

(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2008-36511

(P2008-36511A)

(43) 公開日 平成20年2月21日(2008.2.21)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)	
B 0 1 J	19/08	(2006.01)	B 0 1 J	19/08	J	4 G 0 7 5	
B 2 2 F	1/00	(2006.01)	B 2 2 F	1/00	A	4 K 0 1 8	

審査請求 有 請求項の数 8 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2006-212864 (P2006-212864)	(71) 出願人	504151365 大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構 茨城県つくば市大穂1番地1
(22) 出願日	平成18年8月4日(2006.8.4)	(74) 代理人	100137752 弁理士 亀井 岳行
		(72) 発明者	菅井 勲 茨城県つくば市大穂1-1 大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構内
		Fターム(参考)	4G075 AA27 BB10 BD22 CA14 DA02 EA02 EC21 EE02 EE12 FB04 FB06 FB12 FC15 4K018 BB03 BC40

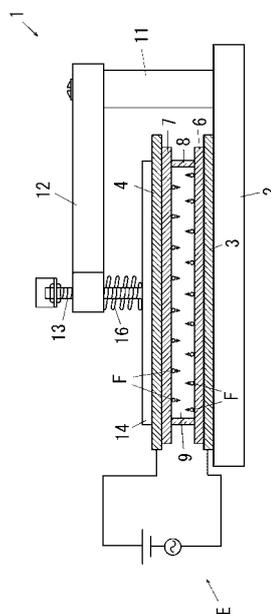
(54) 【発明の名称】 球状粒子製造方法、球状粒子および球状粒子製造装置

(57) 【要約】

【課題】 球状の微粒子を製造すること。

【解決手段】 少なくとも一対の電極(3, 4)および前記電極(3, 4)間に配置された絶縁部材(8)により形成された空間(9)に、粉体(F)を収容して、前記電極(3, 4)間に前記粉体(F)を往復動させる電圧を印加することにより、粉体(F)から球状の粒子を形成することを特徴とする球状粒子製造方法。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

少なくとも一対の電極および前記電極間に配置された絶縁部材により形成された空間に、粉体を収容して、前記電極間に前記粉体を往復動させる電圧を印加することにより、粉体から球状の粒子を形成することを特徴とする球状粒子製造方法。

【請求項 2】

前記空間が真空であることを特徴とする請求項 1 に記載の球状粒子製造方法。

【請求項 3】

前記粉体と反応する反応性気体が前記空間に収容されたことを特徴とする請求項 1 に記載の球状粒子製造方法。

10

【請求項 4】

前記粉体が金属または金属化合物であることを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の球状粒子製造方法。

【請求項 5】

前記粉体が非金属または非金属化合物であることを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の球状粒子製造方法。

【請求項 6】

請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載の球状粒子製造方法により形成された球状粒子。

【請求項 7】

少なくとも一対の電極と、
前記電極間に配置された絶縁部材と、
前記電極に電圧を印加することにより、前記電極および前記絶縁部材により形成された空間に収容された粒子を前記電極間で往復動させて、球状化させる電源装置と、
を備えたことを特徴とする球状粒子製造装置。

20

【請求項 8】

前記電極の前記空間側に配置された電極保護部材、
を備えたことを特徴とする請求項 7 に記載の球状粒子製造装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、球形状の粒子を製造する球状粒子製造方法、前記球状粒子製造方法により製造された球状粒子および球状粒子の製造装置に関する。

30

【背景技術】

【0002】

新素材の開発分野等の基礎的な分野から、製品の大量生産を行う分野に渡って、形状や力学的特性等で一様性のある球状の粒子に対する要求は基本的なものである。有機材料のポリマーなどでは、溶液中の重合反応等によりかなり微細な（数 μm ~ 数 nm オーダー）球状の粒子が作成されているが、無機物質、例えば、非金属や金属、導電性化合物等では、この製造方法が使用できない。

金属等の微粒子を製造する方法としては、真空中またはアルゴンガスのような不活性ガス中で金属等を蒸発させて、蒸発した金属等を真空中またはガスとの衝突により冷却・凝縮させて超微粒子（ nm オーダー）を製造する蒸発法（例えば、特許文献 1 参照）が従来公知である。

40

【0003】

【特許文献 1】特開平 9 - 309498 号公報（「0003」）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

