

(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2007-129079

(P2007-129079A)

(43) 公開日 平成19年5月24日(2007.5.24)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 F 1/11 (2006.01)	HO 1 F 1/11 A	5E040
HO 1 F 1/06 (2006.01)	HO 1 F 1/06 A	5E062
HO 1 F 41/02 (2006.01)	HO 1 F 41/02 G	

審査請求 未請求 請求項の数 18 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2005-320707 (P2005-320707)	(71) 出願人	304028346 国立大学法人 香川大学 香川県高松市幸町1番1号
(22) 出願日	平成17年11月4日(2005.11.4)	(74) 代理人	100080539 弁理士 高木 義輝
		(72) 発明者	小川 一文 香川県高松市林町2217番地20 国立 大学法人香川大学工学部内
		Fターム(参考)	5E040 AA11 CA01 HB14 HB17 5E062 CF01 CG03

(54) 【発明の名称】 磁性微粒子とその製造方法およびそれらを用いた磁石とその製造方法

(57) 【要約】

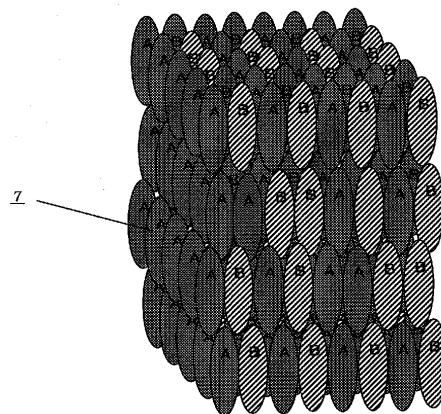
【課題】

従来の磁性微粒子を焼結した磁石では、高温で焼結するため磁性粒子の磁気特性が劣化して高性能な磁石は得られなかった。また、樹脂中に磁性微粒子分散固化したプラスチック磁石では、樹脂をバインダーにしているため弾力性は持っているが、磁化強度に優れた磁石は得られなかった。

【解決手段】

本発明は、第1の反応性を備えた磁性微粒子と第2の反応性を備えた磁性微粒子を混合し鋳型に入れて加圧加温反応させることにより、第1の有機薄膜で被われた磁性微粒子と第2の有機薄膜で被われた磁性微粒子が混合されて互いに前記有機薄膜を介して共有結合して固化成形されている磁石を提供する。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

表面に共有結合した有機薄膜で覆われていることを特徴とする磁性微粒子。

【請求項 2】

表面に共有結合した有機薄膜が一端に機能性官能基を含み他端で Si を介して粒子表面に共有結合する分子で構成されていることを特徴とする請求項 1 記載の磁性微粒子。

【請求項 3】

機能性官能基が反応性の官能基であることを特徴とする請求項 2 記載の磁性微粒子。

【請求項 4】

反応性の官能基が熱反応性、または光反応性、あるいはラジカル反応性、またはイオン反応性の官能基であることを特徴とする請求項 3 記載の磁性微粒子。 10

【請求項 5】

反応性の官能基がエポキシ基やイミノ基、あるいはカルコン基であることを特徴とする請求項 3 記載の磁性微粒子。

【請求項 6】

表面に共有結合した有機薄膜が単分子膜で構成されていることを特徴とする請求項 1 および 2 記載の磁性微粒子。

【請求項 7】

磁性微粒子を少なくともアルコキシシラン化合物とシラノール縮合触媒と非水系の有機溶媒を混合して作成した化学吸着液中に分散させてアルコキシシラン化合物と磁性微粒子表面を反応させる工程を含むことを特徴とする磁性微粒子の製造方法。 20

【請求項 8】

磁性微粒子を化学吸着液に分散させてアルコキシシラン化合物と磁性微粒子表面を反応させる工程の後、磁性微粒子表面を有機溶剤で洗浄して磁性微粒子表面に共有結合した単分子膜を形成することを特徴とする請求項 7 記載の磁性微粒子の製造方法。

