

【公報種別】特許公報の訂正

【部門区分】第2部門第1区分

【発行日】令和4年12月13日(2022.12.13)

【特許番号】特許第7171152号(P7171152)

【登録日】令和4年11月7日(2022.11.7)

【特許公報発行日】令和4年11月15日(2022.11.15)

【年通号数】登録公報(特許)2022-208

【出願番号】特願2019-567227(P2019-567227)

【訂正要旨】特許権者の名称の誤載により、下記のとおり全文を訂正する。

10

【国際特許分類】

B 02 C 17/16(2006.01)

B 02 C 13/22(2006.01)

B 22 F 9/04(2006.01)

【F I】

B 02 C 17/16 Z

B 02 C 13/22

B 22 F 9/04 C

【記】別紙のとおり

20

30

40

50

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7171152号
(P7171152)

(45)発行日 令和4年11月15日(2022.11.15)

(24)登録日 令和4年11月7日(2022.11.7)

(51)国際特許分類

B 0 2 C	17/16 (2006.01)	B 0 2 C	17/16	Z
B 0 2 C	13/22 (2006.01)	B 0 2 C	13/22	
B 2 2 F	9/04 (2006.01)	B 2 2 F	9/04	C

F I

請求項の数 11 (全33頁)

(21)出願番号	特願2019-567227(P2019-567227)
(86)(22)出願日	平成30年2月20日(2018.2.20)
(65)公表番号	特表2020-510531(P2020-510531)
	A)
(43)公表日	令和2年4月9日(2020.4.9)
(86)国際出願番号	PCT/US2018/018726
(87)国際公開番号	WO2018/156490
(87)国際公開日	平成30年8月30日(2018.8.30)
審査請求日	令和3年2月22日(2021.2.22)
(31)優先権主張番号	62/463,518
(32)優先日	平成29年2月24日(2017.2.24)
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)
(31)優先権主張番号	15/712,856
(32)優先日	平成29年9月22日(2017.9.22)
	最終頁に続く

(73)特許権者	519309795 ナノム インコーポレイテッド NANOM INC. アメリカ合衆国 アリゾナ州 85226 チャンドラー, ウエスト ジョшуア ブ ールバード 4504 4504 West Joshua Bl vd, Chandler, Arizona a 85226 (US)
(74)代理人	110002734 特許業務法人藤本パートナーズ
(72)発明者	リツィタル, アントニオ アメリカ合衆国 アリゾナ州 85226 チャンドラー, ウエスト ジョшуア ブ ールバード 4504 最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ナノ粒子を形成するための装置及び方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

材料をナノメートルサイズに粉碎するように構成された粉碎装置(100)であり、ミルコアに配置された第1のロータ(124a)及び第2のロータ(124b)を含み、前記第1のロータ(124a)及び前記第2のロータ(124b)は、それぞれ同心円状の列に配置された複数の空力翼(422a, 422b, 422c, 422d, 422e)を含み、前記複数の空力翼のうちのいずれかにおける断面は、対称なエアロフォイル形状、又は、反ったエアロフォイル形状を含み、

前記第1及び第2のロータ(124a, 124b)における前記同心円状の列は、前記第2のロータの前記同心円状の列が前記第1のロータの前記同心円状の列の間に収まるように、前記ミルコア内の交互の同心領域を占め、

前記第1及び前記第2のロータ(124a, 124b)の回転により、隣接する同心領域の隣接する空力翼(422d, 422e)が互いに横断し、隣接する空力翼(422d, 422e)間の衝撃領域に粒子を運搬する空気動力学的流れが生成され、該衝撃領域では、該粒子が互いに衝突することによって破壊され、

前記複数の空力翼における個々の空力翼は、該空力翼が動いている間に、前記同心円状の列に接する運動方向に対して、ある傾斜角に調整可能に傾斜され、該傾斜角は、少なくとも前記第1のロータ又は前記第2のロータの回転速度に基づいて調整され、

前記粉碎装置内(100)の材料の粒子サイズをモニターするように構成された粒子サ

ンプリングシステム(1306)を含む、粉碎装置。

【請求項2】

前記第1及び第2のロータ(124a, 124b)は、共通の軸を中心として反対方向に回転するように構成される、請求項1に記載の粉碎装置。

【請求項3】

前記材料を前記ミルコアの内側領域へと導くように前記ミルコアの中心に配置される材料投入ホッパ(101)を更に含む、請求項1に記載の粉碎装置。

【請求項4】

前記粒子サンプリングシステム(1306)が、光学センサアレイ(1706)、粒子サンプリングアレイ(1761)、及び粒子分離器アレイ(1762)を含み、前記粉碎装置からの前記粒子は、前記粒子サンプリングアレイから前記光学センサアレイへと、かつ、前記光学センサアレイから前記粒子分離器アレイへと導かれる、請求項1に記載の粉碎装置。

10

【請求項5】

前記粒子サンプリングアレイをさらに含み、前記粒子プログラミングアレイ(1210)が、超音波発生器(1918)、磁場発生器(1919)、高電圧周波数発生器(1920)、又はそれらの任意の組み合わせを含む、請求項1に記載の粉碎装置。

【請求項6】

前記複数の空力翼(422a, 422b, 422c, 422d, 422e)の動きは、前記ミルコアの外側領域のチャネルに向かって前記材料を導く空力を発生させる、請求項1に記載の粉碎装置。

20

【請求項7】

前記ミルコアの外側領域のチャネルが、前記材料を材料投入ホッパ(101)、前記粒子サンプリングシステム(1306)、前記粒子プログラミングアレイ(1210)、前記粒子を凝固させるための粒子凝固チャンバ(1512b)のいずれかに導く、請求項5に記載の粉碎装置。

【請求項8】

前記複数の空力翼(422a, 422b, 422c, 422d, 422e)のいずれもが、傾斜角の範囲内で傾斜可能である、請求項1に記載の粉碎装置。

【請求項9】

30

方法であって、

複数の空力翼(422a, 422b, 422c, 422d, 422e)をミルコア内に配置することであって、

前記ミルコアは、第1のロータ(124a)と第2のロータ(124b)とを有し、前記第1のロータ(124a)と前記第2のロータ(124b)は、共通の軸の周りを回転するように構成されており、

前記複数の空力翼(422a, 422b, 422c, 422d, 422e)のうち、第1の空力翼は、第1の同心円状の列内に配置された前記第1のロータ(124a)上に配置され、

前記複数の空力翼(422a, 422b, 422c, 422d, 422e)のうち、第2の空力翼は、前記第1の同心円状の列の間に収まる第2の同心円状の列内に配置された前記第2のロータ(124b)上に配置されている、

ことと、

前記粒子が互いに衝突することによって破壊され得るように、前記第1及び第2のロータ(124a, 124b)を前記共通軸の周囲で回転させることと、
を含み、

前記複数の空力翼のうちのいずれかにおける断面は、対称なエアロフォイル形状、又は、反ったエアロフォイル形状を含み、

前記第1又は第2の空力翼における個々の空力翼は、該空力翼が動いている間に、前記第1又は第2の同心円状の列に接する運動方向に対して、ある傾斜角に調整可能に傾斜され

40

50

該傾斜角は、少なくとも前記第1のロータ又は前記第2のロータの回転速度に基づいて調整される、
方法。

【請求項10】

前記第1及び第2のロータ(124a, 124b)の回転は、前記ミルコアの内側領域から前記ミルコアの外側領域へと空力を発生させる、請求項9に記載の方法。

【請求項11】

材料投入ホッパ(101)に材料を供給することであって、

前記材料投入ホッパ(101)は前記材料を前記ミルコアの内部領域に向けるように構成され、

前記ミルコアの前記内側領域に向けられた前記材料が、前記第1及び第2のロータ(124a, 124b)の回転によって発生される空力によって、前記ミルコアの外側領域に向かって推進され、

前記第1の空力翼を通過する前記第2の空力翼の横断が、前記第1及び第2の空力翼の間の衝撃領域に粒子を推進する空力を生成し、該衝撃領域は、該粒子が互いに衝突する領域である、

ことと、

粒子サンプリングシステム(1306)によるモニタリングのために、前記ミルコア内の材料の一部を取り出すことと、

前記材料が閾値サイズを超えると判断された場合、前記材料の一部を前記ミルコアに戻すことと、

前記材料が閾値サイズ未満であると判断された場合に、粒子プログラミングアレイ(1210)又は凝固チャンバ(1512b)のいずれかに前記材料を導くことであって、

前記粒子プログラミングアレイ(1210)は、超音波発生器(1918)、高電圧周波数発生器(1920)、又はそれらの任意の組み合わせを含み、

前記凝固チャンバは、前記粒子を凝固させる、

ことと、

を更に含む、請求項9に記載の方法。

10

20

30

40

50

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本出願は、2017年2月24日に出願された米国仮特許出願第62/463,518号に対する優先権を主張し、その全体が参照により本明細書に組み込まれる。

【0002】

本出願は、2017年9月22日に出願された米国特許出願第15/712,856号に対する優先権を主張し、その全体が参照により本明細書に組み込まれる。

【0003】

本出願は、2017年11月15日に出願された米国特許出願第15/814,043号に対する優先権を主張し、その全体が参照により本明細書に組み込まれる。

10

【0004】

本出願は、ナノ粒子に関し、より具体的には、ナノ粒子を形成するための装置及び方法に関する。

【背景技術】**【0005】**

粒子とは、物理的及び/又は化学的特性を有する微細な断片又は物質の量である。粒子は直径によって分類することができる。ナノ粒子の大きさは一般に1~100ナノメートルである。ナノ粒子よりも大きな粒子は、一般に、ミクロ粒子とマクロ粒子の2つのカテゴリーによって記述される。ミクロ粒子(微細な粒子)は、典型的には、100~2500ナノメートルのサイズであり、マクロ粒子(粗い粒子)は、2500~10000ナノメートルの範囲をカバーする。材料の体積に対する表面積の比が著しく増加するため、材料の特性は、そのサイズがナノスケールに近づくにつれて変化し得る。粗い粒子については、材料のバルク中の体積に対する表面積の比は、典型的には、有意ではない。しかしながらナノ粒子は、体積比に対して大きな表面積を有することができ、その場合は大きな表面積から生じる力が、ナノ粒子の物理的及び/又は化学的特性への寄与を支配する。従来のモノリスナノ粒子は、球形であり、小さな活性表面積を有する。従来のナノ粒子は、容易に結合し得る小さなクラスターで均質化する傾向がある。従来のナノ粒子は、大量商業生産には適さない。

20

【0006】

合成ナノ粒子としても知られるナノ材料複合体を製造するための従来の方法は、少量の体積であっても、時間とエネルギーの両方を消費する。この方法は、高エネルギー入力、又は、溶媒抽出、スプレー乾燥、ナノ沈殿、蒸発、及びエマルジョン光架橋のような複雑な化学的手順及びプロセスに依存する。従来の方法は、典型的には多段階の手順を必要とし、多くの場合、予測不可能で広範な粒径分布及び/又は低い反応収率をもたらす。

30

【0007】

従来の粒子粉碎方法には、トライボ機械的微細化及び活性化(TMA)が含まれる。TMAは、粒子を物理的に粉碎する、ロータ及び複数の押出成形を有する。この方法は、ミクロからマクロサイズの粉碎機を製造し、物理的衝撃による材料汚染の確率が高くすることなく、硬質材料を粉碎することができない。TMAは、粒子と物理的に接触するロータを含み、出力粒子は、ロータからの残留物及び不純物を含み得る。係る方法は、「摩耗及び破損」の問題を被ることが知られており、TMAロータは、定期的に、場合によっては、粉碎プロセスの間、1日に複数回交換する必要がある。

40

【発明の概要】**【課題を解決するための手段】****【0008】**

本明細書に開示される技術の実施形態は、ロータとの物理的接触を必要とせずに、実質的に純粋なマイクロ粒子及びナノ粒子を形成する方法を含む。空力翼を含むナノ粒子コライダーは、ナノ粒子と物理的な衝撃を受けることなく、衝突領域にナノ粒子を導くことができる。ナノ粒子コライダーは、例えば、金属、鉱物、及びバイオ材料を含む様々な材料

50

から、モノリス及び複合ナノ材料を大量生産することができる。

【0009】

ナノ粒子コライダーは、例えば、粉碎相、光学感覚相、粒子サンプリング相、粒子分離相、粒子プログラミング相、粒子凝固相、粒子貯蔵相、粒子充填相、又はそれらの任意の組合せを含む複数の材料加工相を介してナノ材料を製造するように構成することができる。複数の相は、1つ又は複数の電子制御ユニットによって管理及び調整することができる。

【0010】

ナノ粒子コライダーは、材料投入ホッパ、ローターチャンバとも呼ばれるコア、大気制御用ガスタンク、プロワ、光学センサアレイ、粒子サンプリングアレイ、粒子セパレーターアレイ、メンプラン、粒子ストレージユニット、周波数調整装置とも呼ばれる粒子プログラミングアレイ、粒子凝固チャンバ、コンプレッションタンク、コンプレッサ、ドレン弁、サンプリング弁、コントロールユニット、及び粒子パッケージングユニットとも呼ばれる製品出口を含むことができる。

【0011】

ナノ粒子コライダーは、処理中及び/又は処理後の材料に対する酸素、湿度、温度、圧力 (bar)、音響、及び発光エネルギーのばく露及び影響を調節するために、雰囲気制御されたチャンバの内部を含み、及び/又は、作動させることができる。別の実施形態では、ナノ粒子コライダーは、酸素、湿度、温度、圧力 (bar)、及び発光エネルギーの影響に関係なく、規制されていない環境で作動させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】図1は、一実施形態による、ナノ粒子コライダーの断面側面図を示す。