（従来技術の問題点）

しかしながら、前記蒸発法により超微粒子を製造する場合には、製造された粒子は球形

50

状ではなく、無機材料では球状の微粒子を製造する方法はこれまで存在していなかった。また、材料を蒸発後凝集させる場合、真空ポンプや不活性ガス供給装置、材料を蒸発させるための装置（熱源やスパッタ装置等）、等の大がかりな装置、設備が必要となり、コストが高くなるという問題もあった。さらに、加熱等により材料が化学反応や変質することがあり、使用できる素材が限定されたり、作成できる微粒子が限定されるという問題もあった。

【0005】

本発明は、前述の事情に鑑み、下記の内容（001）を技術的課題とする。

（001）球状の微粒子を製造すること。

【課題を解決するための手段】

10

【0006】

前記技術的課題に鑑み、本願発明者が鋭意研究した結果、本願発明者が以前出願した金属被膜の作成装置（特開平6-158350号公報、特開2000-17455号公報参照）において、金属被膜を作成する際に残った残存粉体が非常に摩擦が小さく、残存粉体を電子顕微鏡で観察したところ、初期は球形状ではなかった粒子が球状になっていることを発見し、本発明をするに至った。

【0007】

（本発明）

（第1発明）

20

前記技術的課題を解決するために、第1発明の球状粒子製造方法では、

少なくとも一対の電極および前記電極間に配置された絶縁部材により形成された空間に、粉体を収容して、前記電極間に前記粉体を往復動させる電圧を印加することにより、粉体から球状の粒子を形成することを特徴とする。

（第1発明の作用）

前記構成要件を備えた第1発明の球状粒子製造方法では、少なくとも一対の電極および前記電極間に配置された絶縁部材により形成された空間に、粉体を収容して、前記電極間に前記粉体を往復動させる電圧を印加することにより、粉体から球状の粒子を形成する。したがって、第1発明の球状粒子製造方法では、前記電極間の往復動により粉体に変形したり角が取れ、粉体が球状に加工されるので、球状の微粒子を製造することができる。

【0008】

30

なお、前記第1発明において、

前記空間が真空であることを特徴とすることも可能である。

この場合、粉体が収容された空間が真空であるため、電極間での放電を低減でき、粉体を往復動させることができる。

【0009】

また、前記第1発明において、

前記粉体と反応する反応性気体が前記空間に収容されたことを特徴とすることも可能である。

この場合、反応性気体により反応した球状の微粒子を製造することができる。

【0010】

40

さらに、前記第1発明において、

前記粉体が金属または金属化合物であることを特徴とすることも可能である。

この場合、金属または金属化合物の球状の微粒子を製造することができる。

【0011】

また、前記第1発明において、

前記粉体が非金属または非金属化合物であることを特徴とすることも可能である。

この場合、非金属または非金属化合物の球状の微粒子を製造することができる。

【0012】

（第2発明）

前記技術的課題を解決するために、第2発明の球状粒子は、

50

前記第 1 発明の球状粒子製造方法により形成されたことを特徴とする。

(第 2 発明の作用)

前記構成要件を備えた第 2 発明では、第 1 発明の球状粒子製造方法により形成されているので、球状の微粒子とすることができる。

【0013】

(第 3 発明)

前記技術的課題を解決するために、第 3 発明の球状粒子製造装置は、少なくとも一対の電極と、前記電極間に配置された絶縁部材と、

前記電極に電圧を印加することにより、前記電極および前記絶縁部材により形成された空間に收容された粒子を前記電極間で往復動させて、球状化させる電源装置と、を備えたことを特徴とする。

10

【0014】

(第 3 発明の作用)

前記構成要件を備えた第 3 発明の球状粒子製造装置では、少なくとも一対の電極と、前記電極間に配置された絶縁部材と、により形成された空間には、粒子が收容されている。電源装置は、前記電極に電圧を印加することにより、粒子を前記電極間で往復動させて、球状化させる。したがって、第 3 発明の球状粒子製造装置では、前記電極間の往復動により粉体に変形したり角が取れ、粉体が球状に加工されるので、球状の微粒子を製造することができる。