【請求項 9】

シラノール縮合触媒の代わりに、ケチミン化合物、又は有機酸、アルジミン化合物、エナミン化合物、オキサゾリジン化合物、アミノアルキルアルコキシシラン化合物を用いることを特徴とする請求項 7 に記載の磁性微粒子の製造方法。

【請求項 10】

シラノール縮合触媒に助触媒としてケチミン化合物、または、有機酸、アルジミン化合物、エナミン化合物、オキサゾリジン化合物、アミノアルキルアルコキシシラン化合物から選ばれる少なくとも 1 つを混合して用いることを特徴とする請求項 7 に記載の磁性微粒子の製造方法。 30

【請求項 11】

第 1 の有機薄膜で被われた磁性微粒子と第 2 の有機薄膜で被われた磁性微粒子が混合されて互いに前記有機薄膜を介して共有結合して成形されていることを特徴とする磁石。

【請求項 12】

表面に共有結合した有機薄膜が一端に反応性の官能基を含み他端で Si を介して粒子表面に共有結合する分子で構成されていることを特徴とする請求項 11 記載の磁石。 40

【請求項 13】

反応性の官能基が熱反応性、または、光反応性、あるいはラジカル反応性またはイオン反応性の官能基であることを特徴とする請求項 12 記載の磁石。

【請求項 14】

反応性の官能基がエポキシ基やイミノ基、あるいは、カルコン基であることを特徴とする請求項 12 記載の磁石。

【請求項 15】

表面に共有結合した有機薄膜が単分子膜で構成されていることを特徴とする請求項 11 および 12 記載の磁石。

【請求項 16】

第1の反応性を備えた磁性微粒子と第2の反応性を備えた磁性微粒子を混合し鋳型に入れて加圧加温反応させる工程を含むことを特徴とする磁石の製造方法。

【請求項17】

鋳型に入れて加圧加温反応させる工程を磁場中で行うことを特徴とする請求項16に記載の磁石の製造方法。

【請求項18】

鋳型に入れる際、磁場中で超音波を印加しながら行うことを特徴とする請求項16及び17に記載の磁石の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、磁性微粒子とその製造方法およびそれらを用いた磁石とその製造方法に関するものである。さらに詳しくは、表面を安定化させるか、表面に熱反応性または光反応性、あるいはラジカル反応性またはイオン反応性を付与した磁性微粒子とその製造方法およびそれらを用いて作製した磁石とその製造方法に関するものである。

【0002】

本発明において、「磁性微粒子」には、磁性金属微粒子や磁性金属酸化物微粒子が含まれる。

【背景技術】

【0003】

20

従来から、磁性微粒子を焼結した磁石や、樹脂中に磁性微粒子分散固化したプラスチック磁石が数多く知られている。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、磁性微粒子を焼結した磁石では、高温で焼結するため磁性粒子の磁気特性が劣化して高性能な磁石は得られなかった。また、樹脂中に磁性微粒子分散固化したプラスチック磁石では、樹脂をバインダーにしているため弾力性は持っているが、磁化強度に優れた磁石は得られなかった。

【0005】

30

本発明は、磁性微粒子を固化した磁石でありながら、従来の焼結磁石に比べて、磁性微粒子の焼結温度を低くすると共にバインダーを用いずに固化することにより、より高性能な磁気特性を有する磁性微粒子固化磁石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】

前記課題を解決するための手段として提供される第一の発明は、表面に共有結合した有機薄膜で覆われていることを特徴とする磁性微粒子である。

【0007】

第二の発明は、第一の発明において、表面に共有結合した有機薄膜が一端に機能性官能基を含み他端でSiを介して粒子表面に共有結合する分子で構成されていることを特徴とする磁性微粒子である。

