



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(51) МПК
C06B 23/00 (2006.01)
C06B 25/08 (2006.01)
B01J 3/08 (2006.01)
C01B 32/15 (2017.01)
C01B 32/26 (2017.01)
B82Y 40/00 (2011.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

C06B 23/00 (2023.05); *C06B 25/08* (2023.05); *B01J 3/08* (2023.05); *B01J 2203/062* (2023.05); *C01B 32/15* (2023.05); *C01B 32/26* (2023.05); *C01P 2002/08* (2023.05); *C01P 2004/64* (2023.05); *B82Y 40/00* (2023.05); *Y10S 102/00* (2023.05); *Y10S 977/773* (2023.05)

(21)(22) Заявка: 2021130984, 16.03.2020

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
16.03.2020Дата регистрации:
05.11.2024

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
26.03.2019 JP 2019-058397;
26.11.2019 JP 2019-212821

(43) Дата публикации заявки: 26.04.2023 Бюл. № 12

(45) Опубликовано: 05.11.2024 Бюл. № 31

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: 26.10.2021(86) Заявка РСТ:
JP 2020/011338 (16.03.2020)(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2020/195998 (01.10.2020)Адрес для переписки:
129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, стр. 3, ООО
"Юридическая фирма Городисский и
Партнеры"

(72) Автор(ы):

**МАХИКО, Томоаки (JP),
МАКИНО, Юто (JP),
ЦУРУИ, Акихико (JP),
ЛЮ, Мин (JP),
НИСИКАВА, Масахиро (JP)**

(73) Патентообладатель(и):

ДАЙСЕЛ КОРПОРЕЙШН (JP)(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: **ДОЛМАТОВ В.Ю. и др.,
Исследование допированных детонационных
наноалмазов (ДНА) методом электронного
парамагнитного резонанса, Материалы и
структуры современной электроники, Сборник
научных трудов VII Международной научной
конференции, посвящённой 50-летию кафедры
физики полупроводников и наноэлектроники,
Минск, Издательский центр БГУ, 2016, с.с.
(см. прод.)**(54) ВЗРЫВЧАТАЯ КОМПОЗИЦИЯ И СПОСОБ ЕЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ
НАНОАЛМАЗА, ДОПИРОВАННОГО ГЕТЕРОАТОМОМ

(57) Реферат:

Изобретение относится к нанотехнологии и может быть использовано в оптически детектируемом магнитном резонансе, а также при изготовлении зондов для флуоресцентной визуализации и квантовых битов. Взрывчатая композиция содержит 90-99,99 мас. % по меньшей мере одного взрывчатого вещества и 0,01-10 мас. % по меньшей мере одного гетероатомного

соединения, выбранного из алкил- или арилзамещенного силана; силана с алкильной или арильной группой и атомом водорода; углеродного материала, допированного кремнием; ароматического силана, в котором атом кремния включён в ароматическое кольцо; силана, содержащего гидроксигруппу, низшую алкильную или карбоксильную группу; силана,

имеющего атом галогена; органических соединений германия, титана, вольфрама, серы или селена; алкильных соединений олова. Органическое гетероатомное соединение во взрывчатой композиции также может быть выбрано из соединений арилолова; арилсульфонатов кобальта; бис(бензол)хрома, бис(этилбензол)хрома и бис(мезитилен)хрома; соединений арилталлия; бензоата серебра; соединений ариалюминия и галогенидов диарилалюминия; салицилата меди; фталата кадмия и нафталата кадмия; ацетата фенилртути и пара-хлормеркуробензоата; фениларсоновой кислоты, дифениларсоновой кислоты, п-гидроксифениларсоновой кислоты, п-аминофениларсоновой кислоты и их солей;

трифенилсурьмы; трифенилвисмута. Размер частиц взрывчатого вещества и/или гетероатомного соединения 10 мкм или меньше. Для приготовления указанной взрывчатой композиции смешивают взрывчатое вещество и гетероатомное соединение в виде сухого порошка, в расплавленном состоянии или с использованием растворителя и формуют полученную смесь прессованием или литьём. Для получения наноалмаза, допированного гетероатомом, производят взрыв приготовленной взрывчатой композиции в герметизированном контейнере. Изобретение позволяет получить наноалмазы, допированные различными химическими элементами. 4 н. и 5 з.п. ф-лы, 2 табл., 1 ил., 12 пр.

(56) (продолжение):

234-237. СЛУЧИНСКАЯ И.А., Основы материаловедения и технологии полупроводников, Москва, 2002, с.с. 11, 13, 42, 45, 47-50. V.YU. DOLMATOV et al., A Study of Defects and Impurities in Doped Detonation Nanodiamonds by EPR, Raman Scattering, and XRD Methods, J. of Superhard Mater., 2016, v. 38, no. 4, p.p. 219-229. V.YU. DOLMATOV et al., IR Spectra of Detonation Nanodiamonds Modified During the Synthesis, J. of Superhard Mater., 2014, v. 36, no. 5, p.p. 344-357. WO 82/00458 A1, 18.02.1982. DE 19933648 A1, 18.01.2001. US 2010/0254884 A, 07.10.2010. US 2015/015997 A, 11.06.2015. US 2010/0181534 A, 22.07.2010. US 2009/0051282 A, 26.02.2009. US 2009/0220556 A, 03.09.2009. БОГДАНОВ Д.Г. и др., Десорбция примесей при нагреве детонационного наноалмаза, Письма в ЖТФ, 2012, т. 38, вып. 4, с.с. 89, 90. ДОЛМАТОВ В.Ю. и др., Особенности парамагнетизма и комбинационного рассеяния света в детонационных наноалмазах, синтезированных в присутствии легирующих элементов, Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент - техника и технология его изготовления и применения, Сборник научных трудов ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, Киев, 2013, вып. 16, с.с. 235-241. V.A. PLOTNIKOV et al., The structure of detonation nanodiamond particles, AIP Conf. Proc., 2016.

RU 2 8 2 9 7 5 6 C 2

RU 2 8 2 9 7 5 6 C 2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
C06B 23/00 (2006.01)
C06B 25/08 (2006.01)
B01J 3/08 (2006.01)
C01B 32/15 (2017.01)
C01B 32/26 (2017.01)
B82Y 40/00 (2011.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

C06B 23/00 (2023.05); *C06B 25/08* (2023.05); *B01J 3/08* (2023.05); *B01J 2203/062* (2023.05); *C01B 32/15* (2023.05); *C01B 32/26* (2023.05); *C01P 2002/08* (2023.05); *C01P 2004/64* (2023.05); *B82Y 40/00* (2023.05); *Y10S 102/00* (2023.05); *Y10S 977/773* (2023.05)

(21)(22) Application: **2021130984, 16.03.2020**(24) Effective date for property rights:
16.03.2020Registration date:
05.11.2024

Priority:

(30) Convention priority:
26.03.2019 JP 2019-058397;
26.11.2019 JP 2019-212821(43) Application published: **26.04.2023** Bull. № 12(45) Date of publication: **05.11.2024** Bull. № 31(85) Commencement of national phase: **26.10.2021**(86) PCT application:
JP 2020/011338 (16.03.2020)(87) PCT publication:
WO 2020/195998 (01.10.2020)Mail address:
129090, Moskva, ul. B. Spasskaya, 25, str. 3, OOO
"Yuridicheskaya firma Gorodisskij i Partnery"

(72) Inventor(s):

MAHIKO, Tomoaki (JP),
MAKINO, Yuto (JP),
TSURUI, Akihiko (JP),
LIU, Ming (JP),
NISHIKAWA, Masahiro (JP)

(73) Proprietor(s):

DAICEL CORPORATION (JP)(54) **EXPLOSIVE COMPOSITION AND METHOD OF ITS PRODUCTION AND METHOD OF PRODUCING NANODIAMOND DOPED WITH HETEROATOM**

(57) Abstract:

FIELD: nanotechnology.

SUBSTANCE: invention can be used in optically detected marginal resonance, as well as in making probes for fluorescence imaging and quantum bits. Explosive composition contains 90–99.99 wt.% of at least one explosive and 0.01–10 wt.% of at least one heteroatomic compound, selected from alkyl- or aryl-substituted silane; silane with an alkyl or aryl group and a hydrogen atom; silicon-doped carbon material; aromatic silane, in which a silicon atom is included in

an aromatic ring; silane containing a hydroxy group, a lower alkyl or carboxyl group; silane having a halogen atom; organic compounds of germanium, titanium, tungsten, sulfur or selenium; alkyl tin compounds. Organic heteroatomic compound in the explosive composition can also be selected from aryl tin compounds; cobalt arylsulphonates; bis(benzene)chromium, bis(ethylbenzene)chromium and bis(mesitylene)chromium; aryltallium compounds; silver benzoate; arylaluminium compounds and

diarylaluminium halides; copper salicylate; cadmium phthalate and cadmium naphthalate; phenylmercury acetate and para-chloromercurobenzoate; phenylarsonic acid, diphenylarsonic acid, p-hydroxyphenylarsonic acid, p-aminophenylarsonic acid and salts thereof; triphenylantimony; triphenylbismuth. Particle size of the explosive and/or heteroatomic compound is 10 mm or less. To prepare said explosive composition, an explosive is mixed with a heteroatomic compound in

form of a dry powder, in a molten state or using a solvent, and the obtained mixture is molded by pressing or casting. To obtain nanodiamond doped with a heteroatom, the prepared explosive composition is blasted in a sealed container.

EFFECT: invention enables to obtain nanodiamonds doped with various chemical elements.

9 cl, 2 tbl, 1 dwg, 12 ex

R U 2 8 2 9 7 5 6 C 2

R U 2 8 2 9 7 5 6 C 2

Область техники

[0001]

Настоящее изобретение относится к взрывчатой композиции и способу ее изготовления, а также к способу изготовления наноалмаза, допированного гетероатомом.

Уровень техники

[0002]

Центр люминесценции в алмазе представляет собой наноразмерный химически стабильный флуоресцирующий хромофор, который не демонстрирует деградацию, затухание или мерцание *in vivo*, которые часто возникают при органической флуоресценции, и поэтому ожидается, что он будет использоваться в качестве зондов для флуоресцентной визуализации. Кроме того, информацию о спинах электронов, возбужденных в центре люминесценции, иногда можно измерить извне, и поэтому ожидается, что центр люминесценции также будет использоваться в оптически детектируемом магнитном резонансе (ODMR) или в качестве квантового бита.

