

(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2017-193726  
(P2017-193726A)

(43) 公開日 平成29年10月26日(2017.10.26)

(51) Int.Cl.

**B22F 1/02** (2006.01)  
**H01B 5/00** (2006.01)  
**C22C 19/03** (2006.01)  
**C22C 24/00** (2006.01)  
**C22C 5/06** (2006.01)

F 1

B22F 1/02  
H01B 5/00  
C22C 19/03  
C22C 24/00  
C22C 5/06

A 4K018  
C 5G307  
M  
Z

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 20 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願2016-82599 (P2016-82599)

(22) 出願日

平成28年4月18日 (2016.4.18)

(71) 出願人 000180070

山陽特殊製鋼株式会社  
兵庫県姫路市飾磨区中島字一文字3007  
番地

(74) 代理人 100107940

弁理士 岡 慶吾

(74) 代理人 100120938

弁理士 住友 敦郎

(74) 代理人 100122806

弁理士 室橋 克義

(74) 代理人 100168192

弁理士 笠川 寛

(74) 代理人 100174311

弁理士 染矢 啓

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】導電フィラー用粉末

## (57) 【要約】

【課題】導電性に優れ、かつ低コストで得られうる導電フィラー用粉末の提供。

【解決手段】導電フィラー用粉末は、多数の粒子からなる。この粒子は、

(1) 不純物の含有率が 5 a t % 以下である A g 相

を有する。この粒子はさらに、

(2) A g の凝固点よりも高い凝固点を有し、かつ導電性である 1 種若しくは 2 種以上のシリサイド相

又は

(3) A g の凝固点よりも高い凝固点を有し、かつ導電性である 1 種若しくは 2 種以上の A l - N i 相

を有する。この粒子における A g の含有率は、1 a t % 以上 5 0 a t % 以下である。この粉末の平均球形度は、0.80 以上である。

【選択図】なし

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

多数の粒子からなり、  
これらの粒子の材質が、

(1) 不純物の含有率が 5 a t % 以下である A g 相  
を有しており、さらに、

(2) A g の凝固点よりも高い凝固点を有し、かつ導電性である 1 種若しくは 2 種以上のシリサイド相

又は

(3) A g の凝固点よりも高い凝固点を有し、かつ導電性である 1 種若しくは 2 種以上の A l - N i 相

を有する合金であり、

それぞれの粒子が、コアと、A g 相からなりかつこのコアを覆うシェルとを有しており、  
平均球形度が 0 . 8 0 以上である導電フィラー用粉末。

**【請求項 2】**

上記合金が A g 、 S i 及び導電性元素 X 1 を含有しており、かつ残部が不可避的不純物であり、

上記合金が上記シリサイド相を有し、かつこのシリサイド相が S i と上記元素 X 1 とを含有しており、

上記元素 X 1 が、

(a) N i 、 M n 及び C a のうちのいずれか 1 種  
又は

(b) B 、 N a 、 M g 、 C a 、 T i 、 V 、 C r 、 M n 、 F e 、 C o 及び N i からなる群から選択された 2 種以上

であり、

上記合金における A g の含有率が 1 a t % 以上 5 0 a t % 以下である請求項 1 に記載の導電フィラー用粉末。

**【請求項 3】**

上記合金において、 S i の含有率が 1 5 a t % 以上 7 0 a t % 以下であり、元素 X 1 の含有率が 2 0 a t % 以上 7 0 a t % 以下である請求項 2 に記載の導電フィラー用粉末。

**【請求項 4】**

上記合金が A g 、 A l 及び N i を含有しており、かつ残部が不可避的不純物であり、

上記合金が上記 A l - N i 相を有し、かつこの A l - N i 相が上記 A l と上記 N i との金属間化合物を含有しており、

上記合金における A g の含有率が 1 a t % 以上 5 0 a t % 以下である請求項 1 に記載の導電フィラー用粉末。

**【請求項 5】**

上記合金において、 A l の含有率が 2 0 a t % 以上 7 5 a t % 以下であり、 N i の含有率が 2 0 a t % 以上 7 5 a t % 以下である請求項 4 に記載の導電フィラー用粉末。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0 0 0 1】**

本発明は、導電性樹脂、導電性プラスチック、導電性ペースト、電子機器、電子部品等に用いられる導電フィラーに適した粉末に関する。詳細には、本発明は、その材質が A g 相を有する合金である粉末に関する。

**【背景技術】****【0 0 0 2】**

導電性物質に含有されるフィラーに、 A u 、 A g 、 P t 及び C u のような貴金属の粒子が用いられている。他の金属の表面に貴金属がコーティングされた粒子も、導電フィラー

10

20

30

40

50

として用いられている。貴金属の電気抵抗は小さいので、この貴金属を含むフィラーは導電性に優れる。貴金属を含む粒子の凝集により、粒子同士の大きな接触面積が得られるので、この観点からも貴金属はフィラーの導電性に寄与する。貴金属はさらに、熱伝導性にも優れる。

【0003】

貴金属は、高価である。従って、貴金属を含む導電性物質は、高コストである。しかも、貴金属は高比重である。従って、貴金属を含む導電性物質は、重い。コスト低減及び軽量化の観点から、貴金属以外の元素を含む合金の検討が、種々なされている。

【0004】

特開2004-47404公報には、Si系化合物からなる粒子の表面に、炭素がコーティングされた導電フィラー用合金が開示されている。この粒子では、Siの微結晶がSi系化合物に分散している。

【0005】

特開2006-54061公報には、Agからなる粒子の表面に、Si又はSi系化合物がコーティングされた導電フィラー用合金が開示されている。

【0006】

特開2008-262916公報には、Agと、0.01-10質量%のSiとを含有する導電フィラー用合金が開示されている。この合金では、Agの粒子の表面に、SiO<sub>2</sub>のゲルがコーティングされている。

【0007】

特開2006-302525公報には、Al又はSiを含むAg合金からなる導電フィラー用粉末が開示されている。

【0008】

国際公開WO99/22411号公報には、Siと、0.001at%以上20at%以下の添加元素とを含む導電性合金が開示されている。

【0009】

特許第4678654号公報には、Ag、Cu、Au、Pt、Ti、Zn、Al、Fe、Si又はNiを含む高融点金属粒子と、Sn、In又はBiを含む低融点金属粒子とを有する導電層が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0010】

【特許文献1】特開2004-47404公報

【特許文献2】特開2006-54061公報

【特許文献3】特開2008-262916公報

【特許文献4】特開2006-302525公報

【特許文献5】国際公開WO99/22411号公報

【特許文献6】特許第4678654号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

前述の通り、導電フィラーとして貴金属からなる粒子が用いられている。典型的な粒子は、Ag粒子、Agコーティング粒子及びCu粒子である。Ag粒子は導電性に極めて優れるが、このAg粒子ではイオンマイグレーションによって劣化が生じやすい。このAg粒子は、導電性の長期的安定性に劣る。Agコーティング粒子でも、イオンマイグレーションによって劣化が生じやすい。さらにAgコーティング粒子では、コート層の剥離が生じやすい。Agコーティング粒子は、導電性の長期的安定性に劣る。一次粒子に凝集が生じている場合、Agのコーティング(メッキ等)が十分にはなされ得ない。しかも、コーティングにはコストがかかる。Cu粒子では、腐食が生じやすい。このCu粒子も、導電性の長期的安定性に劣る。導電性の長期的安定性に優れた粉末が、望まれている。

10

20

30

40

50

## 【0012】

Ag粒子と他の金属の粒子とを含む粉末も、提案されている。この粉末では、Ag同士の接触が十分ではない。従ってこの粉末は、導電性に劣る。

## 【0013】

Ag合金からなる粉末も、提案されている。この粉末では、Agと他の金属とが、金属間化合物を形成しやすい。この金属間化合物の導電性は、不十分である。さらにこの合金では、Agが粒子の内部に点在する組織を有するので、Ag同士の接触が十分ではない。従ってこの粉末は、導電性に劣る。

