

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2010 年 9 月 16 日(16.09.2010)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2010/103852 A1

- (51) 国際特許分類:
C08L 101/00 (2006.01) C08K 3/38 (2006.01)
C08K 3/22 (2006.01) H01F 27/32 (2006.01)
C08K 3/28 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/001784
- (22) 国際出願日: 2010 年 3 月 12 日(12.03.2010)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2009-060315 2009 年 3 月 12 日(12.03.2009) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 国立大学法人信州大学 (SHINSHU UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒3908621 長野県松本市旭 3 丁目 1 番 1 号 Nagano (JP). 東京精電株式会社 (TOKYO SEIDEN CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1680081 東京都杉並区宮前 4 丁目 2 番 2 1 号 Tokyo (JP). マイクロコーテック株式会社 (MICRO COATEC CO.,

LTD.) [JP/JP]; 〒6590026 兵庫県芦屋市西蔵町 4-1 4-4 0 2 Hyogo (JP).

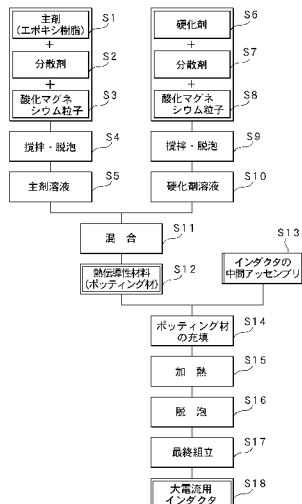
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 村上泰 (MURAKAMI, Yasushi) [JP/JP]; 〒3868567 長野県上田市常田 3-1 5-1 国立大学法人信州大学内 Nagano (JP). 細尾昇平 (HOSOO, Shohei) [JP/JP]; 〒3868567 長野県上田市常田 3-1 5-1 国立大学法人信州大学内 Nagano (JP). 竜野三千生 (TATSUNO, Michio) [JP/JP]; 〒3860155 長野県上田市蒼久保 1 2 1 6 東京精電株式会社内 Nagano (JP). 前島浩治 (MAEJIMA, Koji) [JP/JP]; 〒3860155 長野県上田市蒼久保 1 2 1 6 東京精電株式会社内 Nagano (JP). 池田健二 (IKEDA, Kenji) [JP/JP]; 〒3860155 長野県上田市蒼久保 1 2 1 6 東京精電株式会社内 Nagano (JP). 内藤壮介 (NAITO, So-suke) [JP/JP]; 〒6590026 兵庫県芦屋市西蔵町 4-1 4-4 0 2 マイクロコーテック株式会社内 Hyogo (JP).

[続葉有]

(54) Title: THERMALLY CONDUCTIVE MATERIAL, PROCESS FOR PRODUCING SAME, AND INDUCTOR FOR HIGH CURRENT

(54) 発明の名称: 熱伝導性材料及びその製造方法並びに大電流用インダクタ

[図1]



S1 MAIN INGREDIENT (EPOXY RESIN)
S2 DISPERSANT
S3 MAGNESIUM OXIDE PARTICLES
S4 STIRRING/DEFOAMING
S5 MAIN-INGREDIENT SOLUTION
S6 HARDENER
S7 DISPERSANT
S8 MAGNESIUM OXIDE PARTICLES
S9 STIRRING/DEFOAMING
S10 HARDENER SOLUTION
S11 MIXING
S12 THERMALLY CONDUCTIVE MATERIAL (POTTING MATERIAL)
S13 INTERMEDIATE INDUCTOR ASSEMBLY
S14 FILLING OF POTTING MATERIAL
S15 HEATING
S16 DEFOAMING
S17 FINAL ASSEMBLING
S18 INDUCTOR FOR HIGH CURRENT

(57) Abstract: A material having a composition which comprises a thermosetting resin binder, a dispersant incorporated therein in an amount in the range of 1-180 wt. % per 100 wt.% the thermosetting resin binder, and a thermally conductive filler evenly dispersed therein in an amount in the range of 350-2,000 wt.% per 100 wt.% the thermosetting resin binder, the filler having a particle diameter in the range of 0.1-100 μm , and which makes the material at least have a thermal conductivity of 3.5 W/(m·K) or higher and a viscosity at 60°C or lower of 0.2-100 Pa·s.

(57) 要約: 熱硬化性樹脂バインダーに、当該熱硬化性樹脂バインダー100 [wt %] に対して、1~180 [wt %] の範囲で選定した分散剤を配合するとともに、当該熱硬化性樹脂バインダー100 [wt %] に対して、350~2000 [wt %] の範囲であって粒径を0.1~100 [μm] の範囲で選定した熱伝導性フィラーが均一分散し、少なくとも、熱伝導率が3.5 [W/(m·K)] 以上、かつ粘度が温度60 [°C] 以下で0.2~100 [Pa·s] となる組成を有する。



(74) 代理人: 下田茂(SHIMODA, Shigeru); 〒3800813 長野県長野市緑町 1 3 9 3 - 3 富士火災長野ビル5階 Nagano (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：

熱伝導性材料及びその製造方法並びに大電流用インダクタ

技術分野

[0001] 本発明は、熱硬化性樹脂バインダーに熱伝導性フィラーを混合した熱伝導性材料及びその製造方法並びに熱伝導性材料を利用した大電流用インダクタに関する。

背景技術

[0002] 一般に、ハイブリッド自動車や燃料電池自動車等には、大電流を流すことができる大電流用インダクタを搭載しており、このような大電流用インダクタとしては特許文献１で開示されるリアクトル装置が知られている。ところで、この種の大電流用インダクタ（リアクトル装置）は、鉄心とこの鉄心に巻回したコイルをパッケージに收容し、さらに、ポッティング材を充填して保護するため、特に、ポッティング材には大電流が流れるコイルからの発熱を外部に逃がすための十分な熱伝導性及び放熱性が要求される。

[0003] このため、従来より、バインダーに熱伝導性フィラーを混合し、電気部品の発熱を効率的に伝導及び放熱させるための熱伝導性材料も知られており、特許文献２には、流動性を有するゴムに熱伝導フィラーを充填し、混練・成形してなる熱伝導シートであって、熱伝導フィラーとして、平均粒径 $50 \sim 100 \mu\text{m}$ のものと平均粒径 $10 \mu\text{m}$ 以下のものとを、重量比 $1 : 1 \sim 3 : 1$ の割合で混合した熱伝導シートが開示され、また、特許文献３には、 $40 \sim 100^\circ\text{C}$ に融点を有するワックス及び／又はパラフィン、 $40 \sim 100^\circ\text{C}$ で軟化する熱可塑性樹脂、球形度 0.78 以上で且つ平均粒径が $3 \mu\text{m}$ 以上の球状アルミナを混合してなる高熱伝導性組成物が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献１：特開 $2004-193398$ 号公報

特許文献2：特開2001-139733号公報

特許文献3：特開2002-003830号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0005] しかし、上述したバインダーに熱伝導性フィラーを混合する従来の熱伝導性材料は、次のような問題点があった。

[0006] 第一に、電子部品（電気部品）の表面とヒートシンク間に介在させて使用するなど、熱伝導性材料の使用法や用途が特化される傾向があるため、他の電子部品等に適用した場合、必ずしもベストマッチングにならない難点がある。例えば、大電流用インダクタのように、微小隙間が多い部品の場合には、未充填の隙間が生じる虞れもあり、この場合には熱伝導効率及び放熱効率の低下を招いてしまう。

[0007] 第二に、微小隙間への充填性を高めるため、熱伝導性材料に流動性を持たせた場合、バインダーと熱伝導性フィラーを混合攪拌する際にシェアをかけるにくくなる。即ち、混練しにくくなるため、バインダーに対して熱伝導性フィラーを高密度で混合させ、かつ均一分散させることが難しくなる。結局、この場合も熱伝導効率及び放熱効率の低下を招くとともに、熱伝導性材料自身の品質（均質化）低下を招きやすい。