20

【0015】

なお、前記第 3 発明において、

前記電極の前記空間側に配置された電極保護部材、を備えることが可能である。

この場合、電極保護部材により電極が保護されるので、粉体の衝突により電極に粉体材料が付着したりすることがなく、電極を保護することができる。

【発明の効果】

【0016】

前述の本発明は、下記の効果 (E01) を奏する。

(E01) 球状の微粒子を製造することができる。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

次に図面を参照しながら、本発明の実施の形態の具体例 (実施例) を説明するが、本発明は以下の実施例に限定されるものではない。

なお、以下の図面を使用した説明において、理解の容易のために説明に必要な部材以外の図示は適宜省略されている。

【実施例 1】

【0018】

図 1 は本発明の実施例 1 の球状粒子製造装置の全体説明図である。

図 1 において、本発明の実施例 1 の球状粒子製造装置 1 は、板状のベース 2 を有する。前記ベース 2 上には、第 1 電極部材 3 が支持されており、前記第 1 電極部材 3 の上方には、第 1 電極部材 3 に対向して第 2 電極部材 4 が配置されている。なお、実施例 1 では、前記電極部材 3, 4 間の距離は 10 mm (= 1 cm) に設定されているが、前記距離は設計や仕様等に応じて任意に変更可能である。

40

前記一対の電極部材 3, 4 には、電源装置 E が接続されている。前記各電極部材 3, 4 の対向する側の面には、非導電性の板状部材 (被コーティング材、電極保護部材) 6, 7 が固定支持されている。一対の前記板状部材 6, 7 の内側にはリング状の絶縁部材 8 が挟持されている。前記一対の電極部材 3, 4 (より正確には板状部材 6, 7) および絶縁部材 8 により囲まれた空間により粉体 F が收容される粉体收容空間 9 が構成されている。なお、実施例 1 では、前記絶縁部材 8 は、内周が直径 25 cm のリング状に形成されている

50

が、直径は設計等に応じて任意に変更可能である。また、前記絶縁部材 8 として、ガラスが使用されているが、材料は特に限定されず、任意の絶縁性の部材（セラミック、樹脂等）を採用可能である。

【0019】

前記ベース 2 の端部には、支柱 1 1 が支持されており、支柱 1 1 の先端部には第 2 電極部材 4 側に延びるアーム 1 2 がネジ止めされている。前記アーム 1 2 の先端部には、軸部材 1 3 が上下方向に移動可能に支持されている。軸部材 1 3 の下端には前記第 2 電極部材 4 の上面に接触する板状の押圧部材 1 4 が支持されている。前記軸部材 1 3 には、前記押圧部材 1 4 とアーム 1 2 との間にスプリング 1 6 が装着されており、押圧部材 1 4 を常時下方に付勢する。したがって、前記押圧部材により第 2 電極部材 4 は第 1 電極部材 3 側に押圧され、粉体 F が外部に漏出しないように粉体収容空間 9 が密閉される。

10

実施例 1 では、前記粉体収容空間 9 は、真空排気されず、室温の大気圧下に配置されている。そして、前記電源装置 E により、電極部材 3, 4 間に 4 kV 程度の直流電圧（即ち、電界強度は 4 kV/cm）と、交流電圧が重畳されて印加される。

また、実施例 1 では、前記粉体収容空間 9 には、シリコン（非金属）インゴットをめのう乳鉢で粉碎して、500 μm 以下に微細化された粉体 F が収容されている。

【0020】

（実施例 1 の作用）

前記構成を備えた実施例 1 の球状粒子製造装置では、粉体収容空間 9 に粉体 F を収容した状態で、電源装置 E により電極 3, 4 間に、放電しない程度の所定の電圧値以上の高電圧（実施例 1 では 4 kV）が印加されると、粉体 F が電極 3, 4 間で振動（往復動）を開始する。なお、高電圧が印加されると粉体 F が振動する原理は、特開 2000-17455 号公報等に記載されているように従来公知であるので、詳細な説明は省略する。電極 3, 4 で往復動が行われると、粉碎された不定形状の粉体 F どうしが衝突したり、擦れたり、あるいは板状部材 6, 7 と衝突したりすることにより、粉体 F が変形したり角がとれて（Fragmentation、破碎）、球状の粉体 F を得ることができる。

20

【0021】

（実験例）

次に、実際に実施例 1 の球状粒子製造装置 1 を使用して球状の粉体 F が得られるか否かの実験を行った。

30

図 2 は実施例 1 の球状粒子製造装置使用前の粉体の走査型電子顕微鏡による SEM 写真であり、図 2 A はめのう乳鉢で粉碎した天然シリコン粉体の SEM 写真、図 2 B はめのう乳鉢で粉碎した濃縮同位体 ^{28}Si の SEM 写真である。