## 【0014】

前述の通り、Au、Ag、Pt及びCuのような貴金属は、高価である。さらに、貴金属以外の導電性元素であるAl、Cr、Mg、Na、Mo、Rh、W、Be、Ir、Zn、K、Cd、Ru、In、Li、Os、Co、Pt、P、Pd、Sn、Ni、Ta、Rb、Tl、Th、Pb、Sr、V、Sb、Zr、Ca等も、比較的高価である。これらの元素は、導電フィラー用粉末のコストを押し上げる。Feは比較的低コストで得られるが、酸化されやすい。Feからなる粒子には、防錆対策が必要である。この防錆対策は、粉末のコストを押し上げる。さらに、Al、Mg、Na、Be、K、Li、P、Rb、Tl、Th、Pb、Sr、Zr及びCaの純金属元素は活性であり、微細粉末の状態では粉塵爆発の危険性を有する。これらの元素からなる粉末には、爆発防止対策が必要である。この対策は、粉末のコストを押し上げる。低コストで得られる粉末が、望まれている。

10

## 【0015】

導電フィラー用粉末が樹脂粉末とブレンドされ、このブレンドによって得られた混合物から成形体が成形されることが多い。この成形では、一般的には、混合物が加熱される。加熱により、樹脂が溶融する。導電フィラー用粉末の密度が過大であると、樹脂が溶融した状態では、混合物中で導電フィラー用粉末が沈降する。沈降により、導電フィラー用粉末の偏在が生じる。この成形体では、局部的に電気伝導ネットワークが寸断される。密度が小さな導電フィラー用粉末が、望まれている。

20

## 【0016】

導電フィラー用粉末の効率のよい製造方法として、アトマイズが知られている。アトマイズで得られる粒子は、通常は、電解法、化学還元法等で得られる粒子に比べて大きい。従って、用途によっては、この粒子に分級処理が施される必要がある。しかし、分級により材料の歩留が低下する。高い歩留が達成されるには、アトマイズで得られた粒子に粉碎処理が施され、微細化される必要がある。展延性が大きい材質からなる粒子に粉碎処理が施された場合、扁平化が生じ、微細化しにくい。粉碎しやすいフィラー用合金が、望まれている。

30

## 【0017】

炭素系の粉末は、比重が小さくかつ低コストである点で、有利である。しかし、炭素系の粉末の導電性は、十分ではない。

## 【0018】

酸化物の粉末は、比重が小さい点で、有利である。しかし、酸化物の粉末の導電性は、十分ではない。

40

## 【0019】

特開2004-47404公報に開示された粉末は、Siの微結晶を多量に含有する。この粉末の導電性は、不十分である。

## 【0020】

特開2006-54061公報に開示された粉末はAgを多量に含むので、高価である。同様に、特開2008-262916公報に開示された粉末及び特開2006-302525公報に開示された粉末も、高価である。

## 【0021】

国際公開WO99/22411号公報に開示された合金は、多量のSiを含む。この合金からアトマイズによって得られた粉末では、Si相が導電性を阻害する。

50

## 【0022】

特許第4678654号公報には、Ag、Cu、Au、Pt、Ti、Zn、Al、Fe、Si又はNiを含む粉末が開示されている。しかしこの公報には、粉末の組成、組織等についての具体的な言及はない。

## 【0023】

本発明の目的は、導電性に優れ、かつ低コストで得られる導電フィラー用粉末の提供にある。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0024】

本発明に係る導電フィラー用粉末は、多数の粒子からなる。これらの粒子の材質は、

10

(1) 不純物の含有率が5at%以下であるAg相

を有しており、さらに、

(2) Agの凝固点よりも高い凝固点を有し、かつ導電性である1種若しくは2種以上のシリサイド相

又は

(3) Agの凝固点よりも高い凝固点を有し、かつ導電性である1種若しくは2種以上のAl-Ni相

を有する合金である。それぞれの粒子は、コアと、Ag相からなりかつこのコアを覆うシェルとを有する。この粉末の平均球形度は、0.80以上である。

20

## 【0025】

好ましくは、合金は、Ag、Si及び導電性元素X1を含有する。この合金の残部は、不可避的不純物である。この合金は、シリサイド相を有する。このシリサイド相は、Siと元素X1とを含有する。この元素X1は、

(a) Ni、Mn及びCaのうちのいずれか1種

又は

(b) B、Na、Mg、Ca、Ti、V、Cr、Mn、Fe、Co及びNiからなる群から選択された2種以上

である。合金におけるAgの含有率は、1at%以上50at%以下である。

## 【0026】

好ましくは、この合金において、Siの含有率は15at%以上70at%以下であり、元素X1の含有率は20at%以上70at%以下である。

30

## 【0027】

合金が、Ag、Al及びNiを含有してもよい。この合金の残部は、不可避的不純物である。この合金は、Al-Ni相を有する。このAl-Ni相は、AlとNiとの金属間化合物を含有する。合金におけるAgの含有率は、1at%以上50at%以下である。

## 【0028】

好ましくは、この合金において、Alの含有率は20at%以上75at%以下であり、Niの含有率は20at%以上75at%以下である。

## 【発明の効果】

## 【0029】

本発明に係る導電フィラー用粉末では、それぞれの粒子は、いわゆるコア-シェル構造を有する。コアは主として、シリサイド相又はAl-Ni相からなる。シェルは主として、Ag相からなる。粒子と他の粒子とが接するとき、Ag相と他のAg相とが接することにより、優れた導電性が発現される。シリサイド相及びAl-Ni相の電気抵抗値は、Agのそれよりは高いものの、かなり低い。従って、粒子自体の電気抵抗値も、低い。このフィラー用粉末を含む製品は、導電性に極めて優れる。

40

## 【発明を実施するための形態】

## 【0030】

本発明に係る導電フィラー用粉末は、多数の粒子の集合である。この粒子の材質は、A

50

g を含む合金である。発明者は、A g を含有する様々な組成の原料を準備し、アトマイズによって粉末を試作した。この結果、適切な元素の組み合わせによってのみ、A g が単相として形成されることを見出した。このA g 相により、高い導電性が発現される。本発明者が粒子の組織構造を観察した結果、A g 量が 1 a t % 以上で、かつ、A g 以外の相の凝固点が A g の凝固点よりも高いときに、A g 相のシェルと A g 以外の相のコアとからなるコア - シェル構造を粒子が呈することを見いだした。このコア - シェル構造では、A g が粒子の表面に存在する。この粉末は、導電性に優れる。

## 【0031】

アトマイズでは、液相状態である原料が急冷される。この急冷により、凝固点の高い相が凝固して結晶粒が生成され、この結晶粒が成長する。この成長に伴い、液相中では A g が濃化される。この液相は、粒界へと押し出される。アトマイズで得られた液滴では、界面のエネルギーが最小となる形状を呈しようとする。換言すれば、液滴は球状を呈する。凝固のとき、この球の表面に濃化した A g が押し出される。凝固が完了すると、A g 以外の元素を主成分とするコアと、A g を主成分とするシェルとを有する粒子が形成される。この粒子は、いわゆるコア - シェル構造を有する。シェルは、コアの全体又は一部を覆っている。

## 【0032】

アトマイズによって A g が単相として形成される元素の組み合わせは、限定的である。他の組み合わせにおいては、A g は容易に他の元素と金属間化合物を形成する。この金属間化合物の導電性は、低い。本発明に係る粉末には、A g 化合物が形成されにくい組成が採用される。

## 【0033】

本発明に係る粉末以外の、アトマイズ法から得られる粉末であって、A g が単相として得られるものは、従来から在する。例えば、S i - A g 系合金、N i - A g 系合金等における共晶組織では、A g 相が析出しうる。しかし、共晶反応では A g と他の元素とがほぼ同時に液相から固相へと変化するので、液相が粒子の表面へと押し出される現象は生じない。換言すれば、共晶反応では、コア - シェル構造は得られない。

