮之含量可藉由元素分析進行測定。

【0070】 使用本發明之炸藥組成物所製造之摻雜有雜原子之奈米鑽石之雜原子含量較佳為 $0.0001\sim 10.0$ 質量%，更佳為 $0.0001\sim 5.0$ 質量%，進而較佳為 $0.0001\sim 1.0$ 質量%。雜原子含量例如可藉由感應耦合電漿發光分析法（ICP-AES）、XRF、二次離子質譜法（SIMS）進行測定，摻雜有雜原子之奈米鑽石可於鹼熔後，以酸性溶液之形式進行定量。

【0071】 於本發明之較佳之一實施形態中，使用本發明之炸藥組成物所製造之摻雜有雜原子之奈米鑽石可藉由拉曼光譜法於拉曼位移之圖中特定出鑽石、石墨、表面羥基（OH）、表面羰基（CO）之特徵性波峰。拉曼位移圖中之鑽石之特徵性波峰為 $1100\sim 1400\text{ cm}^{-1}$ ，石墨之特徵性波峰為 $1450\sim 1700\text{ cm}^{-1}$ ，表面羥基（OH）之特徵性波峰為 $1500\sim 1750\text{ cm}^{-1}$ ，表面羰基（CO）之特徵性波峰為 $1650\sim 1800\text{ cm}^{-1}$ 。鑽石、石墨、表面羥基（OH）、表面羰基（CO）之特徵性波峰之面積係藉由拉曼光譜裝置而示出。拉曼光源之雷射波長例如為 325 nm 或 488 nm 。作為拉曼光譜裝置，可使用共焦點顯微拉曼光譜裝置（例如，商品名：顯微雷射拉曼分光光度計LabRAM HR Evolution，堀場製作所股份有限公司製造）。

【0072】 於本發明之較佳之一實施形態中，在使用本發明之炸藥組成物所製造之摻雜有雜原子之奈米鑽石中，鑽石之波峰面積（D）與石墨之波峰面積（G）的比（D/G）較佳為 $0.2\sim 9$ ，更佳為 $0.3\sim 8$ ，進而較佳為 $0.5\sim 7$ 。

【0073】 於本發明之較佳之一實施形態中，使用本發明之炸藥組成物所製造之摻雜有雜原子之奈米鑽石之表面羥基（OH）之波峰面積（H）與鑽石之波峰面積（D）的比（H/D）較佳為 $0.1\sim 5$ ，更佳為 $0.1\sim 4.0$ ，進而較佳為 $0.1\sim 3.0$ 。

【0074】 於本發明之較佳之一實施形態中，使用本發明之炸藥組成物所製造之摻雜有雜原子之奈米鑽石之表面羰基（CO）之波峰面積（C）與鑽石之波峰面積（D）的比（C/D）較佳為 $0.01\sim 1.5$ ，更佳為 $0.03\sim 1.2$ ，進而較佳為 $0.05\sim 1.0$ 。

【0075】 作為奈米鑽石之拉曼分析方法，可參照文獻（例如Vadym N. Mochalin et al., NATURE NANOTECHNOLOGY, 7 (2012)11-23，尤其是圖3）。

【0076】 於本發明之另一較佳之實施形態中，亦可於使用本發明之炸藥組成物所製造之摻雜有雜原子之奈米鑽石之表面具有至少一種氧官能基終端及/或

至少一種氫終端。作為氧官能基末端，可列舉OH、COOH、CONH₂、C=O、CHO等，較佳為OH、C=O、COOH。作為氫終端，可列舉碳數1~20之烷基。

【0077】 藉由在摻雜有雜原子之奈米鑽石之表面存在至少一種氧官能基終端，奈米鑽石粒子之凝集得到抑制，故而較佳。藉由在摻雜有雜原子之奈米鑽石之表面存在至少一種氫終端， ζ 電位變為正，於酸性水溶液中穩定且高度分散，故而較佳。

【0078】 於本發明之另一較佳之實施形態中，使用本發明之炸藥組成物所製造之摻雜有雜原子之奈米鑽石亦可具有核殼結構。核殼結構之摻雜有雜原子之奈米鑽石之核係摻雜有雜原子之奈米鑽石粒子。該核較佳為具有SiV中心並發出螢光者。殼為非鑽石被覆層，可包含sp²碳，較佳為進而含有氧原子。殼亦可為石墨層。殼之厚度較佳為5 nm以下，更佳為3 nm以下，進而較佳為1 nm以下。殼亦可於表面具有親水性官能基。

