

(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 1

C 23 C 24/04	(2006.01)	C 23 C 24/04
H 01 M 4/04	(2006.01)	H 01 M 4/04
H 01 M 4/02	(2006.01)	H 01 M 4/02
H 01 M 4/88	(2006.01)	H 01 M 4/88
		H 01 M 4/88

A
A
Z
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】**

10

**【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。

20

**【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。

30

**【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。

40

**【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

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。

#### 【0014】

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(Si)であること好ましい。

#### 【発明の効果】

#### 【0015】

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】

#### 【0016】

【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。 20

【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。

【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10】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11】第2実施形態に係る粉末供給円盤の斜視図である。

【図12】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13】図12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】

#### 【0017】

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)PWを供給する粉末供給装置10と、粉末供給装置10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、後述の電極基材131)に噴射し衝突することで、基材の表面に膜を形成する噴射加工装置60とを備えて構成される。粉末供給装置10は、箱状の筐体部11と、筐体部11の上部に支持されて粉末PWを貯留する貯留槽20と、貯留槽20に貯留された粉末PWを外部の噴射加工装置60に供給する粉末供給ポート55とを備えて構成される。 40

#### 【0018】

図2における筐体部11の内部右側には、貯留槽20に設けられた第一羽根車22を回転駆動する第一ステッピングモータ12が配設される。第一ステッピングモータ12の回転軸12a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15と連結される。図2における筐体部11の内部中央には、貯留槽20に設けられた第二羽根車32を回転駆動する第二ステッピングモータ13が配設される。第二ステッピングモータ13の回転軸13a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16と連結される。図2における筐体部11の内部左側には、貯留槽20に設けられた粉末供給円盤45を回転駆動する第三ステッピングモータ14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。

#### 【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。

#### 【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。

#### 【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

10

20

30

40

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。

#### 【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。

#### 【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を通って間隙部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。

#### 【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

10

20

30

40

50

ポート 5 5 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 5 6 の上部が粉末供給ポート 5 5 の上部と嵌合して、粉末供給ポート 5 5 と同軸に配設されるようになっている。気体供給ノズル 5 6 の上端部は第二の気体供給装置 5 9 と接続され、気体供給ノズル 5 6 の内部に、第二の気体供給装置 5 9 から供給される気体を通過させる第二の気体供給通路 5 6 a が形成される。また、気体供給ノズル 5 6 は、粉末供給ポート 5 5 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 5 6 の下部が粉末供給ポート 5 5 の内部（中腹部）における粉末排出通路 5 1 の開口部近傍に位置するようになっている。

#### 【 0 0 2 7 】

これにより、第二の気体供給装置 5 9 から供給される第二の気体は、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 を通って外部（噴射加工装置 6 0 ）に導かれる。なおこのとき、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 側に吸引されるようになっている。また、第二の気体供給装置 5 9 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。

#### 【 0 0 2 8 】

接続パイプ 5 7 は、図 2 に示すように、基端部が粉末供給ポート 5 5 と接続されるとともに、先端部が噴射加工装置 6 0 （外部装置）と接続され、粉末供給ポート 5 5 から供給される粉末 PW を噴射加工装置 6 0 に導く。この噴射加工装置 6 0 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 6 1 と、加速用のガスをノズルユニット 6 1 に供給する加速ガス供給ユニット 6 5 と、ノズルユニット 6 1 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 6 5 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 6 1 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 1 3 1 ）に噴射されるように構成される。

#### 【 0 0 2 9 】

ノズルユニット 6 1 は、ベースとなるノズルブロック 6 2 と、先端部がノズルブロック 6 2 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 6 3 と、上下方向の開口寸法が噴射ノズル 6 3 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 6 3 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 6 3 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 6 3 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。

#### 【 0 0 3 0 】

ノズルブロック 6 2 には、噴射ノズル 6 3 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 6 5 が接続される。加速ガス供給ユニット 6 5 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 6 2 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 5 7 が接続される。

#### 【 0 0 3 1 】

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 1 0 では、第一次テッピングモータ 1 2 の回転駆動によって、第一羽根車 2 2 （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21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21の穴部25から落下して第二槽31に貯留される。次に、第二ステッピングモータ13の回転駆動によって、第二羽根車32（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31に貯留された粉末PWが攪拌されつつ移動し、第二槽31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。