【0013】

【図2】図2は、一実施形態による、ナノ粒子コライダーの断面平面図を示す。

【0014】

【図3】図3は、一実施形態による、ナノ粒子コライダーの断面平面図を示す。

【0015】

【図4】図4は、一実施形態による、ナノ粒子コライダーを通る粒子の流れの断面平面図を示す。

【0016】

【図5】図5は、一実施形態による、ナノ粒子コライダーの回転中の空力翼の周囲の粒子流の断面図を示す。

【0017】

【図6A】図6Aは、一実施形態による、第1傾斜角で位置決めされた空力翼の断面図を示す。

【0018】

【図6B】図6Bは、一実施形態による、第2の傾斜角に配置された空力翼の断面図を示す。

【0019】

【図7A】図7Aは、一実施形態による、傾斜可能な又は固定された空力翼の断面側面図を示す。

【0020】

【図7B】図7Bは、一実施形態による、他の空力翼に隣接した傾斜可能な又は固定された空力翼を有するナノ粒子コライダーの断面側面図を示す。

【0021】

【図8】図8は、一実施形態による、傾斜角を有する空力翼の断面平面図を示す。

【0022】

【図9】図9は、一実施形態による、傾斜角を有する空力翼の断面平面図を示す。

【0023】

【図10】図10は、一実施形態による、空力翼の配置の断面平面図を示す。

10

20

30

40

50

【0024】

【図11】図11は、一実施形態による、空力翼の配置の断面平面図を示す。

【0025】

【図12】図12は、一実施形態による、主たる製品ラインの概略図を示す。

【0026】

【図13】図13は、一実施形態による、主たる製品ライン及びナノ粒子サンプリングラインの概略図を示す。

【0027】

【図14】図14は、一実施形態による、直列に作動させるように構成されたナノ粒子ミルの概略図を示す。

10

【0028】

【図15】図15は、一実施形態による、並列に作動させるように構成されたナノ粒子コライダーの概略図を示す。

【0029】

【図16】図16は、一実施形態による、直列及び並列に作動させるように構成されたナノ粒子コライダーの概略図を示す。

【0030】

【図17】図17は、一実施形態による、粒子サンプリングアレイ、光学センサアレイ、粒子分離器アレイ、及び粒子凝固チャンバの概略図を示す。

【0031】

【図18】図18は、一実施形態による、粒子サンプリングシステムの概略図を示す。

20

【0032】

【図19】図19は、一実施形態による、ナノ粒子がその中で形成され得る主たる製品ラインの図式的表現を示す。

【0033】

【図20】図20は、一実施形態による、主たる製品ラインと並列に動作可能なナノ粒子サンプリングラインの概略図を示す。

【0034】

【図21】図21は、一実施形態による、粒子プログラミングアレイの概略図を示す。

【0035】

【図22】図22は、コンピュータ・システムの例示的な形態の機械の概略図であり、その中で、一組の命令が、該機械に、本明細書で説明した方法又はモジュールのうちのいずれか1つ又は複数を実行させることができる。

30

【発明を実施するための形態】

【0036】

本明細書において開示される技術の実施形態は、ナノ粒子を形成する方法を含む。空力原理、遠心原理、及び求心原理によって誘起される機械的粉碎プロセスは、超音波、磁気パルス、及び高電圧衝撃によって更に増大させることができる。機械的粉碎プロセスは、大気雰囲気や輝度が制御された環境で行うことができる。該方法には、粒子を形成すること、及びサイズ、形状、反発、硬度などの粒子の特性を管理することが含まれる。大量のモノリスナノ粒子及びナノ粒子組成物は、マクロ又はミクロ源の鉱物、金属、及び／又は有機物から製造され得る。ナノ粒子を形成するいくつかの方法は、種々の用途のための工業的スケールでのナノ粒子の製造を含む。

40

【0037】

ナノ材料複合体を製造するための従来の方法は、少量の体積の産出の場合であっても、大量の時間を要し、エネルギー集約性が高い。従来の方法は、複雑な化学的手順及びプロセスに依存することができ、多くの場合において多段階の手順を必要とし、予測できない広範な粒径分布及び低い反応収率をもたらす。

【0038】

本明細書に開示されている技術は、エネルギー集約性が低く高収率な、モノリス及び複

50

合ナノ粒子を形成するための方法を提供する。ナノ粒子は、隣接する粒子との衝撃衝突により生成され、そのためカオス的なナノ粒子構造を有する。本明細書に記載される方法によって形成されるナノ粒子は、従来のように形成されるナノ粒子の表面積よりも相當に大きい活性表面積を有する。

【 0 0 3 9 】

この装置及び方法は、超音波によって増強された遠心力及び求心力に加えて、低エネルギー空気力学を利用して、軟質材料及び硬質材料の両方を nm サイズまで処理する。ナノ粒子製品は、様々な用途に特化して設計することができ、大量生産に拡張可能である。

【 0 0 4 0 】

ナノ粒子を生成するためのデバイスは、「ナノコライダー」と呼ばれる。複数のナノコライダーは、「ナノコライダーファーム」と呼ばれる。ナノコライダーファームは、モノリス及び / 又は複合ナノ材料を製造するために、並列又は連続的に、又は、両方のセットアップの組み合わせで作動させる、複数のナノコライダーを含む。

【 0 0 4 1 】

ナノコライダー装置及び方法は、従来のトライボメカニカル微細化及び活性化 (TMA) よりも改良されている。TMA は、典型的には、粒子に物理的に衝撃を与える複数の押出ピンを有する対向ロータの使用を含む。材料粒子がロータと物理的に衝突すると、ミクロ及びマクロ粒子サイズが予測不可能になり、時間の経過とともにロータが摩耗する。粒子の衝撃から生じるロータの物理的な摩耗及び損傷に加えて、TMA を用いて生成されたナノ粒子の収量は、ロータ材料の残留物により汚染される。粒子中の不純物は、予測不可能で望ましくないナノ粒子の挙動を引き起こす可能性がある。

【 0 0 4 2 】

対照的に、開示された技術は、ナノ粒子を生成するために物理的衝撃に依存しない。開示されているナノコライダーは、空力翼と直接衝突することなく、粒子の流れを衝突領域に操作する空力翼を含んでいる。空力翼の下流の衝突領域に粒子を向けることによって、空力翼の前縁は、粒子衝撃の衝撃による侵食摩耗及び亀裂を受けない。その結果、ナノコライダーによって生成されたナノ粒子は、空力翼の先端との直接衝突による材料の破片や残留物を含まない。

【 0 0 4 3 】

TMA 法は、微小からマクロサイズの顆粒を製造し、粒子の形状及びサイズに関しては、予測不可能な結果をもたらすことが多い。対照的に、ナノコライダーは、マイクロ又はマクロサイズの顆粒を使用して、予測可能なナノ粒子サイズ及び形状の設計された適合性を生成する。ナノコライダーは、予測可能なナノ粒子収率、ならびに物理的に構造化されたナノ粒子、及び周波数調整されたナノ粒子を形成するように構成され得る。ナノコライダーは、材料収率の構造及び完全性を破壊又は損傷しない。ナノコライダーは、ナノ粒子構造を操作し、該粒子の合成複合体を形成され得る。

【 0 0 4 4 】

図 1 ~ 図 22 は、ナノコライダーの様々な構成要素及び構成を示す。ナノコライダーは、特定のサイズ、形状、及び結晶格子構造を有するナノ粒子を形成するために使用され得る。ナノコライダーは、マクロ及び / 又はミクロサイズの粒状金属、鉱物、及び / 又は生体材料を互いに衝突させる。

【 0 0 4 5 】

ナノコライダーは、各流路の遠心力によって外側に押し出されることにより、反対方向に空気流路において回転する 2 つの流れの粒子を有し、反対の流れを遮断することによりプロセス中の材料を粉碎する。ある気流チャネルから別の気流チャネルへの外側への移動により、ほぼ反対方向に移動する粒子間の衝突が生じ得る。ナノコライダーは、例えば、7 つ以上の空気流流路を含むことができる。空気流路内の物質の流れは、毎分 1,000 ~ 10,000 回転の速度 (RPM) で衝突する可能性があり、必要に応じて 10 万 RPM を超える可能性がある。衝撃力は、ロータ速度、流路の半径、翼のピッチ位置、及び材料の質量に依存する。

10

20

30

40

50

【0046】

ナノコライダー中にナノマテリアルを形成するプロセスは、粒状化した物質をホッパに入れ、ダクトを通してナノコライダーコアに注入することから始まる。粒状化された材料は、マクロ及び／又はミクロサイズ、又はより大きな粒であり得る。ロータを回転させると、材料は遠心スピンに引き込まれる。引張りは、空力翼によって発生する空気力学的真空によって増幅される。対向する回転翼の引張りは、材料が互いに衝突しより小さな粒子に破壊される際に、粒子の衝突を発生させる。材料は、プロセスに入ったときよりも小さな材料サイズでコアから出る。このプロセスは、選択されたナノメートルサイズが達成されるまで繰り返すことができる。

【0047】

ナノコライダープロセスは、複数の空力翼を有する2つの対向するターピンエレメントが真空効果を生成し、2つの反対方向からマクロ及び／又はミクロサイズの材料をチャンネリングすると共に引張り、それらを互いに粉碎することにより破壊する空気力学的機械的方法である。引張力は、回転要素の外周に向かって加速され、独特の多孔質であって亀裂を有するナノ材料を押し出し、次いで、ナノコライダーを通して、所望のナノメートルサイズが達成されるまで再び自動的にリサイクルされる。

【0048】

ナノコライダーは、様々な材料をナノメートルサイズまで加工し得る。例えば、ナノコライダーは、金属（例えば、タンゲステン）、半導体（例えば、炭素、シリコン、ゲルマニウムなど）、鉱物（例えば、針鉄鉱）、有機物、又はそれらの任意の組み合わせを処理し得る。

【0049】

ナノコライダーの内部部分は、外部環境からシール可能である。ナノコライダーの内部部分の圧力、温度、湿度、ガス組成は、調節され得る。ナノコライダーは例えば、生物学的物質については凍結温度以下、又は、金属については高温（例えば、約500以上）、を含む広範囲の温度で作動し得る。ナノコライダーは、全真空及び高圧（例えば、2気圧、3気圧、又は更なる高圧）を含む種々の大気圧下で作動し得る。ナノコライダーは、例えば、酸化を避けるために、特定の大気組成物（例えば、窒素及び／又はアルゴン）を含むことができる。ナノコライダーは、例えば、水との反応又は水の存在によって触媒される反応（例えば、酸化）を減少させるために、制御された湿度環境（例えば、湿度が無いか、又は低湿度）を含むことができる。

【0050】

ナノ粒子のアウトプットは、原子レベルに近い任意のnmサイズに予め決定され得る。商業的なナノコライダーユニット、又はナノコライダーユニットのファームは、1日に何百トンものナノ材料を製造し得る。ナノ粒子のアウトプットは、内部の空気力学的設計及びナノコライダーの雰囲気制御により、実質的に不純物を含まないものとし得る。

【0051】

図1は、一実施形態による、ナノコライダー100の断面側面図を示す。ナノコライダー100は、ローター124bの反対側に配置されたローター124aを含む。ローター124a及び124bは、各々、空力翼（例えば、空力翼122a及び122b）を含む。ローター124a及び124bは、反対方向に回転することができ、対向する空力翼が互いに通過するように回転する。

【0052】

材料は、ナノコライダー100に挿入され得る。例えば、材料は材料入力ホッパ101に挿入され得る。材料入力ホッパ101は、ナノコライダー100の近傍又は中心に配置され得る。材料入力ホッパは、第1のロータ及び第2のロータの共通の回転軸の近くに配置されることができる。第1及び第2のロータは、反対方向に回転し得る。ナノコライダー100の対向するローターの回転により、粒状材料（例えば、鉱物、金属、及び／又は生物学的物質）がナノメートルサイズに粉碎され得る。例えば、ナノコライダー100は、粒子を約1nm～約500nmの範囲、及びその間の範囲に粉碎され得る。材料が異な

10

20

30

40

50

ると、サイズ範囲が異なる可能性がある。例えば、生体材料は、約 50 nm ~ 約 200 nm 又はそれ以上の範囲のサイズをもたらすことができる。

【 0 0 5 3 】

ナノコライダー 100 は、極端な熱及び冷気、湿度、圧力、明るさ又は暗さ、を発生し得る密閉された雰囲気制御チャンバ内に配置することができ、これらの全ては、種々の材料に対して所望の結果を達成するように調整され得る。粉碎、中間処理工程、及び包装工程は、雰囲気制御チャンバ内で行うことができる。

【 0 0 5 4 】

ミリングプロセスは、ナノコライダー 100 のコア内で行われる。コアは、空力翼（例えば、空力翼 122a 及び 122b）が反対方向に回転できるロータ（例えば、ロータ 124a 及びロータ 124b）間の領域である。ロータは、例えば、最大 100,000 RPM の速度を含む様々な速度で回転し得る。ナノコライダー 100 の 1 回の実行のための時間の枠組みは、各時間に粉碎される材料によって決定される。ナノメートルサイズを達成するためには、ナノコライダーを 1 回、又は 2 回以上作動させる必要がある。

10

【 0 0 5 5 】

空力翼（例えば、空力翼 122a 及び 122b）は、ロータ（例えば、ロータ 124a 又はロータ 124b）によって所定の位置に保持される。空力翼の交互の列は、対向するロータによって適所に保持され得る。例えば、第 2 の列及び第 4 の列は、第 1 のロータ（例えば、ロータ 124a）によって所定の位置に保持され得、第 1 の列、第 3 の列及び第 5 の列は、第 2 のロータ（例えば、ロータ 124b）によって所定の位置に保持され得る。第 1 のロータと第 2 のロータは、対向する側に配置され得る。第 1 のロータと第 2 のロータは、反対方向に回転することができ、これにより第 1、第 3 及び第 5 の列は、第 2 及び第 4 の列と反対方向に回転する。対向するスピンに空力翼を有する列は、図 4 に示すように、ナノコライダー 100 に空気流パターンを生じさせる。

