

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-167175

(P2012-167175A)

(43) 公開日 平成24年9月6日(2012.9.6)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
C09K 11/08 (2006.01)	C09K 11/08 Z NMG	4G072
C09K 11/59 (2006.01)	C09K 11/59	4H001
C01B 33/02 (2006.01)	C01B 33/02 Z	
B82B 3/00 (2006.01)	B82B 3/00	

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2011-28872 (P2011-28872)
 (22) 出願日 平成23年2月14日 (2011.2.14)

(71) 出願人 504136568
 国立大学法人広島大学
 広島県東広島市鏡山1丁目3番2号
 (74) 代理人 100104444
 弁理士 上羽 秀敏
 (74) 代理人 100112715
 弁理士 松山 隆夫
 (74) 代理人 100125704
 弁理士 坂根 剛
 (74) 代理人 100120662
 弁理士 川上 桂子
 (72) 発明者 齋藤 健一
 広島県東広島市鏡山一丁目3番1号 国立
 大学法人広島大学自然科学研究支援開発セ
 ンター内

最終頁に続く

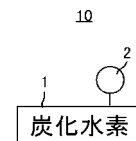
(54) 【発明の名称】 ナノ粒子、およびナノ粒子の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 発光強度の強いナノ粒子を提供する。

【解決手段】 ナノ粒子10は、炭化水素1と、シリコンナノ粒子2とを備える。炭化水素1は、8個のカーボンが繋がった構造、6個のカーボンが繋がった構造、8個のカーボンと1個の酸素とが繋がった構造、2個のカーボンと1個の酸素とが繋がった構造、および1個のカーボンと1個の酸素とが繋がった構造のいずれかからなる。シリコンナノ粒子2は、炭化水素1のカーボンまたは酸素に接続される。そして、シリコンナノ粒子は、2～3nmの粒径を有する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

炭化水素と、
前記炭化水素に含まれるカーボンまたは酸素に接続されたシリコンナノ粒子とを備えるナノ粒子。

【請求項 2】

前記炭化水素は、1個、2個、6個および8個のいずれかの個数のカーボンを含む、請求項 1 に記載のナノ粒子。

【請求項 3】

透明体からなる容器にシリコンの粉体および有機溶媒を入れる第 1 の工程と、
前記シリコンの粉体および有機溶媒の攪拌を開始する第 2 の工程と、
前記シリコンの粉体および有機溶媒を攪拌しながらパルスレーザを前記シリコンの粉体に照射する第 3 の工程とを備えるナノ粒子の製造方法。

10

【請求項 4】

前記第 1 の工程において、オクチン、オクタノール、メタノール、エタノール、およびヘキセンのいずれかからなる有機溶媒を前記容器に入れる、請求項 3 に記載のナノ粒子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、ナノ粒子、およびナノ粒子の製造方法に関するものである。

20

【背景技術】

【0002】

従来、レーザアブレーションを用いてシリコン (Si) のナノ粒子を製造する方法が知られている (特許文献 1)。

【0003】

この方法は、二酸化炭素からなる超臨界流体中に単結晶シリコンを保持し、200 mJ / パルス以上の強度を有するレーザ光を単結晶シリコンに照射して約 2 nm の直径を有するシリコンナノを製造するものである。

【先行技術文献】

30

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】国際公開第 10 / 143225 号パンフレット

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかし、従来のレーザアブレーションを用いて製造したシリコンナノ粒子は、発光強度が弱いという問題がある。

【0006】

そこで、この発明は、かかる問題を解決するためになされたものであり、その目的は、発光強度の強いナノ粒子を提供することである。

40

【0007】

また、この発明の別の目的は、発光強度の強いナノ粒子の製造方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

この発明の実施の形態によれば、ナノ粒子は、炭化水素と、シリコンナノ粒子とを備える。シリコンナノ粒子は、炭化水素に含まれるカーボンまたは酸素に接続される。

【0009】

また、この発明の実施の形態によれば、ナノ粒子の製造方法は、透明体からなる容器に

50

シリコンの粉体および有機溶媒を入れる第1の工程と、シリコンの粉体および有機溶媒の攪拌を開始する第2の工程と、シリコンの粉体および有機溶媒を攪拌しながらパルスレーザをシリコンの粉体に照射する第3の工程とを備える。