[0008] 本発明は、このような背景技術に存在する課題を解決した熱伝導性材料及びその製造方法並びに大電流用インダクタの提供を目的とするものである。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明に係る熱伝導性材料R i は、上述した課題を解決するため、熱硬化性樹脂バインダーに熱伝導性フィラーを混合した熱伝導性材料において、熱硬化性樹脂バインダーに、熱硬化性樹脂バインダー100〔wt%〕に対して、1～180〔wt%〕の範囲で選定した分散剤を配合するとともに、当該熱硬化性樹脂バインダー100〔wt%〕に対して、350～2000〔wt%〕の範囲であって粒径を0.1～100〔μm〕の範囲で選定した熱伝導性フィラーが均一分散し、少なくとも、熱伝導率が3.5〔W/(m・

K)] 以上、かつ粘度が温度 60 [°C] 以下で 0.2 ~ 100 [Pa · s] となる組成を有することを特徴とする。

[0010] また、本発明に係る熱伝導性材料の製造方法は、熱硬化性樹脂バインダーに熱伝導性フィラーを配合して熱伝導性材料 R i を製造するに際し、熱硬化性樹脂バインダーに、当該熱硬化性樹脂バインダー 100 [wt %] に対して、1 ~ 180 [wt %] の範囲で選定した分散剤を配合するとともに、熱硬化性樹脂バインダー 100 [wt %] に対して、350 ~ 2000 [wt %] の範囲であって粒径を 0.1 ~ 100 [μm] の範囲で選定した熱伝導性フィラーを混合し、攪拌することにより熱伝導性フィラーを均一分散させ、少なくとも、熱伝導率が 3.5 [W / (m · K)] 以上、かつ粘度が温度 60 [°C] 以下で 0.2 ~ 100 [Pa · s] となる組成を得るようにしたことを特徴とする。

[0011] さらに、本発明に係る大電流用インダクタ 1 は、縦形の平角導線を巻回した一又は二以上のコイル 2 と、このコイル 2 に装填するコア 3 と、このコア 3 を装填したコイル 2 を収容し、かつ熱伝導性素材により形成したパッケージ 4 とを備えるインダクタにおいて、熱硬化性樹脂バインダーに、熱硬化性樹脂バインダー 100 [wt %] に対して、1 ~ 180 [wt %] の範囲で選定した分散剤を配合するとともに、当該熱硬化性樹脂バインダー 100 [wt %] に対して、350 ~ 2000 [wt %] の範囲であって粒径を 0.1 ~ 100 [μm] の範囲で選定した熱伝導性フィラーが均一分散し、少なくとも、熱伝導率が 3.5 [W / (m · K)] 以上、かつ粘度が温度 60 [°C] 以下で 0.2 ~ 100 [Pa · s] となる組成を有する熱伝導性材料 R i を、パッケージ 4 の内部にポッティング材 5 として充填してなることを特徴とする。

[0012] 一方、本発明は、その好適な態様により、熱伝導性材料 R i における熱硬化性樹脂バインダーには、少なくとも、粘度を 0.01 ~ 1 [Pa · s] の範囲で選定したエポキシ系樹脂を含ませることができる。なお、この熱硬化性樹脂バインダーには、一液を用いる樹脂バインダー又は少なくとも主剤と

硬化剤を含む二液以上を用いる樹脂バインダーを含ませることができる。また、熱伝導性フィラーには、電気絶縁性を持たせることができる。したがって、この熱伝導性フィラーには、少なくとも、酸化マグネシウム、酸化アルミニウム、酸化ケイ素、窒化アルミニウム、窒化ホウ素、の一つ又は二つ以上を用いた単一材又は複合材を含ませることができるとともに、単一の粒径又は複数の異なる粒径を含ませることができる。他方、大電流用インダクタ 1 におけるコイル 2 には、シート材により連続形成したコイルパターンプレート A s を順次折り畳んで製作したコイルを用いることができる。また、コイル 2、コア 3、パッケージ 4、の一又は二以上の表面の一部又は全部には、少なくとも樹脂バインダーに、当該樹脂バインダー 100 [wt %] に対して、0.01～50 [wt %] の範囲で選定した分散剤を配合するとともに、樹脂バインダー 100 [wt %] に対して、100～600 [wt %] の範囲であって粒径を 0.1～20 [μ m] の範囲で選定した熱伝導性フィラーが均一分散し、少なくとも、絶縁破壊強さが 14 [kV/mm]（ただし、10 [kHz]、遮断電流 10 [mA]）以上、かつ粘度が 0.05～3 [Pa·s] となる組成を有する放熱性絶縁材料 R c を、コーティング剤 6 としてコーティングすることができる。なお、この樹脂バインダーには、シリコン系樹脂バインダーを用いることが望ましい。

発明の効果

[0013] このような本発明に係る熱伝導性材料 R i 及びその製造方法並びに大電流用インダクタ 1 によれば、次のような顕著な効果を奏する。

[0014] (1) 熱伝導性材料 R i は、熱硬化性樹脂バインダーに、当該熱硬化性樹脂バインダー 100 [wt %] に対して、1～180 [wt %] の範囲で選定した分散剤を配合するとともに、当該熱硬化性樹脂バインダー 100 [wt %] に対して、350～2000 [wt %] の範囲であって粒径を 0.1～100 [μ m] の範囲で選定した熱伝導性フィラーが均一分散し、少なくとも、熱伝導率が 3.5 [W/(m·K)] 以上、かつ粘度が温度 60 [°C] 以下で 0.2～100 [Pa·s] となる組成を有するため、例えば、

微小隙間が多い部品の場合であっても未充填の隙間が生じる虞れがなく、熱伝導効率及び放熱効率の向上を図ることができるとともに、汎用性を高めることができ、加えて熱伝導性材料 R i の品質（均質化）向上にも寄与できる。

- [0015] (2) 大電流用インダクタ 1 は、縦形の平角導線を巻回した一又は二以上のコイル 2 と、このコイル 2 に装填するコア 3 と、このコア 3 を装填したコイル 2 を收容し、かつ熱伝導性素材により形成したパッケージ 4 とを備え、このパッケージ 4 の内部に熱伝導性材料 R i をポッティング材 5 として充填したため、コイル 2（コア 3）とパッケージ 4 間の熱伝導性能をより高めることができるとともに、コイル 2 に対する保護性能及び大電流用インダクタ 1 の耐久性をより高めることができる。
- [0016] (3) 好適な態様により、熱硬化性樹脂バインダーに、少なくとも、粘度を $0.01 \sim 1$ [Pa・s] の範囲で選定したエポキシ系樹脂を用いれば、低粘度のエポキシ系樹脂に熱伝導性フィラーを混合させるため、熱伝導性フィラーの均一分散をより最適化させることができる。
- [0017] (4) 好適な態様により、熱伝導性フィラーに、電気絶縁性を持たせれば、電子部品（電気部品）にとって、より望ましいコーティング剤或いはポッティング材を得ることができる。
- [0018] (5) 好適な態様により、熱伝導性フィラーに、少なくとも、酸化マグネシウム、酸化アルミニウム、酸化ケイ素、窒化アルミニウム、窒化ホウ素、の一つ又は二つ以上を含む単一材又は複合材を用いれば、良好な熱伝導性及び放熱性を確保する観点から、より大きなパフォーマンスを得ることができる。
- [0019] (6) 好適な態様により、複数の異なる粒径を有する熱伝導性フィラーを用いれば、熱硬化性樹脂バインダーに対して熱伝導性フィラーを高密度で均一分散させるに際し、異なる粒径の混在により、熱伝導性（放熱性）を高める観点から、より最適化を図ることができる。
- [0020] (7) 好適な態様により、熱硬化性樹脂バインダーに、一液を用いる樹