#### 【0032】

次に、第三ステッピングモータ14の回転駆動によって、粉末供給円盤45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45の受容部47に受容された粉末PWは、粉末供給円盤45とともに回転移動してカバー部材50と粉末供給円盤45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54からカバー部材50の第一の気体供給通路52に供給された第一の気体は、当該第一の気体供給通路52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51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51から粉末供給ポート55に導かれる。さらに、第二の気体供給装置59から気体供給ノズル56に供給された第二の気体は、当該気体供給ノズル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を通って噴射加工装置60に導かれる。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側に吸引されて、気体供給ノズル56からの気体と混合した状態で噴射加工装置60に供給される。

10

#### 【0033】

ここで、第1実施形態の粉末供給装置10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10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10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0.05g/sec～0.3g/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10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。

20

#### 【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10は、従来の粉末供給装置と比較して、供給量が0.05g/sec～0.3g/secの範囲で、平均噴射量（供給量）のばらつきが小さく、特に、0.1g/secでの平均噴射量（供給量）が非常に安定している。

30

#### 【0035】

このように、第1実施形態の粉末供給装置10によれば、粉末供給円盤45の一部を覆うカバー部材50に形成された粉末排出通路51および第一の気体供給通路52はそれぞれ、カバー部材50と粉末供給円盤45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47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47に受容された粉末PWを、第一の気体供給通路52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51から粉末供給ポート55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。

40

50

## 【0036】

さらに、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）、一定の排出速度で粉末排出通路51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PWを安定して供給することができる。また、粉末供給円盤45の回転数や、受容部47の形状、粉末排出通路51および第一の気体供給通路52の断面の寸法等を変えることにより、粉末PWの供給量を容易にコントロールすることができる。

## 【0037】

また、第二の気体供給通路56aが、粉末供給ポート55の略円形断面と同軸の気体供給ノズル56をもって粉末供給ポート55内に開口するため、第一の気体供給通路52から供給される気体により粉末PWを粉末排出通路51から粉末供給ポート55へ押し込む効果と、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（吸引効果）とが相まって、粉末PWを粉末排出通路51から粉末供給ポート55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51から粉末供給ポート55へ導かれた粉末PW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51から粉末供給ポート55への急激な拡管による乱流により、気体供給ノズル56から噴出する気体と混合されるため、粉末PW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56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ため、粉末供給ポート55より下流側の影響（例えば、接続パイプ57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。

10

## 【0038】

また、受容部47が粉末供給円盤45の外周部上面側にテーパ状に形成され、粉末排出通路51が間隙部GP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52が間隙部GPの斜め上方に延びる直線状に形成されるため、間隙部GPに位置する受容部47に受容された粉末PWを、より効率的に、第一の気体供給通路52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51から粉末供給ポート55に導くことができる。

20

## 【0039】

また、第二羽根車32の回転により、第二槽31に貯留された粉末PWが穴部35から落下して受容部47に受容されるように構成されるため、第二羽根車32の回転数等を調節することで、粉末PWを受容部47に隙間なく充填することができる。

30

## 【0040】

以上のようにして、粉末供給装置10から噴射加工装置60に粉末（固体微粒子）PWが供給されると、噴射加工装置60では、粉末供給装置10において気体と混合した粉末PWがノズルブロック62の粉末供給路（図示せず）および粉末供給ノズル（図示せず）を通って、噴射ノズル63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65の作動を制御し、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の圧力・流量を制御することにより、粉末供給装置10から供給されて噴射ノズル63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63の先端から基材（例えば、後述の電極基材131）に向けて噴射される。

40

## 【0041】

具体的には、加速ガス供給ユニット65からノズルブロック62の加速ガス導入路（図示せず）に所定圧力（～2MPa）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）を通って噴射ノズル63内に噴射され、噴射ノズル63の先端から噴出する。このとき、噴射ノズル63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PW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63の先端から基材（例えば、後述の電極基材131）

50

に向けて噴射される。

**【0042】**

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。

**【0043】**

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。

**【0044】**

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。

**【0045】**

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<sub>4</sub>やLiPF<sub>6</sub>等の公知の電解質(非水電解質)を溶かしたもののが用いられる。

**【0046】**

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<sub>3</sub>Si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。