【発明の効果】

【0010】

この発明の実施の形態によれば、ナノ粒子は、炭化水素のカーボンまたは酸素にシリコンナノ粒子が接続されたものである。その結果、ナノ粒子は、従来の超臨界流体中のレーザアブレーションによって製造したシリコンナノ粒子よりも強い強度で発光する。

【0011】

従って、ナノ粒子の発光強度を強くできる。

10

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】この発明の実施の形態によるナノ粒子の概念図である。

【図2】図1に示すナノ粒子の第1の具体例を示す概念図である

【図3】図1に示すナノ粒子の第2の具体例を示す概念図である。

【図4】図1に示すナノ粒子の第3の具体例を示す概念図である。

【図5】図1に示すナノ粒子の第4の具体例を示す概念図である。

【図6】図1に示すナノ粒子の第5の具体例を示す概念図である。

【図7】図1に示すナノ粒子の第6の具体例を示す概念図である。

【図8】図1に示すナノ粒子の第7の具体例を示す概念図である。

20

【図9】図1に示すナノ粒子の第8の具体例を示す概念図である。

【図10】図1に示すナノ粒子の第9の具体例を示す概念図である。

【図11】図1に示すナノ粒子の第10の具体例を示す概念図である。

【図12】図1に示すナノ粒子の第11の具体例を示す概念図である。

【図13】図1に示すナノ粒子の第12の具体例を示す概念図である。

【図14】図1に示すナノ粒子を製造する製造装置の概略図である。

【図15】図14に示す攪拌子の概略図である。

【図16】図1に示すナノ粒子の製造方法を示す工程図である。

【図17】図16に示す工程に従ってナノ粒子を製造するときの概念図である。

【図18】フォトルミネッセンスの測定結果を示す図である。

30

【図19】ナノ粒子の粒径の分布を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

本発明の実施の形態について図面を参照しながら詳細に説明する。なお、図中同一または相当部分には同一符号を付してその説明は繰返さない。

【0014】

図1は、この発明の実施の形態によるナノ粒子の概念図である。図1を参照して、この発明の実施の形態によるナノ粒子10は、炭化水素1と、シリコンナノ粒子2とを備える。

【0015】

40

炭化水素1は、カーボン(C)と水素(H)とが結合した構造、またはカーボン(C)、酸素(O)および水素(H)が結合した構造からなる。シリコンナノ粒子2は炭化水素1に接続される。そして、シリコンナノ粒子は、2~3nmの粒径を有する。

【0016】

図2は、図1に示すナノ粒子10の第1の具体例を示す概念図である。図2を参照して、ナノ粒子10-1は、オクテン1-1と、シリコンナノ粒子2とを備える。オクテン1-1は、図1に示す炭化水素1の具体例である。オクテン1-1は、8個のカーボン(C)が直鎖状に繋がり、15個の水素(H)が8個のカーボン(C)に結合した構造からなる。そして、8個のカーボン(C)のうち、右端の2個のカーボン(C)は、二重結合からなる。シリコンナノ粒子2は、直鎖状に繋がった8個のカーボン(C)のうち、右端の

50

カーボン（C）に接続される。

【0017】

図3は、図1に示すナノ粒子10の第2の具体例を示す概念図である。図3を参照して、ナノ粒子10-2は、オクテン1-2と、シリコンナノ粒子2とを備える。オクテン1-2は、図1に示す炭化水素1の具体例である。オクテン1-2は、8個のカーボン（C）が直鎖状に繋がり、14個の水素（H）が7個のカーボン（C）に結合した構造からなる。そして、8個のカーボン（C）のうち、右端の2個のカーボン（C）は、二重結合からなる。シリコンナノ粒子2は、直鎖状に繋がった8個のカーボン（C）のうち、右端の2個のカーボン（C）に接続される。

