

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5742594号
(P5742594)

(45) 発行日 平成27年7月1日 (2015.7.1)

(24) 登録日 平成27年5月15日 (2015.5.15)

(51) Int. Cl.

F I

C 2 3 C 24/04 (2006.01)
H O 1 M 4/04 (2006.01)
H O 1 M 4/02 (2006.01)
H O 1 M 4/88 (2006.01)

C 2 3 C 24/04
H O 1 M 4/04 A
H O 1 M 4/02 A
H O 1 M 4/88 Z
H O 1 M 4/88 K

請求項の数 10 (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2011-187316 (P2011-187316)
(22) 出願日 平成23年8月30日 (2011.8.30)
(65) 公開番号 特開2012-72491 (P2012-72491A)
(43) 公開日 平成24年4月12日 (2012.4.12)
審査請求日 平成26年4月8日 (2014.4.8)
(31) 優先権主張番号 特願2010-193599 (P2010-193599)
(32) 優先日 平成22年8月31日 (2010.8.31)
(33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000004112
株式会社ニコン
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
(74) 代理人 100092897
弁理士 大西 正悟
(72) 発明者 大沼 透
東京都千代田区有楽町一丁目12番1号
株式会社ニコン内
(72) 発明者 飯坂 順一
東京都千代田区有楽町一丁目12番1号
株式会社ニコン内
(72) 発明者 関本 達也
東京都千代田区有楽町一丁目12番1号
株式会社ニコン内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 粉末供給装置、噴射加工システム、および電極材料の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

外周部上面側に粉末を受容する受容部が形成された円盤状の粉末供給円盤と、
前記粉末供給円盤を内部に回転可能に保持する円盤保持槽と、
前記粉末供給円盤の一部を覆って、前記粉末供給円盤との間に、前記円盤保持槽において回転する前記粉末供給円盤の回転に応じて前記受容部に受容された粉末が通過可能な間隙部を形成するカバー部材と、
前記間隙部に第一の気体を供給する第一の気体供給通路と、
前記間隙部に連通し、前記第一の気体により前記受容部から脱離した粉末を排出する粉末排出通路とを備え、
前記粉末排出通路および前記第一の気体供給通路はそれぞれ、前記間隙部を介して互いに対向するとともに、前記間隙部に位置する前記受容部の底面に沿って延びるように形成されることを特徴とする粉末供給装置。

【請求項 2】

前記粉末排出通路の出口端が内部に開口する粉末供給ポートと、
前記粉末供給ポートの内部に第二の気体を供給する第二の気体供給通路とを備えることを特徴とする請求項 1 に記載の粉末供給装置。

【請求項 3】

前記粉末供給ポートは略円形断面を有し、
前記第二の気体供給通路が、前記略円形断面と同軸の気体供給ノズルをもって前記粉末

供給ポートに開口することを特徴とする請求項 2 に記載の粉末供給装置。

【請求項 4】

前記受容部が前記粉末供給円盤の外周部上面側にテーパ状に形成され、

前記粉末排出通路が前記間隙部の斜め下方に延びる直線状に形成されるとともに、前記第一の気体供給通路が前記間隙部の斜め上方に延びる直線状に形成されることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の粉末供給装置。

【請求項 5】

粉末が貯留される粉末保持槽を備え、

前記粉末保持槽の底部に、前記受容部の上方に位置して穴部が形成されており、

前記粉末保持槽に貯留された粉末が前記穴部から落下して前記受容部に受容されることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の粉末供給装置。

10

【請求項 6】

前記粉末保持槽の内部に、前記粉末保持槽に貯留された粉末を移動させる羽根部材が回転可能に配設され、

前記羽根部材の回転により、前記粉末保持槽に貯留された粉末が前記穴部から落下して前記受容部に受容されることを特徴とする請求項 5 に記載の粉末供給装置。

【請求項 7】

粉末を供給する粉末供給装置と、

前記粉末供給装置から供給された粉末を、気体の噴流に混合させて基材に噴射し衝突させることで、前記基材の表面に膜を形成する噴射加工装置とを備え、

20

前記粉末供給装置が請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の粉末供給装置であることを特徴とする噴射加工システム。

【請求項 8】

前記噴射加工装置が前記粉末供給装置に直結されることを特徴とする請求項 7 に記載の噴射加工システム。

【請求項 9】

二次電池に用いられる電極材料の製造方法であって、

粉末供給装置を用いて、活物質を含む粉末を供給し、

前記粉末供給装置から供給された粉末を、気体の噴流に混合させて電極基材に噴射し衝突させることで、前記電極基材の表面に膜を形成し、

30

前記粉末供給装置が請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の粉末供給装置であることを特徴とする電極材料の製造方法。

【請求項 10】

前記活物質がシリコン (Si) であることを特徴とする請求項 9 に記載の電極材料の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、粉末供給装置および噴射加工システムに関し、さらには、これらを利用した電極材料の製造方法に関する。

40

【背景技術】

【0002】

ミクロンサイズの粉末をドライ環境で一定量ずつ供給する粉末供給装置は、様々な方式のものが製品化されている。例えば、スパイラルスプリング方式や、ドラム式、圧送・吸引式の粉末供給装置（例えば、特許文献 1 を参照）等が知られている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2010 - 65246 号公報

【発明の概要】

50

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、従来の粉末供給装置では、ミクロンサイズの粉末を微少量で一定量ずつ供給する場合、粉末が有する凝集性等の特性により、粉末を安定して供給することが難しかった。

【0005】

本発明は、このような問題に鑑みてなされたものであり、粉末の供給量を安定させた粉末供給装置、噴射加工システム、負極の製造方法および正極の製造方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

このような目的達成のため、本発明の態様の粉末供給装置は、外周部上面側に粉末を受容する受容部が形成された円盤状の粉末供給円盤と、前記粉末供給円盤を内部に回転可能に保持する円盤保持槽と、前記粉末供給円盤の一部を覆って、前記粉末供給円盤との間に、前記円盤保持槽において回転する前記粉末供給円盤の回転に応じて前記受容部に受容された粉末が通過可能な間隙部を形成するカバー部材と、前記間隙部に第一の気体を供給する第一の気体供給通路と、前記間隙部に連通し、前記第一の気体により前記受容部から脱離した粉末を排出する粉末排出通路とを備え、前記粉末排出通路および前記第一の気体供給通路はそれぞれ、前記間隙部を介して互いに対向するとともに、前記間隙部に位置する前記受容部の底面に沿って延びるように形成される。

【0007】

なお、上述の粉末供給装置は、前記粉末排出通路の出口端が内部に開口する粉末供給ポートと、前記粉末供給ポートの内部に第二の気体を供給する第二の気体供給通路とを備えることが好ましい。

【0008】

また、上述の粉末供給装置において、前記粉末供給ポートは略円形断面を有し、前記第二の気体供給通路が、前記略円形断面と同軸の気体供給ノズルをもって前記粉末供給ポートに開口することが好ましい。

【0009】

また、上述の粉末供給装置において、前記受容部が前記粉末供給円盤の外周部上面側にテーパ状に形成され、前記粉末排出通路が前記間隙部の斜め下方に延びる直線状に形成されるとともに、前記第一の気体供給通路が前記間隙部の斜め上方に延びる直線状に形成されることが好ましい。

【0010】

また、上述の粉末供給装置において、粉末が貯留される粉末保持槽を備え、前記粉末保持槽の底部に、前記受容部の上方に位置して穴部が形成されており、前記粉末保持槽に貯留された粉末が前記穴部から落下して前記受容部に受容されることが好ましい。

またこのとき、前記粉末保持槽の内部に、前記粉末保持槽に貯留された粉末を移動させる羽根部材が回転可能に配設され、前記羽根部材の回転により、前記粉末保持槽に貯留された粉末が前記穴部から落下して前記受容部に受容されることが好ましい。

【0011】

また、本発明の態様の噴射加工システムは、粉末を供給する粉末供給装置と、前記粉末供給装置から供給された粉末を、気体の噴流に混合させて基材に噴射し衝突させることで、前記基材の表面に膜を形成する噴射加工装置とを備え、前記粉末供給装置として本発明の態様の粉末供給装置を用いている。

【0012】

なお、上述の噴射加工システムにおいて、前記噴射加工装置が前記粉末供給装置に直結されることが好ましい。

【0013】

また、本発明の態様の電極材料の製造方法は、二次電池に用いられる電極材料の製造方

10

20

30

40

50

法であって、粉末供給装置を用いて、活物質を含む粉末を供給し、前記粉末供給装置から供給された粉末を、気体の噴流に混合させて電極基材に噴射し衝突させることで、前記電極基材の表面に膜を形成し、前記粉末供給装置として本発明の態様の粉末供給装置を用いている。

【 0 0 1 4 】

なお、上述の電極材料の製造方法において、前記活物質がシリコン (S i) であることが好ましい。

【発明の効果】

【 0 0 1 5 】

本発明によれば、粉末の供給量が微少な場合でも、粉末を安定して供給することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 6 】

【図 1】供給パイプおよび第三槽の断面図である。

【図 2】第 1 実施形態に係る噴射加工システムの概要構成図である。

【図 3】第 1 実施形態に係る粉末供給装置の平面図である。

【図 4】供給パイプおよび第三槽の斜視図である。

【図 5】(a) は第 1 実施形態の粉末供給装置による粉末噴射量の経時変化を示すグラフであり、(b) は従来の粉末供給装置による粉末噴射量の経時変化を示すグラフである。

【図 6】(a) は第 1 実施形態の粉末供給装置による平均噴射量の経時変化を示すグラフであり、(b) は従来の粉末供給装置による平均噴射量の経時変化を示すグラフである。