**【0047】**

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

10

20

30

40

50

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で合金化が行われる。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 Cu<sub>3</sub>Si 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、50～300 m/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 0.5～2 mm 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、NiSi<sub>2</sub>、および NiSi と NiSi<sub>2</sub> 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（ $\text{LiCoO}_2$ ）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、 $\text{LiNiO}_2$ 、 $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ 、 $\text{LiMnO}_2$ 、 $\text{Li}_{x}\text{TiS}_2$ 、 $\text{Li}_{x}\text{V}_2\text{O}_5$ 、 $\text{V}_2\text{MoO}_8$ 、 $\text{MoS}_2$ 、 $\text{LiFePO}_4$ 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。10

#### 【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の種類等によつては、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。20

#### 【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の種類等によつては、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。30

#### 【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。40

#### 【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。50

## 【0061】

貯留槽 220 は、上側に位置する上槽 221 と、上槽 221 の下側（図 9 における左下側）に位置する下槽 231 とから構成される。上槽 221 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 を攪拌するための羽根車 222 を回転可能に保持している。羽根車 222 は、複数の羽根部材を有して構成され、羽根車 222 の回転対称軸中心に回転することで、上槽 221 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になっている。羽根車 222 の下側中央部には、上槽 221 の底部を貫通して上下に延びる羽根車駆動軸 223 の上端部が連結されている。羽根車駆動軸 223 の下端部に第 3 歯車 216 が結合され、これにより、電気モータ 212 の回転駆動力が第 1 ~ 第 3 歯車 214 ~ 216 および羽根車駆動軸 223 を介して羽根車 222 に伝達される。上槽 221 の底部外周側には、図 10 に示すように、下槽 231 の粉末供給円盤 245 に形成された受容部 247 の上方に位置して円弧状の穴部 225 が形成されており、羽根車 222 (羽根部材) の回転により、上槽 221 に貯留された粉末 PW がこの穴部 225 から落下して粉末供給円盤 245 の受容部 247 に受容されるようになっている。

## 【0062】

下槽 231 は、粉末供給円盤 245 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 245 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 245 は、下槽 231 の内部で上方を向く円盤状に形成される。粉末供給円盤 245 の下側中央部には、下槽 231 の底部を貫通して上下に延びる円盤駆動軸 246 の上端部が連結されている。円盤駆動軸 246 の下端部に第 4 歯車 217 が結合され、これにより、電気モータ 212 の回転駆動力が第 1 ~ 第 4 歯車 214 ~ 217 および円盤駆動軸 246 を介して粉末供給円盤 245 に伝達される。粉末供給円盤 245 の外周部上面側には、上槽 221 から穴部 225 を通して下槽 231 へ落下した粉末 PW を受容するテーパ状の受容部 247 が形成される。また、図 11 に示すように、粉末供給円盤 245 の外周部上面側に複数の仕切壁 248 が形成され、この仕切壁 248 によって受容部 247 が複数のポケット状に仕切られる。

## 【0063】

下槽 231 には、粉末供給円盤 245 の上部および外周部を覆うカバー部材 250 が取り付けられる。カバー部材 250 は、図 10 に示すように、下槽 231 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 245 との間に、粉末供給円盤 245 の回転に応じて受容部 247 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 245 の仕切壁 248 の形状に合わせた直角三角形となる。カバー部材 250 の側下部には、間隙部 GP' を通過する粉末 PW を粉末供給ポート 255 に導く粉末排出通路 251 が形成される。粉末排出通路 251 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 255 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 251 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 251 の出口端部が粉末供給ポート 255 の内部（後述の粉末供給通路 256）に開口する。

## 【0064】

一方、カバー部材 250 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 252 が形成される。第一の気体供給通路 252 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 253 を介して、第一の気体供給通路 252 内に気体を供給する第一の気体供給装置 254 と接続される。第一の気体供給通路 252 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 252 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 252 の下流側と粉末排出通路 251 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 247 の底面に沿って延びるように形成される。

## 【0065】

これにより、第一の気体供給装置 254 から供給される第一の気体は、第一の気体供給通路 252 を通って間隙部 GP' に達し、第一の気体供給通路 252 の開口部に位置する