[0003]

Центр Si-V (центр вакансии кремния), который представляет собой тип центра люминесценции алмаза, имеет в эмиссионном спектре острый пик, называемый безфонным уровнем (ZPL) (непатентная литература 1).

[0004]

Алмазы, допированные кремнием или бором, производятся, например, CVD-методом (химическое осаждение в паровой фазе) (патентные документы 1-4).

[0005]

Патентный документ 5 описывает взрывчатую композицию для синтеза алмазов, взрывчатую композицию, содержащую одно, или два, или более высокоэффективных взрывчатых веществ и алмазный порошок.

Список цитируемых материалов

Патентный документ

[0006]

Патентный документ 1: JP 2014-504254 T

Патентный документ 2: JP 2004-176132 A

Патентный документ 3: JP 2018-076216 A

Патентный документ 4: JP 2018-012612 A

Патентный документ 5: JP 02-241536 A

Непатентная литература

[0007]

Непатентная литература 1: E. Neu et al. APPLIED PHYSICS LETTERS 98, 243107 (2011)

Сущность изобретения

Техническая задача

[0008]

Цель настоящего изобретения состоит в том, чтобы предложить взрывчатую композицию, подходящую для изготовления наноалмазов, допированных гетероатомом, и способ их изготовления, а также способ изготовления наноалмазов, допированных гетероатомом.

Решение задачи

[0009]

Настоящее изобретение относится к взрывчатой композиции и способу ее получения, а также к способу получения наноалмаза, допированного гетероатомом, описанному

ниже.

Пункт 1. Взрывчатая композиция, содержащая, по меньшей мере, одно взрывчатое вещество и, по меньшей мере, одно гетероатомное соединение, причем данное гетероатомное соединение содержит, по меньшей мере, один гетероатом, выбранный из группы, состоящей из В, Р, Si, S, Cr, Sn, Al, Ge, Li, Na, К, 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 и лантаноидов.

Пункт 2. Взрывчатая композиция по пункту 1, где взрывчатое вещество представляет собой, по крайней мере, одно вещество, выбранное из группы, состоящей из тринитротолуола (TNT), циклотриметилентринитрамина (гексоген, RDX), циклотетраметилентетранитрамина (октоген), тринитрофенилметилнитрамина (тетрил), пентаэритриттетранитрата (PETN), тетранитрометана (TNM), триаминотринитробензола, гексанитростильбена и диаминодинитробензофуроксана.

Пункт 3. Взрывчатая композиция по пункту 1 или 2, причем гетероатомное соединение представляет собой органическое гетероатомное соединение.

Пункт 4. Взрывчатая композиция по любому из пунктов 1-3, содержащая от 80 до 99,9999% по массе взрывчатого вещества и от 0,0001 до 20% по массе гетероатомного соединения.

Пункт 5. Взрывчатая композиция по любому из пунктов 1-4, причем размер частиц взрывчатого вещества и/или гетероатомного соединения составляет 10 мм или меньше.

Пункт 6. Способ изготовления взрывчатой композиции по любому из пунктов 1-5, включающий смешивание взрывчатого вещества и гетероатомного соединения в виде сухого порошка, в расплавленном состоянии или с использованием растворителя, и формование смеси прессованием или литьем.

Пункт 7. Способ изготовления взрывчатой композиции по пункту 6, где взрывчатую композицию изготавливают путем смешивания взрывчатого вещества и/или гетероатомного соединения, имеющего размер частиц 10 мм или меньше, в виде сухого порошка или в расплавленном состоянии.

Пункт 8. Способ изготовления наноалмаза, допированного гетероатомом, включающий взрыв взрывчатой композиции в соответствии с любым из пунктов 1-5 в герметизированном контейнере.

Выгодные эффекты изобретения
[0010]

Используя взрывчатую композицию в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения

можно получить наноалмазы, допированные, по меньшей мере, одним гетероатомом, путем детонации.

Краткое описание чертежей
[0011]

На фиг.1(a) показано изображение яркости наноалмазов, допированных кремнием, при длине волны 738 нм, полученное с использованием трифенилсиланола в качестве соединения кремния в добавляемом количестве, в зависимости от внешней части, 1% по массе. На фиг.1(b) показан результат измерения яркости флуоресценции фиг.1(a). На фиг.1(c) показан результат XRD-измерения (рентгеновская дифрактометрия) образца после смешанной кислотной и щелочной обработки. На фиг.1(b) боковая полоса (плечевой пик) флуоресценции присутствует при длине волны около 750 нм; однако эта боковая полоса может отсутствовать в зависимости от образца.

Описание вариантов осуществления

[0012]

Взрывчатая композиция, в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения, содержит, по меньшей мере, одно взрывчатое вещество и, по меньшей мере, одно гетероатомное соединение.

5 [0013]

Взрывчатое вещество конкретно не ограничено, и можно широко использовать известные взрывчатые вещества. Конкретные их примеры включают тринитротолуол (TNT), циклотриметилентринитрамин (гексоген, RDX), циклотетраметилентетранитрамин (октоген), тринитрофенилметилнитрамин (тетрил), пентаэритритолтетранитрат (PETN),
10 тетранитрометан (TNM), триаминотринитробензол, гексанитростильбен и диаминодинитробензофуросан. Эти взрывчатые вещества могут использоваться по отдельности или в сочетании из двух или более этих веществ.

[0014]

Гетероатомное соединение представляет собой соединение, содержащее, по крайней
15 мере, один гетероатом (атом, отличный от углерода), и может быть органическим соединением или неорганическим соединением.

[0015]

Гетероатом выбран из группы, состоящей из 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,
20 Te, Co, Xe, F, Y и лантаноидов, предпочтительно выбран из группы, состоящей из Si, Ge, Sn, B, P, Ni, Ti, Co, Xe, Cr, W, Ta, Zr, Ag и лантаноидов, и, кроме того, предпочтительно выбран из группы, состоящей из Si, Ge, Sn, B, P, Ni, Ti, Co, Xe, Cr, W, Ta, Zr и Ag.

[0016]

Гетероатомные соединения, конкретно проиллюстрированные ниже, представляют собой только лишь примеры, однако широко использоваться могут общеизвестные гетероатомные соединения.

[0017]

В случае, когда гетероатомом является кремний, примеры кремнийорганического
30 соединения включают следующее:

силан, имеющий низшую алкильную группу, такой как ацетокситриметилсилан, диацетоксидиметилсилан, триацетоксиметилсилан, ацетокситриэтилсилан, диацетоксидиэтилсилан, триацетоксиэтилсилан, ацетокситрипропилсилан, метокситриметилсилан, диметоксидиметилсилан, триметоксиметилсилан,
35 этокситриметилсилан, диэтоксидиметилсилан, триэтоксиметилсилан, этокситриэтилсилан, диэтоксидиэтилсилан, триэтоксиэтилсилан и триметилфеноксисилан;

[0018]

силан, имеющий атом галогена, такой как трихлорметилсилан, дихлордиметилсилан,
40 хлортриметилсилан, трихлорэтилсилан, дихлордиэтилсилан, хлортриэтилсилан, трихлорфенилсилан, дихлордифенилсилан, хлортрифенилсилан, дихлордифенилсилан, дихлорметилфенилсилан, дихлорэтилфенилсилан, хлордифторметилсилан, дихлорфторметилсилан, хлорфтордиметилсилан, хлорэтилдифторсилан, дихлорэтилфторсилан, хлордифторпропилсилан, дихлорфторпропилсилан,
45 трифторметилсилан, дифтордиметилсилан, фтортриметилсилан, этилтрифторсилан, диэтилдифторсилан, триэтилфторсилан, трифторпропилсилан, фтортрипропилсилан, трифторфенилсилан, дифтордифенилсилан, фтортрифенилсилан, трибромметилсилан, дибромдиметилсилан, бромтриметилсилан, бромтриэтилсилан, бромтрипропилсилан,

дибромдифенилсилан и бромтрифенилсилан;

[0019]

полисилан, такой как гексаметилдисилан, гексаэтилдисилан, гексапропилдисилан, гексафенилдисилан и октафенилциклотетрасилан;

5 силазан, такой как триэтилсилазан, трипропилсилазан, трифенилсилазан, гексаметилдисилазан, гексаэтилдисилазан, гексафенилдисилазан, гексаметилциклотрисилазан, октаметилциклотетрасилазан, гексаэтилциклотрисилазан, октаэтилциклотетрасилазан и гексафенилциклотрисилазан;

10 ароматический силан, в котором атом кремния включен в ароматическое кольцо, такой как силабензол и дисилабензол;

силан, содержащий гидроксигруппу, такой как триметилсиланол, диметилфенилсиланол, триэтилсиланол, диэтилсиландиол, трипропилсиланол, дипропилсиландиол, трифенилсиланол и дифенилсиландиол;

[0020]

15 алкил- или арилзамещенный силан, такой как тетраметилсилан, этилтриметилсилан, триметилпропилсилан, триметилфенилсилан, диэтилдиметилсилан, триэтилметилсилан, метилтрифенилсилан, тетраэтилсилан, триэтилфенилсилан, диэтилдифенилсилан, этилтрифенилсилан и тетрафенилсилан;

20 силан, содержащий карбоксильную группу, такой как трифенилсилилкарбоновая кислота, триметилсилилуксусная кислота, триметилсилилпропионовая кислота и триметилсилилмасляная кислота;

[0021]

силоксан, такой как гексаметилдисилоксан, гексаэтилдисилоксан, гексапропилдисилоксан и гексафенилдисилоксан;

25 силан, имеющий алкильную группу или арильную группу и атом водорода, такой как метилсилан, диметилсилан, триметилсилан, диэтилсилан, триэтилсилан, трипропилсилан, дифенилсилан и трифенилсилан; и

30 тетракис(хлорметил)силан, тетракис(гидроксиметил)силан, тетракис(триметилсилил)силан, тетракис(триметилсилил)метан, тетракис(диметилсиланолил)силан, тетракис(три(гидроксиметил)силил)силан, и тетракис(нитратметил)силан.