40

【0008】

第三の発明は、第二の発明において、機能性官能基が反応性の官能基であることを特徴とする磁性微粒子である。

【0009】

第四の発明は、反応性の官能基が熱反応性、または、光反応性、あるいはラジカル反応性またはイオン反応性の官能基であることを特徴とする磁性微粒子である。

【0010】

第五の発明は、第三の発明において、反応性の官能基がエポキシ基やイミノ基、あるいはカルコン基であることを特徴とする磁性微粒子である。

50

【0011】

第六の発明は、第二の発明において、表面に共有結合した有機薄膜が単分子膜で構成されていることを特徴とする磁性微粒子である。

【0012】

第七の発明は、磁性微粒子を少なくともアルコキシシラン化合物とシラノール縮合触媒と非水系の有機溶媒を混合して作成した化学吸着液中に分散させてアルコキシシラン化合物と磁性微粒子表面を反応させる工程を含むことを特徴とする磁性微粒子の製造方法である。

【0013】

第八の発明は、第七の発明において、磁性微粒子を化学吸着液に分散させてアルコキシシラン化合物と磁性微粒子表面を反応させる工程の後、磁性微粒子表面を有機溶剤で洗浄して磁性微粒子表面に共有結合した単分子膜を形成することを特徴とする磁性微粒子の製造方法である。

10

【0014】

第九の発明は、第七の発明において、シラノール縮合触媒の代わりに、ケチミン化合物、又は有機酸、アルジミン化合物、エナミン化合物、オキサゾリジン化合物、アミノアルキルアルコキシシラン化合物を用いることを特徴とする磁性微粒子の製造方法である。

【0015】

第十の発明は、第七の発明において、シラノール縮合触媒に助触媒としてケチミン化合物、又は有機酸、アルジミン化合物、エナミン化合物、オキサゾリジン化合物、アミノアルキルアルコキシシラン化合物から選ばれる少なくとも1つを混合して用いることを特徴とする磁性微粒子の製造方法である。

20

【0016】

第十一の発明は、第1の有機薄膜で被われた磁性微粒子と第2の有機薄膜で被われた磁性微粒子が混合されて互いに前記有機薄膜を介して共有結合して成形されていることを特徴とする磁石。

【0017】

第十二の発明は第十一の発明において、表面に共有結合した有機薄膜が一端に反応性の官能基を含み他端でSiを介して粒子表面に共有結合する分子で構成されていることを特徴とする磁石である。

30

【0018】

第十三の発明は、第十二の発明において、反応性の官能基が熱反応性または光反応性、あるいはラジカル反応性またはイオン反応性の官能基であることを特徴とする磁石である。

【0019】

第十四の発明は、第十二の発明において、反応性の官能基がエポキシ基やイミノ基、あるいはカルコン基であることを特徴とする磁石である。

【0020】

第十五の発明は、第十一の発明及び第十二の発明において、表面に共有結合した有機薄膜が単分子膜で構成されていることを特徴とする磁石である。

【0021】

第十六の発明は、第1の反応性を備えた磁性微粒子と第2の反応性を備えた磁性微粒子を混合し鑄型に入れて加圧加温反応させる工程を含むことを特徴とする磁石の製造方法である。

40

【0022】

第十七の発明は、第十六の発明において、鑄型に入れて加圧加温反応させる工程を磁場中で行うことを特徴とする磁石の製造方法である。

【0023】

第十八の発明は、第十六または第十七の発明において、鑄型に入れる際、磁場中で超音波を印加しながら行うことを特徴とする磁石の製造方法である。

以下これらの発明についての要旨を説明する。

50

【0024】

本発明は、磁性微粒子を少なくともアルコキシシラン化合物とシラノール縮合触媒と非水系の有機溶媒を混合して作成した化学吸着液中に分散させてアルコキシシラン化合物と磁性微粒子表面を反応させることにより、磁性微粒子表面に共有結合した分子で構成する有機薄膜を形成し、磁性微粒子本来の機能をほぼ保ったままで、表面に反応機能を付与した磁性微粒子を提供することを要旨とする。

【0025】

また、磁性微粒子を化学吸着液に分散させてアルコキシシラン化合物と磁性微粒子表面を反応させる工程の後、磁性微粒子表面を有機溶剤で洗浄して磁性微粒子表面に共有結合した単分子膜で被うことにより、磁性微粒子本来の形状と機能をほぼ完全に保ったままで反応機能を付与した磁性微粒子を提供することを要旨とする。