【0018】

図4は、図1に示すナノ粒子10の第3の具体例を示す概念図である。図4を参照して、ナノ粒子10-3は、オクテン1-3と、シリコンナノ粒子2とを備える。オクテン1-3は、図1に示す炭化水素1の具体例である。オクテン1-3は、8個のカーボン（C）が直鎖状に繋がり、15個の水素（H）が7個のカーボン（C）に結合した構造からなる。そして、8個のカーボン（C）のうち、右端の2個のカーボン（C）は、二重結合からなる。シリコンナノ粒子2は、直鎖状に繋がった8個のカーボン（C）のうち、右端から2個目のカーボン（C）に接続される。

【0019】

図5は、図1に示すナノ粒子10の第4の具体例を示す概念図である。図5を参照して、ナノ粒子10-4は、オクタン1-4と、シリコンナノ粒子2とを備える。オクタン1-4は、図1に示す炭化水素1の具体例である。オクタン1-4は、8個のカーボン（C）が直鎖状に繋がり、17個の水素（H）が8個のカーボン（C）に結合した構造からなる。そして、8個のカーボン（C）は、単結合からなる。シリコンナノ粒子2は、直鎖状に繋がった8個のカーボン（C）のうち、右端から2個目のカーボン（C）に接続される。

【0020】

図6は、図1に示すナノ粒子10の第5の具体例を示す概念図である。図6を参照して、ナノ粒子10-5は、オクタン1-5と、シリコンナノ粒子2とを備える。オクタン1-5は、図1に示す炭化水素1の具体例である。オクタン1-5は、8個のカーボン（C）が直鎖状に繋がり、17個の水素（H）が8個のカーボン（C）に結合した構造からなる。そして、8個のカーボン（C）は、単結合からなる。シリコンナノ粒子2は、直鎖状に繋がった8個のカーボン（C）のうち、右端のカーボン（C）に接続される。

【0021】

図7は、図1に示すナノ粒子10の第6の具体例を示す概念図である。図7を参照して、ナノ粒子10-6は、ヘキサン1-6と、シリコンナノ粒子2とを備える。ヘキサン1-6は、図1に示す炭化水素1の具体例である。ヘキサン1-6は、6個のカーボン（C）が直鎖状に繋がり、12個の水素（H）が6個のカーボン（C）に結合した構造からなる。そして、6個のカーボン（C）は、単結合からなる。シリコンナノ粒子2は、直鎖状に繋がった6個のカーボン（C）のうち、右端の2個のカーボン（C）に接続される。

【0022】

図8は、図1に示すナノ粒子10の第7の具体例を示す概念図である。図8を参照して、ナノ粒子10-7は、ヘキセン1-7と、シリコンナノ粒子2とを備える。ヘキセン1-7は、図1に示す炭化水素1の具体例である。ヘキセン1-7は、6個のカーボン（C）が直鎖状に繋がり、11個の水素（H）が5個のカーボン（C）に結合した構造からなる。そして、6個のカーボン（C）のうち、右端の2個のカーボン（C）は、二重結合からなる。シリコンナノ粒子2は、直鎖状に繋がった6個のカーボン（C）のうち、右端から2個目のカーボン（C）に接続される。

【0023】

図9は、図1に示すナノ粒子10の第8の具体例を示す概念図である。図9を参照して、ナノ粒子10-8は、ヘキサン1-8と、シリコンナノ粒子2とを備える。ヘキサン1

10

20

30

40

50

- 8 は、図 1 に示す炭化水素 1 の具体例である。ヘキサン 1 - 8 は、6 個のカーボン (C) が直鎖状に繋がり、13 個の水素 (H) が 6 個のカーボン (C) に結合した構造からなる。そして、6 個のカーボン (C) は、単結合からなる。シリコンナノ粒子 2 は、直鎖状に繋がった 6 個のカーボン (C) のうち、右端から 2 個目のカーボン (C) に接続される。

【0024】

図 10 は、図 1 に示すナノ粒子 10 の第 9 の具体例を示す概念図である。図 10 を参照して、ナノ粒子 10 - 9 は、ヘキサン 1 - 9 と、シリコンナノ粒子 2 とを備える。ヘキサン 1 - 9 は、図 1 に示す炭化水素 1 の具体例である。ヘキサン 1 - 9 は、6 個のカーボン (C) が直鎖状に繋がり、13 個の水素 (H) が 6 個のカーボン (C) に結合した構造からなる。そして、6 個のカーボン (C) は、単結合からなる。シリコンナノ粒子 2 は、直鎖状に繋がった 6 個のカーボン (C) のうち、右端のカーボン (C) に接続される。