20

【図 7】(a) はリチウムイオン二次電池の概要構成図であり、(b) はリチウムイオン二次電池用負極の概要構成図 (断面図) である。

【図 8】リチウムイオン二次電池に用いられる負極 (もしくは正極) の製造方法を示すフローチャートである。

【図 9】(a) は第 2 実施形態に係る噴射加工システムの概要構成図であり、(b) は (a) 中の矢印 IX - IX に沿った断面図である。

【図 1 0】第 2 実施形態に係る噴射加工装置の近傍を示す拡大断面図である。

【図 1 1】第 2 実施形態に係る粉末供給円盤の斜視図である。

【図 1 2】第 2 実施形態に係るノズルユニットの斜視図である。

30

【図 1 3】図 1 2 中の矢印 XIII - XIII から見た断面図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 7 】

以下、本発明の好ましい実施形態について説明する。第 1 実施形態に係る噴射加工システム 1 を図 2 に示しており、この噴射加工システム 1 は、粉末 (固体微粒子) P W を供給する粉末供給装置 1 0 と、粉末供給装置 1 0 から供給された粉末 P W を、気体の噴流に混合させて基材 (例えば、後述の電極基材 1 3 1) に噴射し衝突させることで、基材の表面に膜を形成する噴射加工装置 6 0 とを備えて構成される。粉末供給装置 1 0 は、箱状の筐体部 1 1 と、筐体部 1 1 の上部に支持されて粉末 P W を貯留する貯留槽 2 0 と、貯留槽 2 0 に貯留された粉末 P W を外部の噴射加工装置 6 0 に供給する粉末供給ポート 5 5 とを備えて構成される。

40

【 0 0 1 8 】

図 2 における筐体部 1 1 の内部右側には、貯留槽 2 0 に設けられた第一羽根車 2 2 を回転駆動する第一ステッピングモータ 1 2 が配設される。第一ステッピングモータ 1 2 の回転軸 1 2 a は、鉛直上方に延びて、その先端部が第一モータカップリング 1 5 と連結される。図 2 における筐体部 1 1 の内部中央には、貯留槽 2 0 に設けられた第二羽根車 3 2 を回転駆動する第二ステッピングモータ 1 3 が配設される。第二ステッピングモータ 1 3 の回転軸 1 3 a は、鉛直上方に延びて、その先端部が第二モータカップリング 1 6 と連結される。図 2 における筐体部 1 1 の内部左側には、貯留槽 2 0 に設けられた粉末供給円盤 4 5 を回転駆動する第三ステッピングモータ 1 4 が配設される。第三ステッピングモータ 1

50

4の回転軸14aは、鉛直上方に延びて、その先端部が第三モータカップリング17と連結される。

【0019】

貯留槽20は、図2および図3に示すように、最上段に位置する第一槽21と、第一槽21の下側（図2における左下側）に位置する第二槽31と、第二槽31の下側（図2における左下側）に位置する第三槽41とから構成される。第一槽21は、粉末PWを貯留可能な有底円筒状に形成され、その内部で粉末PWを攪拌するための第一羽根車22を回転可能に保持している。第一羽根車22は、複数の羽根部材を有して構成され、第一羽根車22の回転対称軸中心に回転することで、第一槽21に貯留された粉末PWを攪拌して移動させることができるようになっている。第一羽根車22の下側中央部には、第一槽21の底部を貫通して上下に延びる第一駆動軸23の上端部が連結されている。第一駆動軸23の下端部は第一モータカップリング15と連結され、これにより、第一ステッピングモータ12の回転駆動力が第一モータカップリング15および第一駆動軸23を介して第一羽根車22に伝達される。第一槽21の底部外周側には、第二槽31の上方に位置して穴部25が形成されており、第一羽根車22（羽根部材）の回転により、第一槽21に貯留された粉末PWがこの穴部25から落下して第二槽31に貯留されるようになっている。

10

【0020】

第二槽31は、粉末PWを貯留可能な有底円筒状に形成され、その内部で粉末PWを攪拌するための第二羽根車32を回転可能に保持している。第二羽根車32は、複数の羽根部材を有して構成され、第二羽根車32の回転対称軸中心に回転することで、第二槽31に貯留された粉末PWを攪拌して移動させることができるようになっている。第二羽根車32の下側中央部には、第二槽31の底部を貫通して上下に延びる第二駆動軸33の上端部が連結されている。第二駆動軸33の下端部は第二モータカップリング16と連結され、これにより、第二ステッピングモータ13の回転駆動力が第二モータカップリング16および第二駆動軸33を介して第二羽根車32に伝達される。第二槽31の底部外周側には、第三槽41の粉末供給円盤45に形成された受容部47の上方に位置して円弧状の穴部35が形成されており、第二羽根車32（羽根部材）の回転により、第二槽31に貯留された粉末PWがこの穴部35から落下して粉末供給円盤45の受容部47に受容されるようになっている。

20

30

【0021】

また、第二槽31の内部には、第二槽31に貯留された粉末PWの高さを検出する高さ検出器（図示せず）が配設されている。高さ検出器の高さ検出信号は、図示しないコントローラに出力され、当該コントローラは、高さ検出器に検出された第二槽31内の粉末PWの高さが所定の高さより低い場合に、第一羽根車22を回転させて第一槽21から第二槽31へ粉末PWを落下させるように第一ステッピングモータ12の作動を制御する。これにより、第二槽31内の粉末PWの高さを所定の範囲内に保つことができるため、第二槽31内の粉末PWの密度（自重）がほぼ一定となり、受容部47に受容される粉末の量（体積および密度）を常に一定に保つことができる。なお、第二ステッピングモータ13および第三ステッピングモータ14の作動も、上述のコントローラ（図示せず）により制御される。

40

【0022】

第三槽41は、粉末供給円盤45を受容可能な容器状に形成され、その内部で粉末供給円盤45を回転対称軸中心に回転可能に保持している。粉末供給円盤45は、第三槽41の内部で上方を向く円盤状に形成される。粉末供給円盤45の下側中央部には、第三槽41の底部を貫通して上下に延びる第三駆動軸46の上端部が連結されている。第三駆動軸46の下端部は第三モータカップリング17と連結され、これにより、第三ステッピングモータ14の回転駆動力が第三モータカップリング17および第三駆動軸46を介して粉末供給円盤45に伝達される。粉末供給円盤45の外周部上面側には、第二槽31から穴部35を通して第三槽41へ落下した粉末PWを受容するテーパ状の受容部47が形成さ

50

れる。また、粉末供給円盤４５の外周部上面側に複数の仕切壁４８が形成され、この仕切壁４８によって受容部４７が複数のポケット状に仕切られる。

【００２３】

第三槽４１には、第三槽４１の一部を覆うように天井部４２が形成され、この天井部４２に、粉末供給円盤４５の外周部近傍を覆うカバー部材５０が取り付けられる。カバー部材５０は、図１および図４に示すように、第三槽４１の外周部と天井部４２とに跨るブロック状に形成され、粉末供給円盤４５との間に、粉末供給円盤４５の回転に応じて受容部４７に受容された粉末ＰＷが通過可能な間隙部ＧＰを形成するように構成される。なお、間隙部ＧＰの断面形状は、粉末供給円盤４５の仕切壁４８の形状に合わせた直角三角形となる。カバー部材５０の下部には、間隙部ＧＰを通過する粉末ＰＷを粉末供給ポート５５に導く粉末排出通路５１が形成される。粉末排出通路５１は、間隙部ＧＰから斜め下方に延びる直線状に形成され、間隙部ＧＰと粉末供給ポート５５とを連通させるようになっている。すなわち、粉末排出通路５１は、カバー部材５０の下部、第三槽４１の側部、および粉末供給ポート５５の側部に跨って形成され、粉末排出通路５１の入口端部が間隙部ＧＰに開口するとともに、粉末排出通路５１の出口端部が粉末供給ポート５５の内部に開口することになる。

10

【００２４】

一方、カバー部材５０の上部には、上述の間隙部ＧＰに気体を供給する第一の気体供給通路５２が形成される。第一の気体供給通路５２の上流側は上下に延びる直線状に形成され、第一の気体供給通路５２の上端部に、第一の気体供給通路５２内に気体を供給する第一の気体供給装置５４が接続される。第一の気体供給通路５２の下流側は、間隙部ＧＰから斜め上方に延びる直線状に形成され、第一の気体供給通路５２が途中で折れ曲がる構成となっている。このように、第一の気体供給通路５２の下流側と粉末排出通路５１はそれぞれ、間隙部ＧＰを介して互いに対向するとともに、間隙部ＧＰに位置する受容部４７の底面に沿って延びるように形成される。

20

【００２５】

これにより、第一の気体供給装置５４から供給される第一の気体は、第一の気体供給通路５２を通して間隙部ＧＰに達し、第一の気体供給通路５２の開口部に位置する粉末ＰＷに衝突する。その結果、第一の気体供給通路５２の開口部に位置する粉末ＰＷは受容部４７から切り出され（脱離し）、第一の気体とともに粉末排出通路５１から粉末供給ポート５５に導かれる。このとき、第一の気体供給通路５２と粉末排出通路５１はそれぞれ受容部４７の底面に沿って延びるように形成されているので、受容部４７の粉末ＰＷが第一の気体から受ける力は受容部４７の底面に沿って粉末排出通路５１の方向へ向かうことになり、粉末ＰＷは別段の障害を受けることなく全量が粉末排出通路５１に排出される。また、粉末供給円盤４５は、第二槽３１の穴部３５から気体供給通路５２に向かって常に一定の角速度で回転しているため、第一の気体供給通路５２の開口部には常に一定速度で粉末ＰＷが供給される。その結果、粉末供給円盤４５の回転方向の前端部に位置する粉末ＰＷが連続的に切り出され（脱離し）、一定の排出速度（単位時間当たりの排出量、以下同じ）で粉末排出通路５１に排出されて、粉末の定量供給が実現される。なお、第一の気体供給通路５２の下流側と粉末排出通路５１の延伸方向断面はともに、上下に細長く延びた長方形断面であるため、粉末ＰＷの前端部が常に平面状に維持されるので、受容部４７の粉末ＰＷが予期しない崩壊等を起こすことが抑制され、粉末の安定供給が可能になる。また、第一の気体供給装置５４が供給する第一の気体は、例えば、空気や、窒素ガス、アルゴンガス、ネオンガス、ヘリウムガス等であり、粉末ＰＷの種類等に応じて適宜選択される。