図 3 は実施例 1 の球状粒子製造装置使用後の粉体の走査型電子顕微鏡による SEM 写真であり、図 3 A は天然シリコン粉体の SEM 写真、図 3 B は濃縮同位体 ^{28}Si の SEM 写真である。

実験の各種条件（装置のサイズや電圧等）は、前記実施例 1 の条件により行い、球状粒子製造装置 1 を 50 時間稼働させる前後での粉体を SEM（走査型電子顕微鏡、Scanning Electron Microscope）で観察した。実験では、粉体 F として、図 2 A、図 3 A に示す天然シリコン（ ^{28}Si ：92.2%、 ^{29}Si ：4.7%、 ^{30}Si ：3.1%）と、図 2 B、図 3 B に示す濃縮同位体 ^{28}Si とを使用した。

40

この実験の結果、図 2 に示すように、めのう乳鉢で粉碎した状態では不定形状であった粉体が、球状粒子製造装置 1 を使用することにより、図 3 に示すように、球状に加工された。このようにして得られた球状の粉体 F を指で触れると、非常にさらさらしており、平板に吹き付けて塗ると極めて摩擦が小さい表面を有する平板が得られた。

【0022】

したがって、実施例 1 の球状粒子製造装置 1 では、従来存在しなかった無機材料の球状粒子を製造することができる。また、実施例 1 の球状粒子製造装置 1 では、ガス中蒸発法等のようにガスを供給したり、材料を蒸発等させず、一对の電極 3, 4 と電源装置 E という比較的シンプル且つ低コストな構成により、球状粒子を製造できる。したがって、蒸発

50

、凝集の必要がないため、電極間 3, 4 に電圧印加時に往復動する材料であれば、ほぼ全ての材料について微粒子化することができる。

さらに、実施例 1 の球状粒子製造装置 1 では、大気圧下で製造が可能であり、真空ポンプ等が必要ないので、真空ポンプのコストを低減できる上に、真空排気する時間も低減でき生産性を高めることができる。さらに、材料を蒸発等させないので、熱や化学反応等による材料の化学変化や変質を低減することができる。また、室温で行うことができ、粒子が高温にならないので、製造後に微粒子を容易且つ速やかに回収することができる。

【0023】

さらに、実施例 1 の球状粒子製造装置 1 では、粉体の種類によって異なるが、3 kV / cm 程度から振動を開始し、高い電圧ほど移動速度（運動エネルギー）が大きくなり、球状になりやすい。そして、印加電圧がある程度大きくなると（種類により異なるが 5 kV / cm 程度になると）、板状部材 6, 7 表面に粉体 F が衝突する際に粉体 F の一部が埋め込まれ、板状部材 6, 7 表面に粉体 F の材料をコーティングできる。したがって、実施例 1 の球状粒子製造装置 1 では、板状部材 6, 7 表面に粉体材料のコーティングを行いつつ、球状粒子を製造することができる。なお、印加電圧を高くして（電界強度を強くして）往復動の移動速度を大きくしたり、装置の稼働時間を長くしたりすると、板状部材 6, 7 にコーティングされる被膜の厚さが大きくなるととも粉体の粒子径が小さくなるため、得たい被膜の膜厚と粒子径と使用する粉体 F の材料特性（加工しやすさ（硬さ）や往復動のしやすさ等）に応じて、電圧や稼働時間を制御することができる。したがって、コーティングを行わず、球状の粒子を得たい場合には、印加電圧は往復動が行われる下限近くに設定し、できるだけ長時間実行することが望ましい。

また、実施例 1 では、電極部材 3, 4 の粉体収容空間 9 側に、板状部材 6, 7 が配置されているので、装置 1 の稼働により経時的に板状部材 6, 7 表面に粉体 F が少しずつ積層されて、粉体 F の往復動可能な距離が狭くなったとしても、板状部材を交換することで、電極部材 3, 4 を交換することなく、容易に適切な距離に戻すことができる。

【実施例 2】

【0024】

図 4 は実施例 2 の球状粒子製造装置の説明図であり、図 4 A は電源装置による電圧印加開始前の状態の説明図、図 4 B は電源装置による電圧印加開始後の状態の説明図である。