20

【 0 0 5 6 】

ナノコライダー 100 を 1 回作動させることにより、サイズ及び形状の制限された低減を達成するが、該低減の具合は気流チャンバ内の列数とともに増加する。粉碎された材料を空気流ダクトを通してリサイクルすることにより、いくつかの作動を自発的に行い得る。粉碎された材料は、通過する際に材料のナノメートルサイズを決定する検出器を通過し得る。

30

【 0 0 5 7 】

所望のサイズが達成されると、ナノ材料は、共振周波数調整器、及び、高調波アルゴリズムによって決定されるプロセスに送り込まれる。粉碎された各ナノ材料の硬化時間は、次の段階への準備が整うまでの待ち時間を決定する。粉碎したナノマテリアルを他のナノマテリアルと合成するために、第 2 段階を採用し得る。これは、2 つ以上の材料を処理する別個のナノコライダー 100 が、新しいナノ材料設計を生成し得るプロセスの変形である。

【 0 0 5 8 】

一実施形態によると、合成された材料は、再びミリングされるのではなく、接着又は加熱されて、合成されたフォーマットとなる。ナノマテリアルのランの頻度が確立（又は合成のラン）されると、ナノマテリアルは第 2 のホッパに配置される。次いで、ナノ粒子は処理される。処理は、例えば、分析のための準備、試料収集、及びパッキングを含むことができる。

40

【 0 0 5 9 】

パッケージ化されたナノマテリアルは中和チャンバに搬送され、そこで、非管理環境へのばく露のためにパッケージ化されたマテリアルを調製され得る。ナノマテリアルは、貯蔵所又は輸送施設のいずれかに輸送され得る。ナノマテリアルは、人のばく露の可能性を減らすために、加工段階を通して保護環境中に密封されてもよい。

【 0 0 6 0 】

図 2 及び図 3 は、一実施形態による、ナノコライダーコア 204 及び 304 のそれぞれ

50

の断面平面図を示す。空力翼の断面（例えば、空力翼 1 2 2 a 及び 1 2 2 b）は、コア 2 0 4 及び 3 0 4 の周囲に円形の列で分布して示されている。

【0061】

図 2 では、ナノコライダーコア 2 0 4 の断面平面図が示されている。ナノコライダーコア 2 0 4 は、複数の円形列の空力翼を含む。各列の空力翼は隣接列に対して反対方向に向いている。例えば、外側の列は空力翼 2 2 2 a を含み、外側の列に隣接する列は空力翼 2 2 2 b を含み、空力翼 2 2 2 a 及び 2 2 2 b はほぼ反対方向に向いている。

【0062】

図 3 では、一実施形態による、ナノコライダーコア 3 0 4 の断面平面図が示されている。ナノコライダーの列に沿った空力翼（例えば、空力翼 3 2 2 a 及び 3 2 2 b）は、距離及び / 又は角度の間隔により分離され得る。一実施形態では、空力翼間の距離は、列間で実質的に一定に保つことができ、また、角度の間隔は、外側の列から内側の列に行くにつれ増加してもよい。例えば、ブレードケーシングは、第 1 列（例えば、外側の列）で 2 0 度離れ、第 2 列で 2 2 . 5 度離れ、第 3 列で 2 5 度離れ、第 4 列で 2 7 . 5 度離れ、第 5 列（例えば、内側の列）で 3 0 度離れていてもよい。別の実施形態では、空力翼間の距離は、ある列から別の列に変化することができ、角度の間隔は実質的に一定のままであることができる。別の実施形態では、空力翼間の距離は、外側の列の方が内側の列よりも短く、一列の翼間の距離は、外側の列から内側の列に行くにつれて増加してもよい。図 4 に関して後述するように、外側の列における空力翼間の距離を小さくすることにより、粒子が内側の列から外側の列へ移動するにつれて、粒子サイズが徐々に小さくなる。

10

20

【0063】

各列の空力翼の数は、各列間において変化し得る。一実施形態では、外側の列は、内側の列よりも多くの翼を含むことができる。例えば、1 6 個の空力翼を外側の列に 2 2 . 5 度の間隔を有するように含めることができ、1 2 個の空力翼を内側の列に 3 0 度の間隔を有するように含めることができる。

【0064】

図 4 は、一実施形態による、ナノコライダーを通る粒子の流れの断面平面図を示す。単純化された図は、空気力学的羽根の動きが、ナノコライダーの内部から外部へ材料をどのように動かすかを示している。また、単純化された図は、ある列から次の列への空力翼の交互の方向を示している。交互の方向とすることにより、粒子をナノスケールに粉碎することができるアシストされ得る。

30

【0065】

顆粒はホッパに投入され、ナノコライダーコアの中央領域にて集められることができる。材料は、ナノコライダーコアの中心領域に入り、外向きに推進され得る。矢印は、ナノコライダーコアの内側部分からナノコライダーコアの外側部分への材料の流れの経路を示す。材料は、例えば、中央領域 4 4 0 で始まり、空力翼 4 2 2 a を含む内側列、1 つ以上の中间列（例えば、空力翼 4 2 2 b を含む列、空力翼 4 2 2 c を含む列、及び空力翼 4 2 2 d を含む列）、及び空力翼 4 2 2 e を含む外側列を通過し得る。

【0066】

回転する空力翼の動きによって発生する空気動力は、材料をナノコライダーの内部からナノコライダーの外部へと推進し得る。真空領域は、空力翼の内側表面又は外側表面のいずれかに形成することができ、それにより、高圧領域は、反対側の空力翼（例えば、空力翼の中央領域から離れる方向又は中央領域に向けられる側）に形成され得る。真空領域は、材料を空力翼に向けて引張り、高圧領域は、材料を空力翼から押し離す。従って、真空領域及び高圧領域は相補的な空力を生じさせ、翼方向及びピッチに依存して、ナノコライダーの外側に向かって又は中心に向かって遠心力及び向心力により材料が引っ張られると共に押し出され、最終的には、外周でナノコライダーから導出される。

40

【0067】

衝撃領域は、回転プロセスにおいて、系統的な間隔で空力翼間に存在する。例えば、空力翼が互いに通過するとき、隣接する列の空力翼（例えば、空力翼 4 2 2 d 及び 4 2 2 e

50

)間に衝撃領域が存在する。空力翼の動きによって生じるウェイク効果は、粒子が衝突する衝撃領域に粒子を向ける。粒子サイズは、複数の列の間の衝撃領域における粒子衝突によって低減される。図5を参照して、衝撃領域に向かう粒子の流れを以下に説明する。

【0068】

空力翼間の間隔は、内側の列から外側の列へと減少し得る。粒子サイズは、内部衝突によって最初に減少され得、その後の外部衝突によって更に減少され得る。外側列の空力翼間の間隔を減少させることにより、粒子がナノコライダーの内部からナノコライダーの外部へ移動するにつれ、粒子サイズを次第に小さくし得る。

【0069】

図5は、一実施形態による、ナノコライダーの回転中の空力翼の周囲の粒子流の断面図を示す。空力翼の断面は、エアロフォイル状の形状を有してもよい。エアロフォイル状の形状は、対称的であってもよいし、沿った形状を有してもよい。エアロフォイル状の本体を流体中において移動させると、空力が発生する。空力は、真空領域（粒子の引張り力をもたらす）と高圧領域（粒子の押し込み力をもたらす）の2つの構成要素に分けることができる。エアロフォイルの近傍で空気が旋回すると、湾曲した流線が生じ、その結果、一方の側では圧力が低下し、他方の側では圧力が上昇する。この圧力差は、ベルヌーイの定理による速度差を伴うので、エアロフォイル周りの流体の流れは、内面より外面の方が平均速度が高い。粒子引張力は、循環の概念とクッタ・ジュコーフスキイの定理を用いることにより、圧力を計算することなく、外側／内側の平均速度差に直接関連付けることができる。粒子に加わる空力は、ナノコライダーコアの中心領域からナノコライダーコアの外部領域への粒子の移動に寄与し得る。

10

20

【0070】

エアロフォイルの表面においては、圧力は大きさが等しく方向が反対の力を空気に作用させる。この圧力は、該表面からの距離が y まで空気に影響を及ぼし、多くの場合、表面からのエアロフォイルの翼弦長（chord lengths）まで空気に影響を及ぼす。微分形式のニュートンの第2法則は、

$d F_{airfoil} = (ds/dt) \cdot (dv/ds) dA dr$ であり、
ここで、

(s, r) は、体積 $dV = (ds \times dr \times \text{単位スパン})$ 、における空気密度であり、
 $ds/dt = v(s, r) = v(s, r)$ は、風速であり、

30

$v(s, r)$ は、周囲の流体の速度であり、

dA は、微分表面積要素であり、

r は、 ds における表面に垂直な距離であり、

s は、表面に沿った距離である。

エアロフォイルにおける力を計算するために、マイナス符号が含まれている。マイナス符号を省略することによって、エアロフォイルが周囲の流体に及ぼす力が計算される。

【0071】

図5において、空力翼522bは、右から左へ移動し、空力翼522aは、左から右へ移動する。空力翼に隣接する境界層における空気の挙動は複雑であり得る。層流は、空力翼の境界層の上に存在することができ、その結果、空力翼の一方の側は低圧領域、空力翼の他方の側は高圧領域となる。例えば、空力翼522a及び522bの挙動は、空力翼522a及び522bの下方に高圧領域を、空力翼522a及び522bの上方に低圧領域を生成し得る。空力翼522aの下方の高圧領域及び空力翼522bの上方の低圧領域は、協調して動作して、空力翼522aと522bとの間の衝撃領域530内に粒子を引き込むことができる。

40

【0072】

図6A～6Bは、一実施形態による、第1の傾斜角及び第2の傾斜角にそれぞれ配置された空力翼の断面図を示す。傾斜角は、空力翼の長さに沿った中心線から、動き方向に垂直な線（例えば、ナノコライダーコアの中心からナノコライダーコアの外壁まで延びる線）又は動き方向に関連する線（例えば、ナノコライダーコアの複数の列の中の一つの列に

50

対応する任意の同心円の接線)まで測定され得る。図6 Aにおいて、空力翼622aは、中心線から垂直線への傾斜角が60度、又は中心線から動き方向への傾斜角が30度である。図6 Bでは、空力翼622bは、中心線から垂直線への傾斜角が45度であり、中心線から動き方向への傾斜角が45度である。

【0073】

空力翼の傾斜角は、固定であるか、又は調整可能である。傾斜角は、例えば、機械軸受上の空力翼傾斜角を調整することによって調整可能である。機械的ベアリングは、傾斜角の範囲に沿って傾斜角を変化させることを可能にする。例えば、機械的ベアリングは、中心線から垂直線(すなわち、中心線から動き方向まで60度から-60度)まで測定されたほぼゼロ度から約150度(及びその間の範囲)の範囲の傾斜角に沿って1つ以上の空力翼を回転させることができる。中心線から垂直線まで測定されるそれらの間の範囲は、例えば、約30度から約90度、約45度から約90度、約45度から約60度、約45度から約100度などを含むことができる。

10

【0074】

傾斜角は、空力翼が動いている間、又は空力翼が静止している間に調整され得る。例えば、プロセッサは、空力翼の傾斜角を変化させるように機械的ベアリングを調整するように構成されたアクチュエータ(例えば、圧電バイモルフ及び/又は形状記憶合金を含む)を制御され得る。傾斜角は、例えば、空力翼の回転数(例えば、毎分回転数)、空力翼の速度、空力翼の加速度、空力翼の列、空力翼のサイズ、空力翼の形状(例えば、対称又はキャンバード)、粉碎を意図した材料の種類、ナノコライダーコアへの材料の挿入量、ナノコライダーコアのサイズ、ナノコライダーコア内の空力翼の列の数、又はそれらの任意の組み合わせに基づいて変化させることができる。例えば、傾斜の急勾配(例えば、約45度)は、遅い速度で使用することができ、より中程度の傾斜角(例えば、約60度)は、より速い速度で使用され得る。

20

【0075】

図7 A及び図7 Bは、一実施形態による、傾斜可能又は固定空力翼の断面側面図である。図7 Aに示す空力翼は、図7 Bに示すようにロータに挿入され得る。ロータ724は、1つ以上の空力翼を含むことができる。例えば、ロータ724は、第1の内側の列と、1つ以上の空力翼を含むことができる1つ以上の追加の列とを含むことができる。各列は、ロータ724の周りに延びる円であってもよい。

30

【0076】

一実施形態によると、ロータは複数の円形の列に複数の空力翼を受け入れるように構成されている。例えば、ロータ724は、空力翼を受け入れ、空力翼を所定の位置に固定するように構成された締結要素を含むことができる。空力翼の一部又は全部は、締結要素によって固定され得る。例えば、締結要素は、複数の列に沿って配置され、複数の空力翼を複数の列に受け入れることができる。締結要素は、回転機構(例えば、機械的ベアリング、ヒンジ又はスイベルジョイント)に取り付けることができる。回転機構を用いて、空力翼の傾斜角を調整し得る。アクチュエータ(例えば、形状記憶合金を含む)は、空力翼の傾斜角を調整するために、固定軸を中心に回転機構を回転させることができる。

40

【0077】

第1のロータが第2のロータに隣接して配置される。第2のロータは、第1のロータの空力翼列の間に収まる空力翼列を含むことができる。第1のロータと第2のロータは、異なる方向に回転させることができる。空力翼を有するロータの回転は、粒子を内部領域からナノコライダーコアの外部領域へ移動させることができる。

【0078】

図8は、一実施形態による、複数の列における空力翼の断面平面図を示す。傾斜角は、列ごとに変化してもよい。例えば、第1列の空力翼の傾斜角は、別の列(例えば、隣接する列)の他の空力翼の傾斜角よりも急勾配又は平坦であり得る。内側の列における空力翼の傾斜角は、外側の列における空力翼の傾斜角よりも急であってもよいし、又はその逆であってもよい。