10

20

30

40

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 を通って粉末供給通路 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 を通って外部（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 262a はそれぞれ、各加速ガス導入路 262a の上流端部に設けられた加速ガス供給ポート 266 を介して加速ガス供給ユニット 265 と接続される。加速ガス供給ユニット 265 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 10 および図 13において、複数の加速ガス供給ユニット 265 が設けられているが、4 つの加速ガス導入路 262a がそれぞれ 1 つの加速ガス供給ユニット 265 と接続される構成であってもよい。噴射ノズル 263 および粉末供給ノズル 264 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 263 の基端部に粉末供給ノズル 264 が接続され、粉末供給ノズル 264 の基端部に粉末供給装置 210 の粉末供給ポート 255 が接続される。

## 【0070】

10

以上のように構成される噴射加工システム 201において、粉末供給装置 210 では、電気モータ 212 の回転駆動によって、羽根車 222（羽根部材）が回転すると、上槽 221 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 221 の穴部 225 から落下して粉末供給円盤 245 の受容部 247 に受容される。

## 【0071】

このとき、電気モータ 212 の回転駆動によって、羽根車 222 と反対方向に粉末供給円盤 245 が回転し、粉末供給円盤 245 の受容部 247 に受容された粉末 PW は、粉末供給円盤 245 とともに回転移動してカバー部材 250 と粉末供給円盤 245 との間隙部 GP' に到達する。ここで、図 10 に示すように、第一の気体供給装置 254 からカバー部材 250 の第一の気体供給通路 252 に供給された第一の気体は、当該第一の気体供給通路 252 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 251 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 251 から粉末供給ポート 255 内の粉末供給通路 256 に導かれる。さらに、第二の気体供給装置 259 から粉末供給ポート 255 内の第二の気体供給通路 257 に供給された第二の気体は、当該第二の気体供給通路 257 を通って粉末供給通路 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 を通って噴射加工装置 260 に導かれる。

20

## 【0072】

以上のようにして、粉末供給装置 210 から噴射加工装置 260 に粉末（固体微粒子）PW が供給されると、噴射加工装置 260 では、粉末供給装置 210 において気体と混合した粉末 PW がノズルユニット 261 の粉末供給ノズル 264 を通って、噴射ノズル 263 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 265 の作動を制御し、加速ガス供給ユニット 265 からノズルユニット 261 の噴射ノズル 263 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 210 から供給されて噴射ノズル 263 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 263 の先端から基材（例えば、前述の電極基材 131）に向けて噴射される。

30

## 【0073】

このように、第 2 実施形態の噴射加工システム 201 および粉末供給装置 210 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 260 のノズルユニット 261 が粉末供給装置 210 の粉末供給ポート 255 に直結されるため、粉末供給装置 210 から噴射加工装置 260 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 261 は、粉末供給ポート 255 を介さずに、粉末供給装置 210 の粉末排出通路 251 に直接接続される構成であってもよい。

40

## 【0074】

また、第 2 実施形態の噴射加工システム 201 により、第 1 実施形態の場合と同様にして、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。

## 【0075】

なお、上述の第 2 実施形態において、ノズルユニット 261 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 PW 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 PW 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 PW 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
50	力バー部材		
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
G P	間隙部	P W	粉末
201	噴射加工システム（第2実施形態）		
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	力バー部材		
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		