30

40

【００２６】

粉末供給ポート５５は、図１に示すように、内部空間の断面が略円形である上下に延びる管状に形成され、上端部が気体供給ノズル５６を介して粉末供給ポート５５内に気体を供給する第二の気体供給装置５９と接続されるとともに、下端部が外部に繋がる接続パイプ５７（図２を参照）と接続されるようになっている。気体供給ノズル５６は、粉末供給

50

ポート 55 の内部で上下に延びる短い管状に形成されており、気体供給ノズル 56 の上部が粉末供給ポート 55 の上部と嵌合して、粉末供給ポート 55 と同軸に配設されるようになっている。気体供給ノズル 56 の上端部は第二の気体供給装置 59 と接続され、気体供給ノズル 56 の内部に、第二の気体供給装置 59 から供給される気体を通過させる第二の気体供給通路 56a が形成される。また、気体供給ノズル 56 は、粉末供給ポート 55 の中腹部（および下部）の内径よりも小さい外径を有しており、気体供給ノズル 56 の下部が粉末供給ポート 55 の内部（中腹部）における粉末排出通路 51 の開口部近傍に位置するようになっている。

【0027】

これにより、第二の気体供給装置 59 から供給される第二の気体は、気体供給ノズル 56 内の第二の気体供給通路 56a を通って粉末供給ポート 55 内に達し、前述した第一の気体によって粉末排出通路 51 から粉末供給ポート 55 内に導かれた粉末 PW とともに、粉末供給ポート 55 および接続パイプ 57 を通って外部（噴射加工装置 60）に導かれる。なおこのとき、気体供給ノズル 56 から粉末供給ポート 55 内に噴出される気体のエジェクタ効果も作用して、粉末排出通路 51 内の粉末 PW が粉末供給ポート 55 側に吸引されるようになっている。また、第二の気体供給装置 59 が供給する第二の気体は、例えば、空気や、窒素ガス、アルゴンガス、ネオンガス、ヘリウムガス等であり、粉末 PW の種類等に応じて適宜選択される。

【0028】

接続パイプ 57 は、図 2 に示すように、基端部が粉末供給ポート 55 と接続されるとともに、先端部が噴射加工装置 60（外部装置）と接続され、粉末供給ポート 55 から供給される粉末 PW を噴射加工装置 60 に導く。この噴射加工装置 60 は、パウダー・ジェット・デポジション（Powder Jet Deposition）法により成膜を行う噴射加工装置であり、図 2 に示すように、ノズルユニット 61 と、加速用のガスをノズルユニット 61 に供給する加速ガス供給ユニット 65 と、ノズルユニット 61 に対して基材を相対移動させる移動ユニット（図示せず）と、加速ガス供給ユニット 65 によるガス供給や移動ユニットによる基材の相対移動を制御する制御ユニット（図示せず）などを備え、ノズルユニット 61 に供給された粉末（固体微粒子）PW がノズル内部を流れるガス流により分散・加速されてノズル先端から基材（例えば、後述の電極基材 131）に噴射されるように構成される。

【0029】

ノズルユニット 61 は、ベースとなるノズルブロック 62 と、先端部がノズルブロック 62 から突出して固定された矩形中空パイプ状の噴射ノズル 63 と、上下方向の開口寸法が噴射ノズル 63 よりも小さい矩形中空パイプ状をなし、先端側が噴射ノズル 63 の基端側から同一軸上に挿入された粉末供給ノズル（図示せず）とを有して構成される。すなわち、噴射ノズル 63 の基端部と粉末供給ノズルの先端部とは一部重なって配設され、この重複部に、上下方向の流路幅が 0.05 ~ 0.3 mm 程度のスリット状の加速ガス噴流路（図示せず）が形成される。なお、噴射ノズル 63 および粉末供給ノズル（図示せず）は、セラミックス等の耐食性材料を用いて形成される。

【0030】

ノズルブロック 62 には、噴射ノズル 63 の基端側で上述した上下の加速ガス噴流路と繋がる加速ガス導入路（図示せず）が形成され、これらの加速ガス導入路に加速ガス供給ユニット 65 が接続される。加速ガス供給ユニット 65 が供給する気体は、例えば、空気や、窒素ガス、アルゴンガス、ネオンガス、ヘリウムガス等であり、粉末（固体微粒子）PW の種類等に応じて適宜選択される。また、ノズルブロック 62 には、粉末供給ノズルの基端側と繋がる粉末供給路（図示せず）が形成され、この粉末供給路に接続パイプ 57 が接続される。

【0031】

以上のように構成される噴射加工システム 1 において、粉末供給装置 10 では、第一ステッピングモータ 12 の回転駆動によって、第一羽根車 22（羽根部材）が図 3 における

10

20

30

40

50

時計回り（もしくは反時計回り）に回転すると、第一槽 2 1 に貯留された粉末（固体微粒子）PWが攪拌されつつ移動し、第一槽 2 1 の穴部 2 5 から落下して第二槽 3 1 に貯留される。次に、第二ステッピングモータ 1 3 の回転駆動によって、第二羽根車 3 2（羽根部材）が図 3 における反時計回り（もしくは時計回り）に回転すると、第二槽 3 1 に貯留された粉末 PWが攪拌されつつ移動し、第二槽 3 1 の穴部 3 5 から落下して粉末供給円盤 4 5 の受容部 4 7 に受容される。

【0032】

次に、第三ステッピングモータ 1 4 の回転駆動によって、粉末供給円盤 4 5 が図 3 における時計回り（もしくは反時計回り）に回転すると、粉末供給円盤 4 5 の受容部 4 7 に受容された粉末 PWは、粉末供給円盤 4 5 とともに回転移動してカバー部材 5 0 と粉末供給円盤 4 5 との間隙部 GP に到達する。ここで、図 1 に示すように、第一の気体供給装置 5 4 からカバー部材 5 0 の第一の気体供給通路 5 2 に供給された第一の気体は、当該第一の気体供給通路 5 2 を通って間隙部 GP に達し、このとき間隙部 GP を通過する粉末 PWを粉末排出通路 5 1 側に切り出して（押し出して）、切り出した粉末 PWとともに粉末排出通路 5 1 から粉末供給ポート 5 5 に導かれる。さらに、第二の気体供給装置 5 9 から気体供給ノズル 5 6 に供給された第二の気体は、当該気体供給ノズル 5 6 内の第二の気体供給通路 5 6 a を通って粉末供給ポート 5 5 内に達し、前述した第一の気体によって粉末排出通路 5 1 から粉末供給ポート 5 5 内に導かれた粉末 PWとともに、粉末供給ポート 5 5 および接続パイプ 5 7 を通って噴射加工装置 6 0 に導かれる。このとき、気体供給ノズル 5 6 から粉末供給ポート 5 5 内に噴出される気体のエジェクタ効果も作用して、粉末排出通路 5 1 内の粉末 PWが粉末供給ポート 5 5 側に吸引されて、気体供給ノズル 5 6 からの気体と混合した状態で噴射加工装置 6 0 に供給される。

【0033】

ここで、第 1 実施形態の粉末供給装置 1 0 と従来の粉末供給装置との性能比較を行った結果を図 5 および図 6 に示す。図 5（a）は、第 1 実施形態の粉末供給装置 1 0 による粉末噴射量（総供給量）の経時変化を示すグラフであり、図 5（b）は、従来の粉末供給装置による粉末噴射量（総供給量）の経時変化を示すグラフである。なお、実験に用いた粉末 PWはアルミナ粉末である。図 5 からわかるように、第 1 実施形態の粉末供給装置 1 0 は、従来の粉末供給装置と比較して、粉末噴射量（総供給量）の経時変化が線形（特に、供給量が $0.05 \text{ g/sec} \sim 0.3 \text{ g/sec}$ での線形性が高いグラフ）であり、粉末 PWの供給量が微少な場合でも、粉末 PWを一定の供給量で供給することができる。また、従来の粉末供給装置では、同じ条件で $N = 4$ 回測定を行ったが、測定結果のばらつきが大きく、第 1 実施形態の粉末供給装置 1 0 は、従来の粉末供給装置と比較して、粉末噴射量（総供給量）の再現性も高い。

【0034】

図 6（a）は、第 1 実施形態の粉末供給装置による平均噴射量（供給量）の経時変化を示すグラフであり、図 6（b）は、従来の粉末供給装置による平均噴射量（供給量）の経時変化を示すグラフである。なお、平均噴射量（供給量）は 30 秒あたりの平均である。図 6 からわかるように、第 1 実施形態の粉末供給装置 1 0 は、従来の粉末供給装置と比較して、供給量が $0.05 \text{ g/sec} \sim 0.3 \text{ g/sec}$ の範囲で、平均噴射量（供給量）のばらつきが小さく、特に、 0.1 g/sec での平均噴射量（供給量）が非常に安定している。