## 【0034】

## [第一の実施形態]

本発明の好ましい実施形態によれば、粒子の材質は、A g 、S i 及び導電性元素 X 1 を含有する合金である。好ましくは、この合金の残部は、不可避的不純物である。

## 【0035】

この合金は、

(1) 不純物の含有率が 5 a t % 以下である A g 相  
及び

(2) A g の凝固点 (961.8) よりも高い凝固点を有し、かつ導電性である 1 種若しくは 2 種以上のシリサイド相

を有している。好ましくは、この合金は、実質的に、A g 相及びシリサイド相のみからなる。この粒子において、コアの主成分はシリサイド相であり、シェルの主成分は A g 相である。

## 【0036】

シリサイド相は、S i と元素 X 1 とを含有している。この元素 X 1 は、

(a) N i 、M n 及び C a のうちのいずれか 1 種  
又は

(b) B 、N a 、M g 、C a 、T i 、V 、C r 、M n 、F e 、C o 及び N i からなる群から選択された 2 種以上

である。この元素 X 1 は、導電性である。元素 X 1 の電気伝導度は、100 A V<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup> 以上である。

## 【0037】

A g 相がシェルの主成分なので、粒子と他の粒子とが接触している状態では、A g 相が

10

20

30

40

50

他の Ag 相と接触する。Ag 相の電気抵抗値は小さいので、粒子間の接触抵抗は小さい。この粉末を含む製品では、Ag のネットワークにより、優れた導電性が発現されうる。

【0038】

導電性の観点から、Ag 相における不純物の含有率は 5 at % 以下が好ましく、3 at % 以下がより好ましく、2 at % 以下が特に好ましい。理想的には、この含有率は、ゼロである。

【0039】

前述の通り、シリサイド相の凝固点は、Ag の凝固点よりも高い。従って、この粉末がアトマイズで製造されるとき、Ag に先だってシリサイド相が凝固する。この凝固により、液相で Ag が濃化される。この液相は、シリサイド相の表面に押し出され、やがて凝固して Ag 相が形成される。

【0040】

Si は、電気伝導度の低い金属である。一方、シリサイド相の電気伝導度は、Ag には及ばないものの、高い。その理由は、このシリサイド相における電気伝導を担うキャリアの濃度が、Si におけるそれと比べて極めて高いためと推測される。このシリサイド相をコアに含み、かつ Ag 相をシェルに含む粉末は、導電性に優れる。導電性の観点から、この合金が不可避的不純物以外の Si 相を含まないことが、好ましい。

【0041】

シリサイド相の韌性は、低い。このシリサイド相がコアの主成分である粉末は、粉碎性に優れる。本発明に係る粉末を出発原料として、粉碎粉末が容易に得られうる。

【0042】

このシリサイド相の密度は、小さい。このシリサイド相を有する粉末は、軽量である。

【0043】

合金における Ag の含有率は、1 at % 以上 50 at % 以下が好ましい。含有率が 1 at % 以上である合金は、導電性に優れる。この観点から含有率は 3 at % 以上が特に好ましい。含有率が 50 at % 以下である合金では、イオンマイグレーションが生じにくい。さらに、含有率が 50 at % 以下である合金は、低コストで得られうる。これらの観点から、含有率は 40 at % 以下が特に好ましい。

【0044】

軽量及び低コストの観点から、合金における Si の含有率は 15 at % 以上が好ましく、20 at % 以上がより好ましく、25 at % 以上が特に好ましい。合金が十分な Ag 及び元素 X 1 を含有しうるとの観点から、Si の含有率は 70 at % 以下が好ましく、65 at % 以下が特に好ましい。

【0045】

導電性の観点から、合金における元素 X 1 の含有率は 20 at % 以上が好ましく、35 at % 以上がより好ましく、30 at % 以上が特に好ましい。合金が十分な Ag 及び Si を含有しうるとの観点から、元素 X 1 の含有率は 70 at % 以下が好ましく、65 at % 以下が特に好ましい。

【0046】

合金における、元素 X 1 の原子組成百分率 (at %) と Si の原子組成百分率 (at %) との比 (X 1 / Si) は、0.5 以上 4.6 以下が好ましい。この比 (X 1 / Si) が 0.5 以上である合金では、Si 相が形成されにくく、Ag の金属間化合物が形成されにくく、かつ Ag 相が不純物を含みにくい。これらの観点から、この比 (X 1 / Si) は 0.7 以上が特に好ましい。この比 (X 1 / Si) が 4.6 以下である合金では、元素 X 1 の単相が生じにくい。この観点から、この比 (X 1 / Si) は 3.0 以下が特に好ましい。B、Na、Mg、Ca、Ti、V 及び Co の合計原子組成百分率が元素 X 1 の合計原子組成百分率の 50 % 以上である場合、比 (X 1 / Si) は 0.5 以上 1.0 以下が好ましい。

【0047】

シリサイド相を形成しうる三元系合金の具体例として、Si - Ni - Ag 系合金、Si

10

20

30

40

50

- Ca - Ag 系合金及び Si - Mn - Ag 系合金が挙げられる。 Si - Ni - Ag 系合金の場合、Ni の Si に対する比 (at% 比) は、0.5 以上 3.0 以下が好ましい。 Si - Ca - Ag 系合金の場合、Ca の Si に対する比 (at% 比) は、0.5 以上、1.0 以下が好ましい。 Si - Mn - Ag 系合金の場合、Mn の Si に対する比 (at% 比) は、0.55 以上 4.6 以下が好ましい。比がこれらの範囲内である合金では、Si 相が形成されにくく、Ag の金属間化合物が形成されにくく、かつ Ag 相が不純物を含みにくい。

#### 【0048】

合金は、(Cr, Ti)Si<sub>2</sub> のような、常温において熱力学的に不安定なシリサイド相を含みうる。このようなシリサイド相は、アトマイズ時の急冷によって生じうる。但し、1 at% 以上の Ag を含む相は、本発明にいう「シリサイド相」ではない。

#### 【0049】

合金が、融点の低い元素 X<sub>2</sub> を含んでもよい。この場合、好ましくは、合金は、  
 (1) Si  
 (2) 元素 X<sub>1</sub>  
 (3) Ag  
 (4) 元素 X<sub>2</sub>

及び

(5) 不可避的不純物  
 のみを含む。

#### 【0050】

粉末から成形体が形成されるとき、元素 X<sub>2</sub> の融点以上に加熱されれば、この元素 X<sub>2</sub> が溶融する。その後に凝固した元素 X<sub>2</sub> は、粒子の表面に優先的に存在する。粉末の電気伝導度は、粒子内部のバルク抵抗と、粒子同士の接触抵抗に、主として支配される。凝固した元素 X<sub>2</sub> は、粒子同士の密着性を高める。この元素 X<sub>2</sub> により、接触抵抗が低減される。この観点から、合金における元素 X<sub>2</sub> の量は 1 at% 以上が好ましく、2 at% 以上が特に好ましい。

#### 【0051】

元素 X<sub>2</sub> の具体例として、Bi、Ga、Sn、In 及び Zn が例示される。これらの元素 X<sub>2</sub> は、導電性を阻害するおそれがある。さらに、Bi、Sn、In 及び Zn の密度は、シリサイド相の密度よりも大きい。導電性及び軽量の観点から、合金における元素 X<sub>2</sub> の量は 10 at% 以下が好ましく、5 at% 以下が特に好ましい。

#### 【0052】

粉末の平均球形度は、0.80 以上が好ましい。アトマイズ時の冷却速度が過大であると、0.80 以上である平均球形度が達成されにくく。平均球形度が 0.80 以上である粉末は、冷却速度が適切であるアトマイズで得られうる。従ってこの粉末では、粒子がコア - シェル構造となりやすい。この観点から、平均球形度は 0.85 以上がより好ましく、0.90 以上が特に好ましい。理想的な平均球形度は、1.00 である。