【0079】 摻雜有雜原子之奈米鑽石較佳為可使用本發明之炸藥組成物藉由爆轟法而製造。摻雜有雜原子之奈米鑽石之形狀較佳為球狀、橢球狀或接近其等之多面體狀。

【0080】 於本說明書中，所謂圓度係指用以表示繪製成圖像等之圖形之複雜性之數值。圓度係將最大值設為1，圖形越複雜數值變得越小。圓度例如可藉由圖像解析軟體（例如winROOF）對摻雜有矽之奈米鑽石之TEM圖像進行解析，並藉由下述式而求出。

$$\text{圓度} = 4\pi \times (\text{面積}) \div (\text{周長})^2$$

例如於半徑10之真圓之情形時，成為「 $4\pi \times (10 \times 10 \times \pi) \div (10 \times 2 \times \pi)^2$ 」之計算式，圓度成為1（最大值）之結果。即，對於圓度而言，真圓為最不複雜之圖形。使用本發明之炸藥組成物所製造之摻雜有雜原子之奈米鑽石之圓度較佳為0.2以上，更佳為0.3以上，進而較佳為0.35以上。

【0081】 於本發明之較佳之一實施形態中，使用本發明之炸藥組成物所製造的摻雜有雜原子之奈米鑽石粒子之中心具有包含sp³碳與所摻雜之雜原子的鑽石結構，其表面被由sp²碳所構成之非晶層所覆蓋。於進而較佳之實施形態中，非晶層之外側亦可被氧化石墨層所覆蓋。又，亦可於非晶層與氧化石墨層之間形成水合層。

【0082】 於本發明之較佳之一實施形態中，使用本發明之炸藥組成物所製造之摻雜有雜原子之奈米鑽石具有正或負之 ζ 電位。摻雜有雜原子之奈米鑽石之 ζ 電位較佳為-70~70 mV，更佳為-60~30 mV。

【0083】 摻雜有雜原子之奈米鑽石係藉由包括以下步驟之製造方法而製造：將包含至少一種炸藥與至少一種雜原子化合物之炸藥組成物混合之步驟；使所獲得之炸藥組成物於密閉容器內爆炸之步驟。作為容器，可列舉金屬製容器、合成樹脂製容器。炸藥與雜原子化合物較佳為藉由壓製法（pressing）、鑄製法（casting）來成形。作為用以製造炸藥與雜原子化合物之粒子（乾燥粉體）之方法，可列舉：晶析法、破碎法、噴霧閃蒸法（spray flash evaporation）。於藉由壓製法或鑄製法來將炸藥組成物成形之情形時，將炸藥與雜原子化合物以乾燥粉或熔融狀態或者使用溶劑來混合。炸藥與雜原子化合物之混合時之狀態可為以下四種之任一組成：

- 炸藥（乾燥粉）與雜原子化合物（乾燥粉）
- 炸藥（乾燥粉）與雜原子化合物（熔融狀態）
- 炸藥（熔融狀態）與雜原子化合物（乾燥粉）
- 炸藥（熔融狀態）與雜原子化合物（熔融狀態）

炸藥與雜原子化合物之混合可於溶劑之存在下或不存在下之任一狀態下進行，且可於混合後藉由壓製法或鑄製法來成形。

【0084】 炸藥與雜原子化合物之平均粒徑分別較佳為10 μm以下，更佳為

5 mm以下，進而較佳為1 mm以下。再者，該等平均粒徑可藉由雷射繞射散射法、光學顯微鏡、拉曼法進行測定。藉由爆炸所獲得之產物可進而供於純化步驟、後處理步驟。純化步驟可包括混酸處理、鹼處理之一者或兩者。較佳之純化步驟為混酸處理步驟。

【0085】 若使包含至少一種炸藥與至少一種雜原子化合物之炸藥組成物於密閉容器內爆炸，則除了摻雜有雜原子之奈米鑽石以外，亦生成石墨、金屬雜質、雜原子單質、雜原子氧化物等。石墨與金屬雜質可藉由混酸處理來去除，雜原子單質與雜原子氧化物可藉由鹼處理來去除。