脂バインダー又は少なくとも主剤と硬化剤を含む二液以上を用いる樹脂バインダーを含ませれば、熱伝導性材料R_iを製造するに際し、製造時の反応性及び取扱性等をより柔軟化させることができる。

[0021] (8) 好適な態様により、大電流用インダクタ1のコイル2に、シート材により連続形成したコイルパターンプレートA_sを順次折り畳んで製作したコイルを用いれば、製造プロセスの簡易化及び単純化、更には、これに伴う製造工数の削減を図れるため、大電流用インダクタ1に係わる量産性の向上及び低コスト性の向上を実現できる。また、コイル2の角部を直角にできるため、大電流用インダクタ1の更なる偏平化により熱伝導性及び熱放射性をより高めることができる。

[0022] (9) 好適な態様により、樹脂バインダーに、当該樹脂バインダー100[w t %]に対して、0.01~50[w t %]の範囲で選定した分散剤を配合するとともに、樹脂バインダー100[w t %]に対して、100~600[w t %]の範囲であって粒径を0.1~20[μm]の範囲で選定した熱伝導性フィラーが均一分散し、少なくとも、絶縁破壊強さが14[kV/mm]（ただし、10[kHz]，遮断電流10[mA]）以上、かつ粘度が0.05~3[Pa・s]となる組成を有する放熱性絶縁材料R_cを、コイル2，コア3，パッケージ4、の一又は二以上の表面の一部又は全部にコーティング剤6としてコーティングすれば、コイル2，コア3及びパッケージ4に対して、所定の厚さを有する放熱性絶縁材料R_cのコーティング層を容易かつ確実に設けることができるとともに、コイル2，コア3及びパッケージ4自身の熱伝導性及び放熱性をより高めることができる。この際、樹脂バインダーに、シリコン系樹脂バインダーを用いれば、コイル2，コア3及びパッケージ4自身の熱伝導性及び放熱性を高める観点からより望ましいパフォーマンスを得ることができる。

図面の簡単な説明

[0023] [図1]本発明の最良実施形態に係る熱伝導性材料の製造工程図、
[図2]本発明の最良実施形態に係る大電流用インダクタに用いる放熱性絶縁材

料の製造工程図、

[図3] 同大電流用インダクタに用いるコイルの原理構成を示す斜視図、

[図4] 同大電流用インダクタの中間アッセンブリの平面図、

[図5] 同大電流用インダクタの正面断面図、

[図6] 同熱伝導性材料に用いる原料の温度に対する粘度特性図、

[図7] 同大電流用インダクタに用いる放熱性絶縁材料の加熱時間に対する質量減少率特性図、

[図8] 同放熱性絶縁材料の加熱時間に対する絶縁破壊強さ特性図、

[図9] 同大電流用インダクタの作動時間に対する上昇温度特性図、

[図10] 本発明の変更実施形態に係る熱伝導性材料の一部を示す製造工程図、

[図11] 同熱伝導性材料に用いるフィラー充填率対熱伝導率特性図、

[図12] 同熱伝導性材料の実施例及び市販品の温度対粘度特性図、

[図13] 同熱伝導性材料の実施例及び市販品の評価試験結果表、

[図14] 同熱伝導性材料を大電流用インダクタに用いた際の作動時間に対する上昇温度特性図、

符号の説明

[0024] 1 : 大電流用インダクタ, 2 : コイル, 3 : コア, 4 : パッケージ, 5 : ポッティング材, 6 : コーティング剤, R_i : 熱伝導性材料, R_c : 放熱性絶縁材料, A_s : コイルパターンプレート

発明を実施するための最良の形態

[0025] 次に、本発明に係る最良実施形態を挙げ、図面に基づき詳細に説明する。

[0026] 最初に、本実施形態に係る熱伝導性材料R_i及びその製造方法について、図1に示す製造工程図、図6を参照して説明する。

[0027] 熱伝導性材料R_iは、基本的に、熱硬化性樹脂バインダーに、当該熱硬化性樹脂バインダー100〔wt%〕に対して、1～180〔wt%〕の範囲で選定した分散剤を配合するとともに、当該熱硬化性樹脂バインダー100〔wt%〕に対して、350～2000〔wt%〕の範囲であって粒径を0.1～100〔μm〕の範囲で選定した熱伝導性フィラーが均一分散した組

成を有している。したがって、熱伝導性材料 R i を製造するに際しては、原料となる熱硬化性樹脂バインダー、分散剤及び熱伝導性フィラーを用意する。

[0028] 熱硬化性樹脂バインダーには、有機材料となる耐熱性の比較的高いエポキシ樹脂、特に、主剤と硬化剤（二液混合の加熱硬化型）からなるエポキシ樹脂を使用する。なお、硬化剤には、酸無水物、ポリアミン、イミダゾール等の各種硬化剤を用いることができる。このような主剤と硬化剤からなるエポキシ樹脂を用いれば、熱伝導性材料 R i を製造するに際し、製造時の反応性及び取扱性等をより柔軟化させることができる。主剤及び硬化剤は、いずれも粘度を 0.01 ~ 1 [Pa・s] の範囲で選定した低粘度のエポキシ樹脂を使用する。これにより、比較的低粘度のエポキシ樹脂に対して後述する熱伝導性フィラーを混合させることができるため、熱伝導性フィラーの均一分散をより最適化させることができる。図 6 は、温度 [°C] と原料（主剤と硬化剤）の粘度 [Pa・s] の関係を示しており、同図中、M i m が本実施形態で用いる主剤（エポキシ樹脂）の特性、M i h が本実施形態で用いる硬化剤の特性を示す。なお、図 6 中、M a m と M a h は市販されている一般的な主剤（エポキシ樹脂）と硬化剤の特性、M b m と M b h は市販されている他の一般的な主剤（エポキシ樹脂）と硬化剤の特性であり、それぞれ比較例として示す。いずれも大電流用インダクタのポッティング材に用いる熱伝導性材料としては十分といえない。なお、熱硬化性樹脂バインダーとしては、エポキシ樹脂が望ましいが、その他、耐熱性が必要な場合には、シリコーン系樹脂が使用可能であるとともに、耐熱性を必要としない場合には、ウレタン系樹脂、フェノール樹脂、メラミン樹脂、ユリア樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、アルキド樹脂、熱硬化性ポリイミド樹脂なども使用可能である。

[0029] 分散剤は、主剤又は硬化剤の 100 [wt %] に対して、1 ~ 180 [wt %] の範囲で選定する。この場合、分散剤には公知の各種分散剤を使用することが可能であり、特定の分散剤には限定されない。主剤又は硬化剤に対して適量の分散剤を配合すれば、主剤又は硬化剤に後述する高密度の熱伝導