#### 【0053】

本発明では、球形度は、光学顕微鏡で観察された粒子の長径 D<sub>1</sub> に対する短径 D<sub>2</sub> の比 (D<sub>2</sub> / D<sub>1</sub>) である。粉末から無作為に抽出された 20 個の粒子の比 (D<sub>2</sub> / D<sub>1</sub>) が平均されて、平均球形度が算出される。長径とは、粒子内に画かれうる最長の線分の長さである。短径とは、長径の線分と直交しつつ粒子内に画かれうる最長の線分の長さである。

#### 【0054】

##### [ 第二の実施形態 ]

本発明の好ましい他の実施形態によれば、粒子の材質は、Ag、Al 及び Ni を含有する合金である。好ましくは、この合金の残部は、不可避的不純物である。

#### 【0055】

この合金は、

10

20

30

40

50

(1) 不純物の含有率が 5 a t % 以下である A g 相  
及び

(2) A g の凝固点よりも高い凝固点を有し、かつ導電性である 1 種若しくは 2 種以上の A l - N i 相

を有している。好ましくは、この合金は、実質的に、A g 相及び A l - N i 相のみからなる。この粒子において、コアの主成分は A l - N i 相であり、シェルの主成分は A g 相である。A l - N i 相は、A l と N i との金属間化合物を含有する。

【0056】

A g 相がシェルの主成分なので、粒子と他の粒子とが接触している状態では、A g 相が他の A g 相と接触する。A g 相の電気抵抗値は小さいので、粒子間の接触抵抗は小さい。この粉末を含む製品では、A g のネットワークにより、優れた導電性が発現されうる。

【0057】

導電性の観点から、A g 相における不純物の含有率は 5 a t % 以下が好ましく、3 a t % 以下がより好ましく、2 a t % 以下が特に好ましい。理想的には、この含有率は、ゼロである。

【0058】

前述の通り、A l - N i 相の凝固点は、A g の凝固点よりも高い。従って、この粉末がアトマイズで製造されるとき、A g に先だって A l - N i 相が凝固する。この凝固により、液相で A g が濃化される。この液相は、A l - N i 相の表面に押し出され、やがて凝固して A g 相が形成される。

【0059】

A l は、A g 、C u 及び A u について導電性が高い。この A l と N i との化合物である A l - N i 相の電気伝導度は、A g には及ばないものの、高い。この A l - N i 相をコアに含み、かつ A g 相をシェルに含む粉末は、導電性に優れる。

【0060】

A l - N i 相の韌性は、低い。この A l - N i 相がコアの主成分である粉末は、粉碎性に優れる。本発明に係る粉末を出発原料として、粉碎粉末が容易に得られうる。

【0061】

この A l - N i 相の密度は、小さい。この A l - N i 相を有する粉末は、軽量である。

【0062】

合金における A g の含有率は、1 a t % 以上 5 0 a t % 以下が好ましい。含有率が 1 a t % 以上である合金は、導電性に優れる。この観点から含有率は 3 a t % 以上が特に好ましい。含有率が 5 0 a t % 以下である合金では、イオンマイグレーションが生じにくい。さらに、含有率が 5 0 a t % 以下である合金は、低コストで得られうる。これらの観点から、含有率は 4 0 a t % 以下が特に好ましい。

【0063】

軽量及び低コストの観点から、合金における A l の含有率は 2 0 a t % 以上が好ましく、2 5 a t % 以上がより好ましく、3 0 a t % 以上が特に好ましい。合金が十分な A g 及び N i を含有しうるとの観点から、A l の含有率は 7 5 a t % 以下が好ましく、7 0 a t % 以下が特に好ましい。

【0064】

軽量及び低コストの観点から、合金における N i の含有率は 2 0 a t % 以上が好ましく、2 5 a t % 以上がより好ましく、3 0 a t % 以上が特に好ましい。合金が十分な A g 及び A l を含有しうるとの観点から、N i の含有率は 7 5 a t % 以下が好ましく、7 0 a t % 以下が特に好ましい。

【0065】

合金における N i の原子組成百分率 ( a t % ) と A l の原子組成百分率 ( a t % ) との比 ( N i / A l ) は、0 . 3 3 以上 1 . 6 7 以下が好ましい。比 ( N i / A l ) がこの範囲内である合金では、A g の単相が形成されやすく、かつその凝固点が A g の凝固点よりも低い金属間化合物が形成されにくい。この観点から、この比 ( N i / A l ) は 0 . 4 0

10

20

30

40

50

以上 1.50 以下が特に好ましい。

【0066】

合金が、融点の低い元素 X 2 を含んでもよい。この場合、好ましくは、合金は、

- (1) Al
- (2) Ni
- (3) Ag
- (4) 元素 X 2

及び

- (5) 不可避的不純物

のみを含む。

10

【0067】

粉末から成形体が形成されるとき、元素 X 2 の融点以上に加熱されれば、この元素 X 2 が溶融する。その後に凝固した元素 X 2 は、粒子の表面に優先的に存在する。粉末の電気伝導度は、粒子内部のバルク抵抗と、粒子同士の接触抵抗に、主として支配される。凝固した元素 X 2 は、粒子同士の密着性を高める。この元素 X 2 により、接触抵抗が低減される。この観点から、合金における元素 X 2 の量は 1 at % 以上が好ましく、2 at % 以上が特に好ましい。

【0068】

元素 X 2 の具体例として、Bi、Ga、Sn、In 及び Zn が例示される。これらの元素 X 2 は、導電性を阻害するおそれがある。さらに、Bi、Sn、In 及び Zn の密度は、Al - Ni 相の密度よりも大きい。導電性及び軽量の観点から、合金における元素 X 2 の量は 10 at % 以下が好ましく、5 at % 以下が特に好ましい。

20

【0069】

この実施形態でも、粉末の平均球形度は 0.80 以上が好ましい。平均球形度が 0.80 以上である粉末では、粒子がコア - シェル構造となりやすい。この観点から、平均球形度は 0.85 以上がより好ましく、0.90 以上が特に好ましい。理想的な平均球形度は、1.00 である。

【0070】

[粉末の製造方法]

導電フィラー用粉末は、アトマイズ工程を含む液体急冷プロセスによって製造されうる。このプロセスにより、容易かつ安価に粉末が製造されうる。好ましいアトマイズとして、水アトマイズ法、ガスアトマイズ法、ディスクアトマイズ法及びプラズマアトマイズ法が例示される。ガスアトマイズ法及びディスクアトマイズ法が、特に好ましい。

30

【0071】

以下、好ましいアトマイズの詳細が説明される。以下の記載において、アトマイズの条件は一例に過ぎない。条件は、用途等の事情に応じて適宜変更されうる。

【0072】

ガスアトマイズ法では、底部に細孔を有する石英坩堝の中に、原料が投入される。この原料が、アルゴンガス雰囲気中で、高周波誘導炉によって加熱され、溶融する。アルゴンガス雰囲気において、細孔から流出する原料に、アルゴンガスが噴射される。原料は急冷されて凝固し、粉末が得られる。噴射圧の調整により、凝固速度がコントロールされうる。噴射圧が大きいほど、凝固速度は大きい。凝固速度のコントロールにより、所望の粒度分布を有する粉末が得られうる。凝固速度が速いほど、粒度分布の幅は小さい。

40

【0073】

ディスクアトマイズ法では、底部に細孔を有する石英坩堝の中に、原料が投入される。この原料が、アルゴンガス雰囲気中で、高周波誘導炉によって加熱され、溶融する。アルゴンガス雰囲気において、細孔から流出する原料が、高速で回転するディスクの上に落とされる。回転速度は、40000 rpm から 60000 rpm である。ディスクによって原料は急冷され、凝固して、粉末が得られる。

【0074】

50

粉末の電気伝導度は、 $4700 \times 10^2 \text{ A V}^{-1} \text{ m}^{-1}$  以上が好ましく、 $7000 \times 10^2 \text{ A V}^{-1} \text{ m}^{-1}$  以上がより好ましく、 $10000 \times 10^2 \text{ A V}^{-1} \text{ m}^{-1}$  以上が特に好ましい。