[0022]

Примеры неорганического соединения кремния включают оксид кремния, оксинитрид кремния, нитрид кремния, оксикарбид кремния, нитрокарбид кремния, силан и углеродные материалы, допированные кремнием. Примеры углеродного материала, допированного кремнием, включают черновой свинец, графит, активный углерод, 35 технический углерод, кетеновую сажу, кокс, мягкая сажа, твердый углерод, ацетиленовую сажу, углеродные волокна и мезопористый углерод.

[0023]

40 Примеры соединений бора включают неорганические соединения бора и органические соединения бора.

[0024]

Примеры неорганического соединения бора включают ортоборную кислоту, диоксид дибора, триоксид дибора, триоксид тетрабора, пентоксид тетрабора, трибромид бора, тетрафторборную кислоту, борат аммония и борат магния.

45 [0025]

Примеры борорганического соединения включают триэтилборан, (R)-5,5-дифенил-2-метил-3,4-пропано-1,3,2-оксазаборолдин, триизопропилборат, 2-изопропокси-4,4,5,5-тетраметил-1,3,2-диоксаборолан, бис(гексиленгликольато)диборон, 4-(4,4,5,5-тетраметил-

1,3,2-диоксаборолан-2-ил)-1H-пиразол, трет-бутил-N-[4-(4,4,5,5-тетраметил-1,2,3-диоксаборолан-2-ил)фенил]карбамат, фенилбороновая кислота, 3-ацетилфенилбороновая кислота, комплекс трифторид бора-уксусная кислота, комплекс трифторид бора-сульфолан, 2-тиофенбороновая кислота и трис(триметилсилил)борат.

[0026]

Примеры соединений фосфора включают неорганические соединения фосфора и органические соединения фосфора. Примеры неорганического соединения фосфора включают полифосфат аммония.

[0027]

Примеры фосфорорганического соединения включают фосфаты, такие как триметилфосфат, триэтилфосфат, трипропилфосфат, трибутилфосфат, трипентилфосфат, тригексилфосфат, диметилэтилфосфат, метилдибутилфосфат, этилдипропилфосфат, 2-этилгексилди(п-толил)фосфат, бис(2-этилгексил)п-толилфосфат, тритолилфосфат, ди(додецил)п-толилфосфат, трис(2-бутоксипропил)фосфат, трициклогексилфосфат, трифенилфосфат, этилдифенилфосфат, дибутилфенилфосфат, фенилбисдодецилфосфат, крезилдифенилфосфат, трикрезилфосфат, п-толилбис(2,5,5'-триметилгексил)фосфат, крезил-2,6-ксиленилфосфат, триксиленилфосфат, гидроксифенилдифенилфосфат, трис(трет-бутилфенил)фосфат, трис(изопропилфенил)фосфат, 2-этилгексилдифенилфосфат, бис(2-этилгексил)фенилфосфат, три(нонилфенил)фосфат и фенилбиснеопентилфосфат; конденсированные фосфаты, такие как 1,3-фенилен бис(дифенилфосфат), 1,4-фенилен бис(дихсиленилфосфат), 1,3-фенилен бис(3,5,5'-триметилгексилфосфат), бисфенол А бис(дифенилфосфат), 4,4'-бифенил бис(дихсиленилфосфат) и 1,3,5-фенилен трис(дихсиленилфосфат),

фосфиты, такие как триметилфосфит, триэтилфосфит, трифенилфосфит и

трикрезилфосфит; и

фосфиты, такие как 1,3-фенилен бис(дифенилфосфит), 1,3-фенилен бис(дихсиленилфосфит), 1,4-фенилен бис(3,5,5'-триметилгексилфосфит), бисфенол А бис(дифенилфосфит), 4,4'-бифенил бис(дихсиленилфосфит) и 1,3,5-фенилен трис(дихсиленилфосфит).

[0028]

Примеры соединения германия включают органические соединения германия, такие как метилгерман, этилгерман, метоксид триметилгермания, диацетат диметилгермания, ацетат трибутилгермания, тетраметоксигерманий, тетраэтоксигерманий, изобутилгерман, трихлорид алкилгермания и трихлорид диметиламиногермания, комплексы германия, такие как нитротрифеноловый комплекс ($\text{Ge}_2(\text{ntp})_2\text{O}$), катехиновый комплекс ($\text{Ge}(\text{cat})_2$) или аминопиреновый комплекс ($\text{Ge}_2(\text{ap})_2\text{Cl}_2$) и, например, этоксид германия и тетрабутоксид германия.

[0029]

Примеры соединения олова включают неорганические соединения олова, такие как оксид олова (II), оксид олова (IV), сульфид олова (II), сульфид олова (IV), хлорид олова (II), хлорид олова (IV), бромид олова (II), фторид олова (II), ацетат олова и сульфат олова, алкильные соединения олова, такие как тетраметилолово, соединения оксида моноалкилолова, такие как оксид монобутилолова, соединения оксида диалкилолова, такие как оксид дибутилолова, соединения арилолова, такие как тетрафенилолово, и органические соединения олова, такие как малеат диметилолова, оксид гидроксидутилолова и трис(2-этилгексаноат) монобутилолова.

[0030]

Примеры соединения никеля включают галогениды двухвалентного никеля, такие

как хлорид никеля (II), бромид никеля (II) и иодид никеля (II), неорганические соединения никеля, такие как ацетат никеля (II) и карбонат никеля (II), и органические соединения никеля, такие как никель бис(этилацетоацетат) и никель бис(ацетилацетонат).

[0031]

5 Примеры соединения титана включают неорганические соединения титана, такие как диоксид титана, нитрид титана, титанат стронция, титанат бария и титанат калия; тетраалкоксититан, такой как тетраэтоксититан, тетраизопропоксититан и тетрабутилоксититан; и органические соединения титана, такие как тетраэтиленгликоль титанат, ди-н-бутил бис(триэтанолламин)титанат, диизопропоксититан бис
10 (ацетилацетонат), изопропоксититаноктаноат, изопропилтитантриметакрилат, изопропилтитантриакрилат, изопропилтриизостеароил титанат, изопропилтридецилбензолсульфонил титанат, изопропил трис(бутилметилпирофосфат) титанат, тетраизопропил ди(дилаурилфосфит)титанат, диметакрилоксиацетат титанат, диакрилоксиацетат титанат, ди(диоктилфосфат)этилен титанат, изопропокси титан три
15 (диоктилфосфат), изопропил трис(диоктилпирофосфат)титанат, тетраизопропил бис (диоктилфосфит) титанат, тетраоктил бис(дитридецилфосфит)титанат, тетра(2,2-диаллил оксиметил-1-бутил) бис(дитридецил)фосфит титанат, бис(диоктилпирофосфат) оксиацетат титанат, трис(диоктилпирофосфат)этилен титанат, изопропилтри-н-додецилбензолсульфонил титанат, изопропилтриоктаноил титанат,
20 изопропилдиметакрилоилизостеароил титанат, изопропилизостеароилдиакрил титанат, изопропилтри(диоктилфосфат)титанат, изопропилтрикумилфенил титанат и изопропилтри(N-аминоэтиламиноэтил)титанат.

[0032]

25 Примеры соединения кобальта включают неорганические соединения кобальта, такие как кобальтовые соли неорганических кислот, галогениды кобальта, оксид кобальта, гидроксид кобальта, октакарбонил дикообальта, гидротетракарбонил кобальта, додекакарбонил тетракобальта и нонакарбонил алкилидинтрикобальта; кобальтовые соли органических кислот (например, ацетат, пропионат, цианиды, нафтенат и стеарат; алкилсульфонаты (например, C₆₋₁₈-алкилсульфонаты), такие как метансульфонат,
30 этансульфонат, октансульфонат и додекансульфонат; арилсульфонаты, которые могут быть замещены алкильной группой (например, C₆₋₁₈ алкил-арилсульфонаты), такие как бензолсульфонат, п-толуолсульфонат, нафталинсульфонат, децилбензолсульфонат и додецилбензолсульфонат), такие как кобальт трис(ацетилацетат) и кобальт трис (ацетилацетонат); и органические комплексы кобальта. Примеры лиганда,
35 составляющего комплекс, включают гидроксид (ОН), алкокси (например, метокси, этокси, пропокси и бутокси), ацил (например, ацетил и пропионил), алкокси, карбонил (например, метоксикарбонил и этоксикарбонил), ацетилацетонат, циклопентадиенильная группа, атомы галогена (например, хлор и бром), СО, CN, атом кислорода, аква (H₂O),
40 соединения фосфора, такие как фосфин (например, триарилфосфины, такие как трифенилфосфин), и азотсодержащие соединения, такие как аммин (NH₃), NO, нитро (NO₂), нитрато (NO₃), этилендиамин, диэтилентриамин, пиридин и фенантролин.

[0033]

45 Примеры соединения ксенона включают фториды, такие как XeF₂, XeF₄, XeF₆, XeOF₂, XeOF₄ и XeO₂F₄, оксиды, такие как XeO₃ и XeO₄, ксеновая кислота Xe(OH)₆ и ее соль Ba₃XeO₆, перксеновая кислота H₄XeO₆ и ее соль Na₄XeO₆, комплексы с карбониллом металла M(CO)₅Xe (M=Cr, Mo, W) и гидраты.

[0034]

Примеры соединения хрома включают комплексы ацетилацетон хрома, такие как ацетилацетон хрома; алкоксид хрома, такой как изопропоксид хрома (III); органический кислотный хром, такой как ацетат хрома (II) и гидроксид ацетата хрома (III);
 5 органические соединения хрома, такие как трис(аллил)хром, трис(металлил)хром, трис(кротил)хром, бис(циклопентадиенил)хром (т.е. хромоцен), бис(пентаметилциклопентадиенил)хром (т.е. декаметилхромоцен), бис(бензол)хром, бис(этилбензол)хром, бис(мезитилен)хром, бис(пентадиенил)хром, бис(2,4-диметилпентадиенил)хром, бис(аллил)трикарбонилхром, (циклопентадиенил)
 10 (пентадиенил)хром, тетра(1-норборнил)хром, (триметиленметан)тетракарбонилхром, бис(бутадиен)дикарбонилхром, (бутадиен)тетракарбонилхром и бис(циклооктатетраен)хром.