10

【0025】

図 11 は、図 1 に示すナノ粒子 10 の第 10 の具体例を示す概念図である。図 11 を参照して、ナノ粒子 10 - 10 は、オクタノール 1 - 10 と、シリコンナノ粒子 2 とを備える。オクタノール 1 - 10 は、図 1 に示す炭化水素 1 の具体例である。オクタノール 1 - 10 は、8 個のカーボン (C) および 1 個の酸素 (O) が直鎖状に繋がり、17 個の水素 (H) が 8 個のカーボン (C) に結合した構造からなる。そして、8 個のカーボン (C) および 1 個の酸素 (O) は、単結合からなり、1 個の酸素 (O) は、右端に配置される。シリコンナノ粒子 2 は、直鎖状に繋がった 1 個の酸素 (O) に接続される。この 1 個の酸素 (O) には、本来、1 個の水素 (H) が結合しているが、酸素 (O) と水素 (H) との結合が切れて酸素 (O) がシリコンナノ粒子 2 に接続される。

20

【0026】

図 12 は、図 1 に示すナノ粒子 10 の第 11 の具体例を示す概念図である。図 12 を参照して、ナノ粒子 10 - 11 は、エタノール 1 - 11 と、シリコンナノ粒子 2 とを備える。エタノール 1 - 11 は、図 1 に示す炭化水素 1 の具体例である。エタノール 1 - 11 は、2 個のカーボン (C) および 1 個の酸素 (O) が直鎖状に繋がり、5 個の H が 2 個のカーボン (C) に結合した構造からなる。そして、2 個のカーボン (C) および 1 個の酸素 (O) は、単結合からなり、1 個の酸素 (O) は、右端に配置される。シリコンナノ粒子 2 は、直鎖状に繋がった 1 個の酸素 (O) に接続される。この 1 個の酸素 (O) には、本来、1 個の水素 (H) が結合しているが、酸素 (O) と水素 (H) との結合が切れて酸素 (O) がシリコンナノ粒子 2 に接続される。

30

【0027】

図 13 は、図 1 に示すナノ粒子 10 の第 12 の具体例を示す概念図である。図 13 を参照して、ナノ粒子 10 - 12 は、メタノール 1 - 12 と、シリコンナノ粒子 2 とを備える。メタノール 1 - 12 は、図 1 に示す炭化水素 1 の具体例である。メタノール 1 - 12 は、1 個のカーボン (C) および 1 個の酸素 (O) が直鎖状に繋がり、3 個の水素 (H) が 1 個のカーボン (C) に結合した構造からなる。そして、1 個のカーボン (C) および 1 個の酸素 (O) は、単結合からなる。シリコンナノ粒子 2 は、直鎖状に繋がった 1 個の酸素 (O) に接続される。この 1 個の酸素 (O) には、本来、1 個の水素 (H) が結合しているが、酸素 (O) と水素 (H) との結合が切れて酸素 (O) がシリコンナノ粒子 2 に接続される。

40

【0028】

なお、上記においては、1 個のオクテン 1 - 1 ~ 1 - 3、1 個のオクタン 1 - 4、1 - 5、1 個のヘキサン 1 - 6、1 - 8、1 - 9、1 個のヘキセン 1 - 7、1 個のオクタノール 1 - 10、1 個のエタノール 1 - 11 および 1 個のメタノール 1 - 12 がシリコンナノ粒子 2 に結合していると説明したが、この発明の実施の形態においては、これに限らず、オクテン 1 - 1 ~ 1 - 3、オクタン 1 - 4、1 - 5、ヘキサン 1 - 6、1 - 8、1 - 9、ヘキセン 1 - 7、オクタノール 1 - 10、エタノール 1 - 11 およびメタノール 1 - 12 は、複数個がシリコンナノ粒子 2 に結合していてもよい。