#### 【0075】

粉末の電気伝導度の測定では、篩によって径が $45 \mu\text{m}$ を超える粒子が粉末から除去される。残余の粉末と絶縁性の熱硬化性樹脂(EPOXYT-F)が混合され、混合物が得られる。混合比は、1:1である。この混合物が、180°Cの温度下で加圧され、直径が25mmである円柱状のサンプルが成形される。抵抗測定器(三菱化学アリテック社製の低抵抗測定器「ロレスターGX」及びその測定プローブ)にて、このサンプルの電気伝導度が測定される。

10

#### 【実施例】

#### 【0076】

以下、実施例によって本発明の効果が明らかにされるが、この実施例の記載に基づいて本発明が限定的に解釈されるべきではない。

#### 【0077】

##### [Si含有合金]

表1-5に示された組成を有する実施例1-91及び比較例1-144の粉末を得た。各粉末は、表1-5に記載されていない不可避的不純物を含む。各粉末において生成されている相は、無作為に抽出された100個の粒子の断面を電子顕微鏡で観察することで特定した。表3-5において、本発明の発明特定事項を満たさない箇所に、下線が付されている。

20

#### 【0078】

##### [Al-Ni系合金]

表6及び7に示された組成を有する実施例92-120及び比較例145-190の粉末を得た。各粉末は、表6及び7に記載されていない不可避的不純物を含む。各粉末において生成されている相は、無作為に抽出された100個の粒子の断面を電子顕微鏡で観察することで特定した。表7において、本発明の発明特定事項を満たさない箇所に、下線が付されている。

30

#### 【0079】

##### [電気伝導度]

前述の方法にて、各粉末の電気伝導度を測定した。この結果が、下記の表1-7に示されている。

#### 【0080】

【表1】

表1 評価結果

	Si (at%)	元素X1 (at%)		Ag (at%)	X1/Si	Si相	Ag化合物相	製造 プロセス	平均 球形度	電気伝導度 $10^2 \times \text{AV}^{-1}\text{m}^{-1}$	
実施例1	66	Ni	33		1	0.50	無	無	G. A.	0.97	5620
実施例2	64	Ni	35		1	0.55	無	無	G. A.	0.99	6130
実施例3	59	Ni	40		1	0.68	無	無	G. A.	0.91	7200
実施例4	49	Ni	50		1	1.02	無	無	D. A.	0.95	7920
実施例5	39	Ni	60		1	1.54	無	無	G. A.	0.90	9360
実施例6	29	Ni	70		1	2.41	無	無	G. A.	0.89	4700
実施例7	64	Ni	33		3	0.52	無	無	G. A.	0.96	14400
実施例8	62	Ni	35		3	0.56	無	無	G. A.	0.81	18600
実施例9	57	Ni	40		3	0.70	無	無	G. A.	0.94	25200
実施例10	47	Ni	50		3	1.06	無	無	G. A.	0.84	22400
実施例11	37	Ni	60		3	1.62	無	無	G. A.	0.80	22700
実施例12	27	Ni	70		3	2.59	無	無	G. A.	0.97	11800
実施例13	60	Ni	30		10	0.50	無	無	G. A.	0.93	36000
実施例14	50	Ni	40		10	0.80	無	無	G. A.	0.94	44600
実施例15	40	Ni	50		10	1.25	無	無	D. A.	0.86	35200
実施例16	30	Ni	60		10	2.00	無	無	G. A.	0.94	32500
実施例17	25	Ni	65		10	2.60	無	無	G. A.	0.83	44600
実施例18	50	Ni	30		20	0.60	無	無	G. A.	0.85	33600
実施例19	40	Ni	40		20	1.00	無	無	G. A.	0.93	41800
実施例20	30	Ni	50		20	1.67	無	無	G. A.	0.83	34700
実施例21	20	Ni	60		20	3.00	無	無	D. A.	0.99	27400
実施例22	45	Ni	25		30	0.56	無	無	G. A.	0.92	67200
実施例23	30	Ni	40		30	1.33	無	無	G. A.	0.81	45400
実施例24	18	Ni	52		30	2.89	無	無	D. A.	0.82	49100
実施例25	40	Ni	20		40	0.50	無	無	G. A.	0.85	57600
実施例26	30	Ni	30		40	1.00	無	無	G. A.	0.90	74500
実施例27	20	Ni	40		40	2.00	無	無	G. A.	0.89	77000
実施例28	15	Ni	45		40	3.00	無	無	D. A.	0.91	61400
実施例29	30	Ni	20		50	0.67	無	無	G. A.	0.91	62100
実施例30	20	Ni	30		50	1.50	無	無	G. A.	0.87	70600
実施例31	15	Ni	35		50	2.33	無	無	G. A.	0.83	56000
実施例32	66	Ca	33		1	0.50	無	無	G. A.	0.88	9360
実施例33	64	Ca	35		1	0.55	無	無	G. A.	0.97	12200
実施例34	59	Ca	40		1	0.68	無	無	G. A.	0.95	6860
実施例35	54	Ca	45		1	0.83	無	無	G. A.	0.86	8320
実施例36	62	Ca	35		3	0.56	無	無	G. A.	0.83	16200
実施例37	57	Ca	40		3	0.70	無	無	G. A.	0.89	16200
実施例38	52	Ca	45		3	0.87	無	無	G. A.	0.98	18500
実施例39	60	Ca	30		10	0.50	無	無	G. A.	0.81	32100
実施例40	50	Ca	40		10	0.80	無	無	G. A.	0.96	52700
実施例41	45	Ca	45		10	1.00	無	無	G. A.	0.87	42900
実施例42	50	Ca	30		20	0.60	無	無	G. A.	0.93	39200
実施例43	45	Ca	35		20	0.78	無	無	G. A.	0.92	41000
実施例44	40	Ca	40		20	1.00	無	無	D. A.	0.90	39000
実施例45	45	Ca	25		30	0.56	無	無	D. A.	0.83	63400
実施例46	40	Ca	30		30	0.75	無	無	G. A.	0.98	48000
実施例47	35	Ca	35		30	1.00	無	無	G. A.	0.96	40900
実施例48	40	Ca	20		40	0.50	無	無	G. A.	0.96	55500
実施例49	30	Ca	30		40	1.00	無	無	G. A.	0.90	61100
実施例50	30	Ca	20		50	0.67	無	無	G. A.	0.84	86400