【0086】 混酸可列舉濃硫酸與濃硝酸之混酸，較佳可列舉濃硫酸：濃硝酸=1：1（體積比）之混酸。混酸處理之溫度為50~200°C，混酸處理之時間為0.5~24小時。

【0087】 作為鹼，可列舉氫氧化鈉、氫氧化鉀等鹼金屬氫氧化物。鹼處理之溫度為30~150°C，鹼處理之時間為0.5~24小時。

【0088】 後處理步驟可包括退火、氣相氧化。藉由退火處理，摻雜有雜原子之奈米鑽石中之所摻雜之雜原子與空缺（Vacancy）相遇，可形成雜原子V中心。又，藉由氣相氧化，可使形成於摻雜有雜原子之奈米鑽石之表面之石墨層變薄或將其去除。亦可於退火前進行空位形成步驟，但該步驟為任意步驟。空位形成步驟係藉由照射離子束或電子束來進行。即便不進行空位形成步驟，亦藉由退火而形成雜原子V中心，但藉由於進行空位形成步驟後進行退火，可形成更多之雜原子V中心。關於藉由離子束照射或電子束照射而導入之空位密度，其上限雖受到會破壞鑽石之濃度（ $> 1 \times 10^{21}/\text{cm}^3$ 之空位濃度）所限定，但下限例如為 $1 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ 以上，進而為 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 以上。離子束較佳為氫（H）或氦（He）之離子束。例如氫離子束之能量較佳為10~1500 keV，氦離子束之能量較佳為20~2000 keV。電子束之能量較佳為500~5000 keV。

【0089】 退火之溫度較佳為800°C以上，退火時間為30分鐘以上。

【0090】 氣相氧化可於大氣環境下進行，氣相氧化溫度較佳為300°C以上，氣相氧化時間為2小時以上。

【0091】 於本發明之一個較佳之實施形態中，包含至少一種炸藥與至少一種雜原子化合物之炸藥組成物因炸藥的爆炸所生成之高壓高溫條件下之衝擊波受到壓縮而轉化成鑽石（爆轟法）。於炸藥爆炸時，雜原子被組入至鑽石晶格。奈米鑽石之碳源可能為炸藥與有機雜原子化合物，但於包含炸藥與雜原子化合物之炸藥組成物進而包含不含雜原子之碳材料之情形時，該碳材料亦可能成為摻雜有雜原子之奈米鑽石之碳源。

[實施例]

【0092】 以下，藉由實施例來更具體地說明本發明，但本發明並不受該等實施例限定。

實施例1~6

使用TNT作為炸藥，使用相對於TNT 1莫耳為表1所示之莫耳數之表1所示之摻雜劑作為雜原子為矽之化合物，於表1所示之溫度（K）及壓力（GPa）條件下依據常規方法藉由爆轟法來製造摻雜有矽之奈米鑽石，如此可獲得以表1所示之比率摻雜有矽之奈米鑽石。