性フィラーを混合した場合であっても良好な分散性を実現することが可能となり、主剤又は硬化剤に対する熱伝導性フィラーの高密度化をより均一化することができる。

[0030] 熱伝導性フィラーには、酸化マグネシウムの単一材を使用する。酸化マグネシウムは、コストメリットに優れるとともに、熱伝導性が高く、電気絶縁性を有している。電気絶縁性を持たせることにより、電子部品（電気部品）にとって、より望ましいコーティング剤或いはポッティング材を得ることができる。また、熱伝導性フィラーとして用いる酸化マグネシウム粒子は、主剤又は硬化剤の100〔wt%〕に対して、350～2000〔wt%〕の範囲で選定する。さらに、酸化マグネシウム粒子の粒径は、0.1～100〔 μm 〕の範囲で選定し、特に、複数の異なる粒径を含ませることが望ましい。本実施形態では、5～100〔 μm 〕程度の大粒フィラー、0.5～20〔 μm 〕程度の中粒フィラー、0.1～10〔 μm 〕程度の小粒フィラーを混在させた。勿論、粒径が0.1～100〔 μm 〕の範囲であれば、単一の粒径であってもよい。その他、酸化マグネシウム粒子の代わりとしては、窒化アルミニウム粒子又は窒化ホウ素粒子の単一材、或いは酸化アルミニウム粒子又は酸化ケイ素粒子を用いてもよいし、酸化マグネシウム粒子、窒化アルミニウム粒子、窒化ホウ素粒子、酸化アルミニウム粒子、酸化ケイ素粒子の二つ以上を含む複合材を用いてもよい。このように、熱伝導性フィラーに、少なくとも、酸化マグネシウム、窒化アルミニウム、窒化ホウ素、酸化アルミニウム、酸化ケイ素の一つ又は二つ以上を含む単一材又は複合材を用いれば、良好な熱伝導性及び放熱性を確保する観点から、より大きなパフォーマンスを得ることができるとともに、複数の異なる粒径を有するフィラーを選定すれば、バインダーとなる主剤又は硬化剤に対して各フィラーを高密度で均一分散させるに際し、異なる粒径の混在により、熱伝導性（放熱性）を高める観点からより最適化させることができる。なお、熱伝導性フィラーは、用途によって、電気絶縁性及び熱伝導性が確保される窒化ケイ素、酸化チタン、酸化ジルコニウム、酸化スズ、酸化亜鉛、炭化ケイ素等の他の各種

セラミックス粒子も使用可能である。

[0031] 次に、具体的な製造手順について説明する。まず、主剤と硬化剤を混合するに先だち、予め主剤溶液と硬化剤溶液を別々に製造する。主剤溶液の製造に際しては、最初に、用意した主剤（エポキシ樹脂）に対して、用意した分散剤を配合する（工程 S 1, S 2）。次いで、用意した酸化マグネシウム粒子（熱伝導性フィラー）を混合する（工程 S 2, S 3）。そして、得られた混合溶液は、攪拌装置により十分に攪拌するとともに、脱泡装置により十分な脱泡を行う（工程 S 4）。これにより、エポキシ樹脂（主剤）に対して高密度の酸化マグネシウム粒子が均一分散する主剤溶液を得ることができる（工程 S 5）。同様に、硬化剤溶液の製造に際しては、最初に、用意した硬化剤に対して、用意した分散剤を配合する（工程 S 6, S 7）。次いで、用意した酸化マグネシウム粒子を混合する（工程 S 7, S 8）。そして、得られた混合溶液は、攪拌装置により十分に攪拌するとともに、脱泡装置により十分な脱泡を行う（工程 S 9）。これにより、硬化剤に対して高密度の酸化マグネシウム粒子が均一分散する硬化剤溶液を得ることができる（工程 S 10）。

[0032] 次いで、得られた主剤溶液と硬化剤溶液を適度に攪拌しながら混合する（工程 S 5, S 10, S 11）。これにより、全体の粘度が $0.2 \sim 100$ [Pa · s] となる目的の熱伝導性材料 R i を得ることができる（工程 S 12）。粘度が $0.2 \sim 100$ [Pa · s] となる熱伝導性材料 R i は、後述する大電流用インダクタ 1 のポッティング材 5 として最適であり、本実施形態に係る熱伝導性材料 R i では、熱伝導率が 3.5 [W / (m · K)] 以上となる 4.12 [W / (m · K)] を確保し、また、絶縁破壊強さが 7 [kV / mm]（ただし、 10 [kHz]、遮断電流 10 [mA]）を確保するなど、最適な粘性に加え、ポッティング材 5 として十分な熱伝導性及び電気絶縁性を確保できた。なお、主剤溶液と硬化剤溶液を混合する工程（S 12）は、実際に使用する直前、即ち、大電流用インダクタ 1 のポッティング材 5 として使用する場合には、パッケージ 4（ケース部 4 p）に注入（充填）す

る直前に行う。

[0033] このように、本実施形態に係る熱伝導性材料 R i 及びその製造方法によれば、熱硬化性樹脂バインダーに、当該熱硬化性樹脂バインダー 100 [w t %] に対して、1 ~ 180 [w t %] の範囲で選定した分散剤を配合するとともに、当該熱硬化性樹脂バインダー 100 [w t %] に対して、350 ~ 2000 [w t %] の範囲であって粒径を 0.1 ~ 100 [μ m] の範囲で選定した熱伝導性フィラーが均一分散し、少なくとも、熱伝導率が 3.5 [W / (m · K)] 以上、かつ粘度が 0.2 ~ 100 [Pa · s] となる組成を有するため、例えば、微小隙間が多い部品の場合であっても未充填の隙間が生じる虞れがなく、熱伝導効率及び放熱効率の向上を図ることができるとともに、汎用性を高めることができ、加えて熱伝導性材料 R i の品質（均質化）向上にも寄与できる。

[0034] 次に、このような熱伝導性材料 R i を用いて好適な本実施形態に係る大電流用インダクタ 1 について、図 3 ~ 図 5 を参照して説明する。

[0035] 大電流用インダクタ 1 には、熱伝導性材料 R i をポッティング材 5 として使用するため、最初に、ポッティング材 5 を使用する対象となる大電流用インダクタの中間アッセンブリ 1 m の製造方法について、図 4 を参照して説明する。

[0036] まず、主要部品となる、コイル 2、コア 3 及びパッケージ 4 をそれぞれ製作する。コイル 2 の製作に際しては、厚さが 0.5 ~ 1.0 [mm] 程度、幅がコイル 2 の設計仕様に対応した寸法の銅素材によるフープ母材を用意する。そして、このフープ母材を所定のコイル製造機に供給する。コイル製造機では、プレス工程によりフープ母材の打ち抜き処理を行い、図 3 に示すようなシート材により連続形成したコイルパターンプレート A s を得る。このコイルパターンプレート A s は、1 ターン分を構成するコイルパターン部 2 p c … 及びコイルパターン部 2 p c … 同士を連結する連結パターン部 2 j x , 2 j y … を有する。この連結パターン部 2 j x , 2 j y … は、コイルパターン部 2 p c … から突出する長さ（オフセット長）の異なる二種類の連結パ

ターン部 $2jx$, $2jy$ …を有し、順次交互に設ける。なお、例示するコイルパターン部 $2pc$ …の幅（最大部位）は 10 [mm] である。このコイルパターンプレート As は、全ての角部（コーナー部）に所定の曲率によるアール形成を行うとともに、全てのエッジ部に対してバリを生じさせないバリフリー処理を行う。これらのアール形成及びバリフリー処理は、プレス工程と同時又はプレス工程の後工程で行うことができる。このようなアール形成及びバリフリー処理を行うことにより、後述するコーティング剤を均一にコーティングできる。

[0037] 次いで、折畳工程によりコイルパターンプレート As を順次折り畳む折り畳み処理を行う。この場合、連結パターン部 $2jx$, $2jy$ …における二位置、即ち、図 3 に示す連結パターン部 $2jx$, $2jy$ …の端部位置 $K1$ …と中間部位置 $K2$ …をそれぞれ反対方向に折り返す。これにより、コイルパターン部 $2pc$ …は順次積層された状態となり、図 4 及び図 5 に示すコイル 2 を製作できる。この際、二種類の連結パターン部 $2jx$, $2jy$, $2jx$, $2jy$ …は、軸方向から見て相互にオフセットした位置に配されることになり、両者の重なりが回避される。したがって、各連結パターン部 $2jx$ …と $2jy$ …の軸方向における積層時の厚さを $1/2$ にできる。このようなコイル 2 を用いれば、製造プロセスの簡易化及び単純化、更には、これに伴う製造工数の削減を図れるため、大電流用インダクタ 1 に係わる量産性の向上及び低コスト性の向上を実現できる。特に、コイルパターンプレート As を順次折り返して製作できるため、任意の折り返し間で得られるコイルを製造する際の巻数は 1 ターン（ 360 [°]）となり巻効率を高めることができる。とともに、フープ母材を打ち抜く際の形状が一方向に整列するため、コイル製造機（製造工程）を単純化し、製造コストの低減及び製造精度の向上を図ることができる。また、コイル 2 の角部を直角にできるため、大電流用インダクタ 1 の更なる偏平化により、熱伝導性及び熱放射性をより高めることができる。加えて、コイル 2 を製造する際におけるコイル 2 自身の内部には折り返し部分が存在しないため、磁気回路としての磁気効率を高めることができる。