【0081】

【表2】

表2 評価結果

	Si (at%)	元素X1 (at%)		Ag (at%)	X1/Si	Si相	Ag化合物相	製造 J° 吨セ	平均 球形度	電気伝導度 $10^2 \times \text{AV}^{-1} \text{m}^{-1}$		
実施例51	25	Ca	25		50	1.00	無	無	G. A.	0.81	105000	
実施例52	64	Mn	35		1	0.55	無	無	G. A.	0.81	8400	
実施例53	59	Mn	40		1	0.68	無	無	G. A.	0.98	8960	
実施例54	49	Mn	50		1	1.02	無	無	G. A.	0.81	13000	
実施例55	39	Mn	60		1	1.54	無	無	D. A.	0.81	8820	
実施例56	29	Mn	70		1	2.41	無	無	G. A.	0.92	8400	
実施例57	19	Mn	80		1	4.21	無	無	G. A.	0.88	10500	
実施例58	62	Mn	35		3	0.56	無	無	G. A.	0.95	17000	
実施例59	47	Mn	50		3	1.06	無	無	G. A.	0.93	25100	
実施例60	37	Mn	60		3	1.62	無	無	G. A.	0.90	23800	
実施例61	27	Mn	70		3	2.59	無	無	G. A.	0.88	18300	
実施例62	19	Mn	78		3	4.11	無	無	G. A.	0.87	15200	
実施例63	55	Mn	35		10	0.64	無	無	G. A.	0.94	38200	
実施例64	50	Mn	40		10	0.80	無	無	G. A.	0.83	49400	
実施例65	40	Mn	50		10	1.25	無	無	G. A.	0.97	41800	
実施例66	30	Mn	60		10	2.00	無	無	D. A.	0.86	33400	
実施例67	20	Mn	70		10	3.50	無	無	G. A.	0.85	39600	
実施例68	50	Mn	30		20	0.60	無	無	G. A.	0.81	42200	
実施例69	40	Mn	40		20	1.00	無	無	G. A.	0.92	47300	
実施例70	30	Mn	50		20	1.67	無	無	G. A.	0.89	40900	
実施例71	20	Mn	60		20	3.00	無	無	G. A.	0.82	39800	
実施例72	15	Mn	65		20	4.33	無	無	G. A.	0.83	49000	
実施例73	45	Mn	25		30	0.56	無	無	G. A.	0.95	39200	
実施例74	40	Mn	30		30	0.75	無	無	D. A.	0.89	53100	
実施例75	30	Mn	40		30	1.33	無	無	G. A.	0.81	39700	
実施例76	20	Mn	50		30	2.50	無	無	G. A.	0.87	38200	
実施例77	15	Mn	55		30	3.67	無	無	G. A.	0.92	60800	
実施例78	30	Mn	30		40	1.00	無	無	G. A.	0.96	57300	
実施例79	20	Mn	40		40	2.00	無	無	G. A.	0.93	59200	
実施例80	15	Mn	45		40	3.00	無	無	D. A.	0.94	60500	
実施例81	30	Mn	20		50	0.67	無	無	D. A.	0.91	63000	
実施例82	20	Mn	30		50	1.50	無	無	G. A.	0.94	62400	
実施例83	10	Mn	40		50	4.00	無	無	G. A.	0.85	69300	
実施例84	55	Ni	25	Ca	10	10	0.64	無	無	G. A.	0.84	38100
実施例85	40	Ni	10	Cr	40	10	1.25	無	無	G. A.	0.81	37170
実施例86	40	Mn	25	Fe	25	10	1.25	無	無	G. A.	0.89	38900
実施例87	50	Cr	20	V	20	10	0.80	無	無	G. A.	0.86	39600
実施例88	50	Ti	20	Fe	20	10	0.80	無	無	G. A.	0.91	47000
実施例89	60	Ni	20	Ti	10	10	0.50	無	無	G. A.	0.88	39600
実施例90	60	Ni	10	Fe	20	10	0.50	無	無	G. A.	0.92	47000
実施例91	60	Mn	20	Fe	10	10	0.50	無	無	D. A.	0.98	37900

【0082】

10

20

30

40

【表3】

表3 評価結果

	Si (at%)	元素X1 (at%)		Ag (at%)	X1/Si	Si相	Ag化合物相	製造 プロセス	平均 球形度	電気伝導度 $10^2 \times \text{AV}^{-1}\text{m}^{-1}$
比較例1	90	Ni	10	0	0.11	有	無	G. A.	0.97	0.585
比較例2	80	Ni	20	0	0.25	有	無	G. A.	0.89	5.04
比較例3	67	Ni	33	0	0.49	無	無	G. A.	0.97	118
比較例4	65	Ni	35	0	0.54	無	無	G. A.	0.93	1390
比較例5	60	Ni	40	0	0.67	無	無	D. A.	0.83	2270
比較例6	50	Ni	50	0	1.00	無	無	G. A.	0.88	3330
比較例7	40	Ni	60	0	1.50	無	無	D. A.	0.92	3910
比較例8	30	Ni	70	0	2.33	無	無	G. A.	0.90	2910
比較例9	25	Ni	75	0	3.00	無	無	G. A.	0.94	3600
比較例10	20	Ni	80	0	4.00	無	無	G. A.	0.93	2900
比較例11	10	Ni	90	0	9.00	無	無	G. A.	0.99	3900
比較例12	89	Ni	10	1	0.11	有	無	G. A.	0.98	13
比較例13	79	Ni	20	1	0.25	有	無	G. A.	0.93	132
比較例14	24	Ni	75	1	3.13	無	有	G. A.	0.81	3920
比較例15	19	Ni	80	1	4.21	無	有	G. A.	0.94	3500
比較例16	9	Ni	90	1	10.00	無	有	D. A.	0.88	3800
比較例17	87	Ni	10	3	0.11	有	無	G. A.	0.82	314
比較例18	77	Ni	20	3	0.26	有	無	G. A.	0.93	1440
比較例19	22	Ni	75	3	3.41	無	有	D. A.	0.87	4930
比較例20	17	Ni	80	3	4.71	無	有	G. A.	0.95	5040
比較例21	7	Ni	90	3	12.86	無	有	G. A.	0.90	3650
比較例22	80	Ni	10	10	0.13	有	無	G. A.	0.91	2160
比較例23	70	Ni	20	10	0.29	有	無	D. A.	0.92	3960
比較例24	62	Ni	28	10	0.45	有	無	G. A.	0.83	4930
比較例25	22	Ni	68	10	3.09	無	有	G. A.	0.86	5980
比較例26	10	Ni	80	10	8.00	無	有	G. A.	0.96	3210
比較例27	0	Ni	90	10	—	無	有	D. A.	0.87	4420
比較例28	70	Ni	10	20	0.14	有	無	G. A.	0.98	1620
比較例29	60	Ni	20	20	0.33	有	無	G. A.	0.92	4100
比較例30	55	Ni	25	20	0.45	有	無	D. A.	0.88	2990
比較例31	17	Ni	63	20	3.71	無	有	G. A.	0.98	5400
比較例32	10	Ni	70	20	7.00	無	有	G. A.	0.80	3820
比較例33	60	Ni	10	30	0.17	有	無	D. A.	0.86	6120
比較例34	50	Ni	20	30	0.40	有	無	G. A.	0.85	4650
比較例35	17	Ni	53	30	3.12	無	有	D. A.	0.98	11800
比較例36	50	Ni	10	40	0.20	有	無	D. A.	0.83	10100
比較例37	42	Ni	18	40	0.43	有	無	D. A.	0.98	12600
比較例38	10	Ni	50	40	5.00	無	有	D. A.	0.93	20200
比較例39	40	Ni	10	50	0.25	有	無	G. A.	0.86	14000
比較例40	10	Ni	40	50	4.00	無	有	G. A.	0.93	18900
比較例41	90	Ca	10	0	0.11	有	無	G. A.	0.87	0.168
比較例42	80	Ca	20	0	0.25	有	無	D. A.	0.97	10.1
比較例43	67	Ca	33	0	0.49	有	無	G. A.	0.88	269
比較例44	65	Ca	35	0	0.54	無	無	D. A.	0.83	1850
比較例45	60	Ca	40	0	0.67	無	無	G. A.	0.92	2880
比較例46	50	Ca	50	0	1.00	無	無	G. A.	0.88	4650
比較例47	40	Ca	60	0	1.50	無	無	G. A.	0.82	3810
比較例48	30	Ca	70	0	2.33	無	無	G. A.	0.83	5440
比較例49	25	Ca	75	0	3.00	無	無	G. A.	0.87	3040
比較例50	20	Ca	80	0	4.00	無	無	G. A.	0.86	5100