【0093】 將用於摻雜矽之摻雜劑分子（雜原子化合物）1~6之名稱與結構式示於以下。

摻雜劑分子1：矽漆（silline）

摻雜劑分子2：四甲基矽烷（SiMe₄）

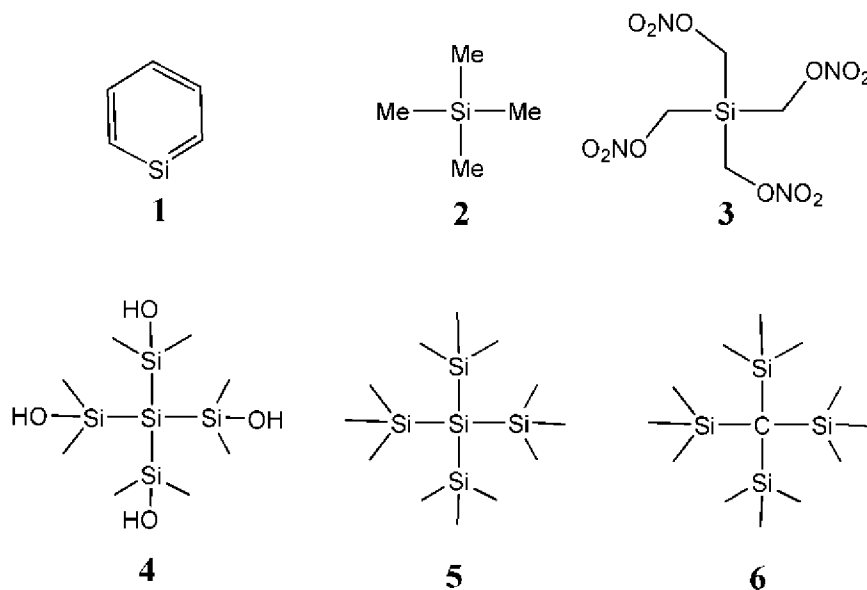
摻雜劑分子3：肆(硝酸甲基)矽烷（SiPETN）

摻雜劑分子4：肆(二甲基矽醇基)矽烷（Si(SiMe₂OH)₄）

摻雜劑分子5：肆(三甲基矽基)矽烷（Si(SiMe₃)₄）

摻雜劑分子6：肆(三甲基矽基)甲烷 ($C(SiMe_3)_4$)

【0094】



【0095】 [表1]

實施例	摻雜劑分子	所使用之摻雜劑分子相對於 TNT288 分子之比率	溫度 [K]	壓力 [GPa]	(Si 原子/C 原子) × 100 (%)
1	Silline	56/288 = 0.19	3521	33	3.2
2	SiMe ₄	60/288 = 0.21	3525	34	2.3
3	SiPETN	48/288 = 0.17	3508	29	3.1
4	Si(SiMe ₂ OH) ₄	60/288 = 0.21	3528	33	32.3
5	Si(SiMe ₃) ₄	60/288 = 0.21	3518	31	36.0
6	C(SiMe ₃) ₄	60/288 = 0.21	3518	30	22.7

【0096】 自表1可知，根據本發明，明確得知可獲得導入有大量矽原子之奈米鑽石。

【0097】 實施例7

向包含三硝基甲苯 (TNT) 與環三亞甲三硝胺 (RDX) 之炸藥100質量份分別添加10質量份、1質量份或0.1質量份之三苯基矽醇作為矽化合物而獲得炸藥組成物，使用該炸藥組成物約60 g，依據製造奈米鑽石之常規方法而製造摻雜有矽之奈米鑽石。對於所獲得之摻雜有矽之奈米鑽石進行以下處理。再者，炸藥中之三苯基矽醇之添加量為10質量%、1質量%或0.1質量%。

(i) 混酸處理

向濃硫酸：濃硝酸 = 11 : 1 (重量比) 之混酸 2800 g 加入爆轟試驗中所獲得之奈米鑽石 15 g，攪拌並同時以 150°C 處理 10 小時。

(ii) 鹼處理

向 8 N 之氫氧化鈉水溶液 100 mL 加入經混酸處理之奈米鑽石 1 g，攪拌並同時以 100°C 處理 10 小時。

(iii) 退火

將鹼處理後之奈米鑽石於真空環境下以 800°C 退火 30 分鐘。

(iv) 氣相氧化

藉由將經退火之奈米鑽石於大氣環境下以 300°C 進行 2 小時氣相氧化處理，而獲得本發明之摻雜有矽之奈米鑽石。

(v) 螢光分析

將氣相氧化中所獲得的本發明之摻雜有矽之奈米鑽石之 10 w/v% 之水懸濁液滴加至玻璃基板上，使其乾燥而製作評價樣品。使用顯微拉曼光譜裝置 (商品名：顯微雷射拉曼分光光度計 LabRAM HR Evolution，堀場製作所股份有限公司製造) 對所獲得之評價樣品進行高速映射，進行 738 nm 亮點成像。將藉由使用三苯基矽醇作為矽化合物且使添加量以外加比例計為 1 質量% 而獲得之摻雜有矽之奈米鑽石的 738 nm 亮點成像圖像示於圖 1 (a)。將圖 1 (a) 之亮點之螢光光譜示於圖 1 (b)。可確認 SiV 中心之零聲子線 (螢光波峰)。所獲得之摻雜有矽之奈米鑽石之 Si 含量於炸藥中之三苯基矽醇之添加量為 10 質量% 時為 3.2 質量%，於為 1 質量% 時為 0.15 質量%，於為 0.1 質量% 時為 0.03 質量%。