[0035]

Примеры соединения вольфрама включают неорганические соединения вольфрама,
 15 такие как триоксид вольфрама, вольфрамат аммония и вольфрамат натрия; и органические соединения вольфрама, такие как комплексы вольфрама, координированные атомами бора, такие как соединения, координированные этилборилэтилиденовыми лигандами; комплексы вольфрама, координированные атомами углерода, такие как комплексы, координированные карбонильными лигандами,
 20 циклопентадиенильными лигандами, лигандами алкильных групп и лигандами на основе олефинов; комплексы вольфрама, координированные атомами азота, такие как комплексы, координированные пиридиновыми лигандами и ацетонитрильными лигандами; комплексы вольфрама, координированные атомами фосфора, такие как комплексы, координированные фосфиновыми лигандами и фосфитными лигандами;
 25 и комплексы вольфрама, координированные атомами серы, такие как комплексы, координированные диэтилкарбамодитиоатными лигандами.

[0036]

Примеры соединения таллия включают неорганические соединения таллия, такие как нитрат таллия, сульфат таллия, фторид таллия, хлорид таллия, бромид таллия и
 30 иодид таллия; органические соединения таллия, такие как триалкилталлий, такие как триметилталлий, триэтилталлий и триизобутилталлий; арилталлий, такой как галогенид диалкилталлия, алкенилдиалкилталлий, алкинилдиалкилталлий, трифенилталлий и тритолилталлий; галогенид диарилталлия, 2-этилгексаноат таллия, малонат таллия, формиат таллия, этоксид таллия и ацетилацетонат таллия.

35 [0037]

Примеры соединения циркония включают неорганические соединения циркония, такие как нитрат циркония, сульфат циркония, карбонат циркония, гидроксид циркония, фторид циркония, хлорид циркония, бромид циркония и иодид циркония; и органические соединения циркония, такие как n-пропоксид циркония, n-бутоксид циркония, трет-
 40 бутоксид циркония, изопропоксид циркония, этоксид циркония, цирконилацетат, ацетилацетонат циркония, бутоксиацетилацетонат циркония, бисацетилацетонат циркония, этилацетоацетат циркония, ацетилацетонат циркония бисэтилацетоацетат, гексафторацетилацетонат циркония и трифторацетилацетонат циркония.

[0038]

45 Примеры соединения серебра включают органические соединения серебра, такие как ацетат серебра, пивалат серебра, трифторметансульфонат серебра и бензоат серебра; и неорганические соединения серебра, такие как нитрат серебра, фторид серебра, хлорид серебра, бромид серебра, йодид серебра, сульфат серебра, оксид серебра, сульфид

серебра, тетрафторборат серебра, гексафторфосфат серебра (AgPF_6) и гексафторантимонат серебра (AgSbF_6).

[0039]

5 Примеры соединения алюминия включают неорганические соединения алюминия, такие как оксид алюминия; алкоксисоединения, такие как триметоксиалюминий, триэтоксиалюминий, изопророксиалюминий, изопророксидиэтоксиалюминий и трибутоксиалюминий; ацилоксисоединения, такие как триацетоксиалюминий, тристеарат алюминия и трибутират алюминия; и органические соединения алюминия, такие как
 10 изопропилат алюминия, втор-бутилат алюминия, трет-бутилат алюминия, трис (этилацетоацетат) алюминий, трис(гексафторацетилацетонат) алюминий, трис (этилацетоацетат) алюминий, трис(н-пропилацетоацетат) алюминий, трис (изопронилацетоацетат) алюминий, трис(н-бутилацетоацетат) алюминий, трис (салицилальдегид) алюминий, трис(2-этоксикарбонилфенолят) алюминий, трис (ацетилацетонат) алюминий, соединения триалкилалюминия, такие как
 15 триметилалюминий, триэтилалюминий и триизобутилалюминий, галогенид диалкилалюминия, алкенилдиалкилалюминий, алкинилдиалкилалюминий, арилалюминий, такой как трифенилалюминий и трилолилалюминий, и галогениды диарилалюминия

[0040]

20 Примеры соединения ванадия включают ванадиевую кислоту и метаванадиновую кислоту и неорганические соединения ванадия или их соли щелочных металлов; алкоксиды, такие как триэтоксиванадил, пентаэтоксиванадий, триамлоксиванадил и триизопророксиванадил; ацетонаты, такие как бисацетилацетонат ванадил, ацетилацетонат ванадия, ванадил ацетилацетонат и оксиацетилацетонат ванадия; и
 25 органические соединения ванадия, такие как стеарат ванадия, пивалат ванадия и ацетат ванадия.

[0041]

30 Примеры соединения ниобия включают галогениды, такие как хлорид ниобия (V) и фторид ниобия (V); неорганические соединения ниобия, такие как сульфат ниобия, ниобиевая кислота и ниобат; и органические соединения ниобия, такие как алкоксид ниобия.

[0042]

35 Примеры соединения тантала включают неорганические соединения тантала, такие как TaCl_5 и TaF_5 ; и органические соединения тантала, такие как $\text{Ta}(\text{OC}_2\text{H}_5)_5$, $\text{Ta}(\text{OCH}_3)_5$, $\text{Ta}(\text{OC}_3\text{H}_7)_5$, $\text{Ta}(\text{OC}_4\text{H}_9)_5$, $(\text{C}_5\text{H}_5)_2\text{TaH}_3$ и $\text{Ta}(\text{N}(\text{CH}_3)_2)_5$.

[0043]

40 Примеры соединения молибдена включают неорганические соединения молибдена, такие как триоксид молибдена, молибдат аммония, молибдат магния, молибдат кальция, молибдат бария, молибдат натрия, молибдат калия, фосфорномолибденовая кислота, фосфомолибдат аммония, фосфомолибдат натрия, кремнемолибденовая кислота, дисульфид молибдена, диселенид молибдена, дителлурид молибдена, борид молибдена, дисилицид молибдена, нитрид молибдена и карбид молибдена; и органические соединения молибдена, такие как диалкилдитиофосфат молибдена и
 45 диалкилдитиокарбамат молибдена.

[0044]

Примеры соединения марганца включают неорганические соединения марганца, такие как гидроксиды, нитраты, ацетаты, сульфаты, хлориды и карбонаты марганца;

и органические соединения марганца, включая оксалат марганца, соединения ацетилацетоната и алкоксид марганца, такой как метоксид, этоксид или бутоксид.

[0045]

Примеры соединения меди включают органические соединения меди, такие как оксалат меди, стеарат меди, формиат меди, тартрат меди, олеат меди, ацетат меди, 5 глюконат меди и салицилат меди; и неорганические соединения меди, такие как карбонат меди, хлорид меди, бромид меди, иодид меди, фосфат меди, и природные минералы, такие как гидроталькит, стихтит и пиролизит.

[0046]

Примеры соединения кадмия включают неорганические соединения кадмия, такие как фторид кадмия, хлорид кадмия, бромид кадмия, иодид кадмия, оксид кадмия и карбонат кадмия; и органические соединения кадмия, такие как фталат кадмия и 10 нафталат кадмия.

[0047]

Примеры соединения ртути включают неорганические соединения ртути, такие как хлорид ртути (II), сульфат ртути и нитрат ртути (II); и органические соединения ртути, 15 такие как метилртуть, хлорид метилртути, этилртуть, хлорид этилртути, ацетат фенилртути, тимеросал, пара-хлормеркурибензоат и ацетат флуоресцеина ртути.

[0048]

Примеры соединения галлия включают органические соединения галлия, такие как тетрафенилгаллий и тетракис(3,4,5-трифторфенил)галлий; и неорганические соединения галлия, 20 такие как оксоат галлия, галогениды галлия, гидроксид галлия и цианид галлия.

[0049]

Примеры соединения индия включают органические соединения индия, такие как триэтоксиндий, 2-этилгексаноат индия и ацетилацетонат индия; и неорганические 25 соединения индия, такие как цианид индия, нитрат индия, сульфат индия, карбонат индия, фторид индия, хлорид индия, бромид индия и иодид индия.

[0050]

Примеры соединения мышьяка включают неорганические соединения мышьяка, 30 такие как триоксид димышьяка, пентоксид димышьяка, трихлорид мышьяка, пентаоксид мышьяка, а также мышьяковистая кислота и мышьяковую кислоту и их соли, включая арсенит натрия, арсенит аммония, арсенит калия, арсенат аммония и арсенат калия; и органические соединения мышьяка, такие как диметиларсиновая кислота, фениларсоновая кислота, дифениларсоновая кислота, п-гидроксифениларсоновая 35 кислота, п-аминофениларсоновая кислота и их соли, включая какодилат натрия и какодилат калия.

[0051]

Примеры соединения сурьмы включают неорганические соединения сурьмы, такие как оксид сурьмы, фосфат сурьмы, KSb(OH) и NH_4SbF_6 ; и органические соединения 40 сурьмы, такие как сложные эфиры сурьмы и органических кислот, циклический алкилантимонит и трифенилсурьма.

[0052]

Примеры соединения висмута включают органические соединения висмута, такие как трифенилвисмут, 2-этилгексаноат висмута и ацетилацетонат висмута; и 45 неорганические соединения висмута, такие как нитрат висмута, сульфат висмута, ацетат висмута, гидроксид висмута, фторид висмута, хлорид висмута, бромид висмута и иодид висмута.

[0053]

Примеры соединения селена включают органические соединения селена, такие как селенометионин, селеноцистеин и селеноцистин; и неорганические соединения селена, такие как селенаты щелочных металлов, такие как селенат калия, и селениты щелочных металлов, такие как селенит натрия.

5 [0054]

Примеры соединения теллура включают теллуровую кислоту и ее соли, оксид теллура, хлорид теллура, бромид теллура, иодид теллура и алкоксид теллура.

[0055]

10 Примеры соединения магния включают органические соединения магния, такие как этилацетоацетат моноизопропилат магния, бис(этилацетоацетат)магния, аллилацетоацетат моноизопропилат магния и бис(ацетилацетонат)магния; и неорганические соединения магния, такие как оксид магния, сульфат магния, нитрат магния и хлорид магния.