なお、この実施例 2 の説明において、前記実施例 1 の構成要素に対応する構成要素には下一桁に同じ符号を付して、その詳細な説明を省略する。

この実施例 2 は、下記の点で前記実施例 1 と相違しているが、他の点では前記実施例 1 と同様に構成されている。

【0025】

図 4 において、実施例 2 の球状粒子製造装置 21 は、チューブ状（円筒状）の第 1 電極部材 22 と、第 1 電極部材 22 の円筒の軸に沿って配置されたワイヤ状（円柱状）の第 2 電極部材 23 とを有する。前記第 1 電極部材 22 の内周面および第 2 電極部材 23 の外周面には、それぞれ非導電性の電極保護部材 26, 27 が支持されている。前記電極部材 22, 23 の軸方向一端部には、絶縁部材としての一端壁 28 が固定支持されている。また、軸方向他端部には、絶縁部材としての他端壁 29 が着脱可能に支持されており、他端壁 29 と各電極部材 22, 23 との接続部には、密閉用のパッキン 31, 32 が配置されている。前記第 2 電極部材 23 の他端部には、ネジが形成されており、他端壁 29 を貫通した第 2 電極部材 23 の他端部のネジにナット 33 を着脱することで、他端壁 29 を着脱できる。前記第 1 電極部材 22 と第 2 電極部材 23 には、電源装置 E が接続され、高電圧が印加される。したがって、実施例 2 では、電極 22, 23 は対向して配置されており、電極 22, 23（より正確には電極保護部材 26, 27）および両端壁 28, 29 により囲まれた空間により粉体 F を収容する粉体収容空間 34 が構成されている。

【0026】

（実施例 2 の作用）

前記構成を備えた実施例 2 の球状粒子製造装置 21 では、他端壁 29 を外して、粉体収

10

20

30

40

50

容空間 3 4 の他端部に粉体 F を収容した状態 (図 4 A 参照) で他端壁 2 9 を装着し、電源装置 E により高電圧を印加すると、粉体 F が電極 2 2 , 2 3 の間で往復動を開始する。このとき、粉体 F どうしの衝突等により、粉体 F はドーナツ状の粉体収容空間 3 4 の軸方向および周方向に速やかに拡散していく。そして、粉体 F どうしの衝突等や電極保護部材 2 6 , 2 7 との衝突により変形したり、角が取れて球状に加工される。その他、実施例 2 の球状粒子製造装置 2 1 は、実施例 1 の球状粒子製造装置 1 と同様の作用、効果を有する。

【 0 0 2 7 】

(変更例)

以上、本発明の実施例を詳述したが、本発明は、前記実施例に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載された本発明の要旨の範囲内で、種々の変更を行うことが可能である。本発明の変更例 (H01) ~ (H010) を下記に例示する。

(H01) 前記実施例において、常温大気圧下で球状粒子製造装置 1 , 2 1 を稼働させたが、これに限定されず、粉体収容空間 9 , 3 4 を加熱または冷却したり、真空排気あるいは高圧ガス封入等任意に変更可能である。すなわち、真空圧、大気圧、高圧状態のいずれでも、球状の微粒子を作製可能である。なお、このとき、温度や圧力、粉体材料の種類、粉体のサイズ等により放電条件が変わるため、放電せず且つ粒子の往復動が行われる電圧を電源装置で印加することが必要となる。

【 0 0 2 8 】

(H02) 前記実施例において、粉体として S i を例示したが、これに限定されず、任意の金属材料、金属化合物、非金属材料、非金属化合物、あるいは、有機材料、樹脂材料、セラミックス等の電圧印加時に往復動する任意の材料を使用可能である。例えば、M o (モリブデン)、W (タングステン)、H f (ハフニウム)、T a (タantal)、C r (クロム)、C (炭素)、T i (チタン)、B e (ベリリウム)、B (ホウ素)、A l (アルミニウム)、V (パナジウム)、M n (マンガン)、F e (鉄)、C o (コバルト)、N i (ニッケル)、C u (銅)、G e (ゲルマニウム)、R b (ルビジウム)、Y (イットリウム)、Z r (ジルコニウム)、N b (ニオブ)、R u (ルテニウム)、R h (ロジウム)、P d (パラジウム)、S n (スズ)、R e (レニウム)、O s (オスミウム)、I r (イリジウム)、P b (鉛)、B i (ビスマス) 等が挙げられる。また、化合物としては、ステンレス、C r ₂ N、T i N、T i C、C o C r、C o N i、A l ₂ O ₃、T a N、N i C r、S i C、T i C r、T i F e 等が挙げられる。なお、これら複数の材料を同時に使用し、衝突して複数の材料が化合した化合物や各材料が分散されたり、混合された球状粒子を作製することも可能である。