10

【0026】

このとき、シラノール縮合触媒の代わりに、ケチミン化合物、又は有機酸、アルジミン化合物、エナミン化合物、オキサゾリジン化合物、アミノアルキルアルコキシシラン化合物を用いることも可能である。一方、シラノール縮合触媒に助触媒としてケチミン化合物、又は有機酸、アルジミン化合物、エナミン化合物、オキサゾリジン化合物、アミノアルキルアルコキシシラン化合物から選ばれる少なくとも1つを混合して用いること反応時間を短縮できて都合がよい。

【0027】

また、表面に共有結合した有機薄膜が一端にエポキシ基やイミノ基、あるいはカルコン基等の熱反応性または光反応性、あるいは、ラジカル反応性、または、イオン反応性の官能基を含み他端でSiを介して粒子表面に共有結合する分子で構成されていると磁性微粒子の固化を速やかにできて都合がよい。

20

【0028】

また、表面に共有結合した有機薄膜を単分子膜で構成しておくこと、固化の際、磁性微粒子密度を高くする上で都合がよい。

【0029】

さらにまた、本発明は、第1の反応性を備えた磁性微粒子と第2の反応性を備えた磁性微粒子を混合し鑄型に入れて加圧加温反応させることにより、第1の有機薄膜で被われた磁性微粒子と第2の有機薄膜で被われた磁性微粒子が混合されて互いに前記有機薄膜を介して共有結合して固化成形されている磁石を提供することを要旨とする。

30

【0030】

このとき、第1の反応性を備えた磁性微粒子と第2の反応性を備えた磁性微粒子を混合し鑄型に入れて加圧加温反応させると成形が容易である。また、鑄型に入れて加圧加温反応させる際、磁場中で超音波を印加しながら行くと、磁石内での磁性微粒子の結晶方向を揃える上で都合がよい。

【0031】

一方、表面に共有結合した有機薄膜が一端に反応性の官能基を含み他端でSiを介して粒子表面に共有結合する分子で構成しておくこと、固化温度を低くできて都合がよい。

【0032】

また、反応性の官能基がエポキシ基やイミノ基、あるいは、カルコン基等の熱反応性または光反応性、あるいは、ラジカル反応性、または、イオン反応性の官能基であると固化の際収縮が少なく都合がよい。

40

さらに、表面に共有結合した有機薄膜を単分子膜で構成しておくこと、磁性微粒子密度を高くする上で都合がよい。

【発明の効果】

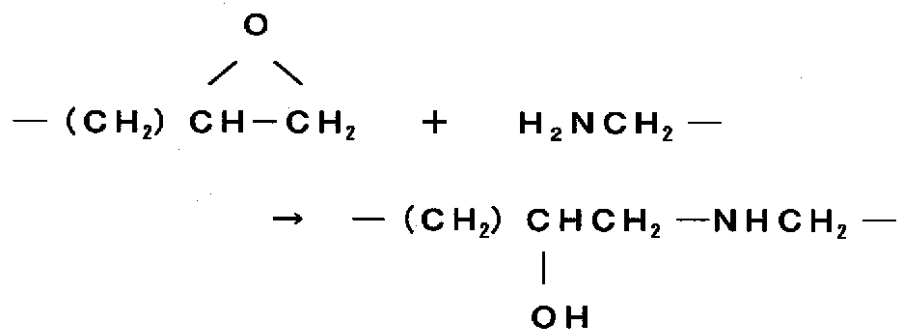
【0033】

本発明によれば、磁性微粒子を固化した磁石でありながら、従来の焼結磁石に比べてより高性能な磁気特性を有する磁性微粒子固化磁石を提供できる格別な効果がある。

【発明を実施するための最良の形態】

50

【化5】



10

【0049】

なお、金型中に入れる際、磁場中で超音波を当てながら充填すると、微粒子の配向が揃い磁気特性の優れたマグネタイト磁石7が得られることが確認できた。(図2)