【0035】

このように、第 1 実施形態の粉末供給装置 1 0 によれば、粉末供給円盤 4 5 の一部を覆うカバー部材 5 0 に形成された粉末排出通路 5 1 および第一の気体供給通路 5 2 はそれぞれ、カバー部材 5 0 と粉末供給円盤 4 5 との間隙部 GP を介して互いに対向するとともに、当該間隙部 GP に位置する受容部 4 7 の底面に沿って延びるように形成されるため、間隙部 GP に位置する受容部 4 7 に受容された粉末 PWを、第一の気体供給通路 5 2 から供給される気体の流れる方向と同じ方向に切り出して（押し出して）粉末排出通路 5 1 から粉末供給ポート 5 5 に導くことができ、粉末 PWの供給量が微少な場合でも、粉末 PWを安定して供給することができる。

【 0 0 3 6 】

さらに、粉末供給円盤 4 5 の回転方向の前端部に位置する粉末 P W が連続的に切り出され（脱離し）、一定の排出速度で粉末排出通路 5 1 に排出されるため、湿度や凝集性の影響を受けにくく、凝集性の高い粉末でその供給量が微少な場合でも、粉末 P W を安定して供給することができる。また、粉末供給円盤 4 5 の回転数や、受容部 4 7 の形状、粉末排出通路 5 1 および第一の気体供給通路 5 2 の断面の寸法等を変えることにより、粉末 P W の供給量を容易にコントロールすることができる。

【 0 0 3 7 】

また、第二の気体供給通路 5 6 a が、粉末供給ポート 5 5 の略円形断面と同軸の気体供給ノズル 5 6 をもって粉末供給ポート 5 5 内に開口するため、第一の気体供給通路 5 2 から供給される気体により粉末 P W を粉末排出通路 5 1 から粉末供給ポート 5 5 へ押し込む効果と、気体供給ノズル 5 6 から粉末供給ポート 5 5 内に噴出される気体のエジェクタ効果（吸引効果）とが相まって、粉末 P W を粉末排出通路 5 1 から粉末供給ポート 5 5 へ、途中経路での滞留や付着・堆積を生じることなく、効率的に導くことができる。さらに、粉末排出通路 5 1 から粉末供給ポート 5 5 へ導かれた粉末 P W は、上述の押し込み効果とエジェクタ効果（吸引効果）による壁面への衝突、および粉末排出通路 5 1 から粉末供給ポート 5 5 への急激な拡張による乱流により、気体供給ノズル 5 6 から噴出する気体と混合されるため、粉末 P W の分散性を向上させることができる。また、気体供給ノズル 5 6 から噴出する気体の圧力を容易に変えることができるとともに、当該圧力の許容範囲も大きいいため、粉末供給ポート 5 5 より下流側の影響（例えば、接続パイプ 5 7 および外部装置での圧力損失等）を受けることなく、柔軟に対応することができる。

【 0 0 3 8 】

また、受容部 4 7 が粉末供給円盤 4 5 の外周部上面側にテーパ状に形成され、粉末排出通路 5 1 が間隙部 G P の斜め下方に延びる直線状に形成されるとともに、第一の気体供給通路 5 2 が間隙部 G P の斜め上方に延びる直線状に形成されるため、間隙部 G P に位置する受容部 4 7 に受容された粉末 P W を、より効率的に、第一の気体供給通路 5 2 から供給される気体の流れる方向と同じ方向に切り出して（押し出して）粉末排出通路 5 1 から粉末供給ポート 5 5 に導くことができる。

【 0 0 3 9 】

また、第二羽根車 3 2 の回転により、第二槽 3 1 に貯留された粉末 P W が穴部 3 5 から落下して受容部 4 7 に受容されるように構成されるため、第二羽根車 3 2 の回転数等を調節することで、粉末 P W を受容部 4 7 に隙間なく充填することができる。

【 0 0 4 0 】

以上のようにして、粉末供給装置 1 0 から噴射加工装置 6 0 に粉末（固体微粒子）P W が供給されると、噴射加工装置 6 0 では、粉末供給装置 1 0 において気体と混合した粉末 P W がノズルブロック 6 2 の粉末供給路（図示せず）および粉末供給ノズル（図示せず）を通過して、噴射ノズル 6 3 内に到達する。このとき、制御ユニット（図示せず）により加速ガス供給ユニット 6 5 の作動を制御し、加速ガス供給ユニット 6 5 からノズルユニット 6 1 に供給される加速ガスの圧力・流量を制御することにより、粉末供給装置 1 0 から供給されて噴射ノズル 6 3 内に到達した粉末 P W が加速ガスにより加速されて噴射ノズル 6 3 の先端から基材（例えば、後述の電極基材 1 3 1）に向けて噴射される。

【 0 0 4 1 】

具体的には、加速ガス供給ユニット 6 5 からノズルブロック 6 2 の加速ガス導入路（図示せず）に所定圧力（ $\sim 2 \text{ MPa}$ ）で加速ガスを供給すると、供給した加速ガスは加速ガス噴流路（図示せず）を通過して噴射ノズル 6 3 内に噴射され、噴射ノズル 6 3 の先端から噴出する。このとき、噴射ノズル 6 3 における加速ガス噴流路の出口領域では、粉末供給ノズル（図示せず）との断面積差によるエジェクタ効果等により、粉末供給ノズルの出口前方に大きな乱流が発生し、粉末供給ノズルを通過する粉末 P W は、粉末供給ノズルの出口前方で加速ガス噴流路から噴出する加速ガスの乱流に巻き込まれて分散されるとともに、ガス流に加速されて噴射ノズル 6 3 の先端から基材（例えば、後述の電極基材 1 3 1）

10

20

30

40

50

に向けて噴射される。

【 0 0 4 2 】

第 1 実施形態の噴射加工システム 1 によれば、粉末（固体微粒子）PW の供給量が微少な場合でも、粉末 PW を安定して供給できる粉末供給装置 10 を備えているため、粉末 PW の噴射量が微少な場合でも、粉末 PW の噴射量を一定に保つことができ、効率的で安定的な加工を行うことができる。

【 0 0 4 3 】

以上、パウダー・ジェット・デポジション（Powder Jet Deposition）法により成膜を行う噴射加工システム 1 について説明したが、ノズルユニット 61 の断面形状は矩形に限られるものではなく、円形（真円あるいは長円）や多角形、あるいは円形（矩形）ノズルを千鳥配列するなど適宜な形状にすることができる。また、第一の気体供給装置 54 および第二の気体供給装置 59 から供給されるガスや、加速ガス供給ユニット 65 からノズルユニット 61 に供給される加速ガスは、前述したように、基材や粉末 PW など加工対象に応じて適宜選択することができる。これらのガスを同種のガスあるいは異なる種類のガスとすることや、成膜加工の進行に伴いガスの種類や混合比率を変化させることなども任意である。なお、使用するガスを第 18 族元素ガス、または窒素ガスのような不活性ガスを用いることにより、粉末 PW の付着プロセスでの酸化作用を抑止することができる。また、ヘリウムに代表されるように質量の小さいガスを用いれば、粉末 PW の衝突速度を高速化することができ、空気を用いれば、成膜コストを低減することができる。

【 0 0 4 4 】

次に、以上のような構成の噴射加工システム 1 により、電極基材の表面に活物質を有する膜を成膜することで、リチウムイオン二次電池の負極を製造する方法について説明する。そこでまず、リチウムイオン二次電池の一例について図 7 を参照しながら説明する。図 7（a）に示すように、リチウムイオン二次電池 101 は、正極 102 および負極 103 と、正極 102 と負極 103 との間に設けられたセパレータ 104 と、これらを収容するラミネートフィルム 105 とを備えて構成される。正極 102、セパレータ 104、および負極 103 は、それぞれ薄板状に形成されるとともにこの順で複数積層された状態で、電解液（図示せず）とともにラミネートフィルム 105 内に封入される。この状態で、正極 102 が正極端子リード 106 を介してラミネートフィルム 105 の外部に露出する正極タブ 107 と電気的に接続されるとともに、負極 103 が負極端子リード 108 を介してラミネートフィルム 105 の外部に露出する負極タブ 109 と電気的に接続される。

【 0 0 4 5 】

正極 102 には、例えば、集電体であるアルミ箔にコバルト酸リチウムなどのリチウム遷移金属酸化物を正極活物質として付着形成した公知の正極が用いられる。そして、正極 102 は、セパレータ 104 を挟んで負極 103 と対向し、電解液（図示せず）を介して負極 103 と接続される。なお、電解液（図示せず）として、例えば、プロピレンカーボネートやエチレンカーボネート等の公知の溶媒に LiClO_4 や LiPF_6 等の公知の電解質（非水電解質）を溶かしたものが用いられる。

【 0 0 4 6 】

負極 103 は、図 1（b）に示すように、集電体である電極基材 131 と、正極 102 と対向する電極基材 131 の一方もしくは両方の表面に成膜された活物質を有する膜 132 とを有して構成される。電極基材 131 は、例えば、導電性の高い銅箔を用いて薄板状に形成される。活物質を有する膜 132 は、負極活物質となるシリコン（Si：ケイ素）および銅とシリコンの合金である Cu_3Si と、結合材となる銅（Cu）とからなり、表面に凹凸が形成される。

【 0 0 4 7 】

以上のように構成されるリチウムイオン二次電池 101 の負極 103 を製造するには、まず、図 8 のフローチャートにも示すように、前述の粉末供給装置 10 を用いて、シリコンと銅を含む粉末（固体微粒子）PW を噴射加工装置 60 に供給する（ステップ S101）。次に、噴射加工装置 60 を用いて、常温かつ常圧の環境下において音速以下の噴射速

度で粉末PWを噴射し、集電体である電極基材131上に負極材料の膜132を形成する（ステップS102）。すなわち、パウダー・ジェット・デポジション法を用いた成膜が行われる。これにより、加温装置、超音速ノズルや減圧設備等を用いない簡明かつ自由度の高い構成で、安定した固体材料膜を形成することができる。