自圖 1 (b) 確認到，本發明之摻雜有矽之奈米鑽石具有源自 SV 中心之 738 nm 之螢光。進而，將所獲得之摻雜有矽之奈米鑽石之藉由 XRD 所測得之一次粒子之平均尺寸、BET 比表面積示於以下表 2。

【0098】 [表2]

炸藥中之三苯基矽醇之添加量	BET 比表面積 (m ² /g)	一次粒子之平均尺寸 (nm)
10 質量%	213	7.9
1 質量%	232	7.2
0.1 質量%	254	6.9

【0099】 · BET比表面積之測定

裝置：BELSORP-miniII (MicrotracBEL股份有限公司製造)

測定粉末量：40 mg

預乾燥：以120°C於真空下處理3小時

測定溫度：-196°C (液態氮溫度)

· 一次粒子之平均尺寸之測定 (粉末X射線繞射法 (XRD))

裝置：全自動多功能X射線繞射裝置 (Rigaku股份有限公司製造)

· Si導入量之測定法 (XRF)

裝置：螢光X射線分析裝置ZSX Primus IV, Rigaku股份有限公司製造

【0100】 實施例8

使用苯基硼酸1質量份代替實施例7之三苯基矽醇1質量份，除此之外，與實施例7同樣地獲得摻雜有硼之奈米鑽石。

【0101】 實施例9

使用三苯基磷1質量份代替實施例7之三苯基矽醇1質量份，除此之外，與實施例7同樣地獲得摻雜有磷之奈米鑽石。

【0102】 實施例10

使用雙(乙醯丙酮)鎳1質量份代替實施例7之三苯基矽醇1質量份，除此之外，與實施例7同樣地獲得摻雜有鎳之奈米鑽石。

【0103】 實施例11

使用三苯基矽醇0.5質量份與苯基硼酸0.5質量份代替實施例7之三苯基矽醇

1質量份，除此之外，與實施例7同樣地獲得摻雜有矽與硼之奈米鑽石。

【0104】 實施例12

使用三苯基矽醇0.5質量份與三苯基磷0.5質量份代替實施例7之三苯基矽醇1質量份，除此之外，與實施例7同樣地獲得摻雜有矽與磷之奈米鑽石。

【符號說明】

無

【發明申請專利範圍】

【請求項1】一種炸藥組成物，其包含至少一種炸藥與至少一種雜原子化合物，且上述雜原子化合物包含選自由B、P、Si、S、Cr、Sn、Al、Ge、Li、Na、K、Cs、Mg、Ca、Sr、Ba、Ti、Zr、V、Nb、Ta、Mo、W、Mn、Ni、Cu、Ag、Cd、Hg、Ga、In、Tl、As、Sb、Bi、Se、Te、Co、Xe、F、Y及鑷系元素所組成之群中之至少一種雜原子，

上述炸藥組成物包含90~99.99質量%之炸藥、及0.01~10質量%之雜原子化合物，

上述雜原子化合物為有機雜原子化合物。

【請求項2】如請求項1之炸藥組成物，其中，上述炸藥包含選自由三硝基甲苯（TNT）、環三亞甲三硝胺（六素精，RDX）、環四亞甲四硝胺（八角硝胺）、三硝苯基甲硝胺（特出兒）、新戊四醇四硝酸酯（PETN）、四硝甲烷（TNM）、三胺基-三硝基苯、六硝基芪及二胺基二硝基苯并氧化呔咱（diaminodinitrobenzofuroxan）所組成之群中之至少一種。

【請求項3】如請求項1或2之炸藥組成物，其中，炸藥及/或雜原子化合物之粒子尺寸為10 mm以下。

【請求項4】一種請求項1至3中任一項之炸藥組成物之製造方法，其將炸藥與雜原子化合物以乾燥粉或熔融狀態或者使用溶劑來混合，並藉由壓製法（pressing）或鑄製法（casting）來成形。