10

20

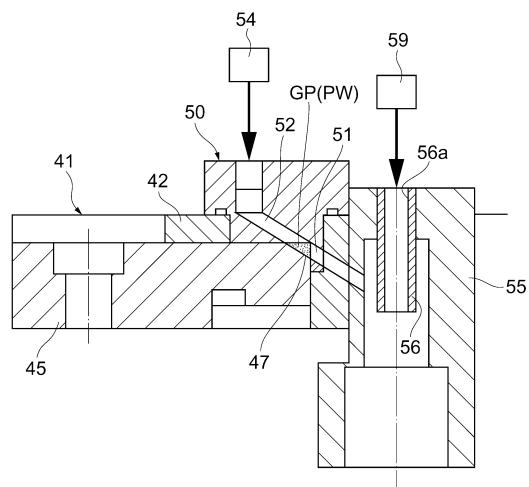
30

40

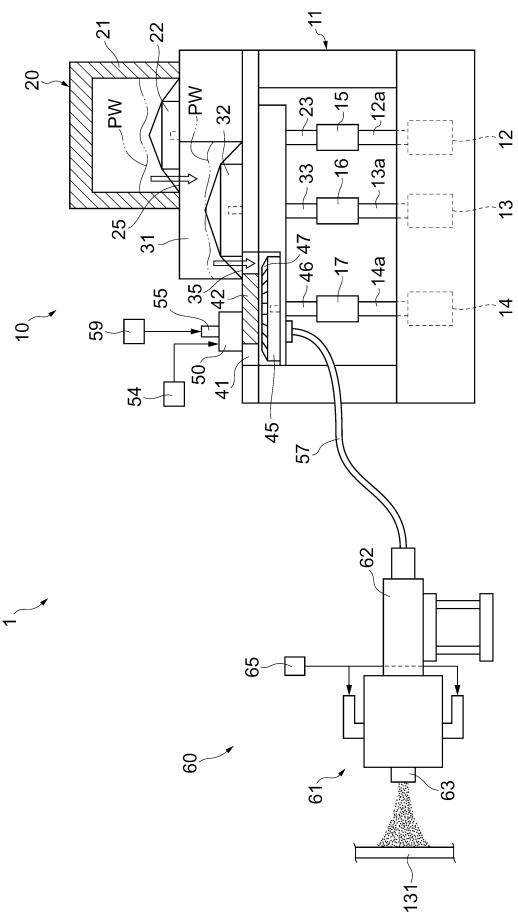
50

G P 間隙部

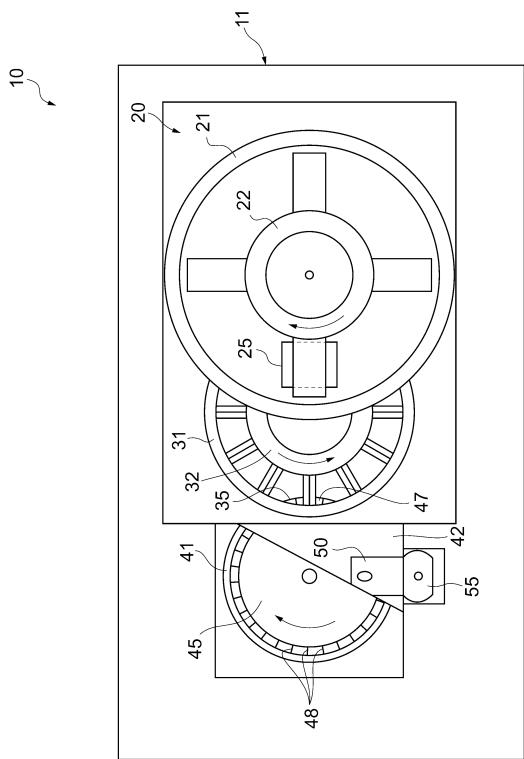
【図1】



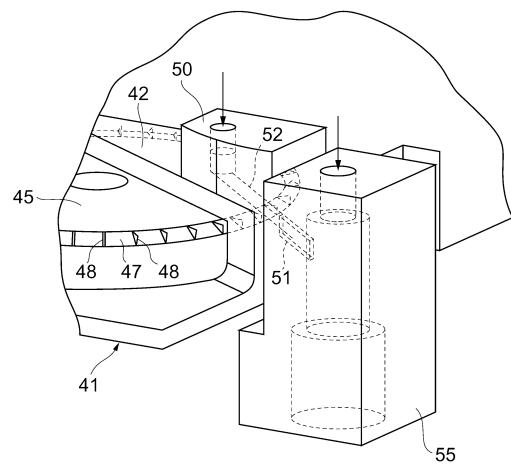
【図2】



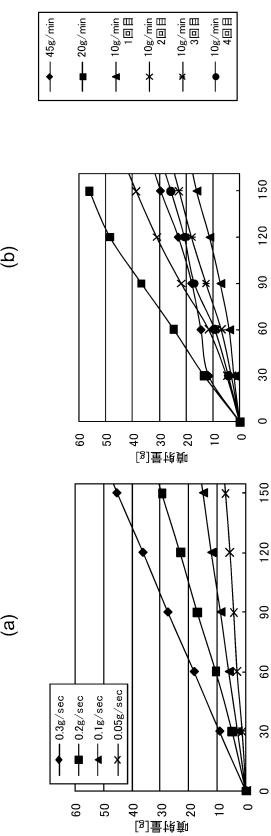
【図3】



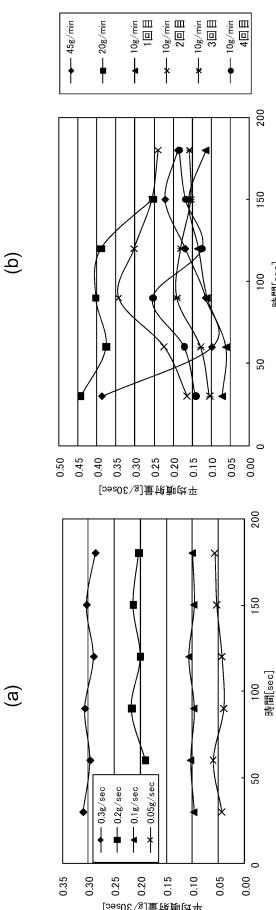