【0048】

なお、このような負極材料の成膜に使用される粉末（固体微粒子）PWは、リチウム化合物の形成能が高い活物質としてのシリコン（Si：ケイ素）と、導電性を有する銅（Cu）を原料として、メカニカルアロイング（Mechanical Alloying）により形成される。ここで、「リチウム化合物の形成能が高い材料」とは、リチウムとの合金または金属間化合物を形成しやすい材料をいう。メカニカルアロイングは、機械的プロセスで合金化を行う粉末の製造方法であり、高エネルギーのボールミル等により原料粉末の混合物に機械的エネルギーを与え、破碎と冷間圧延の繰り返しにより固体のまま合金化が行われる。本実施形態では、ボールミル等によりシリコンと銅の混合粉末に機械的エネルギーを与え、破碎と冷間圧延の繰り返しにより合金化することで、シリコンと、銅と、銅（Cu）とシリコン（Si）の合金であるCu₃Siの3相を含む粉末（固体微粒子）PWが生成される。

【0049】

このときの粉末PWの噴射速度は、主としてノズルユニット61に供給される加速ガスの種類及び圧力を制御することにより設定され、例えば、加速ガスが空気の場合には、50～300m/sec程度の音速以下の速度で噴射される。加速ガスとともに噴射された粉末PWは、ノズル先端から0.5～2mm程度の距離に配置された電極基材131の被付着面（粉末PWが衝突して付着する面をいい、成膜前における電極基材（集電体）131の表面、成膜中における付着した電極材料の膜面をいう）に衝突して付着する。このとき、粉末PWを噴射させながらノズルユニット61と電極基材131とを相対移動させることにより、常温かつ常圧下で、電極基材131上に負極材料の膜132が形成される。

【0050】

本実施形態のリチウムイオン二次電池101に用いられる負極103の製造方法によれば、粉末（固体微粒子）PWの供給量が微少な場合でも、粉末PWを安定して供給できる粉末供給装置10が用いられるため、粉末PWの噴射量が微少な場合でも、粉末PWの噴射量を一定に保つことができ、少ない粉末PWの噴射量で、電極基材131上に負極材料の膜132を効率的、安定的に形成することができる。

【0051】

なお、上述の実施形態において、リチウムイオン二次電池101の負極103に形成された膜132は、シリコンと、銅と、銅とシリコンの合金とから構成されているが、これに限られるものではなく、例えば、シリコンと、ニッケル（Ni）と、ニッケルとシリコンの合金とから構成されてもよい。このような構成でも、上述の実施形態の場合と同様の効果を得ることができる。なお、ニッケルとシリコンの合金は、NiSi、NiSi₂、およびNiSiとNiSi₂の混合物のうち少なくとも一種類からなることが好ましい。

【0052】

また、上述の実施形態において、噴射加工システム1により、電極基材の表面に活物質を有する膜を成膜することで、リチウムイオン二次電池101の負極103を製造する方法について説明したが、これに限られるものではなく、リチウムイオン二次電池101の正極102を製造することも可能である。例えば、負極103の場合と同様に、まず、粉末供給装置10を用いて、リチウム系の合金材料を含む粉末（固体微粒子）PWを噴射加工装置60に供給し（ステップS101）、噴射加工装置60を用いて、常温かつ常圧の環境下において音速以下の噴射速度で粉末PWを噴射することで、電極基材上に正極材料の膜を形成することができる（ステップS102）。このような正極102の製造方法によれば、負極103を製造する場合と同様の効果を得ることができる。

【0053】

なお、正極用の電極基材（図示せず）は、例えば、導電性の高いアルミ箔を用いて薄板

10

20

30

40

50

状に形成される。また、正極材料（膜の材料）として、例えば、正極活物質となるコバルト酸リチウム（ LiCoO_2 ）を用いることができる。さらに、コバルト酸リチウムに限らず、 LiNiO_2 、 LiMn_2O_4 、 LiMnO_2 、 Li_xTiS_2 、 $\text{Li}_x\text{V}_2\text{O}_5$ 、 V_2MoO_8 、 MoS_2 、 LiFePO_4 等を用いることができる。

【0054】

また、上述の実施形態において、リチウムイオン二次電池101をラミネート型に形成しているが、これに限られるものではなく、例えば、円筒型や、角型、セル型等であってもよい。

【0055】

また、上述の実施形態において、リチウムイオン二次電池101に用いる正極材料および負極材料の製造方法を例示的に説明したが、本発明の態様の噴射加工システムは、パウダー・ジェット・デポジション法により成膜可能な材料であれば、他の構成の二次電池用電極材料や一次電池用電極材料、燃料電池電極材料の製造にも同様に用いることができる。

【0056】

また、上述の実施形態において、貯留槽20は、第一槽21と、第二槽31と、第三槽41とを有して構成されているが、これに限られるものではなく、粉末PWの種類等によっては、第一槽21を設けなくてもよい。さらには、第二槽31も設けずに、第三槽41に粉末PWを貯留させるような構成であってもよい。また、第三槽41は、上述の天井部42やカバー部材50等を用いた構成に限らず、粉末供給円盤45の外周部に一定量の粉末PWを充填可能な構成であればよい。

【0057】

また、上述の実施形態において、粉末供給ポート55の内部に気体供給ノズル56が設けられているが、これに限られるものではなく、粉末PWの種類等によっては、気体供給ノズル56および第二の気体供給装置59を設けなくてもよい。

【0058】

続いて、噴射加工システムの第2実施形態について説明する。第2実施形態の噴射加工システム201は、図9に示すように、粉末（固体微粒子）PWを供給する粉末供給装置210と、粉末供給装置210から供給された粉末PWを、気体の噴流に混合させて基材（例えば、前述の電極基材131）に噴射し衝突させることで、基材の表面に膜を形成する噴射加工装置260とを備えて構成される。なお、図9および図10において、粉末PWの記載を省略している。第2実施形態の粉末供給装置210は、箱状の筐体部211と、筐体部211の上部に支持されて粉末PWを貯留する貯留槽220と、貯留槽220に貯留された粉末PWを外部の噴射加工装置260に供給する粉末供給ポート255とを備えて構成される。

【0059】

筐体部211の上部背面側（図9における筐体部211の上部右側）には、貯留槽220に設けられた羽根車222および粉末供給円盤245を回転駆動する電気モータ212が配設される。電気モータ212の回転軸212aは、鉛直下方に延びて、その先端部が歯車機構213と連結される。歯車機構213は、第1歯車214と、第2歯車215と、第3歯車216と、第4歯車217とを有して構成される。

【0060】

第1歯車214は、電気モータ212の回転軸212aの下端部に結合され、第2歯車215と噛合される。第2歯車215は、筐体部211の内部に配設された中間軸218に回転自在に取り付けられ、第1歯車214および第3歯車216と噛合される。第3歯車216は、羽根車222と繋がる羽根車駆動軸223の下端部に結合され、第2歯車215および第4歯車217と噛合される。第4歯車217は、粉末供給円盤245と繋がる円盤駆動軸246の下端部に結合され、第3歯車216と噛合される。これにより、電気モータ212の回転駆動力が歯車機構213を介して羽根車222および粉末供給円盤245に伝達される。

【 0 0 6 1 】

貯留槽 2 2 0 は、上側に位置する上槽 2 2 1 と、上槽 2 2 1 の下側（図 9 における左下側）に位置する下槽 2 3 1 とから構成される。上槽 2 2 1 は、粉末 P W を貯留可能な有底円筒状に形成され、その内部で粉末 P W を攪拌するための羽根車 2 2 2 を回転可能に保持している。羽根車 2 2 2 は、複数の羽根部材を有して構成され、羽根車 2 2 2 の回転対称軸中心に回転することで、上槽 2 2 1 に貯留された粉末 P W を攪拌して移動させることができるようになっている。羽根車 2 2 2 の下側中央部には、上槽 2 2 1 の底部を貫通して上下に延びる羽根車駆動軸 2 2 3 の上端部が連結されている。羽根車駆動軸 2 2 3 の下端部に第 3 歯車 2 1 6 が結合され、これにより、電気モータ 2 1 2 の回転駆動力が第 1 ～ 第 3 歯車 2 1 4 ～ 2 1 6 および羽根車駆動軸 2 2 3 を介して羽根車 2 2 2 に伝達される。上槽 2 2 1 の底部外周側には、図 1 0 に示すように、下槽 2 3 1 の粉末供給円盤 2 4 5 に形成された受容部 2 4 7 の上方に位置して円弧状の穴部 2 2 5 が形成されており、羽根車 2 2 2（羽根部材）の回転により、上槽 2 2 1 に貯留された粉末 P W がこの穴部 2 2 5 から落下して粉末供給円盤 2 4 5 の受容部 2 4 7 に受容されるようになっている。

10

【 0 0 6 2 】

下槽 2 3 1 は、粉末供給円盤 2 4 5 を受容可能な容器状に形成され、その内部で粉末供給円盤 2 4 5 を回転対称軸中心に回転可能に保持している。粉末供給円盤 2 4 5 は、下槽 2 3 1 の内部で上方を向く円盤状に形成される。粉末供給円盤 2 4 5 の下側中央部には、下槽 2 3 1 の底部を貫通して上下に延びる円盤駆動軸 2 4 6 の上端部が連結されている。円盤駆動軸 2 4 6 の下端部に第 4 歯車 2 1 7 が結合され、これにより、電気モータ 2 1 2 の回転駆動力が第 1 ～ 第 4 歯車 2 1 4 ～ 2 1 7 および円盤駆動軸 2 4 6 を介して粉末供給円盤 2 4 5 に伝達される。粉末供給円盤 2 4 5 の外周部上面側には、上槽 2 2 1 から穴部 2 2 5 を通して下槽 2 3 1 へ落下した粉末 P W を受容するテーパ状の受容部 2 4 7 が形成される。また、図 1 1 に示すように、粉末供給円盤 2 4 5 の外周部上面側に複数の仕切壁 2 4 8 が形成され、この仕切壁 2 4 8 によって受容部 2 4 7 が複数のポケット状に仕切られる。