【表4】

表4 評価結果

	Si (at%)	元素X1 (at%)		Ag (at%)	X1/Si	Si相	Ag化合物相	製造 方法	平均 球形度	電気伝導度 $10^2 \times \text{AV}^{-1}\text{m}^{-1}$
比較例51	10	Ca	90	0	9.00	無	無	G. A.	0.94	4500
比較例52	89	Ca	10	1	0.11	有	無	G. A.	0.92	28
比較例53	79	Ca	20	1	0.25	有	無	G. A.	0.84	346
比較例54	44	Ca	55	1	1.25	無	有	G. A.	0.99	4090
比較例55	39	Ca	60	1	1.54	無	有	G. A.	0.84	4370
比較例56	29	Ca	70	1	2.41	無	有	D. A.	0.91	4930
比較例57	19	Ca	80	1	4.21	無	有	G. A.	0.84	5300
比較例58	9	Ca	90	1	10.00	無	有	G. A.	0.81	5170
比較例59	87	Ca	10	3	0.11	有	無	G. A.	0.85	441
比較例60	77	Ca	20	3	0.26	有	無	G. A.	0.92	1320
比較例61	67	Ca	30	3	0.45	有	無	G. A.	0.99	2240
比較例62	47	Ca	50	3	1.06	無	有	G. A.	0.95	5600
比較例63	37	Ca	60	3	1.62	無	有	G. A.	0.94	7280
比較例64	27	Ca	70	3	2.59	無	有	D. A.	0.91	4930
比較例65	17	Ca	80	3	4.71	無	有	G. A.	0.93	4410
比較例66	7	Ca	90	3	12.86	無	有	G. A.	0.80	3250
比較例67	80	Ca	10	10	0.13	有	無	G. A.	0.92	2160
比較例68	70	Ca	20	10	0.29	有	無	G. A.	0.81	3960
比較例69	65	Ca	25	10	0.38	有	無	G. A.	0.82	5630
比較例70	40	Ca	50	10	1.25	無	有	G. A.	0.83	5830
比較例71	30	Ca	60	10	2.00	無	有	G. A.	0.99	4850
比較例72	20	Ca	70	10	3.50	無	有	D. A.	0.90	5230
比較例73	10	Ca	80	10	8.00	無	有	G. A.	0.98	2860
比較例74	70	Ca	10	20	0.14	有	無	G. A.	0.97	3380
比較例75	60	Ca	20	20	0.33	有	無	G. A.	0.94	1620
比較例76	55	Ca	25	20	0.45	有	無	G. A.	0.91	4620
比較例77	35	Ca	45	20	1.29	無	有	G. A.	0.81	10500
比較例78	30	Ca	50	20	1.67	無	有	G. A.	0.85	10800
比較例79	20	Ca	60	20	3.00	無	有	G. A.	0.81	4200
比較例80	10	Ca	70	20	7.00	無	有	G. A.	0.83	4910
比較例81	60	Ca	10	30	0.17	有	無	G. A.	0.87	5100
比較例82	50	Ca	20	30	0.40	有	無	G. A.	0.88	5120
比較例83	30	Ca	40	30	1.33	無	有	G. A.	0.93	10300
比較例84	20	Ca	50	30	2.50	無	有	G. A.	0.86	13000
比較例85	10	Ca	60	30	6.00	無	有	G. A.	0.88	14400
比較例86	50	Ca	10	40	0.20	有	無	G. A.	0.87	18900
比較例87	45	Ca	15	40	0.33	有	無	D. A.	0.95	11300
比較例88	25	Ca	35	40	1.40	無	有	G. A.	0.97	20800
比較例89	20	Ca	40	40	2.00	無	有	G. A.	0.91	19600
比較例90	10	Ca	50	40	5.00	無	有	D. A.	0.95	31700
比較例91	40	Ca	10	50	0.25	有	無	G. A.	0.99	36500
比較例92	35	Ca	15	50	0.43	有	無	G. A.	0.86	39600
比較例93	20	Ca	30	50	1.50	無	有	D. A.	0.87	29700
比較例94	10	Ca	40	50	4.00	無	有	G. A.	0.80	44600
比較例95	90	Mn	10	0	0.11	有	無	G. A.	0.92	15.8
比較例96	80	Mn	20	0	0.25	有	無	G. A.	0.91	126
比較例97	70	Mn	30	0	0.43	有	無	G. A.	0.86	201
比較例98	60	Mn	40	0	0.67	無	無	G. A.	0.96	2670
比較例99	50	Mn	50	0	1.00	無	無	G. A.	0.99	2520
比較例100	40	Mn	60	0	1.50	無	無	G. A.	0.85	5230

【表5】

表5 評価結果

	Si (at%)	元素X1 (at%)		Ag (at%)	X1/Si	Si相	Ag化合物相	製造 プロセス	平均 球形度	電気伝導度 $10^2 \times AV^{-1}m^{-1}$		
比較例101	30	Mn	70	0	2.33	無	無	G. A.	0.95	4350		
比較例102	20	Mn	80	0	4.00	無	無	G. A.	0.93	6890		
比較例103	10	Mn	90	0	9.00	無	無	G. A.	0.88	3970		
比較例104	89	Mn	10	1	0.11	有	無	G. A.	0.86	16.8		
比較例105	79	Mn	20	1	0.25	有	無	G. A.	0.84	284		
比較例106	69	Mn	30	1	0.43	有	無	G. A.	0.81	367		
比較例107	9	Mn	90	1	10.00	無	有	G. A.	0.86	3820		
比較例108	87	Mn	10	3	0.11	有	無	D. A.	0.82	729		
比較例109	77	Mn	20	3	0.26	有	無	G. A.	0.87	1510		
比較例110	67	Mn	30	3	0.45	有	無	G. A.	0.83	2080		
比較例111	17	Mn	80	3	4.71	無	有	G. A.	0.84	5360		
比較例112	7	Mn	90	3	12.86	無	有	G. A.	0.80	7370		
比較例113	80	Mn	10	10	0.13	有	無	G. A.	0.98	5880		
比較例114	70	Mn	20	10	0.29	有	無	G. A.	0.87	7350		
比較例115	60	Mn	30	10	0.50	有	無	D. A.	0.84	13000		
比較例116	15	Mn	75	10	5.00	無	有	G. A.	0.88	11300		
比較例117	10	Mn	80	10	8.00	無	有	D. A.	0.91	11100		
比較例118	70	Mn	10	20	0.14	有	無	G. A.	0.87	13700		
比較例119	60	Mn	20	20	0.33	有	無	G. A.	0.82	16600		
比較例120	55	Mn	25	20	0.45	有	無	G. A.	0.88	19800		
比較例121	10	Mn	70	20	7.00	無	有	D. A.	0.95	23800		
比較例122	60	Mn	10	30	0.17	有	無	G. A.	0.96	24600		
比較例123	50	Mn	20	30	0.40	有	無	G. A.	0.94	25200		
比較例124	10	Mn	60	30	6.00	無	有	G. A.	0.85	25800		
比較例125	50	Mn	10	40	0.20	有	無	G. A.	0.93	29500		
比較例126	45	Mn	15	40	0.33	有	無	G. A.	0.84	33900		
比較例127	40	Mn	20	40	0.50	有	無	G. A.	0.92	35200		
比較例128	10	Mn	50	40	5.00	無	有	G. A.	0.97	30800		
比較例129	40	Mn	10	50	0.25	有	無	G. A.	0.82	26000		
比較例130	35	Mn	15	50	0.43	有	無	G. A.	0.99	32800		
比較例131	5	Mn	45	50	9.00	無	有	G. A.	0.89	39600		
比較例132	15	Ni	40	Cr	35	10	5.00	無	有	G. A.	0.86	8190
比較例133	5	Ni	45	V	40	10	17.00	無	有	D. A.	0.88	13000
比較例134	35	Ni	10	Ca	45	10	1.57	無	有	G. A.	0.85	8800
比較例135	62	Mn	20	V	8	10	0.45	有	無	D. A.	0.84	9300
比較例136	16	Mn	37	Cr	37	10	4.63	無	有	G. A.	0.83	6340
比較例137	65	Cr	15	Ti	10	10	0.38	有	無	G. A.	0.84	9360
比較例138	65	Ti	20	Ca	5	10	0.38	有	無	D. A.	0.91	12800
比較例139	20	Ti	40	V	30	10	3.50	無	有	G. A.	0.94	11300
比較例140	10	Fe	40	Co	40	10	8.00	無	有	G. A.	0.87	14300
比較例141	30	Ni	60			10	2.00	無	無	W. A.	0.63	13100
比較例142	40	Ca	40			20	1.00	無	無	W. A.	0.65	12300
比較例143	20	Mn	60			20	3.00	無	無	W. A.	0.73	13800
比較例144	40	Ni	10	Cr	40	10	1.25	無	無	W. A.	0.66	15300