50

【0029】

また、オクテン1-1~1-3、オクタン1-4, 1-5、ヘキサン1-6, 1-8, 1-9、ヘキセン1-7、オクタノール1-10、エタノール1-11およびメタノール1-12は、カーボン(C)、またはカーボン(C)および酸素(O)が直鎖状に繋がった構造でなくてもよく、ジグザグ状に繋がった構造、または枝分かかれた構造等であってもよく、一般的には、どのような構造からなってもよい。

【0030】

図14は、図1に示すナノ粒子10を製造する製造装置の概略図である。図14を参照して、製造装置100は、スターラー110と、攪拌子120と、容器130と、ミラー140, 160, 170, 180と、レンズ150と、レーザ装置190とを備える。

10

【0031】

容器130は、四角柱の形状を有し、ガラス、石英およびサファイアのいずれかからなる。なお、容器130は、四角柱以外の形状からなってもよい。攪拌子120は、容器130の内部に設置される。そして、攪拌子120が入れられた容器130は、スターラー110上に設置される。

【0032】

レーザ装置190は、例えば、Nd:YAGレーザからなり、Nd:YAGレーザの2倍波である532nmの波長を有するレーザ光を出射する。このレーザ光は、パルス幅が10nsであり、繰返し周波数が20Hzであり、フルエンスが0.8J/cm²であるパルス光からなる。

20

【0033】

ミラー180は、レーザ装置190から出射されたレーザ光をミラー170の方向へ反射する。ミラー170は、ミラー180によって反射されたレーザ光をミラー160の方向へ反射する。ミラー160は、ミラー170によって反射されたレーザ光をレンズ150の方向へ反射する。

【0034】

レンズ150は、ミラー160によって反射されたレーザ光を集光してミラー140に導く。ミラー140は、レンズ150によって集光されたレーザ光を容器130へ照射する。

【0035】

攪拌子120は、スターラー110から磁力を受け、その受けた磁力によって回転し、容器130内の溶液200を攪拌する。この場合、攪拌子120の回転数は、1200rpmである。スターラー110は、磁力によって攪拌子120を回転させる。

30

【0036】

図15は、図14に示す攪拌子120の概略図である。図15を参照して、攪拌子120は、磁石121と、保護膜122と、带状部材123とを含む。磁石121は、角柱形状からなり、例えば、六角形の断面形状を有する。そして、磁石121は、スターラー110に保持された磁石と逆極性を有する。

【0037】

保護膜122は、例えば、テフロン(登録商標)からなり、磁石121を覆う。なお、保護膜122が磁石121を覆うのは、磁石121が容器130の内壁を傷付けるのを防止するためである。带状部材123は、テフロン(登録商標)からなり、磁石121の長さ方向の略中央部において保護膜122を覆うように配置される。

40

【0038】

攪拌子120の磁石121は、スターラー110の磁石と逆極性を有するため、例えば、スターラー110の磁石が反時計回りに回転すると、磁石121は、スターラー110の磁石から矢印127の方向へ磁力を受け、攪拌子120は、矢印124の方向へ回転する。その結果、攪拌子120は、容器130内の溶液200を攪拌する。この場合、攪拌子120は、带状部材123を有するので、保護膜122のうち、带状部材123によって覆われた部分以外の部分は、容器130の底面に接しず、保護膜122と容器130と

50

の間に隙間が形成される。その結果、攪拌子 120 は、スターラー 110 の磁石が反時計回りに回転することによって、矢印 124 の方向に回転し易くなる。

【0039】

再び、図 8 を参照して、溶液 200 は、例えば、シリコンの粉体とオクチンとからなる。そして、溶液 200 は、2 mg のシリコンの粉体を 3 ml のオクチンに入れることによって作製される。この場合、シリコンの粉体は、例えば、100 μm の粒径を有する。

【0040】

なお、溶液 200 は、オクチンに代えて、オクタノール、メタノール、エタノール、およびヘキセンのいずれかを含んでいてもよい。この場合も、溶液 200 は、2 mg のシリコンの粉体を 3 ml の有機溶媒 (= オクタノール、メタノール、エタノール、およびヘキセンのいずれか) に入れることによって作製される。