きるとともに、小型コンパクト化（薄型化）を図る上で有利になる。しかも、コイル部2の全体形状を任意の形状に選定できるなど、設計自由度を飛躍的に高めることができる。そして、得られたコイル2に対しては、放熱性絶縁材料Rcを用いたコーティング剤によりコーティング処理を行う。

[0038] 次に、コーティング剤となる放熱性絶縁材料Rcの製造方法及びコイル2に対するコーティング方法について、図2に示す製造工程図、図7及び図8を参照して説明する。

[0039] まず、放熱性絶縁材料Rcの製造方法について説明する。この放熱性絶縁材料Rcも、基本的には、前述した熱伝導性材料Riと同様の組成構造を有しており、シリコン樹脂バインダーに、当該シリコン樹脂バインダー100〔wt%〕に対して、0.01～50〔wt%〕の範囲で選定した分散剤を配合するとともに、シリコン樹脂バインダー100〔wt%〕に対して、100～600〔wt%〕の範囲であって粒径を0.1～20〔μm〕の範囲で選定した熱伝導性フィラーが均一分散する組成を有する。したがって、放熱性絶縁材料Rcの製造に際しては、原料として、シリコン樹脂バインダー、分散剤、希釈溶剤及び熱伝導性フィラーを用意する。

[0040] シリコン樹脂バインダーには、有機材料となる耐熱性の比較的高い低粘度のシリコン樹脂を使用する。低粘度のシリコン樹脂を用いれば、後述する熱伝導性フィラーを混合させる際に、熱伝導性フィラーの均一分散をより最適化させることができる。バインダーとしてはシリコン樹脂が望ましいが、その他、シリコン樹脂の代わりとしては、耐熱性が必要な場合、エポキシ系樹脂も使用可能であるとともに、耐熱性が不要でない場合には、ウレタン系樹脂、フェノール樹脂、メラミン樹脂、ユリア樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、アルキド樹脂、熱硬化性ポリイミド樹脂なども使用可能である。

[0041] 分散剤及び希釈溶剤は、公知の各種分散剤及び公知の各種希釈溶剤を使用することが可能であり、特定の分散剤及び希釈溶剤には限定されない。この場合、分散剤は、シリコン樹脂（熱硬化性樹脂バインダー）の100〔w

t %] に対して、0.01～50 [wt %] の範囲で選定するとともに、希釈溶剤は粘度の調製に用いる。したがって、粘度の調製が不要のときは、希釈溶剤も不要となり、この希釈溶剤は必要に応じて用いればよい。このように、シリコン樹脂に対して適量の分散剤を配合すれば、シリコン樹脂に後述する高密度の熱伝導性フィラーを混合した場合であっても良好な分散性を実現することが可能となり、シリコン樹脂に対する熱伝導性フィラーの高密度化をより均一化することができる。

[0042] 熱伝導性フィラーには、酸化マグネシウムの単一材と電気絶縁性の高い酸化ケイ素（シリカ）粒子を組合わせて使用する。酸化マグネシウムは、コストメリットに優れるとともに、熱伝導性が高く、電気絶縁性も有している。熱伝導性フィラーとして用いる酸化マグネシウム粒子は、粒径を0.1～20 [μm] の範囲で選定するとともに、酸化ケイ素粒子の粒径には複数の異なる粒径を含ませることが望ましい。本実施形態では、1～20 [μm] 程度の中粒フィラーと0.1～10 [μm] 程度の小粒フィラーの混合材（複合材）を使用した。そして、シリコン樹脂の100 [wt %] に対して、酸化マグネシウム粒子と酸化ケイ素粒子の全体を100～600 [wt %] の範囲で選定、望ましくは195 [wt %] 前後で選定する。勿論、粒径が0.1～20 [μm] の範囲であれば、単一の粒径であってもよい。なお、熱伝導性フィラーは酸化マグネシウム粒子と酸化ケイ素粒子の複合材を用いたが、この熱伝導性フィラーは酸化マグネシウム粒子又は酸化ケイ素粒子のいずれか一方のみで構成してもよい。その他、酸化マグネシウム粒子又は酸化ケイ素粒子の代わりとしては、窒化アルミニウム粒子、窒化ホウ素粒子、酸化アルミニウム粒子の単一材を用いてもよいし、酸化マグネシウム粒子、窒化アルミニウム粒子、窒化ホウ素粒子、酸化ケイ素粒子、酸化アルミニウムの二つ以上を含む複合材を用いてもよい。このように、熱伝導性フィラーに、少なくとも、酸化マグネシウム、窒化アルミニウム、窒化ホウ素、酸化ケイ素粒子、酸化アルミニウム粒子の一つ又は二つ以上を含む単一材又は複合材を用いれば、良好な熱伝導性及び放熱性を確保する観点から、より大き

なパフォーマンスを得ることができるとともに、酸化ケイ素粒子のように複数の異なる粒径を有するフィラーを選定すれば、バインダーとなるシリコーン樹脂に対して各フィラーを高密度で均一分散させるに際し、異なる粒径の混在により、熱伝導性（放熱性）を高める観点からより最適化させることができる。なお、熱伝導性フィラーは、用途によって、電気絶縁性及び熱伝導性が確保される窒化ケイ素、酸化チタン、酸化ジルコニウム、酸化スズ、酸化亜鉛、炭化ケイ素等の他の各種セラミックス粒子も使用可能である。

[0043] 次に、具体的な製造手順について説明する。まず、用意したシリコーン樹脂（熱硬化性樹脂バインダー）に対して、用意した分散剤、希釈溶剤、酸化マグネシウム粒子及び酸化ケイ素粒子を配合（混合）する（工程 S 2 1, S 2 2, S 2 3, S 2 4, S 2 5）。そして、攪拌装置により十分に攪拌する（工程 S 2 6）。この際、熱伝導性フィラーとは著しく比重の異なるビーズを被攪拌材料に添加し、遊星攪拌のような均一分散可能な攪拌手法を用いて、酸化マグネシウム粒子及び酸化ケイ素粒子の均一分散を行うことが望ましい。また、全体の粘度は、希釈溶剤を適量配合し、1 [Pa・s] 程度に調製するとともに、攪拌時に発生する気泡に対しては、脱泡装置により十分な脱泡を行う（工程 S 2 7）。これにより、シリコーン樹脂に対して酸化マグネシウム粒子及び酸化ケイ素粒子が均一分散する高密度構造の放熱性絶縁材料 R_c を得ることができる（工程 S 2 8）。

[0044] 表 1 に、得られた放熱性絶縁材料 R_c の特性（性能）を示す。なお、比較例として同様の用途の耐熱性絶縁コーティング剤として一般に市販されているポリアミドイミド樹脂を用いた放熱性絶縁材料 R_r の特性（性能）を示した。

[表1]

200 [°C] × 1000 [H] 後の試験		
	実施例	比較例
熱伝導率 [W / (m · K)]	1.36	0.27
フィラー沈降	○	—
粘度 [Pa · s]	1	—
絶縁破壊強さ (60 μm) [kV / mm] ^{*1}	15.2	13.3
体積抵抗率 [Ω · cm]	4.3E + 14	3.3E + 14
誘電損失 (10 kHz)	0.005	0.023
付着性 / 分類 0 ~ 5	0	0
耐屈曲性 [φ mm]	3	32