[0056]

15 Примеры соединения кальция включают органические соединения кальция, такие как 2-этилгексаноат кальция, этоксид кальция, метоксид кальция, метоксиэтоксид кальция и ацетилацетонат кальция; и неорганические соединения кальция, такие как нитрат кальция, сульфат кальция, карбонат кальция, фосфат кальция, гидроксид кальция, цианид кальция, фторид кальция, хлорид кальция, бромид кальция и иодид кальция.

20 [0057]

В качестве гетероатомного соединения, в котором гетероатомом является Li, Na, K, Cs, S, Sr, Ba, F, Y или лантаноиды, можно использовать известное органическое или неорганическое соединение.

[0058]

25 Одно гетероатомное соединение может использоваться отдельно, или два или более гетероатомных соединения могут использоваться в сочетании.

[0059]

30 Количество взрывчатого вещества во взрывчатой композиции, содержащей, по меньшей мере, одно взрывчатое вещество и, по меньшей мере, одно гетероатомное соединение, предпочтительно составляет от 80 до 99,9999% по массе, более предпочтительно от 85 до 99,999% по массе, еще более предпочтительно от 90 до 99,99% по массе, и особенно предпочтительно от 95 до 99,9% по массе. Количество гетероатомного соединения предпочтительно составляет от 0,0001 до 20% по массе, более предпочтительно от 0,001 до 15% по массе, еще более предпочтительно от 0,01 до 10% по массе и особенно предпочтительно от 0,1 до 5% по массе. Кроме того, содержание гетероатома во взрывчатой композиции, содержащей взрывчатое вещество и гетероатомное соединение, предпочтительно составляет от 0,000005 до 10% по массе, более предпочтительно от 0,00001 до 8% по массе, еще более предпочтительно от 0,0001 до 5% по массе, особенно предпочтительно от 0,001 до 3% по массе и наиболее предпочтительно от 0,01 до 1% по массе.

40 [0060]

Смешивание, по меньшей мере, одного взрывчатого вещества и, по меньшей мере, одного гетероатомного соединения может быть выполнено смешиванием порошков в случае, когда оба вещества являются твердыми, плавлением или смешиванием путем растворения или диспергирования в подходящем растворителе. Смешивание также может быть выполнено перемешиванием, измельчением в шаровой мельнице или посредством ультразвуковых волн.

[0061]

В одном предпочтительном варианте осуществления, взрывчатая композиция, содержащая, по меньшей мере, одно взрывчатое вещество и, по меньшей мере, одно гетероатомное соединение, дополнительно содержит, по меньшей мере, одну охлаждающую среду. Охлаждающая среда может быть твердой, жидкой или газовой.

5 Примеры метода использования охлаждающей среды включают способ детонации взрывчатой композиции, содержащей взрывчатое вещество и гетероатомное соединение в охлаждающей среде. Примеры охлаждающей среды включают инертные газы (азот, аргон и СО), воду, лед, жидкий азот, водные растворы солей, содержащих гетероатом, и кристаллогидраты. В случае, когда гетероатомом является кремний, примеры солей,
10 содержащих гетероатом, включают гексафторсиликат аммония, силикат аммония и силикат тетраметиламмония. Охлаждающая среда предпочтительно используется в количестве, превышающем примерно в 5 раз массу взрывчатого вещества, например, в случае воды или льда.

[0062]

15 В одном предпочтительном варианте осуществления настоящего изобретения, взрывчатая композиция, содержащая, по меньшей мере, одно взрывчатое вещество и, по меньшей мере, одно гетероатомное соединение, превращается в наноалмазы, допированные гетероатом, посредством сжатия ударной волной в условиях высокого давления и высоких температур, создаваемых взрывом взрывчатого вещества
20 (детонация). Во время взрыва взрывчатого вещества, по крайней мере, один гетероатом встраивается в алмазную решетку. Источником углерода наноалмазов, допированных гетероатомом, может быть взрывчатое вещество и органическое гетероатомное соединение; однако в случае, когда взрывчатая композиция, содержащая взрывчатое
25 углеродный материал, не содержащий гетероатома, этот углеродный материал может быть источником углерода для наноалмазов, допированных гетероатомом.

[0063]

Наноалмазы, допированные гетероатомом, изготовленные с использованием взрывчатой композиции в соответствии с вариантом осуществления настоящего
30 изобретения, содержат центр вакансий (V) гетероатома и, таким образом, имеют пик флуоресцентного испускания. Длина волны пика флуоресцентного испускания предпочтительно составляет от 720 до 770 нм, и более предпочтительно от 730 до 760 нм, в случае, когда гетероатом содержит кремний; предпочтительно составляет от 580 до 630 нм и более предпочтительно от 590 до 620 нм, в случае, когда гетероатом
35 содержит германий; и предпочтительно составляет от 590 до 650 нм, и более предпочтительно от 600 до 640 нм, в случае, когда гетероатом содержит олово. В одном предпочтительном варианте осуществления настоящего изобретения, пик флуоресцентного испускания наноалмаза, в котором элементом группы 14 является Si, имеет острый пик при длине волны приблизительно 738 нм, что называется нулевым
40 фоновым уровнем (ZPL).

[0064]

Концентрация центра вакансий гетероатома в наноалмазе, допированном гетероатомом, изготовленного с использованием взрывчатой композиции в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения, предпочтительно составляет $1 \times$
45 $10^{10}/\text{см}^3$ или больше, и более предпочтительно от 2×10^{10} до $1 \times 10^{19}/\text{см}^3$. Предполагается, что концентрацию центра вакансий гетероатома можно определить с помощью, например, лазерного сканирующего конфокального микроскопа или флуоресцентного и абсорбционного спектрометра. Следует отметить, что для

определения концентрации центра гетероатом-V методами флуоресцентной и абсорбционной спектрометрии, можно, в качестве справочной, использовать литературу (DOI 10.1002/pssa.201532174).

[0065]

5 Удельная площадь поверхности по методу БЭТ нанодиамаза, допированного гетероатомом, изготовленного с использованием взрывчатой композиции в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения, предпочтительно составляет от 20 до 900 м²/г, более предпочтительно от 25 до 800 м²/г, еще более предпочтительно
10 от 30 до 700 м²/г и особенно предпочтительно от 35 до 600 м²/г. Удельная площадь поверхности по методу БЭТ может быть измерена по адсорбции азота. Примеры прибора для измерения удельной площади поверхности по методу БЭТ включают BELSORP-mini II (доступный от компании Microtrac BEL), причем, например, удельная площадь поверхности по методу БЭТ может быть измерена при следующих условиях.

15 Отмеренное количество порошка: 40 мг.

Предварительная сушка: обработка при 120°C в течение 3 часов в вакууме.

Температура измерения: -196°C (температура жидкого азота)

Средний размер первичных частиц нанодиамазов, допированных гетероатомов, изготовленных с использованием взрывчатой композиции в соответствии с вариантом
20 осуществления настоящего изобретения, предпочтительно составляет от 2 до 70 нм, более предпочтительно от 2,5 до 60 нм, еще более предпочтительно от 3 до 55 нм, и особенно предпочтительно от 3,5 до 50 нм. Средний размер первичных частиц можно определить по уравнению Шеррера на основе результатов анализа порошковой рентгеновской дифрактометрии (XRD). Примеры измерительного прибора XRD
25 включают многоцелевую рентгенодифракционную систему со встроенным интеллектуальным управлением (доступную от Rigaku Corporation).

[0066]

Содержание углерода в нанодиамазе, допированном гетероатомом, изготовленном с использованием взрывчатой композиции в соответствии с вариантом осуществления
30 настоящего изобретения, предпочтительно составляет от 70 до 99% по массе, более предпочтительно от 75 до 98% по массе и еще более предпочтительно от 80 до 97% по массе.

[0067]

Содержание водорода в нанодиамазе, допированном гетероатомом, изготовленном с использованием взрывчатой композиции в соответствии с вариантом осуществления
35 настоящего изобретения, предпочтительно составляет от 0,1 до 5% по массе, более предпочтительно от 0,2 до 4,5% по массе и еще более предпочтительно от 0,3 до 4,0% по массе.

[0068]

Содержание азота в нанодиамазе, допированном гетероатомом, изготовленном с использованием взрывчатой композиции в соответствии с вариантом осуществления
40 настоящего изобретения, предпочтительно составляет от 0,1 до 5% по массе, более предпочтительно от 0,2 до 4,5% по массе и еще более предпочтительно от 0,3 до 4,0% по массе.

45 [0069]

Содержание углерода, водорода и азота в нанодиамазе, допированном гетероатомом, можно определить посредством элементарного анализа.

[0070]

Содержание гетероатомов в нанодиамазе, допированном гетероатомом, изготовленном

с использованием взрывчатой композиции в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения, предпочтительно составляет от 0,0001 до 10,0% по массе, более предпочтительно от 0,0001 до 5,0% по массе и еще более предпочтительно от 0,0001 до 1,0% по массе. Содержание гетероатомов может быть определено, например, с помощью эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-AES, XRF, масс-спектрометрии вторичных ионов (SIMS)), и после щелочного плавления, наноалмазы, допированные гетероатомом, могут быть количественно оценены в виде кислого раствора.

[0071]

В одном предпочтительном варианте осуществления настоящего изобретения, для наноалмазов, допированных гетероатомом, изготовленных с использованием взрывчатой композиции в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения, характерные пики алмаза, графита, поверхностных гидроксильных групп (ОН) и поверхностных карбонильных групп (СО) можно идентифицировать на диаграмме рамановского сдвига посредством рамановской спектроскопии. Характеристический пик алмаза на диаграмме рамановского сдвига находится в диапазоне от 1100 до 1400 см^{-1} , характеристический пик графита находится в диапазоне от 1450 до 1700 см^{-1} , характеристический пик поверхностных гидроксильных групп (ОН) находится в диапазоне от 1500 до 1750 см^{-1} , и характеристический пик поверхностных карбонильных групп (СО) находится в диапазоне от 1650 до 1800 см^{-1} . Области характеристических пиков алмаза, графита, поверхностной гидроксильной группы (ОН) и поверхностной карбонильной группы (СО) могут быть определены с помощью рамановского спектрометра. Длина волны лазера источника излучения при комбинационном рассеянии составляет, например, 325 нм или 488 нм. В качестве рамановского спектрометра можно использовать рамановский конфокальный микроскоп-спектрометр (например, торговое название: Confocal Raman Microscope LabRAM HR Evolution, доступный от компании Horiba, Ltd.).