【図4】



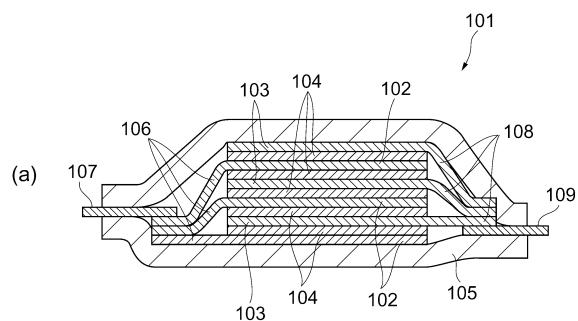
【図5】



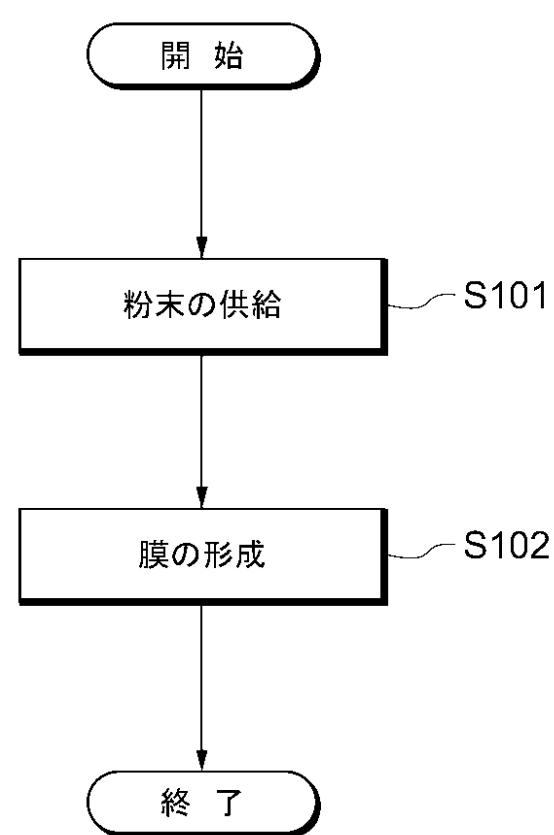
【図6】



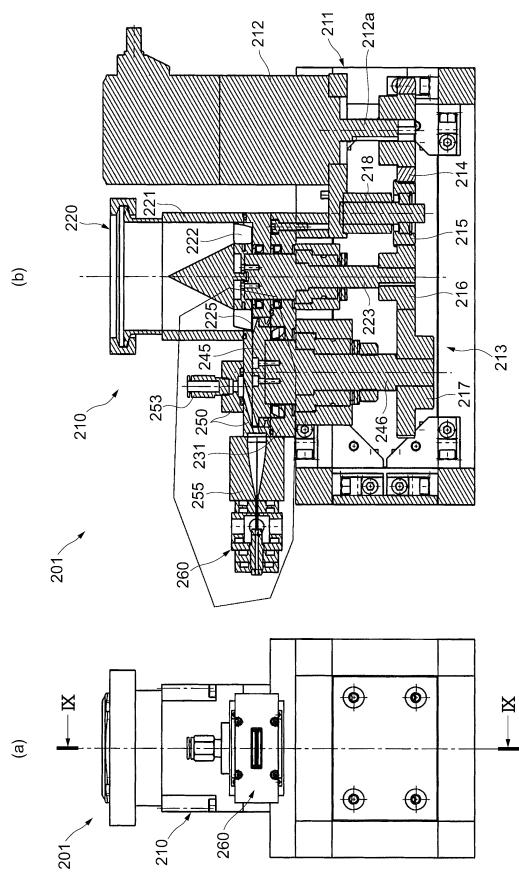
【図7】



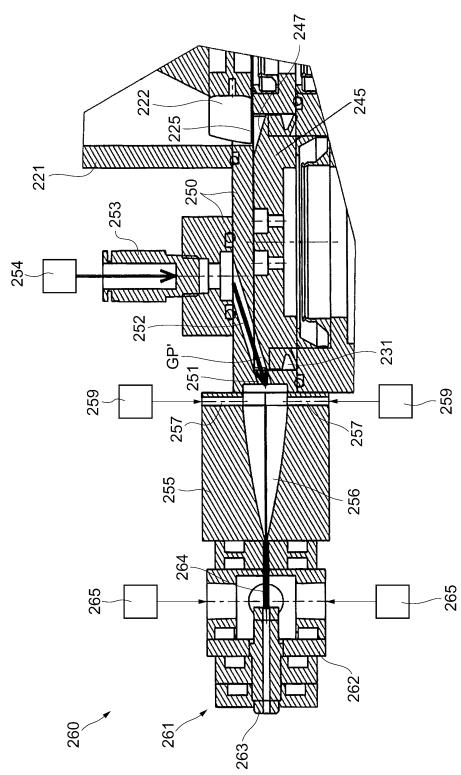
【図8】



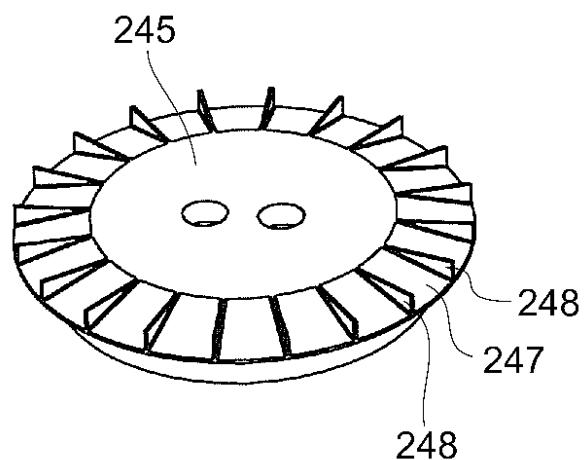
【図9】



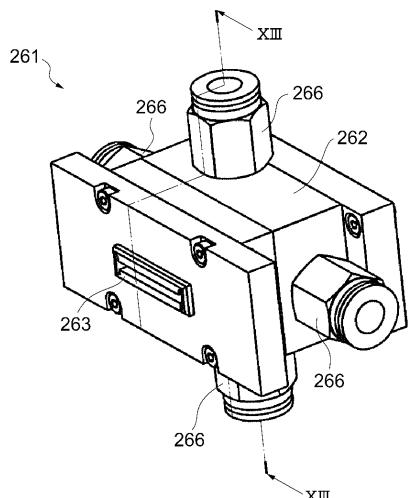
【図10】