10

【0041】

図 16 は、図 1 に示すナノ粒子 10 の製造方法を示す工程図である。

【0042】

図 16 を参照して、ナノ粒子 10 の製造が開始されると、上述した方法によって、シリコンの粉体と有機溶媒 (= オクチン、オクタノール、メタノール、エタノール、およびヘキセンのいずれか) とを容器 130 に入れ、溶液 200 を作製する (ステップ S1)。

【0043】

そして、溶液 200 を入れた容器 130 をスターラー 110 上に配置し、攪拌子 120 を容器 200 内に入れる。この場合、容器 130 の温度は、室温であり、圧力は、大気圧である。つまり、容器 130 は、常温および常圧下でスターラー 110 上に配置される。

20

【0044】

その後、スターラー 110 の磁石を所定の方向に回転し、攪拌子 120 によってシリコンの粉体および有機溶媒の攪拌を開始する (ステップ S2)。

【0045】

そうすると、攪拌子 120 によってシリコンの粉体および有機溶媒を攪拌しながら、レーザ装置 190 を用いて、上述したレーザ光 (パルス光) を容器 130 内の溶液 200 に照射する (ステップ S3)。

【0046】

そして、5分 ~ 100分、レーザ光を溶液 200 に照射すると、レーザ光の照射を停止する。これによって、ナノ粒子 10 が製造される。

30

【0047】

このように、ナノ粒子 10 は、シリコンの粉体と有機溶媒とからなる溶液 200 を攪拌しながらレーザ光を照射して製造される。これは、ナノ粒子 10 の製造効率を高くするとともに、ナノ粒子 10 の粒径を均一化するためである。つまり、シリコンの粉体と有機溶媒とを攪拌しない場合、レーザ光がシリコンの粉体に照射される割合が減少し、製造されるナノ粒子 10 の量が減少するとともに、ナノ粒子 10 の粒径が不均一になるので、シリコンの粉体と有機溶媒とを攪拌し、レーザ光がシリコンの粉体に照射される割合を高くし、粒径の均一性が良い多くのナノ粒子 10 を製造するためである。

40

【0048】

従って、この発明の実施の形態においては、シリコンの粉体と有機溶媒とを攪拌しながらレーザ光を溶液 200 に照射することとしている (ステップ S2, S3 参照)。

【0049】

なお、ステップ S1 において、オクチンを有機溶媒として容器 130 に入れると、図 2 から図 6 に示すナノ粒子 10 - 1 ~ 10 - 5 が製造され、ヘキセンを有機溶媒として容器 130 に入れると、図 7 から図 10 に示すナノ粒子 10 - 6 ~ 10 - 9 が製造され、オクタノールを有機溶媒として容器 130 に入れると、図 11 に示すナノ粒子 10 - 10 が製造され、エタノールを有機溶媒として容器 130 に入れると、図 12 に示すナノ粒子 10 - 11 が製造され、メタノールを有機溶媒として容器 130 に入れると、図 13 に示すナノ粒子 10 - 12 が製造される。

50

【0050】

図17は、図16に示す工程に従ってナノ粒子を製造するときの概念図である。図17を参照して、レーザ光を照射する前、 $100\mu\text{m}$ の粒径を有するシリコンの粉体210が溶液200中に存在する((a)参照)。

【0051】

そして、レーザ光を溶液200に照射してアブレーションを行なうと、ナノ粒子10とシリコンの粉体210とが溶液200中に存在する((b)参照)。

【0052】

ナノ粒子10およびシリコンの粉体210が存在する溶液200を遠心分離器にセットし、ナノ粒子10とシリコンの粉体210とを分離する。この場合、回転数は、 4500rpm であり、時間は、 120分 である。

10

【0053】

ナノ粒子10とシリコンの粉体210とが分離すると、ナノ粒子10は、溶液200の上部に集まり、シリコンの粉体210は、溶液200の下部に集まる。そこで、ナノ粒子10だけをすくい、別の容器に入れる。