[0072]

В одном предпочтительном варианте осуществления настоящего изобретения, в наноалмазе, допированном гетероатомом, изготовленном с использованием взрывчатой композиции в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения, отношение (D/G) площади пика (D) алмаза и площади пика (G) графита предпочтительно составляет от 0,2 до 9, более предпочтительно от 0,3 до 8 и еще более предпочтительно от 0,5 до 7.

[0073]

В одном предпочтительном варианте осуществления настоящего изобретения, в наноалмазе, допированный гетероатомом, изготовленном с использованием взрывчатой композиции в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения, отношение (H/D) площади пика (H) поверхностной гидроксильной группы (ОН) и площади пика (D) алмаза предпочтительно составляет от 0,1 до 5, более предпочтительно от 0,1 до 4,0 и еще более предпочтительно от 0,1 до 3,0.

[0074]

В одном предпочтительном варианте осуществления настоящего изобретения, в наноалмазе, допированном гетероатомом, изготовленном с использованием взрывчатой композиции в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения, отношение (C/D) площади пика (C) поверхностной карбонильной группы (СО) и площади пика (D) алмаза предпочтительно составляет от 0,01 до 1,5, более предпочтительно от

0,03 до 1,2 и еще более предпочтительно от 0,05 до 1,0.

[0075]

Для метода рамановской спектроскопии для наноалмазов, можно, в качестве ссылки, использовать литературу (например, Vadym N. Mochalin et al., NATURE NANOTECHNOLOGY, 7 (2012) 11-23, в частности фигура 3).

[0076]

В другом предпочтительном варианте осуществления настоящего изобретения, поверхность наноалмаза, допированного гетероатомом, изготовленного с использованием взрывчатой композиции в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения, может иметь, по меньшей мере, одну кислородную функциональную концевую группу и/или, по меньшей мере, одну водородную концевую группу. Примеры кислородной функциональной концевой группы включают OH, COOH, CONH₂, C=O и CHO, и предпочтительны OH, C=O и COOH. Примеры водородной концевой группы включают алкильные группы, содержащие от 1 до 20 атомов углерода.

[0077]

Присутствие, по меньшей мере, одной кислородной функциональной концевой группы на поверхности наноалмаза, допированного гетероатомом, является предпочтительным, поскольку может быть подавлена агрегация частиц наноалмаза. Присутствие, по меньшей мере, одной водородной концевой группы на поверхности наноалмаза, допированного гетероатомом, является предпочтительным, поскольку дзета-потенциал становится положительным, и в кислотном водном растворе происходит стабильная и высокая дисперсия.

[0078]

В другом предпочтительном варианте осуществления настоящего изобретения, наноалмаз, допированный гетероатомом, изготовленный с использованием взрывчатой композиции в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения, может иметь структуру “ядро-оболочка”. Ядром наноалмаза, допированного гетероатомом, имеющего структуру “ядро-оболочка”, является частица наноалмаза, допированная гетероатомом. Этим ядром предпочтительно является ядро, имеющее центр Si-V и испускающее флуоресценцию. Оболочка представляет собой неалмазный покровный слой, может содержать sp²-углерод и предпочтительно дополнительно содержит атом кислорода. Оболочка может представлять собой графитовый слой. Толщина оболочки предпочтительно составляет 5 нм или меньше, более предпочтительно 3 нм или меньше и еще более предпочтительно 1 нм или меньше. Оболочка может иметь на своей поверхности гидрофильную функциональную группу.

[0079]

Наноалмазы, допированные гетероатомом, предпочтительно могут быть изготовлены путем детонации с использованием взрывчатой композиции в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения. Форма наноалмаза, допированного гетероатомом, предпочтительно является сферической, эллипсоидальной или близкой к ним многогранной.

[0080]

В настоящем описании, степень округлости соответствует числовому значению, представляющему сложность формы, проиллюстрированной, например, на изображении. Для степени округлости, числовое значение становится меньше по мере того, как форма становится более сложной, в то время как его максимальное значение составляет 1. Степень округлости может быть определена, например, путем анализа ПЭМ-изображения наноалмаза, допированного кремнием, с помощью программного

обеспечение для анализа изображений (например, winROOF) и с использованием следующего уравнения.

$$\text{Степень округлости} = 4\pi \times (\text{площадь}) \div (\text{окружность})^2$$

Например, в случае идеального круга, имеющего радиус 10, уравнение для вычисления
 5 принимает вид “ $4\pi \times (10 \times 10 \times \pi) \div (10 \times 2 \times \pi)^2$ ”, и степень округлости дает в результате 1 (максимальное значение). То есть, с точки зрения степени округлости, идеальный круг представляет собой наименее сложную форму. Степень округлости наноалмаза, допированного гетероатомом, изготовленного с использованием взрывчатой
 10 композиции в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения, предпочтительно составляет 0,2 или больше, более предпочтительно 0,3 или больше и еще более предпочтительно 0,35 или больше.

[0081]

В одном предпочтительном варианте осуществления настоящего изобретения, центр
 15 частицы наноалмаза, допированного гетероатомом, изготовленного с использованием взрывчатой композиции в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения, имеет структуру алмаза, включающую атомы углерода sp^3 и допированные гетероатомы, и его поверхность покрыта аморфным слоем, образованным из атомов углерода sp^2 . В более предпочтительном варианте осуществления, внешняя сторона аморфного слоя может быть покрыта слоем оксида графита. Кроме того, между
 20 аморфным слоем и слоем оксида графита может образовываться слой гидратации.

[0082]

В одном предпочтительном варианте осуществления настоящего изобретения, наноалмаз, допированный гетероатомом, изготовленный с использованием взрывчатой
 25 композиции в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения, имеет положительный или отрицательный дзета-потенциал. Дзета-потенциал наноалмаза, допированного гетероатомом, предпочтительно составляет от -70 до 70 мВ, и более предпочтительно от -60 до 30 мВ.

[0083]

Наноалмазы, допированные гетероатомом, могут быть изготовлены способом,
 30 включающим смешивание взрывчатой композиции, содержащей, по меньшей мере, одно взрывчатое вещество и, по меньшей мере, одно гетероатомное соединение, и взрыв полученной взрывчатой композиции в герметизированном контейнере. Примеры контейнера включают металлические контейнеры и контейнеры из синтетической смолы. Взрывчатое вещество и гетероатомное соединение предпочтительно формируют
 35 прессованием или литьем. Примеры способа изготовления частиц (сухого порошка) взрывчатого вещества и гетероатомного соединения включают кристаллизацию, дробление и распылительное быстрое испарение. В случае, когда взрывчатая композиция образуется путем прессования или литья, взрывчатое вещество и гетероатомное
 40 соединение смешиваются в виде сухого порошка, в расплавленном состоянии или с использованием растворителя. Форма взрывчатого вещества и гетероатомного соединения во время смешивания может быть любой из следующих четырех сочетаний:

Взрывчатое вещество (сухой порошок) и гетероатомное соединение (сухой порошок)

Взрывчатое вещество (сухой порошок) и гетероатомное соединение (расплавленное состояние)

45 Взрывчатое вещество (расплавленное состояние) и гетероатомное соединение (сухой порошок)

Взрывчатое вещество (расплавленное состояние) и гетероатомное соединение (расплавленное состояние)

Смешивание взрывчатого вещества и гетероатомного соединения может быть осуществлено проводить в присутствии или в отсутствие растворителя, и формование можно проводить прессованием или литьем после смешивания.

[0084]

5 Средний диаметр частиц взрывчатого вещества и гетероатомного соединения предпочтительно составляет 10 мм или меньше, более предпочтительно 5 мм или меньше и даже более предпочтительно 1 мм или меньше. Следует отметить, что эти средние диаметры частиц могут быть измерены методами лазерной дифракции/рассеяния, оптическим микроскопом или методом комбинационного рассеяния. Продукт,
10 изготовленный посредством взрыва, может быть подвергнут дальнейшей очистке и последующей обработке. Очистка может включать один или оба из следующих методов: обработка смешанной кислотой и щелочная обработка. Предпочтительной очисткой является обработка смешанной кислотой.

[0085]

15 В случае, когда взрывчатая композиция, содержащая, по меньшей мере, одно взрывчатое вещество и, по меньшей мере, одно гетероатомное соединение, взрывается в герметизированном контейнере, в дополнение к наноалмазу, допированному гетероатомом, например, образуются графит, металлические примеси, элементарный гетероатом и оксиды гетероатомов. Примеси графита и металлов могут быть удалены
20 обработкой смешанной кислотой. Элементарные гетероатомы и оксиды гетероатомов могут быть удалены щелочной обработкой.

[0086]

Примеры смешанной кислоты включают смешанную кислоту из концентрированной серной кислоты и концентрированной азотной кислоты, причем смешанная кислота
25 предпочтительно представляет собой смешанную кислоту из концентрированной серной кислоты и концентрированной азотной кислоты с соотношением 1:1 (объемное соотношение). Температура обработки смешанной кислотой составляет от 50 до 200°C, и продолжительность обработки смешанной кислотой составляет от 0,5 до 24 часов.

[0087]

30 Примеры щелочи включают гидроксиды щелочных металлов, такие как гидроксид натрия и гидроксид калия. Температура щелочной обработки составляет от 30 до 150°C, и продолжительность щелочной обработки составляет от 0,5 до 24 часов.