【0050】

なお、上記実施例では、反応性基を含む化学吸着剤として式(化1)あるいは(化2)に示した物質を用いたが、上記のもの以外にも、下記(1)~(16)に示した物質が利用できた。

- (1) $(\text{CH}_2\text{OCH})\text{CH}_2\text{O}(\text{CH}_2)_7\text{Si}(\text{OCH}_3)_3$
- (2) $(\text{CH}_2\text{OCH})\text{CH}_2\text{O}(\text{CH}_2)_{11}\text{Si}(\text{OCH}_3)_3$
- (3) $(\text{CH}_2\text{CHOCH}(\text{CH}_2)_2)\text{CH}(\text{CH}_2)_2\text{Si}(\text{OCH}_3)_3$
- (4) $(\text{CH}_2\text{CHOCH}(\text{CH}_2)_2)\text{CH}(\text{CH}_2)_4\text{Si}(\text{OCH}_3)_3$
- (5) $(\text{CH}_2\text{CHOCH}(\text{CH}_2)_2)\text{CH}(\text{CH}_2)_6\text{Si}(\text{OCH}_3)_3$
- (6) $(\text{CH}_2\text{OCH})\text{CH}_2\text{O}(\text{CH}_2)_7\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_3$
- (7) $(\text{CH}_2\text{OCH})\text{CH}_2\text{O}(\text{CH}_2)_{11}\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_3$
- (8) $(\text{CH}_2\text{CHOCH}(\text{CH}_2)_2)\text{CH}(\text{CH}_2)_2\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_3$
- (9) $(\text{CH}_2\text{CHOCH}(\text{CH}_2)_2)\text{CH}(\text{CH}_2)_4\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_3$
- (10) $(\text{CH}_2\text{CHOCH}(\text{CH}_2)_2)\text{CH}(\text{CH}_2)_6\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_3$
- (11) $\text{H}_2\text{N}(\text{CH}_2)_5\text{Si}(\text{OCH}_3)_3$
- (12) $\text{H}_2\text{N}(\text{CH}_2)_7\text{Si}(\text{OCH}_3)_3$
- (13) $\text{H}_2\text{N}(\text{CH}_2)_9\text{Si}(\text{OCH}_3)_3$
- (14) $\text{H}_2\text{N}(\text{CH}_2)_5\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_3$
- (15) $\text{H}_2\text{N}(\text{CH}_2)_7\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_3$
- (16) $\text{H}_2\text{N}(\text{CH}_2)_9\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_3$

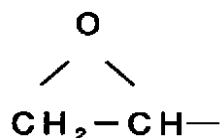
20

30

ここで、 (CH_2OCH) -基は、下記式(化6)で表される官能基を表し、 $(\text{CH}_2\text{CHOCH}(\text{CH}_2)_2)\text{CH}$ -基は、下記式(化7)で表される官能基を表す。

【0051】

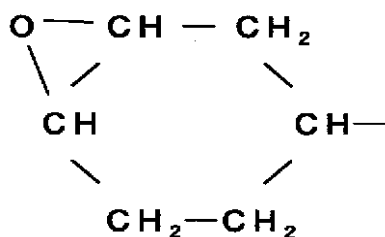
【化6】



40

【0052】

【化 7】



10

【0053】

なお、実施例 1 に置いて、シラノール縮合触媒には、カルボン酸金属塩、カルボン酸エステル金属塩、カルボン酸金属塩ポリマー、カルボン酸金属塩キレート、チタン酸エステル及びチタン酸エステルキレート類が利用可能である。さらに具体的には、酢酸第 1 錫、ジブチル錫ジラウレート、ジブチル錫ジオクテート、ジブチル錫ジアセテート、ジオクチル錫ジラウレート、ジオクチル錫ジオクテート、ジオクチル錫ジアセテート、ジオクタ酸第 1 錫、ナフテン酸鉛、ナフテン酸コバルト、2 - エチルヘキセン酸鉄、ジオクチル錫ビスオクチリチオグリコール酸エステル塩、ジオクチル錫マレイン酸エステル塩、ジブチル錫マレイン酸塩ポリマー、ジメチル錫メルカプトプロピオン酸塩ポリマー、ジブチル錫ビスアセチルアセテート、ジオクチル錫ビスアセチルラウレート、テトラブチルチタネート、