50

【 0 0 7 9 】

図 9 は、一実施形態による、複数の列における空力翼の断面平面図を示す。空力翼の傾斜角は、空力翼の中心線から動き方向に垂直な線まで測定した場合、約 90 度とし得る。

【 0 0 8 0 】

図 10 及び 11 は、一実施形態による、空力翼の位置決めに係る断面平面図を示す。ナノコライダーの列に沿った空力翼は、ある距離及び / 角度の間隔だけ離れることができる。一実施形態では、空力翼間の距離は、列間で実質的に一定に保つことができ、また、角度の間隔は、外側の列から内側の列へと増加され得る。例えば、ブレードケーシングは、第 1 列（例えば、外側の列）で 20 度離れ、第 2 列で 22.5 度離れ、第 3 列で 25 度離れ、第 4 列で 27.5 度離れ、第 5 列（例えば、内側の列）で 30 度離れていてもよい。別の実施形態では、空力翼間の距離は、列ごとに変化し、角度の間隔は実質的に一定のままあってもよい。別の実施形態では、空力翼間の距離は、外側の列の方が内側の列よりも短く、列の翼間の角度の間隔は、外側の列から内側の列へと増加され得る。外側の列の空力翼間の距離が小さいほど、粒子が内側の列から外側の列に移動するにつれて、粒子サイズが徐々に小さくなる。

10

【 0 0 8 1 】

図 12 は、一実施形態による、主たる製品ラインの概略図を示す。材料（例えば、粒子入力）は、材料入力ホッパ 1201 に入ることができる。材料入力ホッパ 1201 は、材料をナノコライダーコア 1204 の中心領域に導くことができる。対向するロータに取り付けられた空力翼は、ナノコライダーコア 1204 の中心領域からナノコライダーコア 1204 の外部領域へと材料を向ける空力を生成し得る。材料が中心領域から外部領域へ移動すると、空力翼間の衝突領域で材料が衝突し得る。

20

【 0 0 8 2 】

ナノコライダーコア 1204 の外側領域は、外側チャネル（例えば、外側チャネル 330）を含む。外側チャネルは、材料を出口ダクトに向ける。出口ダクトを通ってナノコライダーコアから出る材料は、さらなる処理のためにナノコライダーの中心領域にリダイレクトされ得るか、又は粒子プログラミングアレイ 1210 に導かれ得る。

【 0 0 8 3 】

粒子プログラミングアレイ 1210 は、粒子プログラミング制御ユニットによって管理され得る。粒子プログラミング制御ユニットは、1 つ以上の粒子プログラミングデバイスを起動し得る。粒子プログラミングアレイ 1210 は、例えば、超音波発生器、磁場発生器、及び高電圧周波数発生器を含む複数の粒子プログラミングデバイスを含むことができる。粒子プログラミングアレイ 1210 は、粒子プログラミングアレイ 1210 の外部の高電圧周波数発生器に電気的に接続され得る。粒子プログラミング装置は、図 12 を参照して以下に更に説明される。

30

【 0 0 8 4 】

プログラムされた粒子は、粒子プログラミングアレイ 1210 を出て、粒子凝固チャンバ 1212 に入り得る。粒子は、少なくとも閾値期間にわたって粒子凝固チャンバ内に残留され得る。閾値時間は、例えば、粒子サイズ、組成、温度、質量、又はそれらの任意の組合せを含む 1 つ以上の粒子特性に基づいて変化させることができる。

40

【 0 0 8 5 】

図 13 は、一実施形態による、主たる製品ライン及びナノ粒子サンプリングラインの概略図を示す。主たる製品ラインは、材料入力ホッパ 1301、ナノコライダーコア 1304、粒子サンプリングシステム 1306、粒子プログラミングアレイ 1310、及び粒子凝固チャンバ 1312 を含んでもよい。粒子プログラミングアレイ 1310 は、高電圧周波数発生器を含むことができ、及び / 又は高電圧周波数発生器に電気的に接続され得る。粒子サンプリングシステム 1306 は、粒子セパレータ及び光学センサアレイを含んでもよい。粒子サンプリングシステム 1306 の一例は、図 17 を参照して後述される。

【 0 0 8 6 】

図 14 は、一実施形態による、直列に作動させるように構成されたナノコライダーユニ

50

ットの概略図を示す。材料は、材料入力ホッパ 1401 を介してナノコライダーに入ることができる。その後、材料は、1つ以上のナノコライダーコアを通過し得る。ナノコライダーは、ナノコライダーコア 1404a、1404b、1404c、及び 1404d を含むことができる。リサイクル要素は、粒子サンプリングシステム 1406 を介して材料をリサイクルされ得る。粒子サンプリングシステム 1406 の一例は、図 17 を参照して後述される。リサイクル材料は、ナノコライダーコア 1404a、1404b、1404c、及び 1404d に再侵入し得る。一連のナノコライダーコア（例えば、ナノコライダーコア 1404a、1404b、1404c、及び 1404d）を出た粒子は、粒子凝固チャンバ 1412a 又は粒子プログラミングアレイ 1410 のいずれかに入ることができる。粒子凝固チャンバ 1412a に直接入る粒子は、プログラムされない。粒子プログラミングアレイ 1410 を通過する粒子は、粒子プログラミングアレイ 1410 内の1つ以上のプログラミングデバイスに従ってプログラムされ得る。粒子凝固チャンバ 1412b に入る粒子は、粒子プログラミングアレイ 1410 によってプログラムされ得る。粒子凝固チャンバ 1412a 及び / 又は 1412b のいずれかの中の粒子は、一定期間にわたって凝固され得る。

【0087】

図 15 は、一実施形態による、並列に作動させるように構成されたナノコライダーユニットの概略図を示す。2つ以上のナノコライダーユニットは並列に動作するように構成され得る。例えば、3つのナノコライダーユニットは、1つ又は複数のプロセス（例えば、1つ又は複数のナノコライダーユニットからの導出物に係る粒子プログラミング後）に続く変換プロセスラインと並列に作動させるように構成され得る。

【0088】

第1のナノコライダーユニットは、材料入力ホッパ 1501a、ナノコライダーコア 1504a、粒子サンプリングシステム 1506a、粒子プログラミングアレイ 1510a、及び粒子凝固チャンバ 1512a を含む。ナノコライダーコア 1504a からの導出物は、粒子プログラミングアレイ 1510a によってプログラムされ得る。プログラムされた該導出物は、凝固チャンバ 1512a 内で凝固され得る。プログラムされた固体粒子は、凝固チャンバ 1512a から出て、1つ以上の他のナノコライダーユニットの製品ラインと併合され得る。

【0089】

第2のナノコライダーユニットは、材料入力ホッパ 1501b、ナノコライダーコア 1504b、粒子サンプリングシステム 1506b、粒子プログラミングアレイ 1510b、及び粒子凝固チャンバ 1512b を含む。ナノコライダーコア 1504b からの導出物は、粒子プログラミングアレイ 1510b によってプログラムされ得る。プログラムされた該導出物は、凝固チャンバ 1512b 内で凝固し得る。プログラムされた固体粒子は、凝固チャンバ 1512b から出て、1つ以上の他のナノコライダーユニットの製品ラインと併合され得る。

【0090】

第3のナノコライダーユニットは、材料入力ホッパ 1501c、ナノコライダーコア 1504c、及び粒子サンプリングシステム 1506c を含む。第3のユニットは、粒子プログラミングアレイ及び粒子凝固チャンバを欠くことができる。従って、第3のナノコライダからの導出物の結晶格子構造は、粒子プログラミングアレイによって変更され得ない。第3のナノコライダーからの導出物は、1つ以上の他のナノコライダーユニットからのプログラムされた及び / 又はプログラムされていない粒子と併合され得る。

【0091】

1つ以上のナノコライダーユニットからの導出物は、併合され得る。併合された導出物は、複合ハイブリッド構造を有する粒子を形成するために、粒子プログラミングアレイ 1510d に搬送され得る。複合ハイブリッド構造を有する粒子は、合成粒子、又は、合成組成を有する、と称することができる。粒子プログラミングアレイ 1510d によってプログラムされた粒子は、凝固チャンバ 1512d に搬送され得る。

【0092】

図16は、一実施形態における、直列かつ並列に作動させるように構成されたナノコライダーの概略図を示す。2つ以上のナノコライダーユニットを、直列及び並列の両方で動作させるように構成することができる。例えば、3つのナノコライダーユニットは、1つ又は複数のプロセス（例えば、1つ又は複数のナノコライダーユニットからの導出物の粒子プログラミング後）に続き、1つ又は複数の追加のナノコライダーユニットが続く、変換プロセスラインと並列に作動させるように構成することができる。

【0093】

第1のナノコライダーユニットは、材料入力ホッパ1601a、ナノコライダーコア1604a、粒子サンプリングシステム1606a、粒子プログラミングアレイ1610a、及び粒子凝固チャンバ1612aを含む。ナノコライダーコア1604aからの導出物は、粒子プログラミングアレイ1610aによってプログラムされ得る。プログラムされた該導出物は、凝固チャンバ1612a内で凝固し得る。プログラムされた固体粒子は、凝固チャンバ1612aから出て、1つ以上の他のナノコライダーユニットの製品ラインと併合され得る。

10

【0094】

第2のナノコライダーユニットは、材料入力ホッパ1601b、ナノコライダーコア1604b、粒子サンプリングシステム1606b、粒子プログラミングアレイ1610b、及び粒子凝固チャンバ1612bを含む。ナノコライダーコア1604bからの導出物は、粒子プログラミングアレイ1610bによってプログラムされ得る。プログラムされた該導出物は、凝固チャンバ1612b内で凝固し得る。プログラムされた固体粒子は、凝固チャンバ1612bから出て、1つ以上の他のナノコライダーユニットの製品ラインと併合され得る。

20

【0095】

第3のナノコライダーユニットは、材料入力ホッパ1601c、ナノコライダーコア1604c、及び粒子サンプリングシステム1606cを含む。第3のユニットは、粒子プログラミングアレイ及び粒子凝固チャンバを欠くことができる。従って、第3のナノコライダからの導出物の結晶格子構造は、粒子プログラミングアレイによって変更され得ない。第3のナノコライダーからの該導出物は、1つ以上の他のナノコライダーユニットからのプログラムされた及び／又はプログラムされていない粒子と併合され得る。

30

【0096】

1つ以上のナノコライダーユニットからの導出物は、併合され得る。併合された粒子導出物は、1つ又は複数の追加のナノコライダーユニットを通して直列に搬送され得る。例えば、第1、第2、及び第3のナノコライダーユニットから導出された粒子導出物は、第4のナノコライダーユニットに搬送され得る。第4のナノコライダーユニットは、材料入力ホッパ1601d、ナノコライダーコア1604d、粒子サンプリングシステム1606d、粒子プログラミングアレイ1610d、及び粒子凝固チャンバ1612dを含むことができる。ナノコライダーコア1604dからの導出物は、粒子プログラミングアレイ1610dによってプログラムされ得る。プログラムされた該導出物は、凝固チャンバ1612b内で凝固し得る。プログラムされた固体粒子は、凝固チャンバ1612bから出て、1つ以上の他のナノコライダーユニットの製品ラインと併合され得る。第4のナノコライダーユニットを通して結合した粒子を輸送することにより、複合ハイブリッド構造を有するナノ粒子を生じることができる。複合ハイブリッド構造を有する粒子は、合成粒子又は合成組成を有する、と称することができる。

40

【0097】

図17は、一実施形態による、粒子サンプリングシステムの概略図を示す。粒子サンプリングシステムは、粒子サンプリングアレイ1761、光学センサアレイ1706、粒子分離アレイ1762、粒子凝固チャンバ1712、貯蔵ユニット1709、又はそれらの任意の組み合わせを含み得る。

【0098】

50

ナノコライダーコア（例えば、図1のナノコライダーコア104）中の粒子の一部は、粒子サンプリングアレイ1761にルーティングされ得る。粒子サンプリングアレイ1761への粒子の流れは、サンプリング弁1716によって調節され得る。制御ユニット1711は、サンプリング弁1716を管理することができる。例えば、制御ユニット1711は、粒子サンプリングアレイ1761への材料の流量を調整するためにサンプリング弁1716を制御することができる。サンプリング弁1716は、弁内で直線的に動くことができるディスク、システム上で回転することができるディスク、ヒンジ又はトラニオン上で回転するディスク、又はそれらの任意の組み合わせを含むことができる。ドレン弁1715は、粒子サンプリングアレイ1761の流出を管理することができる。ドレン弁1715は、制御ユニット（例えば、制御ユニット1711又は1703）によって管理され得る。

10

【0099】

1つ以上の吸引チューブ1721aは、粒子サンプリングアレイ1761から光学センサアレイ1706へ粒子を導くことができる。光学センサアレイは、対向する光源の群からの光を収集する（例えば、ある幾何学的パターンに配置された）センサ群を含む。センサ（例えば、電気光学センサ）は、光を電子信号に変換することができる。光センサアレイのセンサからの電気信号は、計算装置（例えば、制御ユニット1703）に送信され得る。センサ群の中のセンサによって検出される光の欠如は、粒子によって妨害されたものと判断され得る。光の欠如を有する隣接するセンサを用いることにより、粒子のサイズ及び/又は粒子の形状を決定することができる。例えば、隣接するセンサ間の距離（例えば、5nmの距離）を示すデータは、制御ユニット1703にアクセス可能なデータベースに記憶され得る。隣接するセンサと、特定の瞬間に光が欠如している識別されたセンサとの間の距離を示すデータに基づいて、制御ユニット1703は、粒子のサイズを決定することができる。