[0088]

Последующая обработка может включать отжиг и газофазное окисление. Гетероатом,
35 включенный в наноалмаз, допированный гетероатомом, и вакансию приводятся в контакт посредством обработки отжигом, и, таким образом, может быть сформирован центр гетероатом-V. Кроме того, посредством газофазного окисления, слой графита, образованный на поверхности наноалмаза, допированного гетероатомом, можно сделать тонким или удалить. Формирование вакансий может быть выполнено перед
40 отжигом, хотя такое образование вакансий является необязательным процессом. Формирование вакансий осуществляется путем облучения пучком ионов или электронов. Даже в том случае, когда образование вакансий не происходит, центр вакансий гетероатома формируется путем отжига; однако при отжиге, после образования вакансии, может быть образовано больше центр вакансий гетероатома. Для плотности
45 вакансий, вводимых облучением пучком ионов или облучением пучком электронов, верхний предел ограничен концентрацией, при которой алмаз повреждается (концентрация вакансий $>1 \times 10^{21}/\text{см}^3$), но нижний предел составляет, например, $1 \times 10^{16}/\text{см}^3$ или выше или даже $1 \times 10^{18}/\text{см}^3$ или выше. Пучок ионов предпочтительно

представляет собой пучок ионов водорода (H) или гелия (He). Например, энергия пучка ионов водорода предпочтительно составляет от 10 до 1500 кэВ, а энергия пучка ионов гелия предпочтительно составляет от 20 до 2000 кэВ. Энергия пучка электронов предпочтительно составляет от 500 до 5000 кэВ.

5 [0089]

Температура отжига предпочтительно составляет 800°C или выше, и время отжига составляет 30 минут или больше.

[0090]

10 Газофазное окисление можно проводить в атмосфере воздуха, температура газофазного окисления предпочтительно составляет 300°C или выше, и время газофазного окисления составляет 2 часа или больше.

[0091]

В одном предпочтительном варианте осуществления настоящего изобретения, взрывчатая композиция, содержащая, по меньшей мере, одно взрывчатое вещество и, по меньшей мере, одно гетероатомное соединение, превращается в алмазы посредством сжатия ударной волной в условиях высокого давления и высоких температур, создаваемых взрывом взрывчатого вещества (детонация). В момент взрыва взрывчатого вещества, гетероатом встраивается в решетку алмаза. Источником углерода наноалмазов может быть взрывчатое вещество и органическое гетероатомное соединение; однако в случае, когда взрывчатая композиция, содержащая взрывчатое вещество и гетероатомное соединение, дополнительно содержит углеродный материал, не содержащий гетероатома, этот углеродный материал может быть источником углерода для наноалмазов, допированных гетероатомами.

ПРИМЕРЫ

25 [0092]

Далее настоящее изобретение будет описано более конкретно со ссылкой на примеры, однако настоящее изобретение не ограничивается этими примерами.

Примеры 1-6

Используя тротил в качестве взрывчатого вещества и используя, в качестве соединения, в котором гетероатомом является кремний, допант, показанный в таблице 1, в количестве молей, указанном в таблице 1, относительно 1 моля TNT, изготовление наноалмазов, допированных кремнием, осуществляли путем детонации в соответствии с обычным методом в условиях, включающих температуру (К) и давление (ГПа), представленных в таблице 1, и, соответственно, могут быть получены наноалмазы, допированные кремнием, в пропорции, показанной в таблице 1.

[0093]

Названия и структурные формулы допирующих молекул (гетероатомные соединения) 1-6, используемых для допирования кремнием, показаны ниже.

Допирующая молекула 1: Силин

40 Допирующая молекула 2: Тетраметилсилан (SiMe₄)

Допирующая молекула 3: Тетраakis(нитратметил)силан (SiPETN)

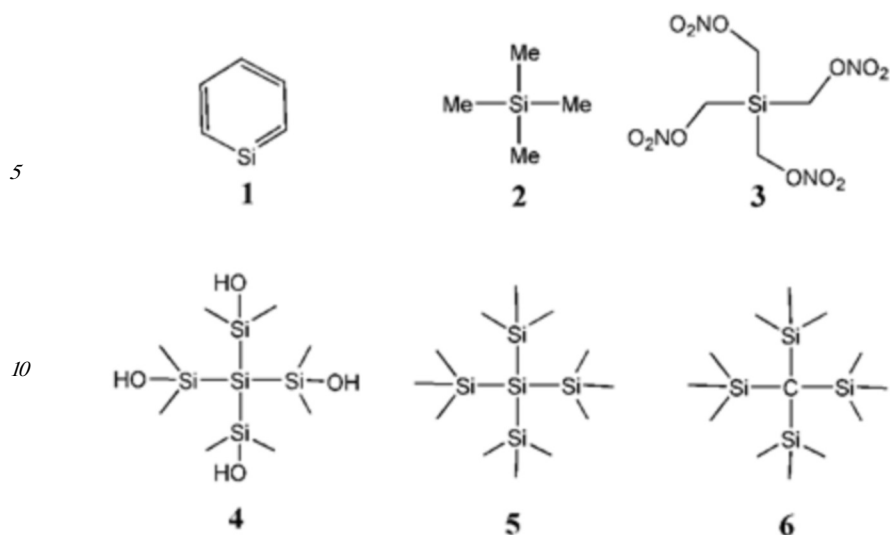
Допирующая молекула 4: Тетраakis(диметилсиланолил)силан (Si(SiMe₂OH)₄)

Допирующая молекула 5: Тетраakis(триметилсилил)силан (Si(SiMe₃)₄)

45 Допирующая молекула 6: Тетраakis (триметилсилил)метан (C(SiMe₃)₄)

[0094]

[Схема 1]



[0095]

[Таблица 1]

Примеры	Допирующая молекула	Доля допирующей молекулы, используемой в молекуле TNT288	Температура [K](°C)	Pressure [GPa]	(атом Si/атом C) × 100 (%)
1	Силин	56/288=0,19	3521 (3247,85)	33	3,2
2	SiMe ₄	60/288=0,21	3525 (3251,85)	34	2,3
3	SiPETN	48/288=0,17	3508 (3234,85)	29	3,1
4	Si(SiMe ₂ OH) ₄	60/288=0,21	3528 (3254,85)	33	32,3
5	Si(SiMe ₃) ₄	60/288=0,21	3518 (3244,85)	31	36,0
6	C(SiMe ₃) ₄	60/288=0,21	3518 (3244,85)	30	22,7

[0096]

Как следует из таблицы 1, очевидно, что наноалмазы, в которые было введено большое количество атомов кремния, могут быть получены в соответствии с вариантами осуществления настоящего изобретения.

[0097]

Пример 7

Используя примерно 60 г взрывчатой композиции, каждая из которых получена добавлением 10 частей по массе, 1 части по массе или 0,1 части по массе трифенилсиланола в качестве соединения кремния на 100 частей по массе взрывчатого вещества, содержащего тринитротолуол (TNT) и циклотриметилентринитрамин (RDX), изготавливали наноалмазы, допированные кремнием, в соответствии с обычным методом изготовления наноалмазов. Для полученных наноалмазов, допированных кремнием, осуществляли описанные далее типы обработки. Следует отметить, что добавленное количество трифенилсиланола во взрывчатом веществе составляло 10% по массе, 1% по массе или 0,1% по массе.

(i) Обработка смешанной кислотой

В 2800 г смешанной кислоты, состоящей из концентрированной серной кислоты и концентрированной азотной кислоты в соотношении 11:1 (массовое соотношение), добавляли 15 г наноалмазов, полученных в результате испытания на детонацию, и обрабатывали при 150°C в течение 10 часов при перемешивании.

(ii) Щелочная обработка

В 100 мл 8 н водного раствора гидроксида натрия добавляли 1 г наноалмазов, обработанных смешанной кислотой, и обрабатывали при температуре 100°C в течение 10 часов при перемешивании.

(iii) Отжиг

Наноалмазы после щелочной обработки отжигали при температуре 800°C в атмосфере вакуума в течение 30 минут.

(iv) Газофазное окисление

5 Отожженные наноалмазы подвергали обработке газофазным окислением при температуре 300°C в атмосфере воздуха в течение 2 часов, и таким образом получали наноалмазы, допированные кремнием, в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения.

(v) Флуоресцентный анализ

10 Водную суспензию 10 масса/об.% наноалмазов, допированных кремнием, в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения, полученную газофазным окислением, добавляли по каплям на стеклянную подложку и сушили, и, таким образом, получали образец для оценки. Полученный образец для оценки подвергали высокоскоростному картированию с использованием рамановского
15 конфокального микроскопа-спектрометра (торговое название: Confocal Raman Microscope LabRAM HR Evolution, доступный от компании Horiba, Ltd.), и проводили визуализацию яркости при длине волны 738 нм. На фиг. 1(a) показаны изображения яркости при длине волны 738 нм наноалмазов, допированных кремнием, полученных с использованием трифенилсиланола в качестве соединения кремния в добавляемом количестве, в
20 зависимости от внешней части, 1% по массе. На фиг. 1 (b) показан спектр флуоресценции яркости из фигуры 1(a). Может быть подтверждена бесфонная линия (пик флуоресценции) центра Si-V. Содержание Si в полученных наноалмазах, допированных кремнием, составляло 3,2% по массе, когда добавленное количество трифенилсиланола во взрывчатом веществе составляло 10% по массе, 0,15% по массе, когда добавленное
25 количество составляло 1% по массе, и 0,03% по массе, когда добавленное количество составляло 0,1% по массе.

На фиг. 1(b) было подтверждено, что наноалмазы, допированные кремнием, в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения имеют флуоресценцию при длине волны 738 нм, исходящую из центра SV. Кроме того, средний размер
30 первичных частиц, измеренный посредством XRD, и удельная площадь поверхности по методу БЭТ полученных наноалмазов, допированных кремнием, представлены в таблице 2 ниже.

[0098]

[Таблица 2]

35

Добавленное количество трифенилсиланола во взрывчатом веществе	Удельная площадь поверхности по методу БЭТ (м ² /г)	Средний размер первичных частиц (нм)
10% по массе	213	7,9
1% по массе	232	7,2
0,1% по массе	254	6,9

40

[0099]

Измерение удельной площади поверхности по методу БЭТ

Прибор: BELSORP-mini II (доступный от компании Microtrac BEL)

Отмеренное количество порошка: 40 мг.

Предварительная сушка: обработка при 120°C в течение 3 часов в вакууме.

45

Температура измерения: -196°C (температура жидкого азота)

Измерение среднего размера первичных частиц (порошковая рентгеновская дифрактометрия (XRD))

Прибор: Многоцелевая рентгеновская дифракционная система со встроенным

интеллектуальным наведением (доступная от компании Rigaku Corporation)

Метод измерения количества введенного Si (XRF)

Прибор: Рентгеновский флуоресцентный спектрометр ZSX Primus IV, доступный от компании Rigaku Corporation

5 [0100]

Пример 8

Наноалмазы, допированные бором, могут быть получены способом, аналогичным описанному в примере 7, за исключением использования 1 части по массе фенилбороновой кислоты вместо 1 части по массе трифенилсиланола примера 7.