20

【 0 0 6 3 】

下槽 2 3 1 には、粉末供給円盤 2 4 5 の上部および外周部を覆うカバー部材 2 5 0 が取り付けられる。カバー部材 2 5 0 は、図 1 0 に示すように、下槽 2 3 1 の天井部と外周部の一部を構成するブロック状に形成され、粉末供給円盤 2 4 5 との間に、粉末供給円盤 2 4 5 の回転に応じて受容部 2 4 7 に受容された粉末 P W が通過可能な間隙部 G P ' を形成するように構成される。なお、間隙部 G P ' の断面形状は、粉末供給円盤 2 4 5 の仕切壁 2 4 8 の形状に合わせた直角三角形となる。カバー部材 2 5 0 の側下部には、間隙部 G P ' を通過する粉末 P W を粉末供給ポート 2 5 5 に導く粉末排出通路 2 5 1 が形成される。粉末排出通路 2 5 1 は、間隙部 G P ' から斜め下方に延びる直線状に形成され、間隙部 G P ' と粉末供給ポート 2 5 5 とを連通させるようになっている。すなわち、粉末排出通路 2 5 1 の入口端部が間隙部 G P ' に開口するとともに、粉末排出通路 2 5 1 の出口端部が粉末供給ポート 2 5 5 の内部（後述の粉末供給通路 2 5 6）に開口する。

30

【 0 0 6 4 】

一方、カバー部材 2 5 0 の上部には、上述の間隙部 G P ' に気体を供給する第一の気体供給通路 2 5 2 が形成される。第一の気体供給通路 2 5 2 の上流側は、上下に延びるように形成され、上流端部に設けられた気体供給ポート 2 5 3 を介して、第一の気体供給通路 2 5 2 内に気体を供給する第一の気体供給装置 2 5 4 と接続される。第一の気体供給通路 2 5 2 の下流側は、間隙部 G P ' から斜め上方に延びる直線状に形成され、第一の気体供給通路 2 5 2 が途中で折れ曲がる構成となっている。このように、第一の気体供給通路 2 5 2 の下流側と粉末排出通路 2 5 1 はそれぞれ、間隙部 G P ' を介して互いに対向するとともに、間隙部 G P ' に位置する受容部 2 4 7 の底面に沿って延びるように形成される。

40

【 0 0 6 5 】

これにより、第一の気体供給装置 2 5 4 から供給される第一の気体は、第一の気体供給通路 2 5 2 を通って間隙部 G P ' に達し、第一の気体供給通路 2 5 2 の開口部に位置する

50

粉末PWに衝突する。その結果、第一の気体供給通路252の開口部に位置する粉末PWは受容部247から切り出され（脱離し）、第一の気体とともに粉末排出通路251から粉末供給ポート255内に導かれる。このとき、第一の気体供給通路252と粉末排出通路251はそれぞれ受容部247の底面に沿って延びるように形成されているので、受容部247の粉末PWが第一の気体から受ける力は受容部247の底面に沿って粉末排出通路251の方向へ向かうことになり、粉末PWは別段の障害を受けることなく全量が粉末排出通路251に排出される。また、粉末供給円盤245は、上槽221の穴部225から気体供給通路252に向かって常に一定の角速度で回転しているため、第一の気体供給通路252の開口部には常に一定速度で粉末PWが供給される。その結果、粉末供給円盤245の回転方向の前端部に位置する粉末PWが連続的に切り出され（脱離し）、一定の排出速度で粉末排出通路251に排出されて、粉末の定量供給が実現される。なお、第一の気体供給通路252の下流側と粉末排出通路251の延伸方向断面はともに、上下に細長く延びた長方形断面であるため、粉末PWの前端部が常に平面状に維持されるので、受容部247の粉末PWが予期しない崩壊等を起こすことが抑制され、粉末の安定供給が可能になる。なお、第一の気体供給装置254が供給する第一の気体は、第1実施形態の場合と同様であり、粉末PWの種類等に応じて適宜選択される。

10

【0066】

粉末供給ポート255は、略水平方向に延びる管状に形成され、下槽231の側部に取り付けられる。粉末供給ポート255の先端部には、噴射加工装置260のノズルユニット261が直結される。粉末供給ポート255の内部中央には、略水平方向（粉末供給ポート255の長手方向）に延びる粉末供給通路256が形成され、ノズルユニット261の粉末供給ノズル264の内部と粉末排出通路251とを連通させる。粉末排出通路251の出口端部と粉末供給ノズル264の入口端部とが滑らかに繋がるように、粉末供給通路256を囲む面が錐面状の曲面で構成されている。粉末供給ポート255の基端側内部には、粉末供給通路256の基端部から上下に延びる第二の気体供給通路257が形成され、第二の気体供給通路257内に気体を供給する第二の気体供給装置259と接続される。なお、図10において、2つの第二の気体供給装置259が設けられているが、2つの第二の気体供給通路257がそれぞれ1つの第二の気体供給装置259と接続される構成であってもよい。

20

【0067】

これにより、第二の気体供給装置259から供給される第二の気体は、粉末供給ポート255の第二の気体供給通路257を通して粉末供給通路256に達し、前述した第一の気体によって粉末排出通路251から粉末供給通路256に導かれた粉末PWとともに、粉末供給通路256を通して外部（噴射加工装置260のノズルユニット261）に導かれる。なお、第二の気体供給装置259が供給する第二の気体は、第1実施形態の場合と同様であり、粉末PWの種類等に応じて適宜選択される。

30

【0068】

第2実施形態の噴射加工装置260は、第1実施形態の噴射加工装置60と同様の構成であり、図10に示すように、ノズルユニット261や加速ガス供給ユニット265などを備えて構成される。ノズルユニット261は、図12～図13に示すように、ベースとなるノズルブロック262と、先端部がノズルブロック262から突出して固定された矩形中空パイプ状の噴射ノズル263と、噴射ノズル263の基端側に同一軸上に配設された矩形中空パイプ状の粉末供給ノズル264とを有して構成される。粉末供給ノズル264の外形寸法は、噴射ノズル263の開口寸法よりも小さく、図13に示すように、粉末供給ノズル264の先端部が僅かに噴射ノズル263の基端側に挿入される。この噴射ノズル263と粉末供給ノズル264との間隙部に、噴射ノズル263内に供給される加速ガスの噴出口が形成される。

40

【0069】

ノズルブロック262の内部には、図13に示すように、上述した加速ガスの噴出口に繋がって上下左右に延びる4つの加速ガス導入路262aが形成される。4つの加速ガス

50

導入路 2 6 2 a はそれぞれ、各加速ガス導入路 2 6 2 a の上流端部に設けられた加速ガス供給ポート 2 6 6 を介して加速ガス供給ユニット 2 6 5 と接続される。加速ガス供給ユニット 2 6 5 が供給する気体は、第 1 実施形態の場合と同様であり、粉末（固体微粒子）PW の種類等に応じて適宜選択される。なお、図 1 0 および図 1 3 において、複数の加速ガス供給ユニット 2 6 5 が設けられているが、4 つの加速ガス導入路 2 6 2 a がそれぞれ 1 つの加速ガス供給ユニット 2 6 5 と接続される構成であってもよい。噴射ノズル 2 6 3 および粉末供給ノズル 2 6 4 は、セラミックス等の耐食性材料を用いて形成される。そして、噴射ノズル 2 6 3 の基端部に粉末供給ノズル 2 6 4 が接続され、粉末供給ノズル 2 6 4 の基端部に粉末供給装置 2 1 0 の粉末供給ポート 2 5 5 が接続される。

【 0 0 7 0 】

10

以上のように構成される噴射加工システム 2 0 1 において、粉末供給装置 2 1 0 では、電気モータ 2 1 2 の回転駆動によって、羽根車 2 2 2（羽根部材）が回転すると、上槽 2 2 1 に貯留された粉末（固体微粒子）PW が攪拌されつつ移動し、上槽 2 2 1 の穴部 2 2 5 から落下して粉末供給円盤 2 4 5 の受容部 2 4 7 に受容される。

【 0 0 7 1 】

このとき、電気モータ 2 1 2 の回転駆動によって、羽根車 2 2 2 と反対方向に粉末供給円盤 2 4 5 が回転し、粉末供給円盤 2 4 5 の受容部 2 4 7 に受容された粉末 PW は、粉末供給円盤 2 4 5 とともに回転移動してカバー部材 2 5 0 と粉末供給円盤 2 4 5 との間隙部 GP' に到達する。ここで、図 1 0 に示すように、第一の気体供給装置 2 5 4 からカバー部材 2 5 0 の第一の気体供給通路 2 5 2 に供給された第一の気体は、当該第一の気体供給通路 2 5 2 を通って間隙部 GP' に達し、このとき間隙部 GP' を通過する粉末 PW を粉末排出通路 2 5 1 側に切り出して（押し出して）、切り出した粉末 PW とともに粉末排出通路 2 5 1 から粉末供給ポート 2 5 5 内の粉末供給通路 2 5 6 に導かれる。さらに、第二の気体供給装置 2 5 9 から粉末供給ポート 2 5 5 内の第二の気体供給通路 2 5 7 に供給された第二の気体は、当該第二の気体供給通路 2 5 7 を通って粉末供給通路 2 5 6 に達し、前述した第一の気体によって粉末排出通路 2 5 1 から粉末供給通路 2 5 6 に導かれた粉末 PW とともに、粉末供給通路 2 5 6 を通って噴射加工装置 2 6 0 に導かれる。