【 0 0 2 9 】

(H03) 前記実施例において、板状部材 6 , 7 や電極保護部材 2 6 , 2 7 は設けることが望ましいが、省略することも可能である。

(H04) 前記実施例において、粉体収容空間 9 , 3 4 に、粉体 F 材料と反応する反応性のガス (大気圧または高圧ガス) を封入し、粉体と反応性ガスとが反応した球状粉体を製造するようにすることも可能である。

(H05) 前記実施例において、装置のサイズや印加する電圧は、実施例に例示した値に限定されず、設計に応じて変更可能である。このとき、電極間の間隔と、電圧は、放電条件や粉体の往復動と関連するため、放電せず且つ往復動可能な電圧および電極間間隔に設定することができる。

【 0 0 3 0 】

(H06) 前記実施例において、電極部材 3 , 4 , 2 2 , 2 3 は、対向する一对の平板状またはチューブとワイヤとの組み合わせにより構成したが、これに限定されず任意の形状とすることも可能である。例えば、チューブをドーナツ状に湾曲させたり、平板状の第 1 電極部材と第 2 電極部材を交互に積み重ねていって、複数の粉体収容空間 9 , 3 4 を有する多層構造とすることも可能である。

(H07) 前記実施例において、粉体収容空間 9 , 3 4 は、密閉し、長時間往復動させることが望ましいが、これに限定されず、例えば、一端側から順次粉体を供給し、通路状の粉

10

20

30

40

50

体収容空間 9 , 3 4 を通過する途中で球状に加工され、他端側から順次球状に加工された粉体が流出するように構成することも可能である。なお、通路長は長ければ長い程良いが、材料の硬さ（変形しやすさ）や元々球状に近い形状の微粒子の最終処理に使用する場合には、条件に応じて長さを調節することができる。

【 0 0 3 1 】

（ H 0 8 ）前記実施例において、印加する電圧は直流電圧に交流電圧が重畳された電圧に限定されず、交流電圧あるいは直流電圧のみとすることも可能である。

（ H 0 9 ）前記実施例において、めのう乳鉢で粉碎した粉体 F を例示したが、これに限定されず、任意の方法で往復動可能な程度の大きさ（比重等により異なるが、500 μm 以下程度が好ましい）にすることが可能である。また、製造された球状粒子の径は、粉体 F のサイズによるところがあるため、製造された球状粒子の径のばらつきを少なくするために、粉体 F のサイズも揃えることが望ましい。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 3 2 】

このようにして得られた球状粒子は、粒子（金属元素あるいは化合物等）の種類により異なるが、各種触媒、耐摩耗性部材、低摩擦部材、マイクロベアリング、吸着材、高信頼性フィルムの材料、新素材の創生等の粉末を利用した産業に利用することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 3 3 】

【 図 1 】 図 1 は本発明の実施例 1 の球状粒子製造装置の全体説明図である。

【 図 2 】 図 2 は実施例 1 の球状粒子製造装置使用前の粉体の走査型電子顕微鏡による SEM 写真であり、図 2 A はめのう乳鉢で粉碎した天然シリコン粉体の SEM 写真、図 2 B はめのう乳鉢で粉碎した濃縮同位体 ^{28}Si の SEM 写真である。

【 図 3 】 図 3 は実施例 1 の球状粒子製造装置使用後の粉体の走査型電子顕微鏡による SEM 写真であり、図 3 A は天然シリコン粉体の SEM 写真、図 3 B は濃縮同位体 ^{28}Si の SEM 写真である。

【 図 4 】 図 4 は実施例 2 の球状粒子製造装置の説明図であり、図 4 A は電源装置による電圧印加開始前の状態の説明図、図 4 B は電源装置による電圧印加開始後の状態の説明図である。