20

【0054】

また、膜形成溶液の溶媒として、水を含まない有機塩素系溶媒、炭化水素系溶媒、あるいはフッ化炭素系溶媒やシリコン系溶媒、あるいはそれら混合物を用いることが可能であった。なお、洗浄を行わず、溶媒を蒸発させて粒子濃度を上げようとする場合には、溶媒の沸点は 50 ~ 250 程度がよい。

さらに、吸着剤がアルコキシシラン系の場合で且つ溶媒を蒸発させて有機被膜を形成する場合には、前記溶媒に加え、メタノール、エタノール、プロパノール等のアルコール系溶媒、あるいはそれら混合物が使用できた。

30

【0055】

具体的に使用可能なものは、有機塩素系溶媒、非水系の石油ナフサ、ソルベントナフサ、石油エーテル、石油ベンジン、イソパラフィン、ノルマルパラフィン、デカリン、工業ガソリン、ノナン、デカン、灯油、ジメチルシリコン、フェニルシリコン、アルキル変性シリコン、ポリエーテルシリコン、ジメチルホルムアミド、あるいはそれら混合物等を挙げることができる。

【0056】

また、フッ化炭素系溶媒には、フロン系溶媒や、フロリナート(3M社製品)、アフルード(旭ガラス社製品)等がある。なお、これらは 1 種単独で用いても良いし、良く混ざるものなら 2 種以上を組み合わせてもよい。さらに、クロロホルム等有機塩素系の溶媒を添加しても良い。

40

【0057】

一方、上述のシラノール縮合触媒の代わりに、ケチミン化合物又は有機酸、アルジミン化合物、エナミン化合物、オキサゾリジン化合物、アミノアルキルアルコキシシラン化合物を用いた場合、同じ濃度でも処理時間を半分 ~ 2 / 3 程度まで短縮できた。

【0058】

さらに、シラノール縮合触媒とケチミン化合物、又は有機酸、アルジミン化合物、エナミン化合物、オキサゾリジン化合物、アミノアルキルアルコキシシラン化合物を混合(1 : 9 ~ 9 : 1 範囲で使用可能だが、通常 1 : 1 前後が好ましい。)して用いると、処理時間をさらに数倍早く(30分程度まで)でき、製膜時間を数分の一まで短縮できる。

50

【0059】

例えば、シラノール触媒であるジブチル錫オキサイドをケチミン化合物であるジャパンエポキシレジン社のH3に置き換え、その他の条件は同一にしてみたが、反応時間を1時間程度にまで短縮できた他は、ほぼ同様の結果が得られた。

【0060】

さらに、シラノール触媒を、ケチミン化合物であるジャパンエポキシレジン社のH3と、シラノール触媒であるジブチル錫ビスアセチルアセトネートの混合物（混合比は1：1）に置き換え、その他の条件は同一にしてみたが、反応時間を30分程度に短縮できた他は、ほぼ同様の結果が得られた。

【0061】

したがって、以上の結果から、ケチミン化合物や有機酸、アルジミン化合物、エナミン化合物、オキサゾリジン化合物、アミノアルキルアルコキシシラン化合物がシラノール縮合触媒より活性が高いことが明らかとなった。

【0062】

さらにまた、ケチミン化合物や有機酸、アルジミン化合物、エナミン化合物、オキサゾリジン化合物、アミノアルキルアルコキシシラン化合物の内の1つとシラノール縮合触媒を混合して用いると、さらに活性が高くなることが確認された。