【0054】

ナノ粒子10だけが存在する溶液に波長 457.9nm のレーザ光を照射し、ナノ粒子10のフォトルミネッセンスを測定した。図18は、フォトルミネッセンスの測定結果を示す図である。図18において、縦軸は、強度を表し、横軸は、波長およびフォトンエネルギーを表す。また、曲線 $k1\sim k5$ は、それぞれ、有機溶媒としてオクチン、オクタノール、エタノール、メタノールおよびヘキセンを用いて製造されたナノ粒子のフォトルミネッセンスを示す。

20

【0055】

図18を参照して、ナノ粒子は、白色で発光し、ナノ粒子の発光のピーク波長は、約 30nm である(曲線 $k1\sim k5$ 参照)。そして、有機溶媒としてオクチンを用いた場合、ナノ粒子の発光強度が最も強く(曲線 $k1$ 参照)、超臨界流体中のレーザアブレーションによって製造したシリコンナノ粒子の発光強度よりも約 100 倍以上強い。

【0056】

このように、常温および常圧下の有機溶媒中におけるシリコンのレーザアブレーションによって製造されたナノ粒子10は、従来の超臨界流体中のレーザアブレーションによって製造したシリコンナノ粒子よりも 100 倍以上強く発光することが実証された。

30

【0057】

図19は、ナノ粒子の粒径の分布を示す図である。図19において、縦軸は、粒子の個数を表し、横軸は、粒径を表す。なお、図19に示す粒径は、透過型電子顕微鏡を用いて撮影した画像を解析して得られたものである。

【0058】

図19を参照して、ナノ粒子10の粒径は、 $2\sim 3\text{nm}$ が最も多い。 $2\sim 3\text{nm}$ の粒径は、超臨界流体中のレーザアブレーションによって製造したシリコンナノ粒子の粒径よりも小さい。

【0059】

従って、常温および常圧下の有機溶媒中におけるシリコンのレーザアブレーションという非常に簡単な製造方法を用いて、 $2\sim 3\text{nm}$ の粒径を有するナノ粒子10を得られることが実証された。

40

【0060】

上述したように、この発明の実施の形態によるナノ粒子は、炭化水素1にシリコンナノ粒子2が接続されたものからなる。そして、シリコンナノ粒子は、炭化水素1を構成するカーボンまたは酸素に接続される。

【0061】

今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上記した実施の形態の説明ではなくて特許請求の範囲

50

によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【産業上の利用可能性】

【0062】

この発明は、ナノ粒子、およびナノ粒子の製造方法に適用される。

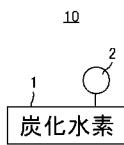
【符号の説明】

【0063】

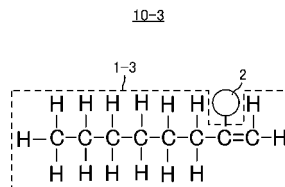
1 炭化水素、2 シリコンナノ粒子、10、10-1~10-12 ナノ粒子、100 製造装置、110 スターラー、120 攪拌子、121 磁石、122 保護膜、123 帯状部材、130 容器、140、160、170、180 ミラー、150 レンズ、190 レーザ装置、200 溶液、210 粉体。