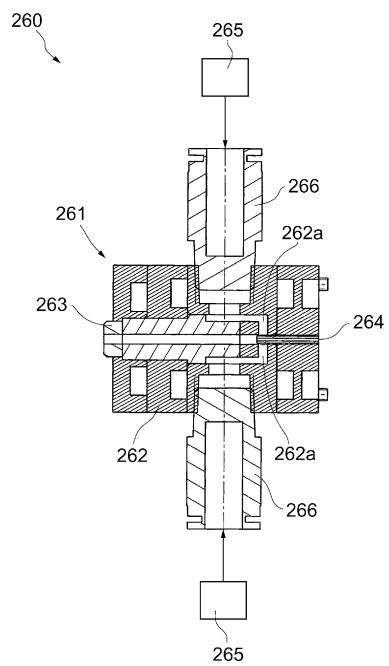
【図 1 1】



【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	2 4 / 0 0	-	3 0 / 0 0
B 6 5 G	5 3 / 0 0	-	5 3 / 2 8
B 6 5 G	5 3 / 3 2	-	5 3 / 6 6
B 6 5 G	6 5 / 3 0	-	6 5 / 4 8
B 0 1 J	4 / 0 0	-	7 / 0 2
H 0 1 M	4 / 0 0	-	4 / 6 2
H 0 1 M	4 / 8 6	-	4 / 9 8