20

【0100】

1つ以上の吸引チューブ1721bは、光学センサアレイ1706から粒子分離器1762へ粒子を導くことができる。粒子分離器1762は、通過する流れから粒子を抽出することができる。

【0101】

材料出口のハブは、プログラム仕様に従って、すなわち、更に別の運転のためにナノコライダーに戻すか、又は、貯蔵ユニット1709、粒子プログラミング、粒子凝固チャンバ1712、あるいは粒子パッケージングのいずれかに、粒子分離器1762から材料を分配する。

30

【0102】

粒子分離器1762を通過する粒子流の残部は、ナノコライダーコアに戻されるか、又は、粒子プログラミングアレイ及び粒子凝固チャンバ1712にあるいは直接戻される。さらなる選択肢として、貯蔵ユニット1709又はパッケージングに粒子は直送される。粒子プログラミングアレイからの任意の抽出ルートは、貯蔵ユニット1709又はパッケージングに対して直接的である。

【0103】

図18は、一実施形態による、粒子サンプリングシステムの概略図を示す。光学センサアレイ1806は、対向する光源（例えば、レーザービーム発生器1870）のグループからの光を収集する、センサのグループ（例えば、センサフィールド1868内に配置される）を含む。センサ（例えば、電気光学センサ1868）は、光（例えば、投影レーザビーム1872）を電子信号に変換することができる。光センサアレイのセンサからの電気信号は、計算装置（例えば、制御ユニット1803）に送信され得る。センサ群の中のセンサによって検出される光の欠如は、粒子によって妨害されたものと判断することができる。検出された光の欠如を有する隣接するセンサを用いて、粒子のサイズ及び/又は粒子の形状を決定することができる。例えば、隣接するセンサ間の距離（例えば、8nmの距離）を示すデータは、制御ユニット1803にアクセス可能なデータベースに記憶され得る。

40

50

得る。隣接するセンサと、瞬間に光の欠如を有する識別されたセンサとの間の距離を示すデータに基づいて、制御ユニット 1803 は、粒子のサイズを決定することができる。

【0104】

図 19 は、一実施形態による、ナノ粒子がその中で形成され得る主たる製品ラインの図式的表現を示す。材料は、材料投入ホッパ 1901 に投入することができる。投入された材料は、ナノコライダーコア 1904 に送ることができる。雰囲気制御ユニット 1902 は、例えば、ナノコライダーコア 1904 内の温度、圧力、組成、又はそれらの任意の組み合わせを管理することができる。

【0105】

ナノコライダーコア 1904 内の材料の一部は、ナノコライダーコア 1904 内に再循環され得る。ナノコライダーコア 1904 内の材料の別の部分は、粒子サンプリングシステム 1906 に導くことができる。プロワ 1905 を使用して、材料をナノコライダーコア 1904 から粒子サンプリングシステム 1906 に流入させることができる。粒子サンプリングシステム 1906 は、光学センサアレイ、粒子サンプリングアレイ、及び粒子分離器 1908 を含むことができる。制御ユニット 1903 は、粒子サンプリングシステム 1906 の構成要素（例えば、光学センサアレイ、粒子サンプリングアレイ、及び粒子分離器アレイのいずれか）を管理することができる。

10

【0106】

粒子サンプリングシステム 1906 を通して導かれる材料は、ナノコライダーコア 1904、凝固チャンバ、貯蔵チャンバ、粒子分離器 1908（例えば、膜）、及び／又は粒子プログラミングアレイ 1910 に導くことができる。粒子分離器 1908 を使用して、材料の成分を濾過及び分離することができる。材料の一部（例えば、特定のサイズ閾値を超える粒子）は、再びナノコライダーコア 1904 を通過するサイクルを行うために、材料入力ホッパ 1901 に戻され得る。例えば、プロワ 1913 は、材料の一部を材料入力ホッパ 1901 に向かって導くために、コンプレッサ 1914 を用いてもよい。材料の他の部分（例えば、特定のサイズ閾値下の粒子）は、粒子貯蔵ユニット 1909 及び／又は粒子プログラミングアレイ 1910 に導くことができる。例えば、コンプレッサによって動力を供給されるプロワは、材料を粒子貯蔵ユニット 1909 及び／又は粒子プログラミングアレイ 1910 の方へ向けることができる。

20

【0107】

粒子プログラミングアレイ 1910 は、超音波発生器 1918、磁場発生器 1919、及び高電圧周波数発生器 1920 を含むことができる。制御ユニット 1911 は、粒子プログラミングアレイの構成要素（例えば、超音波発生器 1918、磁場発生器 1919、及び高電圧周波数発生器 1920）を管理することができる。ガスタンク 1902 を使用して、粒子プログラミングアレイ 1910 内の雰囲気圧及び／又は組成物を制御することができる。粒子プログラミングアレイの種々の実施形態は、図 21 を参照して以下に更に議論される。粒子プログラミングアレイ 1910 を出た粒子は、粒子凝固チャンバ 1912 に導くことができる。

30

【0108】

一実施形態では、粒子凝固チャンバ 1912 内で凝固された粒子は、粒子パッケージユニット 1917 を介して製品内にパッケージ又は組み込むことができる。別の態様において、粒子凝固チャンバ 1912 内で凝固された粒子は、更に処理され得る。

40

【0109】

図 20 は、一実施形態による、主たる製品ラインと並列に動作可能なナノ粒子サンプリングラインの概略図を示す。ナノコライダーコア 2004 からの材料の一部は、粒子サンプリングシステム 2006 に送ることができる。プロワ 2005 は、ナノコライダーコア 2004 から粒子サンプリングシステム 2006 へ材料を流入させるために使用することができる。粒子サンプリングシステム 2006 は、光学センサアレイ（例えば、光学センサ 2061a～2061e を含む）、粒子サンプリングアレイ（例えば、粒子サンプリング装置 2062a～2062e）、及び粒子分離器 2008 を含むことができる。制御ユ

50

ニット 2003 は、粒子サンプリングシステム 2006 の構成要素（例えば、光学センサアレイ、粒子サンプリングアレイ、及び粒子セパレータアレイのいずれか）を管理することができる。制御ユニット 2003 は、粒子サンプリングシステム 2006 を通る粒子の流れを制御するために、1つ以上の弁 2015 を管理することができる。弁 2015 は、図 20 に示されるように、任意の構成要素の間に配置され得る。1つ以上のプロワ 2005 は、図 20 に示すように、任意の構成要素の間に配置することができる。

【0110】

粒子サンプリングシステム 2006 を通して導かれる材料は、ナノコライダーコア 2004、凝固チャンバ、貯蔵チャンバ、及び／又は粒子プログラミングアレイに導くことができる。粒子分離器 2008 を使用して、材料の成分を濾過及び分離することができる。材料の一部（例えば、特定のサイズ閾値を超える粒子）を材料投入ホッパに戻して、ナノコライダーコア 2004 を再度循環させることができる。例えば、コンプレッサ 2014 は、材料の一部をナノコライダーコア 2004 に向けることができる。材料の他の部分（例えば、特定のサイズ閾値下の粒子）は、粒子貯蔵ユニット 2009 及び／又は粒子プログラミングアレイに向けることができる。例えば、コンプレッサを動力源とするプロアは、材料を粒子貯蔵ユニット 2009 及び／又は粒子プログラミングアレイ 2010 に向けることができる。材料の他の部分は、例えば、さらなる試験のために、及び／又はシステム内の他の構成要素に送られるために、サンプリング弁 2016 を介して放出され得る。

【0111】

図 21 は、一実施形態による、粒子プログラミングアレイ 2110 の概略図を示す。粒子プログラミングアレイ 2110 は、超音波発生器 2118、磁場発生器 2119、及び高電圧周波数発生器 2120 を含むことができる。制御ユニット 2111 は、粒子プログラミングアレイ 2110 の種々の構成要素（例えば、超音波発生器 1918、磁場発生器 1919、及び高電圧周波数発生器 1920）を管理することができる。粒子プログラミングアレイ 2110 を出た粒子は、粒子凝固チャンバ 2112 に導かれ得る。

【0112】

ナノコライダーコアによって生成されるナノ粒子の形状は、カオス的であり、構造的に組織化されていない可能性がある。ナノサイズに粒子を崩壊させることにより、電子の電荷電ポテンシャルを増大させることができる。電位及びゼータ電位は、粒子を再プログラミングするために変更することができる。

【0113】

材料をナノ粒子まで粉碎した直後に、結晶格子は、材料に依存して、硬化するまで短時間軟らかい。これは、ナノ材料の結晶格子構造を加工し、その物理的挙動を変化させるために重要である。

【0114】

該プロセスは、変調パルスを有する調整可能な周波数発生器からの計算アルゴリズムに基づいて、信号の形状が信号発生器を介して調整される脈動磁場を印加することを含むことができる。

【0115】

このプロセスは、材料の種類及びサイズに基づいて周波数及びデシベルレベルを有する音波を印加することを含むことができる。材料は硬化するにつれて構造変化を続ける。

【0116】

このように2つ以上の材料を処理し、その周波数を仕様に合わせると、材料の結晶構造格子の内部に共振周波数が発生する。材料は、この共振周波数を記憶しており、1つ以上の材料が積層されると、設計された周波数の不安定性のために放出された電子の形の相互作用が生じる。この物質は平衡に達する傾向があり、それぞれの物質は異なる周波数をもつため、常に電子を交換している。

【0117】

粒子プログラミングアレイは、超音波発生器を備えることができ、この超音波発生器は、硬化する際にその結晶格子に影響を与えるために、新たに粉碎された軟らかい材料に適

10

20

30

40

50

用される。粒子プログラミングアレイは、硬化時にその結晶格子に影響を与るために、軟らかい新規に粉碎された材料に適用される磁気パルス発生器を備えることができる。粒子プログラミングアレイは、硬化時にその結晶格子に影響を与るために、軟らかい新規に粉碎された材料に適用される高電圧発生器を備えることができる。

【0118】

3つの侵入力（例えば、音、電圧、及び磁気パルス）の印加は、硬化プロセスを妨害し、材料の形態に影響を及ぼし、それらの結晶格子周波数を操作する。粒子プログラミングアレイの出口点は、粒子が硬化及び結合するように残された粒子凝固チャンバに導くことができる。

【0119】

外部磁場の印加中のナノ複合材料における超音波の吸収は、音波と与えられた材料の結晶格子との相互作用において考慮される。吸収は、例えば、温度、周波数、格子の弾性、及びその吸音特性などの、所与の材料の結晶格子内の結合の物理的特性の合計を意味する結晶格子のタイプなど、多くの要因に依存する。超音波吸収係数の測定と計算には、調査される結晶材料の熱フォノンと電子との音響フォノンの相互作用を推定する必要がある。該材料に外部磁場を印加すると、結晶格子と相互作用するマグノンが現れる。これは、「音響フォノン対熱フォノン」の比および、従って、吸音率は両方とも定量的に増加する。

【0120】

結晶格子における超音波（高周波音波）吸収は、フォノン相互作用と電子 フォノン相互作用の結果として生じる。

【0121】

最初の場合では、音響フォノンは結晶格子の格子振動の熱フォノンと相互作用する。音の吸収係数は、音響と熱の音量子の衝突における音モードの音量子の減少速度に依存する。このような相互作用の間、音響フォノンは消失し、第3のフォノンが形成される。

【0122】

第二の場合では、音響フォノンは自由電子によって吸収される。金属の結晶格子では電子 - フォノン相互作用が起こる。後者の場合、フォノン - フォノン相互作用も除外できない。

【0123】

誘電体と金属の結晶格子には吸音性が異なることが分かった。フォノン理論に基づく結晶格子における超音波吸収係数の計算から、超音波吸収係数は、音響フォノンのエネルギー、格子振動の熱フォノン数、結晶格子の温度と型、に依存することが分かった。結晶格子の温度と型の増加は超音波吸収にかなり影響することが分かった。

【0124】

ナノ複合材料はナノ粒子の結晶格子の温度に依存する。ナノ粒子の吸音特性は、その組成を変更又は操作することによって制御することができる。ナノ複合材料に交番磁場を印加すると、超音波吸収が更に増加する。また、ナノ粒子の組成の変化は、磁気粘度などの磁気特性に影響を及ぼす可能性がある。

【0125】

ナノ複合材料上のバルク音波の速度の測定は、外部磁場を印加すると印加された音波の速度が低下することを示した。音波の速度が増加すると、与えられた材料の吸音率が増加する。外部磁場（磁場依存性材料）の印加は、材料の吸音特性を含む音響特性を変化させる。

【0126】

調査される材料に吸収された磁気エネルギー（マグノン）の量子は、結晶格子の振動熱エネルギーを増加させ、その結果、熱フォノンの数を増加させる。これは、音響フォノンと熱フォノンとのさらなる相互作用に影響を与え、音の吸収を増加させる。得られた結果により、音波の周波数及び外部磁場の量の増加に伴って音波の速度が増加することが確認された。

【0127】

10

20

30

40

50

与えられたナノ材料にパルス状の磁場を印加することにより、該材料が高周波の音波に曝されるため、結晶格子を柔軟に操作できるようになる。

【0128】

所与のナノ粒子を用いて、上述のプロセスにおいては、ナノ粒子全体に影響を及ぼし得る。ナノ粒子がモノリシックであるか、複合体であるか（すなわち、合成されたものか）は問題ではない。結晶格子（結合の総和の挙動）が安定な状態（平衡）に達するまで外部の影響（この場合は高周波音波の印加）とバランスをとるのは自然なことである。

【0129】

所定の材料への高周波音波の適用は、その結晶格子内の結合の振動を変調するために使用されるが（これは、所定の材料の結晶格子のアーキテクチャを変化させるために結果として使用され得る）、各材料の結晶格子は、それらが達成することができる振動に対する異なるスペクトルの耐性を有する。この尺度は線形であり、数値ヘルツ尺度では、特定の最高点と最小点があり、材料の中の結合が破断する前に振動することができ、破断は、上限又は下限のいずれかに達した際に発生する。このため、異なる「情報」（すなわち、材料を変調するための特定の周波数を意味する情報）の担体として、異なる材料（異なる化学組成のナノ粒子）が使用される。