【 符号の説明 】

【 0 0 3 4 】

- 1 , 2 1 ... 球状粒子製造装置
- 2 ... ベース
- 3 , 2 2 ... 第 1 電極部材
- 4 , 2 3 ... 第 2 電極部材
- 6 , 7 , 2 6 , 2 7 ... 電極保護部材
- 8 , 2 8 , 2 9 ... 絶縁部材
- 9 , 3 4 ... 粉体収容空間
- 1 1 ... 支柱
- 1 2 ... アーム
- 1 3 ... 軸部材
- 1 4 ... 押圧部材
- 1 6 ... スプリング
- 3 1 , 3 2 ... パッキン
- 3 3 ... ナット
- F ... 粉体

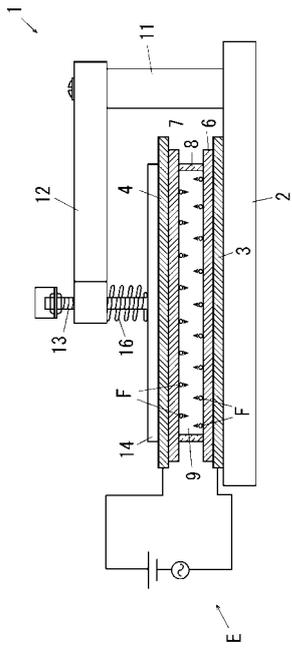
10

20

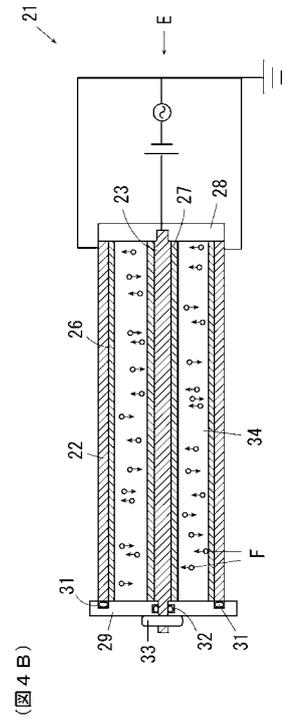
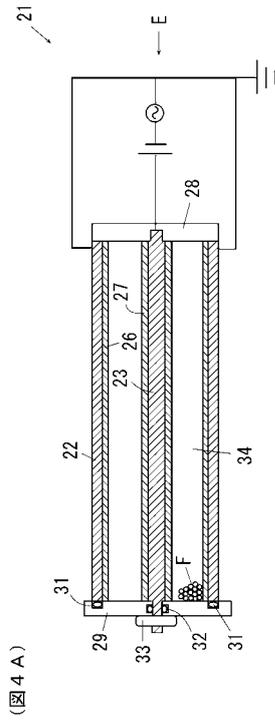
30