*1 10 [kHz] , 遮断電流10 [mA]

[0045] 図7は、得られた放熱性絶縁材料Rcと比較例として同様の用途の耐熱性絶縁コーティング剤として一般に市販されているポリアミドイミド樹脂を用いた放熱性絶縁材料Rrの加熱時間[H] (250 [°C]) に対する質量減少率[%] の特性を示すとともに、図8は、得られた放熱性絶縁材料Rcと比較例としての放熱性絶縁材料Rrの加熱時間[H] (200 [°C]) に対する絶縁破壊強さ[kV / mm] の特性を示す。表1、図7及び図8から明らかなように、本実施形態に係る放熱性絶縁材料Rcは、大電流用インダクタのコイル2、コア3、パッケージ4にとって十分となる熱伝導率1.30 [W / (m · K)] 以上を確保しているとともに、絶縁破壊強さも十分となる14 [kV / mm] (10 [kHz] , 遮断電流10 [mA]) 以上を確保している。また、耐熱性の評価となる質量減少率も1000時間において—3 [%] 以内を確保している。さらに、熱安定性評価(ヒートサイクル試験)において3000回(—30 ~ 200 [°C]) 後でも剥離やクラックは見られなかった。

[0046] 次に、この放熱性絶縁材料Rcをコーティング剤6として使用し、上述したコイル2の表面2f…をコーティング処理するコーティング方法について説明する。

- [0047] コーティング処理は、放熱性絶縁材料Rcを収容したディップ槽に、コイル2をディップするディップコート処理により行う（工程S29）。この場合、コイル2の両端におけるリード部をチャック等により把持し、コイル2の各導体ターン部2m…間に隙間を空けた状態でディップを行う。ディップコート処理では、ディップ槽からの引き上げ速度によりコーティング層の厚さが決まるため、予め、引き上げ速度を設定する。引き上げ速度としては、コーティング層の厚さが60～80 [μm] 程度となるように、0.1～2.0 [mm/s] の範囲で設定することができる。コーティング処理には、その他、スプレーコーティング処理や電着塗装処理等の各種コーティング処理を用いることができる。
- [0048] この後、放熱性絶縁材料Rcをコーティングしたコイル2に対する焼成処理を行う。焼成処理は、焼成温度を200 [$^{\circ}\text{C}$]、焼成時間を15 [min] に設定した環境下で行う。これにより、コイル2の表面に、60～80 [μm] の厚さを有するコーティング層を設けたコイル2を得ることができる。このようなディップコート処理及び焼成処理を行うことにより、コイル2に対する放熱性絶縁材料Rcのコーティング、更にはコイル2におけるコーティング層の成膜を容易かつ確実に行うことができるとともに、特に、シート材により連続形成したコイルパターンプレートAsを順次折り畳んで製作したコイル2のような塗布しにくい形状部分を有するコイルであっても容易かつ均質なコーティングを行うことができる。
- [0049] 他方、コア3は、全体をドーナツ状に製作する。この場合、コア3は珪素鋼板を積層した積層コアを用いるが、一体に焼成したアモルファス等を用いた焼結コアであってもよい。コア3は、コイル2を装着できるように、複数（例示は二つ）のコア分割部3a, 3bの組合わせにより構成する。そして、コア3（コア分割部3a, 3b）もコイル2と同様に、放熱性絶縁材料Rcを収容したディップ槽を用いてディップコート処理を行う（工程S30）。この場合、基本的には、上述したコイル2のコーティング処理と同様に、コーティング層の厚さが60～80 [μm] 程度となるようにコーティング

処理を行うとともに、この後、コア 3 の表面に対する焼成処理を行う。

[0050] また、パッケージ 4 は、コイル 2 を収容可能な上方に開口したケース部 4 p と、このケース部 4 p の開口を覆うカバー部 4 c を備える。ケース部 4 p とカバー部 4 c は、熱伝導性素材、例えば、アルミニウム素材等により、それぞれ一体成形する。さらに、得られたケース部 4 p とカバー部 4 c に対して、放熱性絶縁材料 R c によるコーティング処理を行う（工程 S 3 1）。この場合、放熱性絶縁材料 R c を収容したディップ槽に、ケース部 4 p 及びカバー部 4 c をディップするディップコート処理を行う。ディップコート処理は、基本的に上述したコア分割部 3 a …のコーティング処理と同様に、コーティング層の厚さが 60 ~ 80 [μ m] 程度となるようにコーティング処理を行うとともに、この後、コーティングしたケース部 4 p 及びカバー部 4 c に対する焼成処理を行う。よって、これらの処理工程を経て、ケース部 4 p 及びカバー部 4 c（パッケージ 4）の表面 4 f に所定の厚さを有するコーティング層を設けたパッケージ 4 を得ることができる。

[0051] そして、これらのコイル 2，コア 3，パッケージ 4 が得られたなら中間組立を行う（工程 S 3 2）。まず、コイル 2 にコア分割部 3 a，3 b を組付けることによりコイルアセンブリを製作する。この場合、コイル 2 には一対のコイル部 2 1，2 2 を使用し、各コア分割部 3 a，3 b を、コイル部 2 1，2 2 の内部空間にそれぞれ収容するとともに、各コア分割部 3 a，3 b の相互間に、厚さ 1 [mm] 程度のガラスエポキシ樹脂製のセパレータシートを介在させ、接着剤を用いて各コア分割部 3 a，3 b の相互間を結合する。これにより、コア 3 を装着したコイル 2、即ち、図 4 に示すようなコイルアセンブリが得られる。また、コイル部 2 1，2 2 の一端同士は、中間リード 1 8 m により接続するとともに、コイル部 2 1，2 2 の他端には、それぞれ導出リード 1 8 p，1 8 n の端部を接続する。さらに、得られたコイルアセンブリは、同図に示すように、ケース部 4 p の内部に収容する。この際、例えば、シリコンゴム等を用いた複数の保持部材 1 7 …をケース部 4 p の内部底面上に敷き、この上にコイルアセンブリ（コイル 2）を載せる。な

お、必要によりケース部 4 p の内壁部とコイル 2 間にも同様の保持部材 1 7 …を介在させてもよい。これにより、大電流用インダクタ 1 の中間アッセンブリ 1 m を得ることができる（工程 S 3 3, S 1 3）。

[0052] 次いで、ケース部 4 p の内部に、前述した熱伝導性材料 R i をポッティング材 5 として充填（注入）する（工程 S 1 4）。そして、熱伝導性材料 R i に使用したエポキシ樹脂の硬化温度に対応する温度で加熱することによりポッティング材 5 に対する硬化処理を行う（工程 S 1 5）。また、この際、脱泡装置により十分な脱泡を行う（工程 S 1 6）。ポッティング材 5 に対する硬化処理が終了したなら最終組立を行う（工程 S 1 7）。この場合、ケース部 4 p の上にカバー部 4 c を載せ、複数の固定ネジ 1 6 …により固定する。1 5 …は固定ネジ 1 6 …が螺着するケース部 4 p 側のネジ孔である。さらに、導出リード 1 8 p, 1 8 n の先端側は、図 5 に示すように、カバー 4 c に設けた開口部から外部に導出する。以上の製造工程を経て、図 5 に示す目的の大電流用インダクタ 1 を得ることができる（工程 S 1 8）。