【0063】

なお、ここで、利用できるケチミン化合物は特に限定されるものではないが、例えば、2, 5, 8 - トリアザ - 1, 8 - ノナジエン、3, 11 - ジメチル - 4, 7, 10 - トリアザ - 3, 10 - トリデカジエン、2, 10 - ジメチル - 3, 6, 9 - トリアザ - 2, 9 - ウンデカジエン、2, 4, 12, 14 - テトラメチル - 5, 8, 11 - トリアザ - 4, 11 - ペンタデカジエン、2, 4, 15, 17 - テトラメチル - 5, 8, 11, 14 - テトラアザ - 4, 14 - オクタデカジエン、2, 4, 20, 22 - テトラメチル - 5, 12, 19 - トリアザ - 4, 19 - トリエイコサジエン等がある。

【0064】

また、利用できる有機酸としても特に限定されるものではないが、例えば、ギ酸、あるいは酢酸、プロピオン酸、ラク酸、マロン酸等があり、ほぼ同様の効果があった。

【0065】

さらにまた、本発明で得られる磁石では、バインダーを含まないので、金属磁石並みの高性能な磁気特性を有する磁石を、比較的低温で金型に入れてプレスするだけで大量生産できる作用がある。

【産業上の利用可能性】

【0066】

また、上記実施例では、マグネタイト微粒子を例として説明したが、本発明は、表面に活性水素、すなわち水酸基の水素やアミノ基あるいはイミノ基の水素などを含んだ磁性微粒子で有れば、どのような磁性微粒子にでも適用可能である。

【0067】

具体的には、鉄、クロム、ニッケルやそれらの合金等よりなる磁性金属微粒子やフェライトやマグネタイト、酸化クロム等よりなる磁性金属酸化物微粒子等に適用可能である。

【図面の簡単な説明】

【0068】

【図1】本発明の実施例1における磁性微粒子の反応を分子レベルまで拡大した概念図であり、(a)は反応前の磁性微粒子表面の図、(b)は、エポキシ基を含む単分子膜が形成された後の図、(c)は、アミノ基を含む単分子膜が形成された後の図を示す。

【図2】本発明の実施例1における磁石を微粒子レベルまで拡大した概念図であり、エポキシ基を含む単分子膜が形成された磁性微粒子Aとアミノ基を含む単分子膜が形成された磁性微粒子Bを等量混合し、鋳型に入れて加熱反応させ固化後、着磁させた後の図を示す。

【符号の説明】

10

20

30

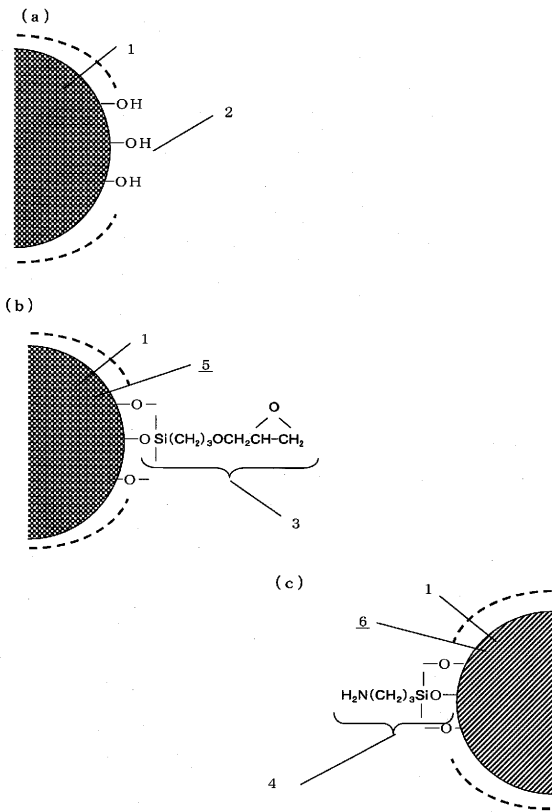
40

50

【 0 0 6 9 】

- 1 マグネタイト微粒子
- 2 水酸基
- 3 エポキシ基を含む単分子膜
- 4 アミノ基を含む単分子膜
- 5 エポキシ基を含む単分子膜で被覆されたマグネタイト微粒子
- 6 アミノ基を含む単分子膜で被覆されたマグネタイト微粒子
- 7 マグネタイト磁石

【 図 1 】



【 図 2 】