10 [0101]

Пример 9

Наноалмазы, допированные фосфором, могут быть получены способом, аналогичным описанному в примере 7, за исключением использования 1 части по массе трифенилфосфина вместо 1 части по массе трифенилсиланола примера 7.

15 [0102]

Пример 10

Наноалмазы, допированные никелем могут быть получены способом, аналогичным описанному в примере 7, за исключением использования 1 части по массе никеля бис (ацетилацетоната) вместо 1 части по массе трифенилсиланола примера 7.

20 [0103]

Пример 11

Наноалмазы, допированные кремнием и бором, могут быть получены способом, аналогичным описанному в примере 7, за исключением использования 0,5 части по массе трифенилсиланола и 0,5 части по массе фенилбороновой кислоты вместо 1 части по массе трифенилсиланола примера 7.

25 [0104]

Пример 12

Наноалмазы, допированные кремнием и фосфором, могут быть получены способом, аналогичным описанному в примере 7, за исключением использования 0,5 части по массе трифенилсиланола и 0,5 части по массе трифенилфосфина вместо 1 части по массе трифенилсиланола примера 7.

(57) Формула изобретения

1. Взрывчатая композиция, содержащая по меньшей мере одно взрывчатое вещество
35 и по меньшей мере одно гетероатомное соединение, причем данное гетероатомное соединение представляет собой соединение, выбранное из соединений, включающих:

алкил- или арилзамещенный силан;

силан, имеющий алкильную группу или арильную группу и атом водорода;

углеродный материал, допированный кремнием;

40 ароматический силан, в котором атом кремния включен в ароматическое кольцо;

силан, содержащий гидроксигруппу;

силан, имеющий низшую алкильную группу;

силан, содержащий карбоксильную группу;

силан, имеющий атом галогена;

45 органические соединения германия;

алкильные соединения олова;

соединения арилолова;

органические соединения титана;

органические соединения вольфрама;
 органические соединения серы;
 органические соединения селена; и
 трифенилвисмут,

5 причём данная композиция содержит от 90 до 99,99% по массе взрывчатого вещества и от 0,01 до 10% по массе гетероатомного соединения.

2. Взрывчатая композиция по п. 1, где гетероатомное соединение представляет собой соединение, выбранное из соединений, включающих:

алкил- или арилзамещенный силан;
 10 силан, имеющий алкильную группу или арильную группу и атом водорода;
 углеродный материал, допированный кремнием;
 ароматический силан, в котором атом кремния включен в ароматическое кольцо;
 силан, содержащий гидроксигруппу;
 силан, имеющий низшую алкильную группу;
 15 силан, содержащий карбоксильную группу;
 силан, имеющий атом галогена;
 органические соединения германия;
 алкильные соединения олова; и
 соединения арилолова.

20 3. Взрывчатая композиция по п. 1, где гетероатомное соединение представляет собой соединение, выбранное из соединений, включающих:

тетраметилсилан, этилтриметилсилан, триметилпропилсилан, триметилфенилсилан, диэтилдиметилсилан, триэтилметилсилан, метилтрифенилсилан, тетраэтилсилан, триэтилфенилсилан, диэтилдифенилсилан, этилтрифенилсилан, тетрафенилсилан;
 25 метилсилан, диметилсилан, триметилсилан, диэтилсилан, триэтилсилан, трипропилсилан, дифенилсилан, трифенилсилан;
 черновой свинец, графит, активный углерод, технический углерод, кетеновую сажу, кокс, мягкую сажу, твердый углерод, ацетиленовую сажу, углеродные волокна и мезопористый углерод, допированные кремнием;
 30 силабензол, дисилабензол;
 триметилсиланол, диметилфенилсиланол, триэтилсиланол, диэтилсиландиол, трипропилсиланол, дипропилсиландиол, трифенилсиланол, дифенилсиландиол;
 ацетокситриметилсилан, диацетоксидиметилсилан, триацетоксиметилсилан, ацетокситриэтилсилан, диацетоксидиэтилсилан, триацетоксиэтилсилан,
 35 ацетокситрипропилсилан, метокситриметилсилан, диметоксидиметилсилан, триметоксиметилсилан, этокситриметилсилан, диэтоксидиметилсилан, триэтоксиметилсилан, этокситриэтилсилан, диэтоксидиэтилсилан, триэтоксииэтилсилан, триметилфеноксисилан;
 трифенилсилилкарбоновую кислоту, триметилсилилуксусную кислоту,
 40 триметилсилилпропионовую кислоту, триметилсилилмасляную кислоту;
 трихлорметилсилан, дихлордиметилсилан, хлортриметилсилан, трихлорэтилсилан, дихлордиэтилсилан, хлортриэтилсилан, трихлорфенилсилан, дихлордифенилсилан, хлортрифенилсилан, дихлордифенилсилан, дихлорметилфенилсилан, дихлорэтилфенилсилан, хлордифторметилсилан, дихлорфторметилсилан,
 45 хлорфтордиметилсилан, хлорэтилдифторсилан, дихлорэтилфторсилан, хлордифторпропилсилан, дихлорфторпропилсилан, трифторметилсилан, дифтордиметилсилан, фтортриметилсилан, этилтрифторсилан, диэтилдифторсилан, триэтилфторсилан, трифторпропилсилан, фтортрипропилсилан, трифторфенилсилан,

дифтордифенилсилан, фтортрифенилсилан, трибромметилсилан, дибромдиметилсилан, бромтриметилсилан, бромтриэтилсилан, бромтрипропилсилан, дибромдифенилсилан и бромтрифенилсилан;

метилгерман, этилгерман, метоксид триметилгермания, диацетат диметилгермания, ацетат трибутилгермания, тетраметоксигерманий, тетраэтоксигерманий, изобутилгерман, трихлорид алкилгермания, трихлорид диметиламиногермания;

тетраметилолово, оксид монобутилолова, оксид дибутилолова;

тетрафенилолово, малеат диметилолова, оксид гидроксидутилолова и трис(2-этилгексаноат) монобутилолова.

4. Взрывчатая композиция, содержащая по меньшей мере одно взрывчатое вещество и по меньшей мере одно органическое гетероатомное соединение, причем данное органическое гетероатомное соединение представляет собой соединение, выбранное из арилзамещенного силана; силана, имеющего арильную группу и атом водорода; соединений арилолова; арилсульфонатов кобальта; бис(бензол)хрома, бис(этилбензол)хрома и бис(мезитилен)хрома; соединений арилталлия; бензоата серебра; соединений арилалюминия и галогенидов диарилалюминия; салицилата меди; фталата кадмия и нафталата кадмия; ацетата фенилртути и пара-хлормеркуробензоата; фениларсоновой кислоты, дифениларсоновой кислоты, п-гидроксифениларсоновой кислоты, п-аминофениларсоновой кислоты и их солей; трифенилсурьмы; трифенилвисмута.

5. Взрывчатая композиция по любому из пп. 1-4, отличающаяся тем, что взрывчатое вещество представляет собой по крайней мере одно вещество, выбранное из группы, состоящей из тринитротолуола (TNT), циклотриметилентринитрамина (гексоген, RDX), циклотетраметилентетранитрамина (октогена), тринитрофенилметилнитрамина (тетрил), пентаэритриттетранитрата (PETN), тетранитрометана (TNM), триаминотринитробензола, гексанитростильбена и диаминодинитробензофуороксана.

6. Взрывчатая композиция по любому из пп. 1-5, отличающаяся тем, что размер частиц взрывчатого вещества и/или гетероатомного соединения составляет 10 мм или меньше.

7. Способ изготовления взрывчатой композиции по любому из пп. 1-6, включающий смешивание взрывчатого вещества и гетероатомного соединения в виде сухого порошка, в расплавленном состоянии или с использованием растворителя и формование смеси путем прессования или литья.

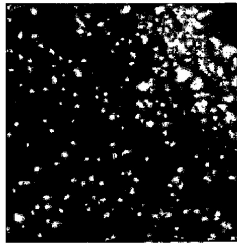
8. Способ изготовления взрывчатой композиции по п. 7, в котором взрывчатую композицию изготавливают путем смешивания взрывчатого вещества и гетероатомного соединения, где размер частиц указанного взрывчатого вещества и/или гетероатомного соединения составляет 10 мм или меньше, в виде сухого порошка или в расплавленном состоянии.

9. Способ изготовления наноалмаза, допированного гетероатомом, включающий взрыв взрывчатой композиции по любому из пп. 1-6 в герметизированном контейнере.

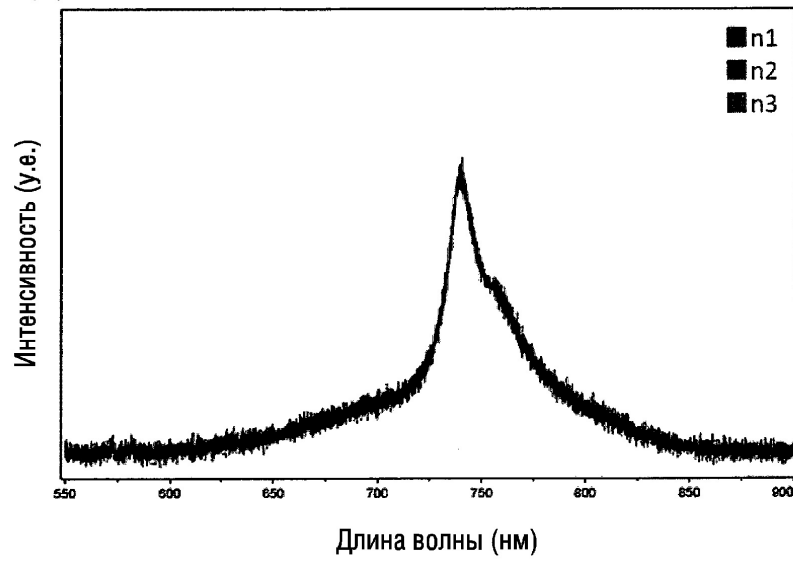
1

ФИГ.1

(a)



(b)



2

ФИГ.1, продолжение

(с)