【0085】

【表6】

表6 評価結果

	Al (at%)	Ni (at%)	Ag (at%)	Ni/Al	Ag化合物 物相	アトマイズ法	平均 球形度	電気伝導度 $10^2 \times \text{AV}^{-1}\text{m}^{-1}$
実施例92	74	25	1	0.34	無	G. A.	0.85	12300
実施例93	69	30	1	0.43	無	G. A.	0.95	16200
実施例94	59	40	1	0.68	無	G. A.	0.97	13300
実施例95	49	50	1	1.02	無	D. A.	0.93	18400
実施例96	39	60	1	1.54	無	G. A.	0.98	15100
実施例97	72	25	3	0.35	無	G. A.	0.83	18400
実施例98	67	30	3	0.45	無	G. A.	0.84	19600
実施例99	57	40	3	0.70	無	D. A.	0.91	27900
実施例100	47	50	3	1.06	無	G. A.	0.91	31900
実施例101	37	60	3	1.62	無	G. A.	0.97	26400
実施例102	65	25	10	0.38	無	G. A.	0.82	40500
実施例103	60	30	10	0.50	無	D. A.	0.99	36800
実施例104	50	40	10	0.80	無	G. A.	0.92	32900
実施例105	40	50	10	1.25	無	G. A.	0.88	48000
実施例106	35	55	10	1.57	無	G. A.	0.94	38500
実施例107	60	20	20	0.33	無	G. A.	0.85	58500
実施例108	50	30	20	0.60	無	G. A.	0.93	61200
実施例109	40	40	20	1.00	無	G. A.	0.89	63000
実施例110	30	50	20	1.67	無	G. A.	0.85	58500
実施例111	50	20	30	0.40	無	G. A.	0.97	55300
実施例112	40	30	30	0.75	無	G. A.	0.87	81300
実施例113	30	40	30	1.33	無	D. A.	0.99	59500
実施例114	45	15	40	0.33	無	D. A.	0.92	72000
実施例115	40	20	40	0.50	無	G. A.	0.91	83700
実施例116	30	30	40	1.00	無	G. A.	0.86	87300
実施例117	25	35	40	1.40	無	G. A.	0.83	85500
実施例118	35	15	50	0.43	無	D. A.	0.94	88900
実施例119	30	20	50	0.67	無	G. A.	0.85	84000
実施例120	20	30	50	1.50	無	G. A.	0.84	69500

【0086】

10

20

30

【表7】

表7 評価結果

	Al (at%)	Ni (at%)	Ag (at%)	Ni/Al	Ag化合物相	アトマイズ法	平均球形度	電気伝導度 $10^2 \times \text{AV}^{-1}\text{m}^{-1}$
比較例145	90	10	0	0.11	無	G.A.	0.88	2420
比較例146	80	20	0	0.25	無	G.A.	0.98	2240
比較例147	75	25	0	0.33	無	G.A.	0.92	2970
比較例148	70	30	0	0.43	無	G.A.	0.98	2450
比較例149	60	40	0	0.67	無	D.A.	0.84	3200
比較例150	50	50	0	1.00	無	G.A.	0.86	3500
比較例151	40	60	0	1.50	無	D.A.	0.87	2800
比較例152	35	65	0	1.86	無	G.A.	0.88	4850
比較例153	30	70	0	2.33	無	G.A.	0.96	1750
比較例154	20	80	0	4.00	無	G.A.	0.95	2400
比較例155	10	90	0	9.00	無	D.A.	0.97	3150
比較例156	89	10	1	0.11	有	G.A.	0.98	4050
比較例157	79	20	1	0.25	有	D.A.	0.85	2800
比較例158	34	65	1	1.91	有	G.A.	0.87	2660
比較例159	29	70	1	2.41	有	G.A.	0.87	3850
比較例160	19	80	1	4.21	有	D.A.	0.94	7920
比較例161	9	90	1	10.00	有	G.A.	0.89	7890
比較例162	87	10	3	0.11	有	G.A.	0.82	700
比較例163	77	20	3	0.26	有	D.A.	0.84	2100
比較例164	32	65	3	2.03	有	G.A.	0.84	10800
比較例165	27	70	3	2.59	有	G.A.	0.91	11700
比較例166	17	80	3	4.71	有	G.A.	0.87	13500
比較例167	7	90	3	12.86	有	G.A.	0.99	7700
比較例168	80	10	10	0.13	有	D.A.	0.88	16200
比較例169	70	20	10	0.29	有	G.A.	0.93	12000
比較例170	30	60	10	2.00	有	D.A.	0.81	16800
比較例171	20	70	10	3.50	有	G.A.	0.98	15400
比較例172	10	80	10	8.00	有	G.A.	0.91	16100
比較例173	70	10	20	0.14	有	D.A.	0.97	21600
比較例174	65	15	20	0.23	有	D.A.	0.97	20000
比較例175	25	55	20	2.20	有	D.A.	0.80	19600
比較例176	20	60	20	3.00	有	G.A.	0.89	26100
比較例177	10	70	20	7.00	有	G.A.	0.97	17500
比較例178	60	10	30	0.17	有	G.A.	0.85	14700
比較例179	55	15	30	0.27	有	G.A.	0.80	19800
比較例180	25	45	30	1.80	有	G.A.	0.94	23100
比較例181	20	50	30	2.50	有	G.A.	0.99	28800
比較例182	10	60	30	6.00	有	G.A.	0.94	27200
比較例183	50	10	40	0.20	有	G.A.	0.98	28000
比較例184	20	40	40	2.00	有	D.A.	0.86	28700
比較例185	10	50	40	5.00	有	G.A.	0.93	29400
比較例186	40	10	50	0.25	有	G.A.	0.95	30100
比較例187	15	35	50	2.33	有	G.A.	0.80	32800
比較例188	10	40	50	4.00	有	D.A.	0.90	37800
比較例189	60	30	10	0.50	無	W.A.	0.60	12300
比較例190	30	50	20	1.67	無	W.A.	0.73	18500

表1-7における製造プロセスの詳細は、下記の通りである。

G . A . : ガスアトマイズ法

D . A . : ディスクアトマイズ法

W . A . : 水アトマイズ法

【0088】

表1-7に示される通り、各実施例の粉末の導電性は、優れている。一方、各比較例の粉末では、

- (1) Agを含有する
- (2) Si相を有さない
- (3) Agの金属間化合物を有さない
- (4) 平均球形度が高い

10

という4つの条件の内のいずれかを満たさない。

【0089】

以上の評価結果から、本発明の優位性は明かである。

【産業上の利用可能性】

【0090】

本発明に係る粉末は、導電性樹脂、導電性プラスチック、導電性ペースト、電子機器、電子部品等に用いられ得る。

## フロントページの続き

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
C 22 C 22/00	(2006.01)	C 22 C 22/00
C 22 C 27/06	(2006.01)	C 22 C 27/06
C 22 C 21/00	(2006.01)	C 22 C 21/00 A
B 22 F 1/00	(2006.01)	B 22 F 1/00 M
C 22 C 30/00	(2006.01)	B 22 F 1/00 N
C 22 C 35/00	(2006.01)	B 22 F 1/00 R
		C 22 C 30/00
		C 22 C 35/00

(74)代理人 100182523

弁理士 今村 由賀里

(74)代理人 100195590

弁理士 中尾 博臣

(72)発明者 前澤 文宏

兵庫県姫路市飾磨区中島字一文字3007番地 山陽特殊製鋼株式会社内

F ターム(参考) 4K018 BA03 BA04 BA07 BA08 BA13 BA20 BB03 BB04 BC12 BC22

BD04 KA33

5G307 AA02