40

【 図 1 】

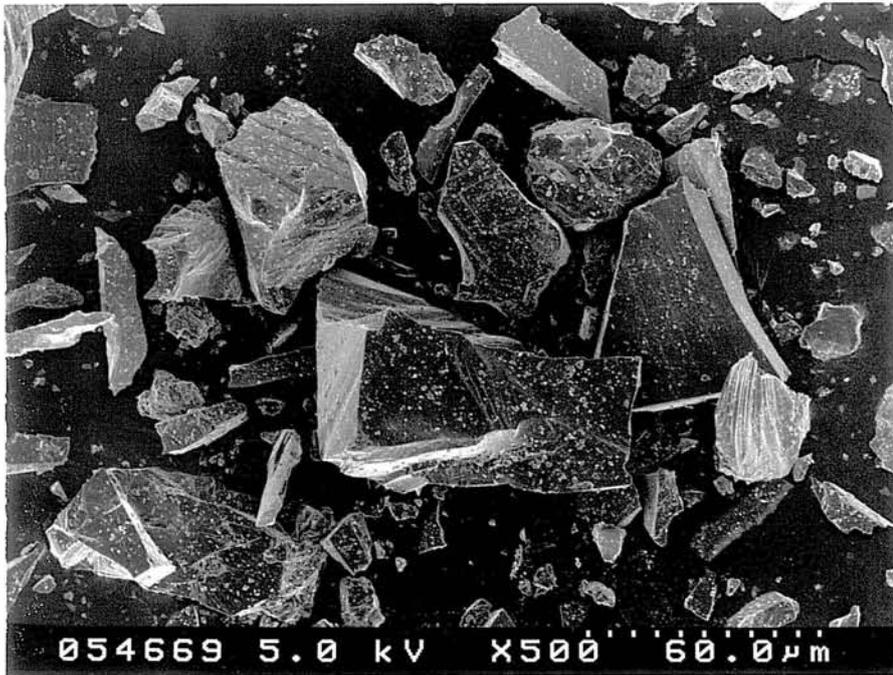


【 図 4 】

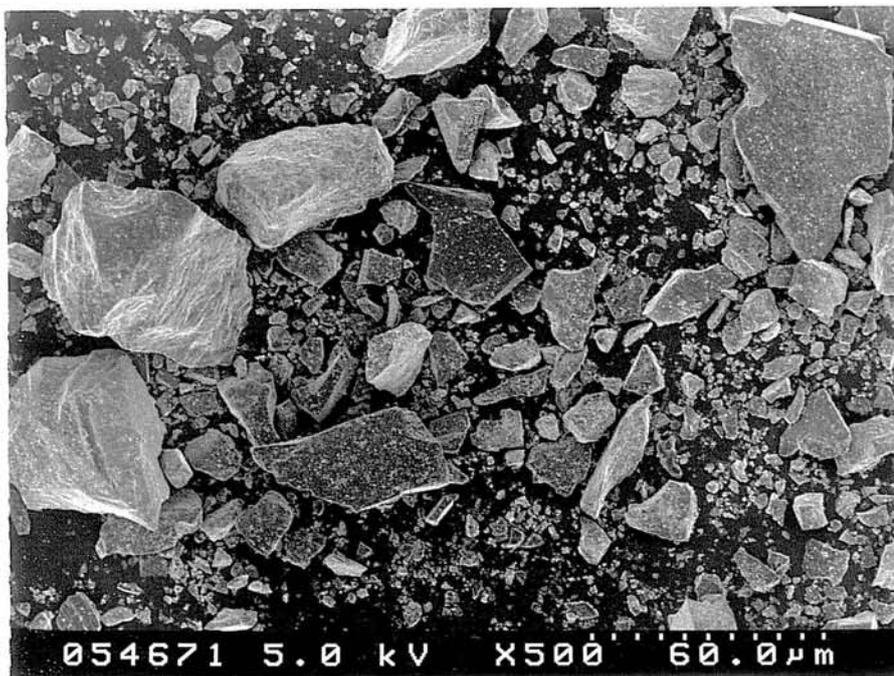


【図2】

(図2A)

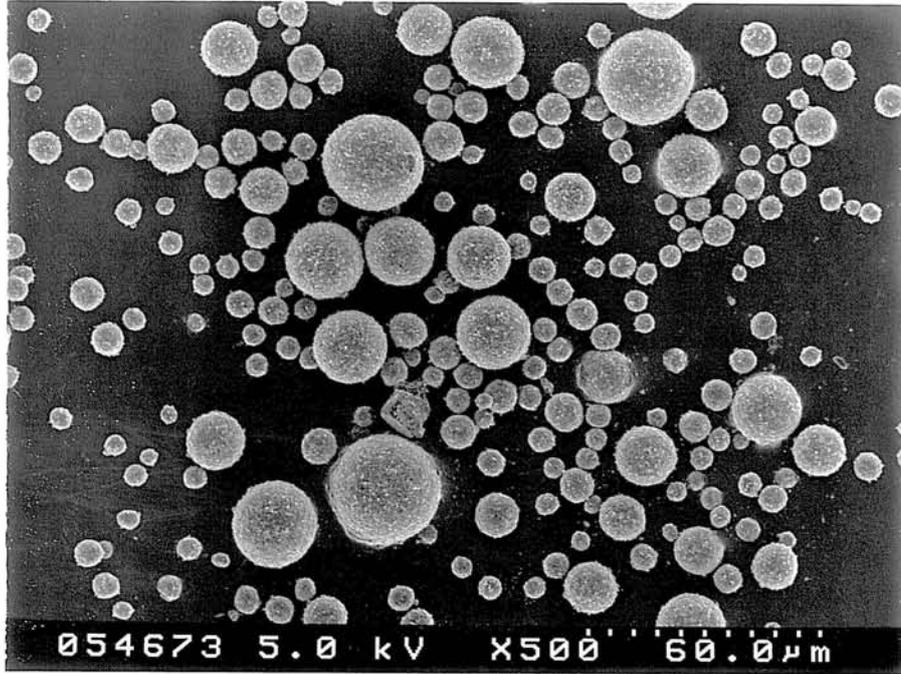


(図2B)



【 図 3 】

(図 3 A)



(図 3 B)