20

【 0 0 7 2 】

以上のようにして、粉末供給装置 2 1 0 から噴射加工装置 2 6 0 に粉末（固体微粒子）PW が供給されると、噴射加工装置 2 6 0 では、粉末供給装置 2 1 0 において気体と混合した粉末 PW がノズルユニット 2 6 1 の粉末供給ノズル 2 6 4 を通って、噴射ノズル 2 6 3 内に到達する。このとき、制御ユニット（図示せず）により加速ガス供給ユニット 2 6 5 の作動を制御し、加速ガス供給ユニット 2 6 5 からノズルユニット 2 6 1 の噴射ノズル 2 6 3 に供給される加速ガスの圧力・流量を制御することにより、粉末供給装置 2 1 0 から供給されて噴射ノズル 2 6 3 内に到達した粉末 PW が加速ガスにより加速されて噴射ノズル 2 6 3 の先端から基材（例えば、前述の電極基材 1 3 1）に向けて噴射される。

30

【 0 0 7 3 】

このように、第 2 実施形態の噴射加工システム 2 0 1 および粉末供給装置 2 1 0 によれば、第 1 実施形態の場合と同様の効果を得ることができる。さらに、噴射加工装置 2 6 0 のノズルユニット 2 6 1 が粉末供給装置 2 1 0 の粉末供給ポート 2 5 5 に直結されるため、粉末供給装置 2 1 0 から噴射加工装置 2 6 0 までの管路の長さを最小限に抑えることができ、粉末 PW の噴射量を変化させる際の応答性および安定性を向上させることができる。なお、ノズルユニット 2 6 1 は、粉末供給ポート 2 5 5 を介さずに、粉末供給装置 2 1 0 の粉末排出通路 2 5 1 に直接接続される構成であってもよい。

40

【 0 0 7 4 】

また、第 2 実施形態の噴射加工システム 2 0 1 により、第 1 実施形態の場合と同様にし、リチウムイオン二次電池の負極（または正極）を製造することができ、第 1 実施形態の場合と同様の効果を得ることができる。

【 0 0 7 5 】

なお、上述の第 2 実施形態において、ノズルユニット 2 6 1 の断面形状は矩形に限られ

50

るものではなく、円形（真円あるいは長円）や多角形、あるいは円形（矩形）ノズルを千鳥配列するなど適宜な形状にすることができる。また、第一の気体供給装置 254 および第二の気体供給装置 259 から供給されるガスや、加速ガス供給ユニット 265 からノズルユニット 261 に供給される加速ガスは、第 1 実施形態の場合と同様に、基材や粉末 P W など加工対象に応じて適宜選択することができる。

【0076】

また、上述の各実施形態において、受容部 47（247）に仕切壁 48（248）が設けられているが、これに限られるものではなく、粉末 P W の種類等によっては、仕切壁 48（248）を設けなくてもよい。

【0077】

また、上述の各実施形態において、受容部 47（247）は、粉末供給円盤 45（245）の外周部上面側にテーパ状に形成されているが、これに限られるものではなく、緩やかに凹んだ曲面状に形成されてもよい。なおこの場合、粉末排出通路および気体供給通路は、受容部の底面に沿って曲線状に延びるように形成してもよい。

【0078】

また、上述の各実施形態において、粉末供給装置 10（210）は、パウダー・ジェット・デポジション法により成膜を行う噴射加工装置 60（260）に粉末 P W を供給しているが、これに限られるものではなく、例えば、セラミックス等の粉末をキャリアガスとともにプラズマ中に供給し、当該プラズマにより蒸気化された粉末を容器中に配置された試料に溶射して蒸着させる溶射装置に対して、キャリアガスを用いた粉末の微量供給を行うようにしてもよい。

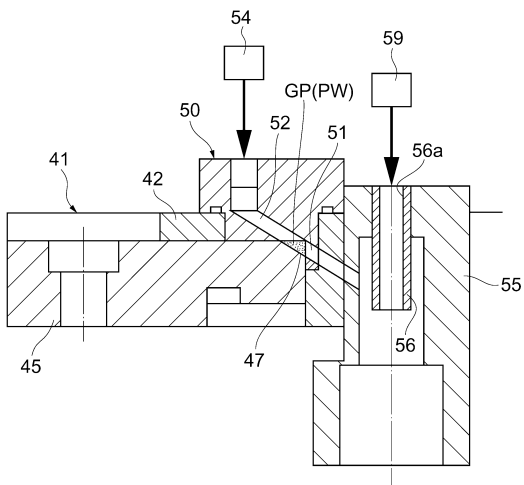
【符号の説明】

【0079】

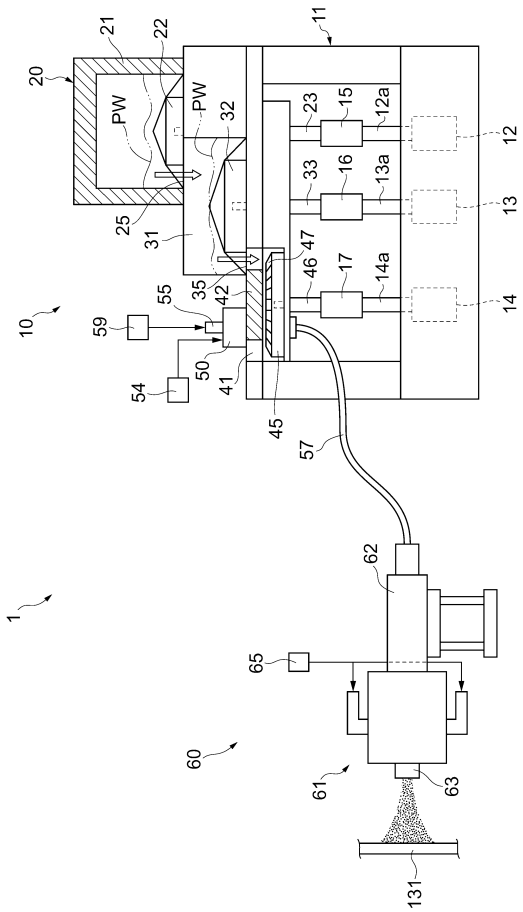
1 噴射加工システム（第 1 実施形態）		
10 粉末供給装置		
20 貯留槽		
21 第一槽（粉末保持槽）	31 第二槽（粉末保持槽）	
32 第二羽根車（羽根部材）	35 穴部	
41 第三槽（円盤保持槽）		
45 粉末供給円盤	47 受容部	30
50 カバー部材		
51 粉末排出通路	52 第一の気体供給通路	
55 粉末供給ポート		
56 気体供給ノズル（56a 第二の気体供給通路）		
60 噴射加工装置		
101 リチウムイオン二次電池		
102 正極	103 負極	
131 電極基材	132 膜	
GP 間隙部	PW 粉末	
201 噴射加工システム（第 2 実施形態）		40
210 粉末供給装置		
220 貯留槽		
221 上槽（粉末保持槽）		
222 羽根車	225 穴部	
231 下槽（円盤保持槽）		
245 粉末供給円盤	247 受容部	
250 カバー部材		
251 粉末排出通路	252 第一の気体供給通路	
255 粉末供給ポート	257 第二の気体供給通路	
260 噴射加工装置		50