[0053] 図 9 は、得られた大電流用インダクタ 1 に通電した際における作動時間〔分〕に対する各部の上昇温度特性を示す。T c i は本実施形態におけるコイル 2 の表面温度、T c r は比較例におけるコイル 2 の表面温度、T b i は本実施形態におけるコア 3 の表面温度、T b r は比較例におけるコア 3 の表面温度、T p i は本実施形態におけるパッケージ 4 の表面温度、T p r は比較例におけるパッケージ 4 の表面温度をそれぞれ示す。この場合、本実施形態は、熱伝導性材料 R i 及び放熱性絶縁材料 R c を使用したインダクタ 1 であり、比較例は、熱伝導性材料 R b 及び放熱性絶縁材料 R r を使用したインダクタである。図 9 に示すように、コイル 2 の表面温度に着目した場合、本実施形態では 1 2 0 [°C] 程度、比較例では 1 5 0 [°C] 程度となり、本実施形態では比較例に対して 3 0 [°C] 程度低下する改善効果が認められる。また、パッケージ 4 の表面温度に着目した場合、本実施形態では 7 5 [°C] 程度、比較例では 8 5 [°C] 程度となり、本実施形態では概ね 1 0 [°C] 程度低下する改善効果が認められる。このように、本実施形態に係る大電流用イ

ンダクタ 1 は良好な熱伝導性及び熱放射性を有している。

[0054] よって、このような本実施形態に係る大電流用インダクタ 1 によれば、縦形の平角導線を巻回した一又は二以上のコイル 2 と、このコイル 2 に装填するコア 3 と、このコア 3 を装填したコイル 2 を収容し、かつ熱伝導性素材により形成したパッケージ 4 とを備え、このパッケージ 4 の内部に熱伝導性材料 R_i をポッティング材 5 として充填するようにしたため、コイル 2（コア 3）とパッケージ 4 間の熱伝導性能をより高めることができるとともに、コイル 2 に対する保護性能及び大電流用インダクタ 1 の耐久性をより高めることができる。また、コイル 2、コア 3、パッケージ 4、の一又は二以上の表面の一部又は全部に放熱性絶縁材料 R_c をコーティング剤 6 としてコーティングするとともに、この放熱性絶縁材料 R_c は、シリコーン樹脂バインダーに、当該シリコーン樹脂バインダー 100 [wt %] に対して、0.01～50 [wt %] の範囲で選定した分散剤を配合するとともに、シリコーン樹脂バインダー 100 [wt %] に対して、100～600 [wt %] の範囲であって粒径を 0.1～20 [μ m] の範囲で選定した熱伝導性フィラーが均一分散し、少なくとも、絶縁破壊強さが 14 [kV/mm] 以上、かつ粘度が 0.05～3 [Pa·s] となる組成を有するため、コイル 2、コア 3 及びパッケージ 4 に対して、所定の厚さを有する放熱性絶縁材料 R_c のコーティング層を容易かつ確実に設けることができるとともに、コイル 2、コア 3 及びパッケージ 4 自身の熱伝導性及び放熱性をより高めることができる。

[0055] 次に、本発明の変更実施形態に係る熱伝導性材料 R_i の実施例について、図 10～図 14 を参照して説明する。

[0056] 変更実施形態に係る熱伝導性材料 R_i は、特に、熱伝導性フィラーを変更したものである。即ち、前述した実施形態（基本実施形態）では、熱伝導性フィラーとして、酸化マグネシウムの単一材を用いた例を示したが、変更実施形態は、酸化アルミニウム（アルミナ）と酸化マグネシウム（マグネシア）の複合材を用いたものであり、三つの試料 X、Y、Z を用いた。表 2 に、各試料 X、Y、Z におけるアルミナとマグネシアの配合比を示す。

[表2]

	単位 [%]	
	アルミナ	マグネシア
試料 X	8 0	2 0
試料 Y	9 0	1 0
試料 Z	1 0 0	0

[0057] 一方、図 10 には、熱硬化性樹脂バインダーに対する各試料 X, Y, Z (熱伝導性フィラー) の配合率 [%] に対する熱伝導率 $[W / (m \cdot K)]$ の変化特性を示す。図 10 から明らかなように、マグネシアに対してアルミナの配合比を高くしたほうが熱伝導率が高くなる傾向がある。即ち、試料 X, Y, Z の順に熱伝導率が高くなる。また、マグネシアとアルミナの配合比を一定とした場合、熱硬化性樹脂バインダーに対する各試料 X, Y, Z の配合率を高くしたほうが熱伝導率が高くなる傾向がある。

[0058] 変更実施形態に係る熱伝導性材料 R i は、熱伝導性フィラーを変更した点を除き、他の原料は前述した基本実施形態の場合と同じである。即ち、熱硬化性樹脂バインダーとしてエポキシ樹脂 (エポキシ樹脂 + 硬化剤) を用いるとともに、この熱硬化性樹脂バインダー 100 [wt %] に対して、1 ~ 180 [wt %] の範囲で選定した分散剤、更には、熱硬化性樹脂バインダー 100 [wt %] に対して、350 ~ 2000 [wt %] の範囲であって、粒径を 0.1 ~ 100 [μm] の範囲で選定した熱伝導性フィラーを用いる。熱伝導性フィラーの粒径は、5 ~ 100 [μm] 程度の大粒フィラー、0.5 ~ 20 [μm] 程度の中粒フィラー、0.1 ~ 10 [μm] 程度の小粒フィラーを混在させる。表 3 に、変更実施形態 (実施例) で用いる各原料及び配合率を示す。

[表3]

原 料			配 合 率
エポキシ樹脂			100 [wt%]
分散剤			7.5 [wt%]
熱伝導性フィラー (90.2 [%] ~ 93.3 [%])			960 ~ 1540 [wt%]
(アルミナ+ マグネシア)	粒径	5 ~ 100 [μm]	50 [%]
		0.5 ~ 20 [μm]	20 [%]
		0.1 ~ 10 [μm]	30 [%]

[0059] したがって、変更実施形態に係る熱伝導性材料R iの製造方法も、基本的には前述した基本実施形態の場合と同じになり、図1に示した製造工程図の一部を抽出した図11に示す製造工程図のように、ステップ3及びステップ8を、「酸化マグネシウム粒子」から「アルミナ粒子+マグネシア粒子」に変更すればよい。それ以外の工程は、図1に示した製造工程図と同じになる。

[0060] 図12～図14は、製造した変更実施形態に係る熱伝導性材料R iの各種特性を示し、図12は熱伝導性材料R iの温度対粘度特性図、図13は熱伝導性材料R iの評価試験結果表、図14は熱伝導性材料R iを大電流用インダクタに用いた際の作動時間に対する上昇温度特性図である。

[0061] 熱伝導性材料R iとしては、二つの実施例OP1及びOP2を用いた。実施例OP1は、熱伝導性フィラーとして、試料Yを使用するとともに、熱硬化性樹脂バインダーに対するフィラー配合率を91.2 [wt%]とし、実施例OP2は、熱伝導性フィラーとして、試料Zを使用するとともに、熱硬化性樹脂バインダーに対するフィラー配合率を93.3 [wt%]としたものである。また、比較例として代表的な三つの市販品TR1、TR2及びTR3を用いた。

[0062] なお、評価試験（図13）において、作業性は、粘度と脱泡性により評価し、熱的特性は、熱伝導率、ガラス転移温度及び耐熱衝撃性により評価し、

電気的特性は、体積抵抗率と絶縁破壊強さにより評価した。この場合、脱泡性の評価は、パッケージ4に、25〔ミリリットル〕の熱伝導性材料R_iをポッティング後、圧力50〔hPa〕、温度70〔℃〕の条件により気泡が抜けるまでの時間を用いた。ガラス転移温度は、150〔℃〕以上の温度であり、耐熱性を評価した。耐熱衝撃性の評価は、熱膨張率の異なる板材料（シリコーンゴム、Cu、Fe、Al、アルマイト、アラミド紙）を熱伝導性材料R_iと一緒にポッティングし、150〔℃〕に加熱した後、3〔℃〕の水に入れる熱衝撃処理を5回繰り返した。そして、熱伝導性材料R_iと板材料の界面状態を観察することにより剥離及びクラックの有無を確認し、剥離及びクラックが無ければ「○」、有れば「×」として評価した。絶縁破壊強さの評価は、車載用インダクタとして使用される周波数に近い10〔kHz〕により評価するとともに、遮断電流は10〔mA〕を用いた。