【請求項5】如請求項4之炸藥組成物之製造方法，其使用粒子尺寸為10 mm以下之炸藥及/或雜原子化合物以乾燥粉或熔融狀態混合而製作炸藥組成物。

【請求項 6】一種摻雜有雜原子之奈米鑽石之製造方法，其包括使請求項 1 至 3 中任一項之炸藥組成物於密閉容器內爆炸之步驟。

【發明圖式】

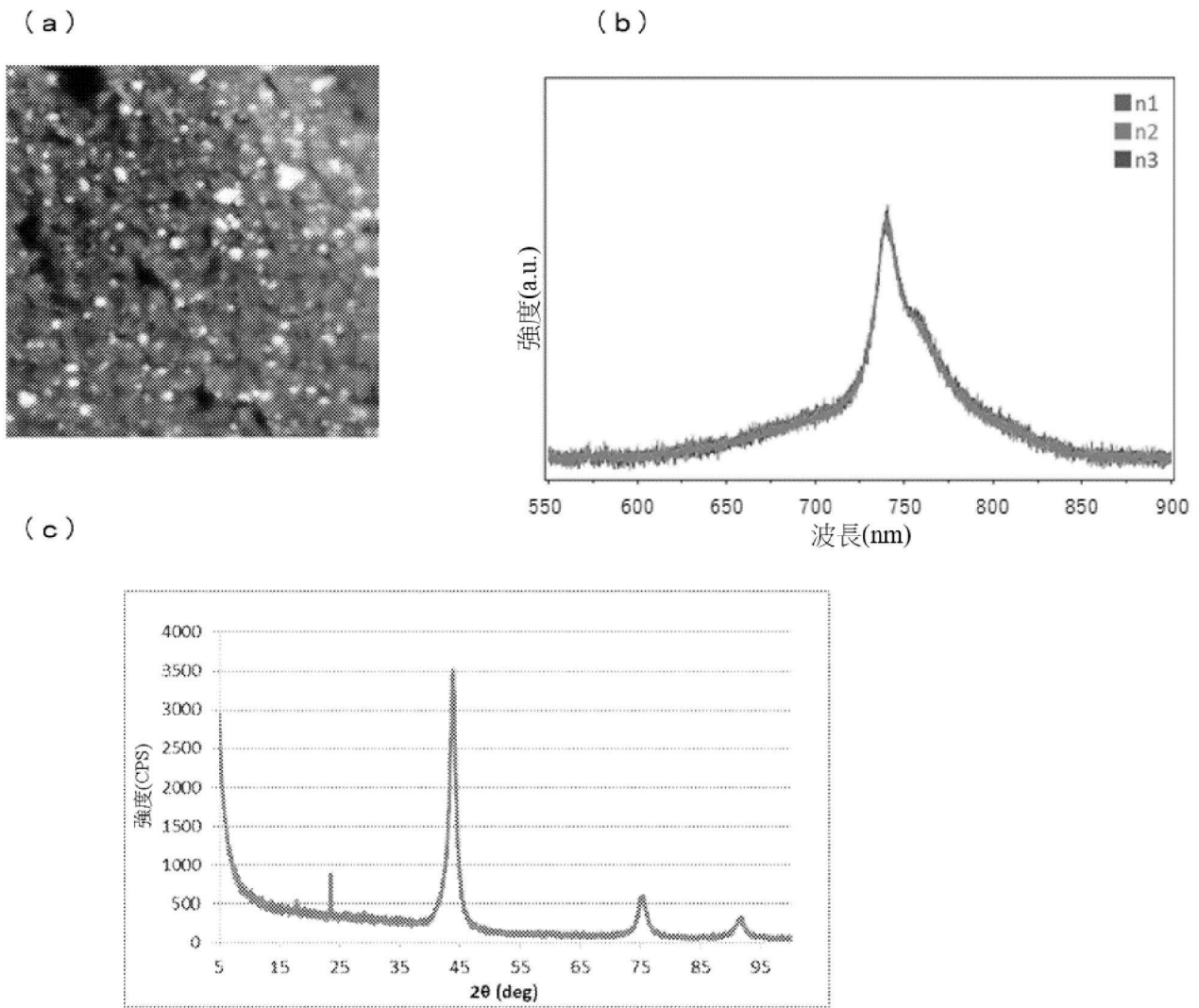


圖 1