10

【0130】

形成されたナノ粒子のための種々の用途が考えられる。例えば、本明細書に記載されるプロセスによって形成されるナノ粒子は、電気化学セルを構成するために使用され得る。種々の用途の実施形態を以下に説明する。

20

【0131】

実施形態は、ナノ粒子 - ポリマー混合物を用いて電気化学セルを形成することを含む。ナノ粒子は、導電性ポリマーと混合され、ナノ粒子 - ポリマー混合物を形成し得る。ナノ粒子 - ポリマー混合物は、多孔質材料（例えば、紙又は布）に適用され得る。ナノ粒子 - ポリマー混合物を装填した多孔質材料は、巻回されて電池セルを形成するか、又は種々の形状を形成するように輪郭形成することができる。ナノ粒子を含む電気化学セルは、従来の電気化学セルと比して一般的な特定の化学処方への依存性が低下するため、毒性が低い可能性がある。ナノ粒子を含む電気化学セルは、消費者にとって安全であり、従来の電気化学セルよりも環境に優しい可能性がある。

30

【0132】

本実施形態は、電気化学セルにナノ粒子を組み込むことを含む。ナノ粒子は、主たる電池セル及び/又は二次電池セルに含めることができる。ナノ材料成分を含む改善された蓄電池は、化学種の表面積が増加するため、還元 - 酸化反応が増幅（該当する場合）されるため、長持ちし、充電及び再充電に要する時間が短くなる。

【0133】

実施形態は、製品に組み込むように設計された電気化学セル（「一体電池」と呼ばれる）を形成するための形状成形方法を含む。単体バッテリーは、例えば、製品の構造成分として、又は製品に使用するための任意の形状に形成することができる。構造の一部として設計された単体バッテリーは、例えば、構造形状に三次元（「3D」）印刷することができる。単体バッテリーは、例えば、車両（例えば、車両のシャーシ、航空機の機体、船舶の上部構造、ドローン外骨格、人工衛星の主たる構造及び二次フェアリングなど）又は建物（例えば、シンダーブロック、荷重梁、床タイルなど）の構造部品として使用することができる。このコンセプトには、例えば、住宅、商業、工業ビル建設における様々な建築材料の3D印刷が含まれる。単体バッテリーは、バッテリーによって動力供給される車両又は装置のフレーム又は胴体にナノ材料を混合することを含むことができる。単体バッテリーは、例えば、特定の機能設計又は構造形状を形成するように設計されたナノ材料の積層層を含む任意の形状に形成することができる。例としては、電気自動車の床区画、自動車の構造本体又は車体の本体もしくはその一部を集合的に形成する身体部分、携帯電話の筐体、電動スクーターのフレームもしくはステップパッド、又はゴルフカートの屋根、に適合するように構成された積層体が挙げられる。

40

50

専門用語

【0134】

本願で使用される用語、略語、語句の簡単な定義を以下に示す。

【0135】

本明細書において「一実施形態」又は「一実施形態」への言及は、実施形態に関連して記載された特定の特徴、構造、又は特徴が、本開示の少なくとも1つの実施形態に含まれることを意味する。「1つの実施例において」という言い回しが説明の様々な場所に現れても、必ずしも同じ実施例について参照している訳ではなく、他の実施例を相互に除外した独立した、又は二者択一的な実施例でもない。更に、いくつかの実施形態によって示されても、他の実施形態によって示されていなくてもよい様々な特徴が記載されている。同様に、いくつかの実施形態の要件であり得るが、他の実施形態の要件ではない、様々な要件が記載される。

【0136】

文脈上別異の解釈を要する場合を除き、明細書及び特許請求の範囲を通して、「含む」、「含む」等の語は、排他的又は網羅的な意味ではなく、包括的な意味で解釈されるべきである。すなわち、「含むが、これに限定されない」という意味である。本明細書中で使用される場合、用語「結合された」、「連結された」、又はその任意の変形は、2つ以上の要素間の直接的又は間接的な任意の連結又は連結を意味する。要素間の結合又は接続は、物理的、論理的、又はそれらの組み合わせであり得る。例えば、2つのデバイスは、直接的に、又は1つ以上の中間チャネル又はデバイスを介して結合されてもよい。別の例として、デバイスは、互いに物理的な接続を共有しないで、情報をそれらの間で渡すことができるような方法で結合されてもよい。更に、語句「本明細書」、「上記」、「下記」、及び類似の意味を持つ語句は、本出願において使用される場合、本出願全体を指すものとし、本出願の特定部分を指すものではない。文脈上許容される場合、単数又は複数の数を使用する詳細な説明中の単語は、それぞれ複数又は単数を含むことができる。「又は」という単語は、複数の項目のリストに言及する場合、その単語の以下の解釈のすべてをカバーする。すなわち、リスト内の項目、リスト内の項目のすべて、及びリスト内の項目の組み合わせである。

【0137】

明細書に「可能性がある」、「可能である」、「可能であり得る」、又は「し得る」という文言が特性に含まれているか或いは有する場合、特定の構成要素又は特徴は、必ずしもそのような特性を含む或いは有する事を要求されない。

【0138】

用語「モジュール」は、広義には、ソフトウェア、ハードウェア、又はファームウェアコンポーネント（又はそれらの任意の組み合わせ）を指す。モジュールは、一般に、指定された入力を使用して有用なデータ又は別の出力を生成することができる機能コンポーネントである。モジュールは、自己完結的であってもなくてもよい。アプリケーションプログラム（「アプリケーション」とも呼ばれる）は、1つ以上のモジュールを含んでもよく、又はモジュールは、1つ以上のアプリケーションプログラムを含んでもよい。

【0139】

詳細な説明で使用されている専門用語は、それが特定の例と共に使用されているとしても、最も広く合理的な方法で解釈されることを意図している。本明細書で使用される用語は、一般に、当該技術分野において、開示の文脈において、及び各用語が使用される特定の文脈において、それらの通常の意味を有する。便宜上、例えば、大文字、イタリック体、及び／又は引用符を使用して、特定の用語を強調することができる。強調表示の使用は、用語の範囲及び意味に影響を及ぼさない。用語の範囲及び意味は、強調表示の有無にかかわらず、同一の文脈において同一である。同じ要素を複数の方法で記述することができる事が理解されよう。

【0140】

従って、代替的な言語及び同義語は、本明細書中で議論される用語のいずれか1つ又は

10

20

30

40

50

複数に対して使用され得るが、特別な意味は、用語が本明細書中で考査又は考査されるか否かに重きを置くべきではない。1つ以上の同義語の前文は、他の同義語の使用を除外しない。本明細書中のいずれかの箇所における実施例の使用は、本明細書中で議論される用語の例を含めて、単に例示的なものであり、本開示の範囲及び意味又はいずれかの例示的用語の範囲及び意味を更に制限することを意図するものではない。同様に、本開示は、本明細書に示される様々な実施形態に限定されない。

コンピュータ

【0141】

図22は、コンピュータ・システム2200の例示的な形態の機械の概略図であり、その中で、機械に、本明細書で議論される方法又はモジュールのうちのいずれか1つ又は複数を実行させるための一組の命令が実行され得る。

10

【0142】

図22の例では、コンピュータシステム2200は、プロセッサ、メモリ、不揮発性メモリ、及びインターフェース装置を含む。種々の一般的な構成要素（例えば、キャッシュメモリ）は、例示的な単純化のために省略される。コンピュータシステム2200は、図1～図21の例で説明した構成要素（及び本明細書で説明した他の構成要素）のいずれかが実装され得るハードウェアデバイスを図示することを意図する。コンピュータ・システム2200は、任意の適用可能な既知又は便利なタイプであり得る。コンピュータ・システム2200の構成要素は、バスを介して、又は他の公知の又は便利な装置を介して、互いに結合され得る。

20

【0143】

本開示は、任意の適切な物理的形態をとるコンピュータ・システム2200を意図する。例えば、コンピュータシステム2200は、組み込みコンピュータシステム、システムオンチップ（S O C）、シングルボードコンピュータシステム（S B C）（例えば、コンピューターオンモジュール（C O M）又はシステムオンモジュール（S O M）など）、デスクトップコンピュータシステム、ラップトップコンピュータ又はノートブックコンピュータシステム、対話型キオスク、メインフレーム、コンピュータシステムのメッシュー、携帯電話、パーソナルデジタルアシスタント（P D A）、サーバ、又はこれらの2つ以上の組み合わせであってもよい。適切な場合、コンピュータ・システム2200は、1つ以上のコンピュータ・システム2200を含むことができ、单一又は分散され、複数の場所にまたがり、複数のマシンにまたがり、又はクラウド内に存在し、1つ以上のネットワーク内に1つ以上のクラウド構成要素を含むことができる。必要に応じて、1つ又は複数のコンピュータ・システム2200は、本明細書に記載又は図示される1つ又は複数の方法の1つ又は複数のステップの実質的な空間的又は時間的制限なしに、実行可能である。限定するものではない一例として、1つ以上のコンピュータ・システム2200は、本明細書に記載又は図示される1つ以上の方法の1つ以上のステップを、リアルタイム又はバッチ・モードで実行することができる。1つ又は複数のコンピュータ・システム2200は、適切な場合、本明細書に記載又は図示される1つ又は複数の方法の1つ又は複数のステップを、異なる時間又は異なる場所で実行することができる。

30

【0144】

プロセッサは、例えば、I n t e l P e n t i u mマイクロプロセッサ又はM o t o r o l a P o w e r P Cマイクロプロセッサのような従来のマイクロプロセッサであってもよい。当業者は、「機械可読（記憶）媒体」又は「コンピュータ可読（記憶）媒体」という用語が、プロセッサによってアクセス可能な任意のタイプの装置を含むことを認識することができる。

40

【0145】

メモリは、例えばバスによってプロセッサに結合される。メモリは、限定するものではないが、例として、ダイナミックR A M（D R A M）及びスタティックR A M（S R A M）のようなランダムアクセスメモリ（R A M）、を含むことができる。メモリは、ローカル、リモート、又は分散され得る。

50

【 0 1 4 6 】

また、バスは、プロセッサを不揮発性メモリ及び駆動ユニットに結合する。不揮発性メモリは、多くの場合、磁気フロッピーディスク又はハードディスク、磁気光学ディスク、光ディスク、CD-ROM、EPROM、又はEEPROMのようなリードオンリーメモリ(ROM)、磁気カード又は光学カード、又は大量のデータのための別の形態の記憶装置である。このデータの一部は、コンピュータ・システム2200内のソフトウェアの実行中に、直接メモリ・アクセス・プロセスによってメモリに書き込まれることが多い。不揮発性記憶装置は、ローカル、リモート、又は分散型であり得る。不揮発性メモリは、メモリ内で利用可能なすべての適用可能なデータを使用してシステムを作成できるため、オプションである。典型的なコンピュータシステムは、通常、少なくともプロセッサ、メモリ、及びメモリをプロセッサに結合するデバイスを含むことができる。

10

【 0 1 4 7 】

ソフトウェアは、典型的には、不揮発性メモリ及び/又は駆動ユニットに記憶される。実際、大きなプログラム全体をメモリに保存することは不可能かもしれない。それにもかかわらず、ソフトウェアを実行するために、必要であれば、処理に適したコンピュータは読取可能な場所に移動されるところ、説明のためにその場所は、本明細書ではメモリと呼ぶことを理解されたい。たとえソフトウェアが実行のためにメモリに移動されたとしても、プロセッサは、典型的には、ソフトウェアに関連する値を格納するためにハードウェアレジスタを使用することができ、理想的には、実行を高速化するのに役立つローカルキャッシュを使用することができる。本明細書で使用されるように、ソフトウェアプログラムは、ソフトウェアプログラムが「コンピュータ読取可能媒体に実装される」と称される場合に、任意の既知の又は便利な位置に(不揮発性記憶装置からハードウェアレジスタへ)記憶されると仮定される。プロセッサは、プログラムに関連する少なくとも1つの値が、プロセッサによって読み取り可能なレジスタに格納されている場合に、「プログラムを実行するように構成されている」とみなされる。

20

【 0 1 4 8 】

また、バスは、プロセッサをネットワークインターフェース装置に結合する。インタフェースは、モデム又はネットワークインターフェースの1つ以上を含むことができる。モデム又はネットワーク・インターフェースは、コンピュータ・システム2200の一部であるとみなすことができることが理解され得る。インターフェースは、アナログモデム、ISDNモデム、ケーブルモデム、トーケンリングインターフェース、衛星伝送インターフェース(例えば「ダイレクトPC」)、又はコンピュータシステムを他のコンピュータシステムに結合するための他のインターフェースを含むことができる。インターフェースは、1つ以上の入力及び/又は出力装置を含むことができる。該入出力装置は、例示としてあってこれに限定されるものではないが、キーボード、マウス又は他のポインティング装置、ディスクドライブ、プリンタ、スキャナ、及び表示装置を含む他の入力及び/又は出力装置を含むことができる。表示装置は、一例としてあって、これに限定されるものではないが、陰極線管(CRT)、液晶ディスプレイ(LCD)、又は他の既知又は便利な表示装置を含むことができる。簡素化のため、図22の例に示されていない任意の装置のコントローラは、インターフェース内に存在すると仮定される。