G P 間隙部

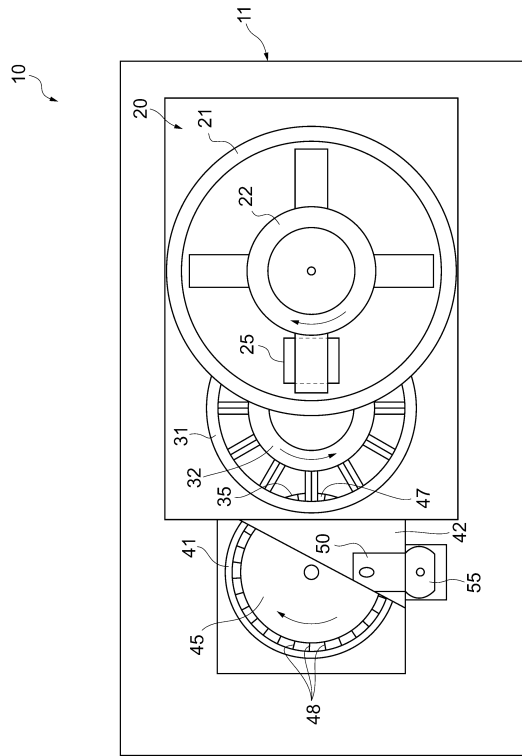
【図 1】



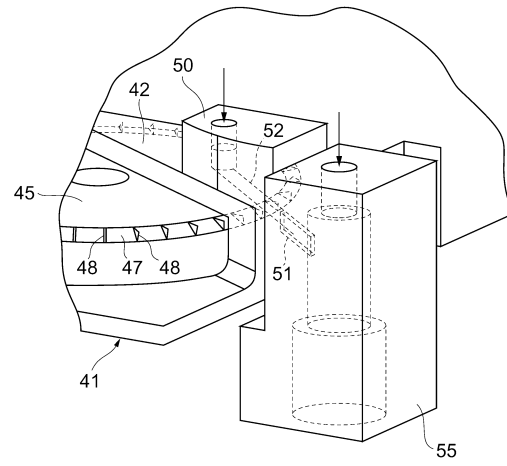
【図 2】



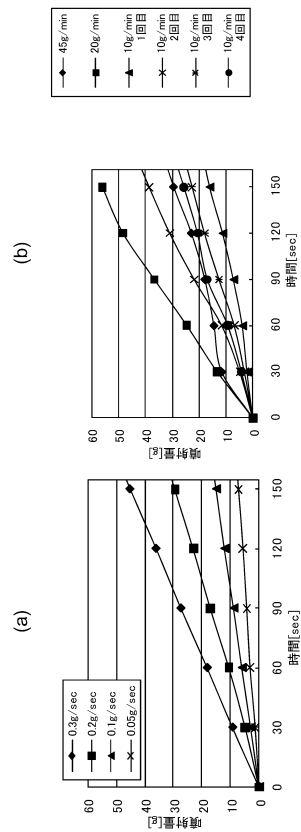
【 図 3 】



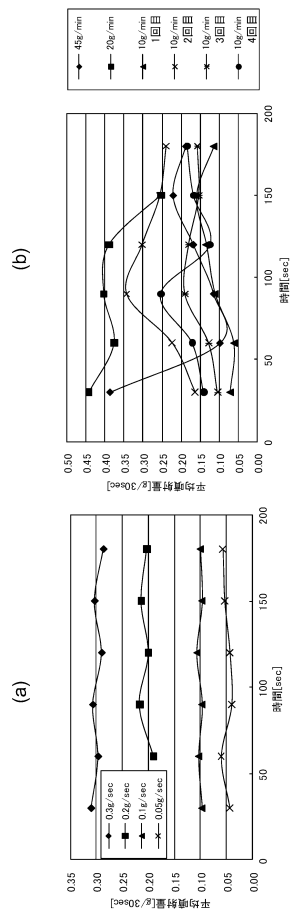
【 図 4 】



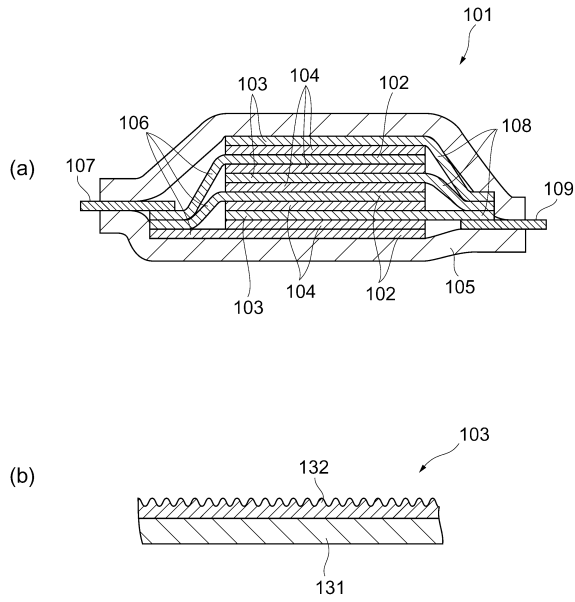
【 図 5 】



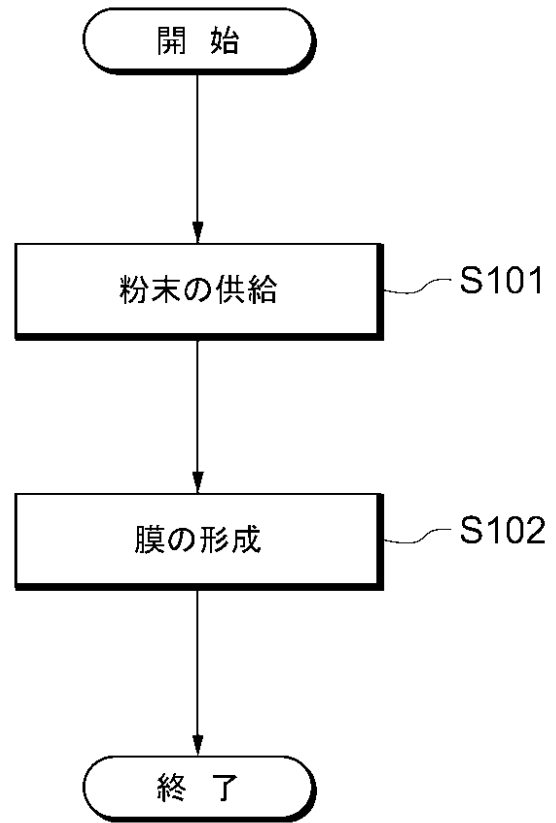
【 図 6 】



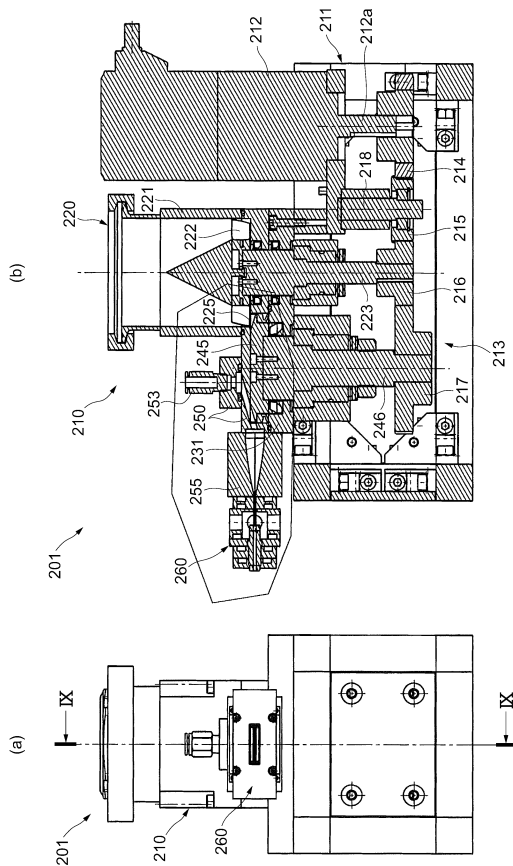
【図 7】



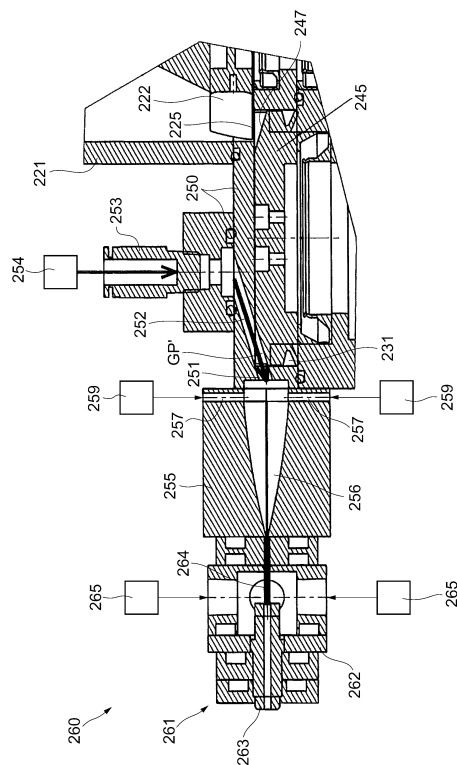
【図 8】



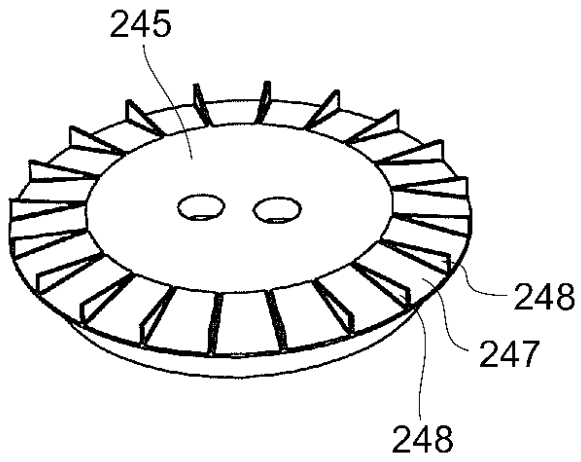
【図 9】



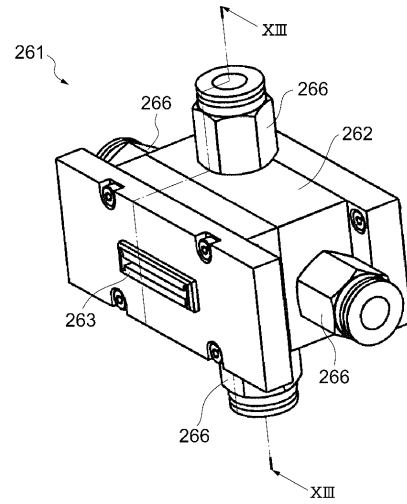
【図 10】



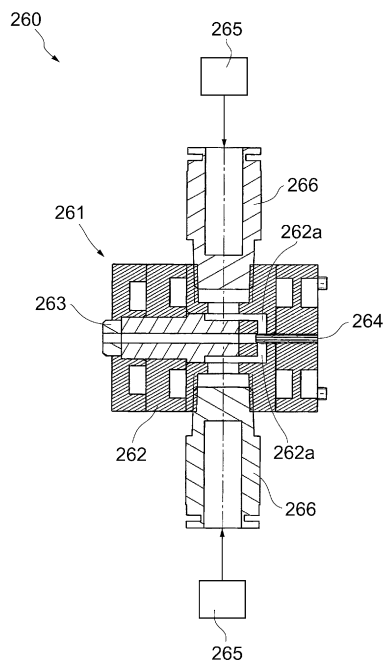
【図 1 1】



【図 1 2】



【図 1 3】



フロントページの続き

審査官 宮本 靖史

- (56)参考文献 特開2006-337035(JP,A)
特開2002-114382(JP,A)
実開昭58-192834(JP,U)
特開2002-104655(JP,A)
特開昭64-060519(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C 23 C	24 / 00	-	30 / 00
B 65 G	53 / 00	-	53 / 28
B 65 G	53 / 32	-	53 / 66
B 65 G	65 / 30	-	65 / 48
B 01 J	4 / 00	-	7 / 02
H 01 M	4 / 00	-	4 / 62
H 01 M	4 / 86	-	4 / 98