10

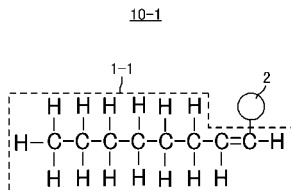
【図1】



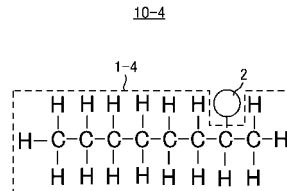
【図4】



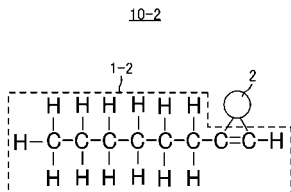
【図2】



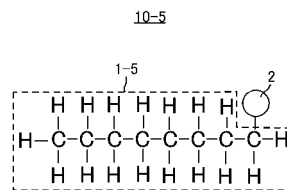
【図5】



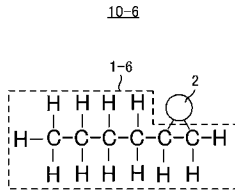
【図3】



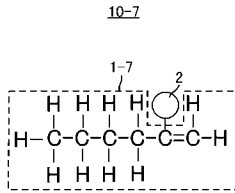
【図6】



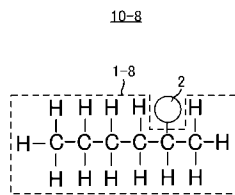
【 図 7 】



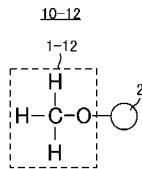
【 図 8 】



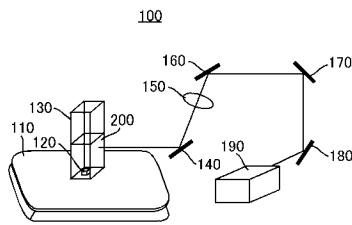
【 図 9 】



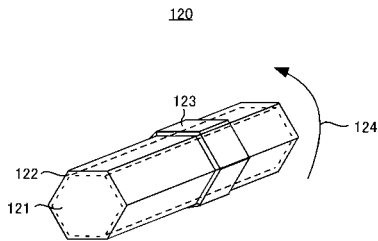
【 図 1 3 】



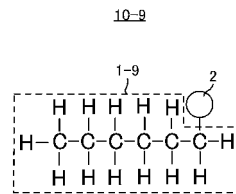
【 図 1 4 】



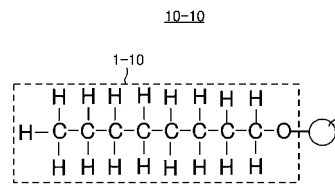
【 図 1 5 】



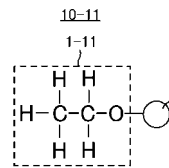
【 図 1 0 】



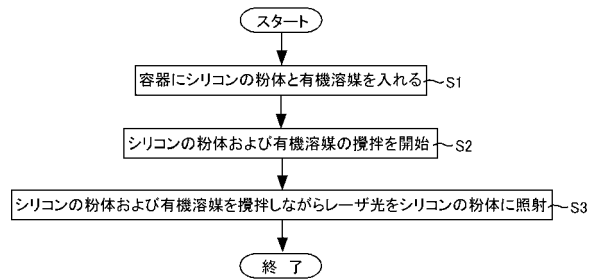
【 図 1 1 】



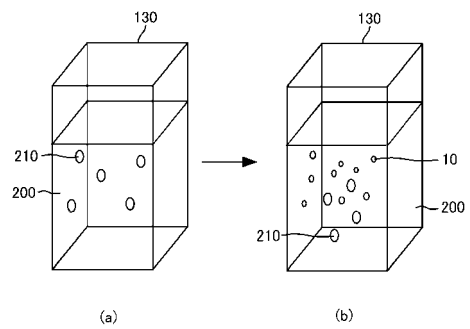
【 図 1 2 】



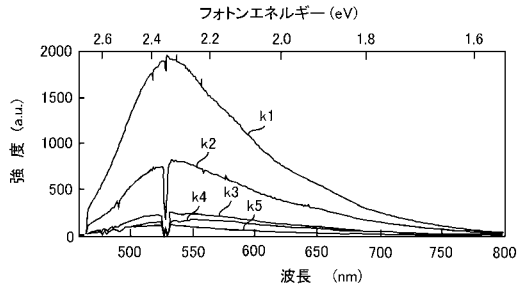
【 図 1 6 】



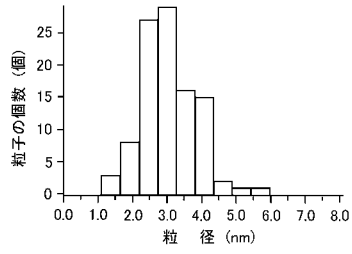
【 図 1 7 】



【 図 1 8 】



【 図 1 9 】



フロントページの続き

(72)発明者 西尾 一志

広島県東広島市鏡山一丁目3番1号 国立大学法人広島大学理学部内

Fターム(参考) 4G072 AA01 BB05 BB20 DD08 GG02 GG03 HH01 JJ38 JJ47 KK13

KK17 LL11 RR26 UU30

4H001 CC13 XA14