30

【 0 1 4 9 】

動作において、コンピュータシステム2200は、ディスクオペレーティングシステムなどのファイル管理システムを含むオペレーティングシステムソフトウェアによって制御され得る。オペレーティングシステムソフトウェアと関連するファイル管理システムソフトウェアの一例は、ワシントン州レドモンドのMicrosoft CorporationからのWindows(登録商標)として知られるオペレーティング・システム、及びそれらの関連するファイル管理システムである。オペレーティングシステムソフトウェアと関連するファイル管理システムソフトウェアの別の例は、LinuxTMオペレーティングシステム及び関連するファイル管理システムである。ファイル管理システムは、典型的には、不揮発性メモリ及び/又は駆動ユニットに記憶され、プロセッサは、不揮発性メ

40

50

モリ及び／又は駆動ユニットにファイルを記憶することを含むデータを入出力し、メモリにデータを記憶するために、オペレーティングシステムによって利用される種々の動作を実行させる。

【 0 1 5 0 】

詳細な説明のいくつかの部分は、コンピュータメモリ内のデータビット上の演算のアルゴリズム及び記号表現の観点から提示することができる。これらのアルゴリズムの説明と表現は、データ処理分野の当業者が自分の仕事の内容を他の当業者に最も効果的に伝えるために使用する手段である。アルゴリズムはここでは、そして一般的に、望ましい結果を導く一貫した操作のシーケンスであると考えられている。操作は物理量の物理的操作を必要とするものである。必ずしもというわけではないが、通常、これらの量は、格納され、移送され、組み合わされ、比較され、また他の方法で処理されることができる、電気信号又は磁気信号の形式を取る。主に一般的な使用上の理由から、これらの信号を、ビット、値、要素、記号、文字、語、数字などと呼べば、時として利便性が高いことが知られている。

10

【 0 1 5 1 】

しかし、上記の全用語ならびに類似の用語は、適切な物理量に対応しており、この物理量に適用される簡便なラベルに過ぎないという点に留意すべきである。以下の議論から特に明白であると明示されない限り、説明全体を通して、例えば「処理 (p r o c e s s i n g) 」又は「計算 (c o m p u t i n g) 」又は「算出 (c a l c u l a t i n g) 」又は「決定 (d e t e r m i n i n g) 」又は「表示 (d i s p l a y i n g) 」又は「生成 (g e n e r a t i n g) 」などの用語を使用する議論は、コンピュータシステムのレジスタ及びメモリ内の物理的（電子的）量として表されるデータを、コンピュータシステムのメモリもしくはレジスタ内の物理的量として表される他のデータに、又は他のこのような情報記憶、送信もしくは表示装置内の物理的量として同様に表される他のデータに操作しかつ変換する、コンピュータシステム又は類似の電子計算装置の動作及びプロセスを指すことが理解される。

20

【 0 1 5 2 】

本明細書に提示されるアルゴリズム及び表示は本質的に何らかの特定のコンピュータ又は他の装置と関連するものではない。種々の汎用システムを、本明細書の教示に従ったプログラムと共に使用することができ、又は、いくつかの実施形態の方法を実行するために、より特化された装置を構築することが便利であることが証明され得る。これらの様々なシステムに利用される構造は、以下の説明から明らかになる。更に、これらの技術は、特定のプログラミング言語を参照して記載されておらず、従って、種々の実施形態は、種々のプログラミング言語を使用して実施することができる。

30

【 0 1 5 3 】

別の実施形態では、機械は、スタンドアロン装置として作動させるか、又は他の機械に接続（例えば、ネットワーク接続）することができる。ネットワーク化された配備では、マシンは、クライアント - サーバネットワーク環境のサーバ又はクライアントマシンの容量で、又はピア - ツ - ピア（又は分散）ネットワーク環境のピアマシンとして動作できます。

40

【 0 1 5 4 】

マシンは、サーバコンピュータ、クライアントコンピュータ、パーソナルコンピュータ（P C）、タブレットP C、ラップトップコンピュータ、セットトップボックス（S T B）、パーソナルデジタルアシスタント（P D A）、セルラ電話、i P h o n e、ブラックベリー、プロセッサ、電話、ウェブアプライアンス、ネットワークルータ、スイッチ又はブリッジ、又は、そのマシンによって取られるべき動作を指定する一連の命令（シーケンシャル又はそれ以外）を実行することができる任意のマシンであり得る。

【 0 1 5 5 】

機械可読媒体又は機械可読記憶媒体は、例示的な実施形態では单一の媒体であることが示されているが、「機械可読媒体」及び「機械可読記憶媒体」という用語は、1つ又は複

50

数の命令セットを記憶する单一の媒体又は複数の媒体（例えば、集中型又は分散型のデータベース、及び／又は関連するキャッシュ及びサーバ）を含むものと解釈されるべきである。「機械可読媒体」及び「機械可読記憶媒体」という用語はまた、機械による実行のための一連の命令を記憶し、符号化し、又は保持することが可能であり、かつ、機械に、現在開示されている技術及びイノベーションのいずれか1つ又は複数の方法又はモジュールを実行させる媒体を含むものとみなされる。

【0156】

一般に、本開示の実施形態を実施するために実行されるルーチンは、「コンピュータプログラム」と呼ばれる命令の特定のアプリケーション、コンポーネント、プログラム、オブジェクト、モジュール又はシーケンスの一部として実施することができる。コンピュータプログラムは、典型的には、コンピュータ内の種々のメモリ及び記憶装置内の種々の時間にセットされた1つ以上の命令を含み、コンピュータ内の1つ以上の処理ユニット又はプロセッサによって読み出されて実行されると、コンピュータは、本開示の種々の態様を含む要素を実行するための操作を実行する。

10

【0157】

更に、実施形態は、完全に機能するコンピュータ及びコンピュータ・システムの文脈で説明されてきたが、当業者は、様々な実施形態が、様々な形態でプログラム製品として配布可能であり、本開示が、実際に配信を行うために使用される特定のタイプのマシン又はコンピュータ読取可能媒体に関係なく等しく適用されることを理解することができる。

20

【0158】

機械読取可能な記憶媒体、機械読取可能な媒体、又はコンピュータ読取可能な（記憶）媒体のさらなる例としては、揮発性及び不揮発性メモリデバイス、フロッピーディスク及び他のリムーバブルディスク、ハードディスクドライブ、光ディスク（例えば、コンパクトディスク読取専用メモリ（CD ROMS）、デジタル汎用ディスク（DVDs）等）のような記録可能なタイプの媒体、及びデジタル及びアナログ通信リンクのような伝送タイプの媒体が挙げられるが、これらに限定されない。

30

【0159】

ある状況では、バイナリ1の状態からバイナリ0の状態への変化、又はその逆の変化のようなメモリデバイスの動作は、例えば、物理的変換のような変換を含むことができる。特定のタイプのメモリデバイスでは、このような物理的変換は、物品の異なる状態又は物品への物理的変換を含むことができる。例えば、限定されるものではないが、ある種のメモリデバイスでは、状態の変化は、電荷の累積及び蓄積、又は蓄積電荷の解放を含み得る。同様に、他のメモリデバイスでは、状態の変化は、磁気配向の物理的変化又は変換、又は、結晶から非晶質へ、又はその逆などの分子構造の物理的変化又は変換を含むことができる。上述は、メモリデバイスにおけるバイナリ1からバイナリ0への状態変化、またはその逆の状態変化が、物理的変換のような変換を含むことができるような、網羅的なリストであることを意図していない。むしろ、上述は例示的な例として意図されている。

30

【0160】

記憶媒体は、典型的には、非一時的であってもよいし、非一時的装置を備えていてもよい。この文脈では、非一過性記憶媒体は、有形の装置を含むことができ、つまり、装置はその物理的状態を変更することができるが、具体的な物理的形態を有することを意味する。従って、例えば、非一時的とは、この状態変化にもかかわらず、有形のままである装置を指す。

40

備考

【0161】

クレームされた主題の種々の実施形態の前述の説明は、例示及び説明のために提供された。それは、網羅的であることを意図するものではなく、また、クレームされた主題事項を開示された正確な形式に限定するものでもない。当業者には、多くの修正及びバリエーションが明らかであろう。実施形態は、本発明の原理及びその実際の用途を最もよく説明するために選択され、説明され、それによって、関連技術の当業者は、クレームされた主

50

題、種々の実施形態、及び意図される特定の用途に適した種々の修正を理解することができる。

【0162】

完全に機能するコンピュータ及びコンピュータシステムに関連して実施形態を説明したが、当業者であれば、種々の実施形態は、種々の形態でプログラム製品として配布することができ、本開示は、実際に配布を行うために使用される特定のタイプの機械又はコンピュータ読取可能媒体に關係なく等しく適用されることが理解されるであろう。

【0163】

上記の詳細な説明は、特定の実施形態及び意図される最良のモードを記載しているが、上記が本明細書中にどの程度詳細に記載されていようと、実施形態は、多くの方法で実施することができる。システム及び方法の詳細は、本明細書に包含されているが、それらの実装の詳細がかなり異なる可能性がある。上述のように、種々の実施形態の特定の特徴又は態様を説明する際に使用される特定の用語は、その用語が関連する本発明の特定の特徴、特徴又は態様に限定されるように、本明細書において再定義されることを意味するために解釈されるべきではない。一般に、以下の特許請求の範囲で使用される用語は、明細書で開示されている特定の実施形態に本発明を限定するものと解釈されるべきではない。ただし、これらの用語が本明細書で明示的に定義されている場合はこの限りではない。従って、本発明の実際の範囲は、開示された実施形態だけでなく、特許請求の範囲の下で実施形態を実施又は実施するすべての等価な方法も含む。

【0164】

明細書において使用されている言語は、主として、可読性及び教育的目的のために選択されており、また、発明の主題を明確にするため又は限定するために選択されていないことがある。したがって、本発明の範囲は、この詳細な説明によって限定されるものではなく、むしろ、本明細書に基づく出願に基づいて記載される請求項によって限定されることが意図される。従って、種々の実施形態の開示は、以下の特許請求の範囲に記載されている実施形態の範囲を例示することを意図しているが、これに限定されるものではない。

10

20

30

40

50

【図面】

【図 1】

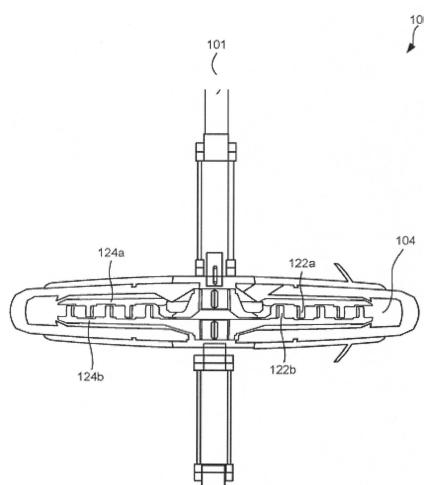


FIG. 1

【図 2】

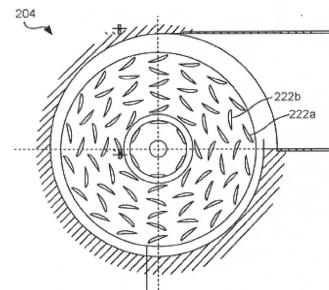


FIG. 2

10

【図 3】

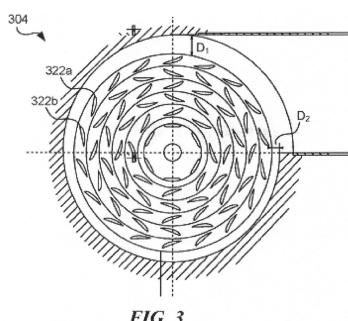


FIG. 3

【図 4】

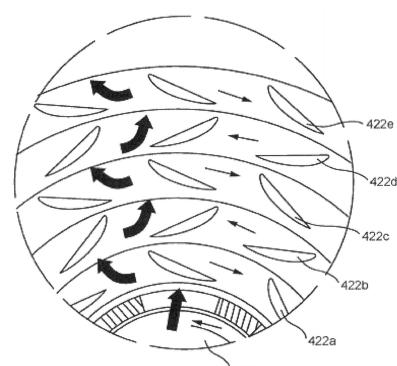


FIG. 4

30

40

50

【図 5】

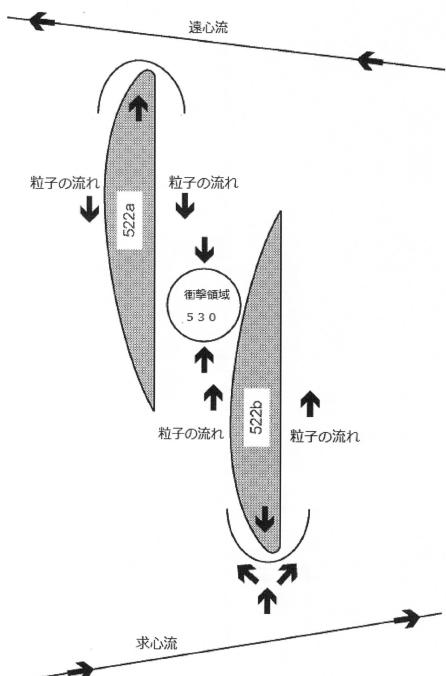


FIG. 5

【図 6 A】

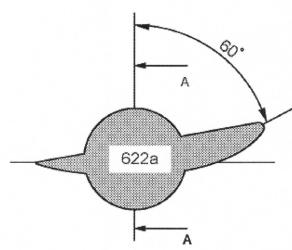


FIG. 6A

10

【図 6 B】

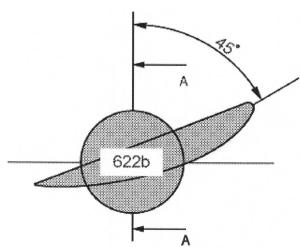


FIG. 6B

【図 7 A】

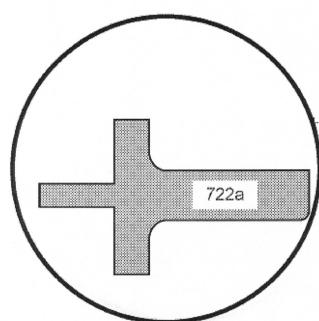


FIG. 7A

30

40

50

【図 7 B】

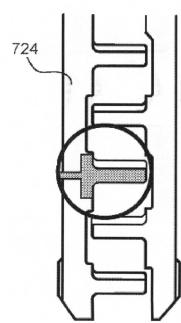
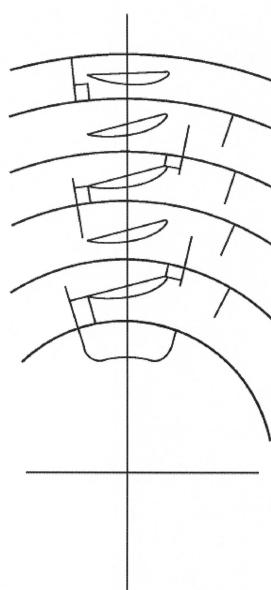


FIG. 7B

【図 8】

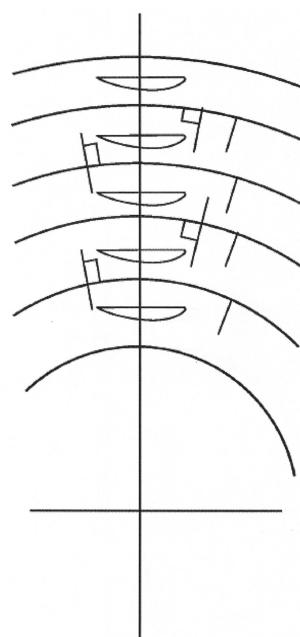


10

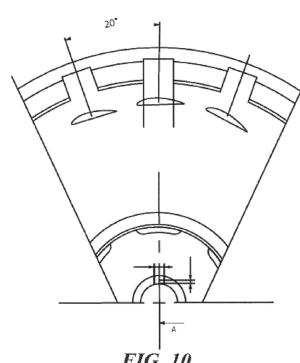
FIG. 8

20

【図 9】



【図 10】



30

40

FIG. 9

50

【図 1 1】

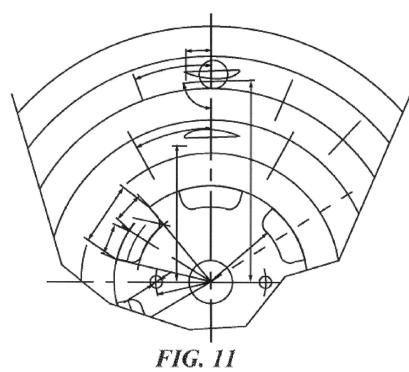


FIG. 11

【図 1 2】

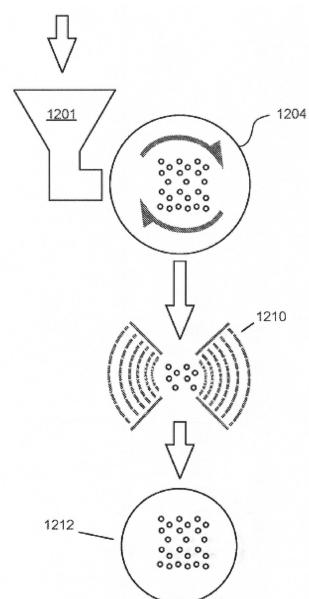


FIG. 12

10

20

【図 1 3】

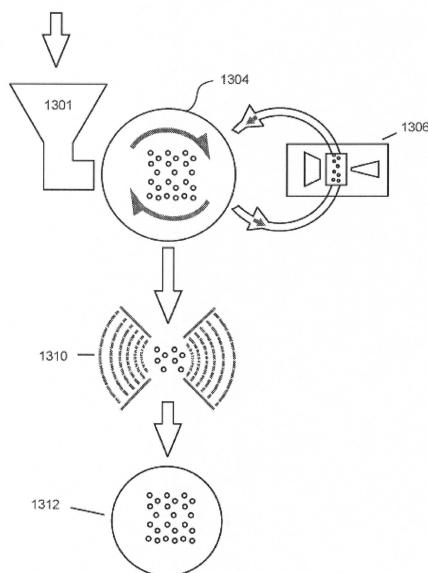


FIG. 13

【図 1 4】

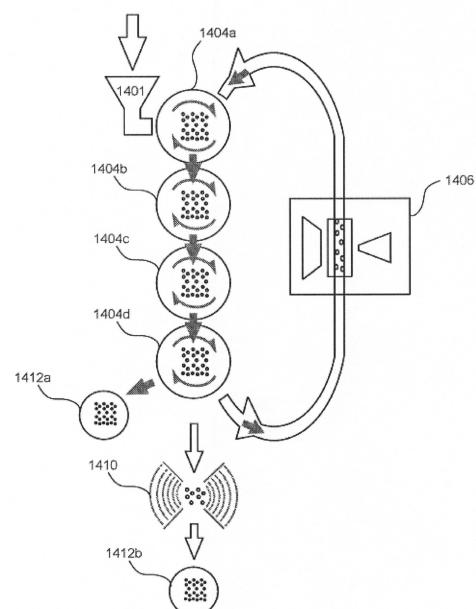


FIG. 14

30

40

50

【図 15】

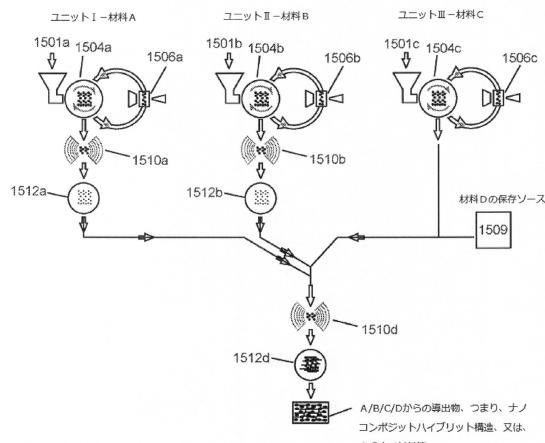


FIG. 15

【図 16】

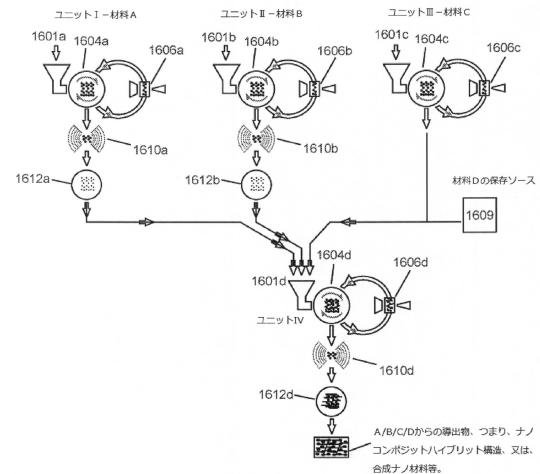


FIG. 16

10

【図 17】

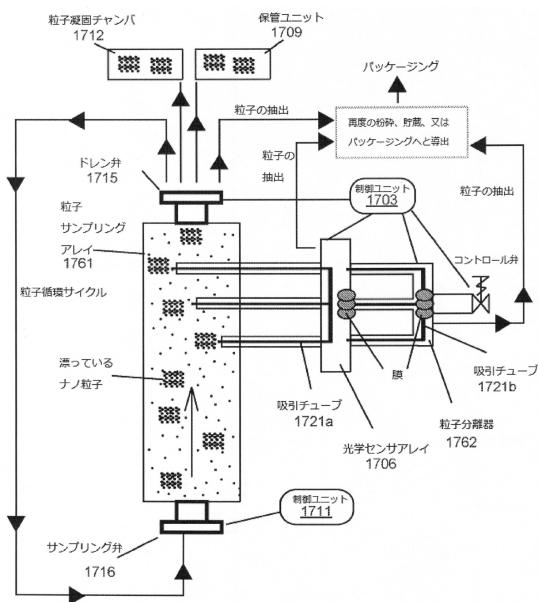


FIG. 17

20

【図 18】

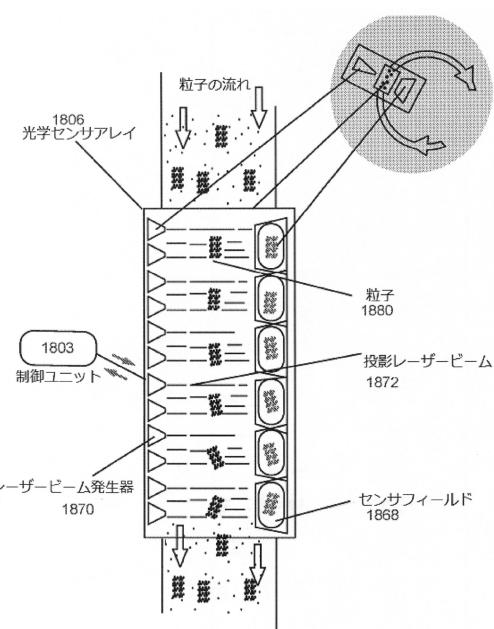


FIG. 18

30

40

50

【図19】

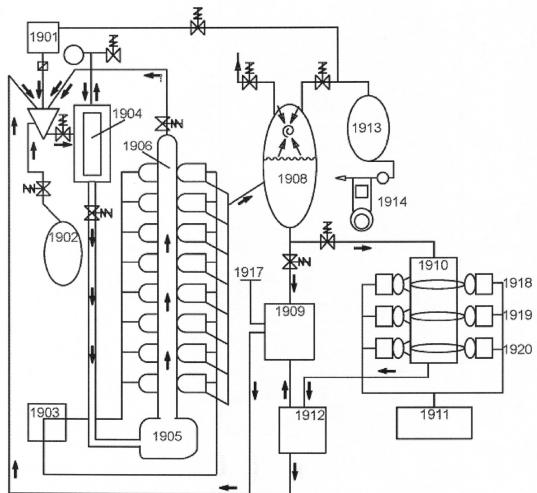


FIG. 19

【 図 2 0 】

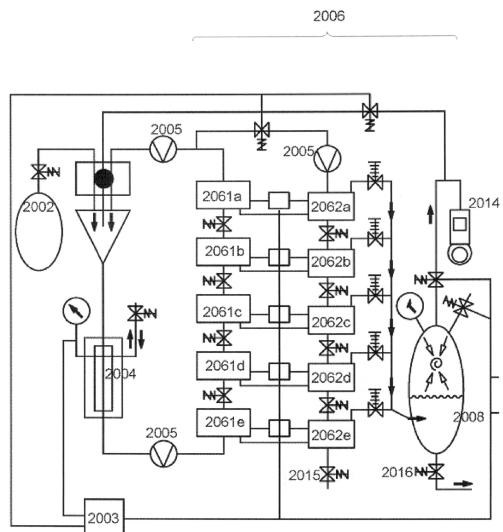


FIG. 20

10

20

【図21】

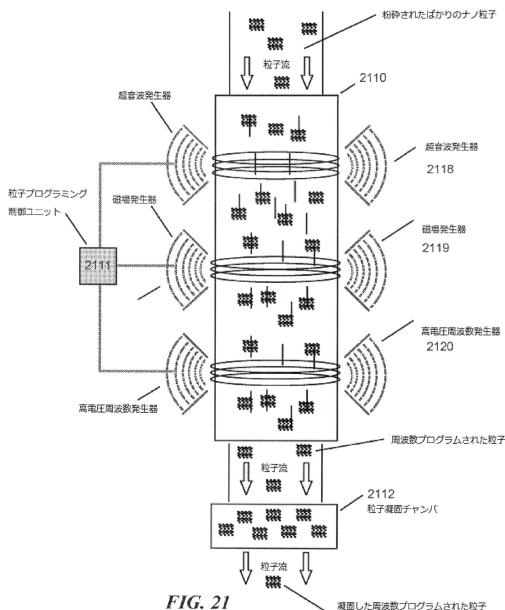


FIG. 2F

【 図 2 2 】

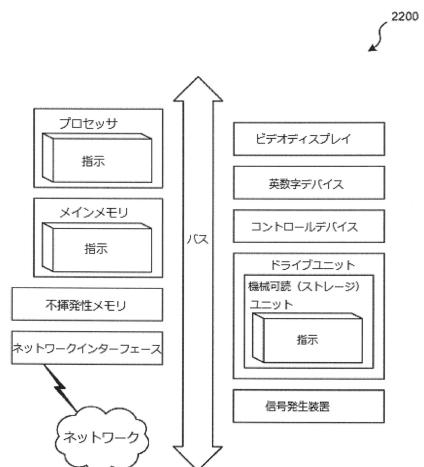


FIG. 22

30

40

50

フロントページの続き

(33)優先権主張国・地域又は機関

米国(US)

(31)優先権主張番号 15/814,043

(32)優先日 平成29年11月15日(2017.11.15)

(33)優先権主張国・地域又は機関

米国(US)

(72)発明者 スタインソン, ジョン アーマン

アメリカ合衆国 アリゾナ州 85226 チャンドラー, ウエスト ジョシュア ブールバード 4
504

審査官 高橋 成典

(56)参考文献 欧州特許出願公開第02689855(EP, A1)

米国特許第04522342(US, A)

米国特許出願公開第2005/0253000(US, A1)

特表2015-502462(JP, A)

特開昭62-175645(JP, A)

米国特許出願公開第2002/0176078(US, A1)

特開2005-246538(JP, A)

特表平2-503398(JP, A)

米国特許第4406409(US, A)

特開昭50-49765(JP, A)

西獨国特許出願公開第2926042(DE, A1)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

B02C 13/00 - 13/31

18/00 - 18/38

1/00 - 7/18

15/00 - 17/24

9/00 - 11/08

19/00 - 25/00

B01F 7/00 - 7/32

B22F 9/00 - 9/30

G01N 15/00 - 15/14

B82B 1/00 - 3/00