[0063] 変更実施形態に係る熱伝導性材料R_iの特性（評価）において、実施例OP1は、図12に示すように、25〔℃〕の粘度が58〔Pa・s〕と非常に低く、常温でも十分に注型が可能となるなど、良好な粘度特性を示すとともに、脱泡性も6.5〔分〕となり、作業性については良好な結果を得た。また、熱伝導率も6.2〔W／（m・K）〕となり、高い値を示すとともに、耐熱衝撃性についても全ての板材料に対して「○」となった。さらに、実施例OP1の熱伝導性材料R_iを大電流用インダクタに用いた際の作動時間に対する上昇温度特性は、図14に示すようになり、市販品TR2に対しても良好な結果を得た。なお、図14において、OP1cは実施例PO1を用いた際のコイル2の表面温度、TR2cは市販品TR2を用いた際のコイル2の表面温度、OP1bは実施例PO1を用いた際のコア3の表面温度、TR2bは市販品TR2を用いた際のコア3の表面温度、OP1pは実施例PO1を用いた際のパッケージ4の表面温度、TR2pは市販品TR2を用いた際のパッケージ4の表面温度をそれぞれ示す。このように、実施例OP1は、特に、熱伝導率と作業性のバランスが求められる用途に最適である。

[0064] 一方、実施例OP2は、25〔℃〕の粘度が高いが、60〔℃〕まで加熱

することにより、粘度は56〔Pa・s〕まで低下し、注型が可能となった。また、脱泡性は、実施例OP1よりも長くなるものの、30〔分〕で脱泡が完了した。実施例OP2は、実施例OP1に対して、作業性については劣るものの、熱伝導率は、8.8〔W/(m・K)〕となり、非常に高い値を示すとともに、耐熱衝撃性についても全ての板材料に対して「○」となった。したがって、実施例OP2は、特に、高い熱伝導率が要求される用途に最適である。

[0065] 他方、市販品TR1, TR2及びTR3は、いずれも脱泡性に難がある。また、熱伝導率は、5.0〔W/(m・K)〕以下となり、いずれも実施例OP1及びOP2よりも劣る結果となった。

[0066] 以上、最良実施形態及び変更実施形態について詳細に説明したが、本発明は、このような各実施形態に限定されるものではなく、細部の構成、形状、素材（材料）、数量、数値、手法等において、本発明の精神を逸脱しない範囲で、任意に変更、追加、削除することができる。

[0067] 例えば、熱硬化性樹脂バインダーとして、エポキシ樹脂を例示したが各種エポキシ系樹脂から選択して使用することができるとともに、シリコン樹脂バインダーも各種シリコン系樹脂から選択して使用することができる。また、主剤と硬化剤からなる熱硬化性樹脂バインダー、即ち、二液混合の加熱硬化型のエポキシ樹脂を使用する場合を例示したが、勿論、一液タイプのエポキシ樹脂（熱硬化性樹脂バインダー）であってもよい。一方、コイル2, コア3, パッケージ4は、例示の素材に限定されるものではなく、他の各種素材により実施可能である。特に、コイル2は、銅素材が望ましいがアルミニウム素材等の他の素材であってもよい。また、コイル2は、コイルパターンプレートAsを利用する製作方法が望ましいが、他の製作方法を排除するものではない。さらに、コア3も、パーマロイ、ナノ結晶合金、フェライト、Fe-Al-Si系合金、純鉄等の焼結タイプを利用可能である。なお、実施形態では、一对のコイル部21, 22を用いた大電流用インダクタ1を例示したが、例えば、パッケージ4を複数のコイル2…（コア3…を含む

）を収容可能な形状に形成し、複数のコイル2…を有するインダクタ1として構成してもよい。また、コイル2の一部又は複数のコイル2…を利用したトランス等として構成してもよい。

産業上の利用可能性

[0068] 本発明に係る熱伝導性材料R i は、例示した大電流用インダクタのポッティング材として最適であるが、その他、熱伝導性が要求される少なくとも基板、電源、回路等を含む電子部品（電気部品）をはじめ、各種物品に利用できるとともに、ポッティング材のみならず、コーティング剤など、各種目的において利用することができる。したがって、熱伝導性材料R i は、スピンコート、ロールコート、スプレーコート、ディップコート、スプレーコート、プリント、インクジェット等の各種手法によりポッティング又はコーティング可能である。また、本発明に係る大電流用インダクタ1は、各種コイル製品に利用することができる。

請求の範囲

- [請求項1] 熱硬化性樹脂バインダーに熱伝導性フィラーを混合した熱伝導性材料において、前記熱硬化性樹脂バインダーに、当該熱硬化性樹脂バインダー100〔wt%〕に対して、1～180〔wt%〕の範囲で選定した分散剤を配合するとともに、当該熱硬化性樹脂バインダー100〔wt%〕に対して、350～2000〔wt%〕の範囲であって粒径を0.1～100〔μm〕の範囲で選定した熱伝導性フィラーが均一分散し、少なくとも、熱伝導率が3.5〔W/(m・K)〕以上、かつ粘度が温度60〔℃〕以下で0.2～100〔Pa・s〕となる組成を有することを特徴とする熱伝導性材料。
- [請求項2] 前記熱硬化性樹脂バインダーには、少なくとも、粘度を0.01～1〔Pa・s〕の範囲で選定したエポキシ系樹脂を含むことを特徴とする請求項1記載の熱伝導性材料。
- [請求項3] 前記熱伝導性フィラーは、電気絶縁性を有することを特徴とする請求項1又は2記載の熱伝導性材料。
- [請求項4] 前記熱伝導性フィラーには、少なくとも、酸化マグネシウム、酸化アルミニウム、酸化ケイ素、窒化アルミニウム、窒化ホウ素、の一つ又は二つ以上を用いた単一材又は複合材を含むことを特徴とする請求項1、2又は3記載の熱伝導性材料。
- [請求項5] 前記熱伝導性フィラーは、単一の粒径又は複数の異なる粒径を含むことを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載の熱伝導性材料。
- [請求項6] 熱硬化性樹脂バインダーに熱伝導性フィラーを配合して製造する熱伝導性材料の製造方法において、前記熱硬化性樹脂バインダーに、当該熱硬化性樹脂バインダー100〔wt%〕に対して、1～180〔wt%〕の範囲で選定した分散剤を配合するとともに、当該熱硬化性樹脂バインダー100〔wt%〕に対して、350～2000〔wt%〕の範囲であって粒径を0.1～100〔μm〕の範囲で選定した熱伝導性フィラーを混合し、攪拌することにより熱伝導性フィラーを

均一分散させ、少なくとも、熱伝導率が $3.5 \text{ [W/(m} \cdot \text{K)]}$ 以上、かつ粘度が温度 $60 \text{ [}^\circ\text{C]}$ 以下で $0.2 \sim 100 \text{ [Pa} \cdot \text{s]}$ となる組成を得るようにしたことを特徴とする熱伝導性材料の製造方法。

[請求項7] 前記熱硬化性樹脂バインダーには、少なくとも、粘度を $0.01 \sim 1 \text{ [Pa} \cdot \text{s]}$ の範囲で選定したエポキシ系樹脂を含むことを特徴とする請求項6記載の熱伝導性材料の製造方法。

[請求項8] 前記熱硬化性樹脂バインダーには、一液を用いる樹脂バインダーを含むことを特徴とする請求項6記載の熱伝導性材料の製造方法。

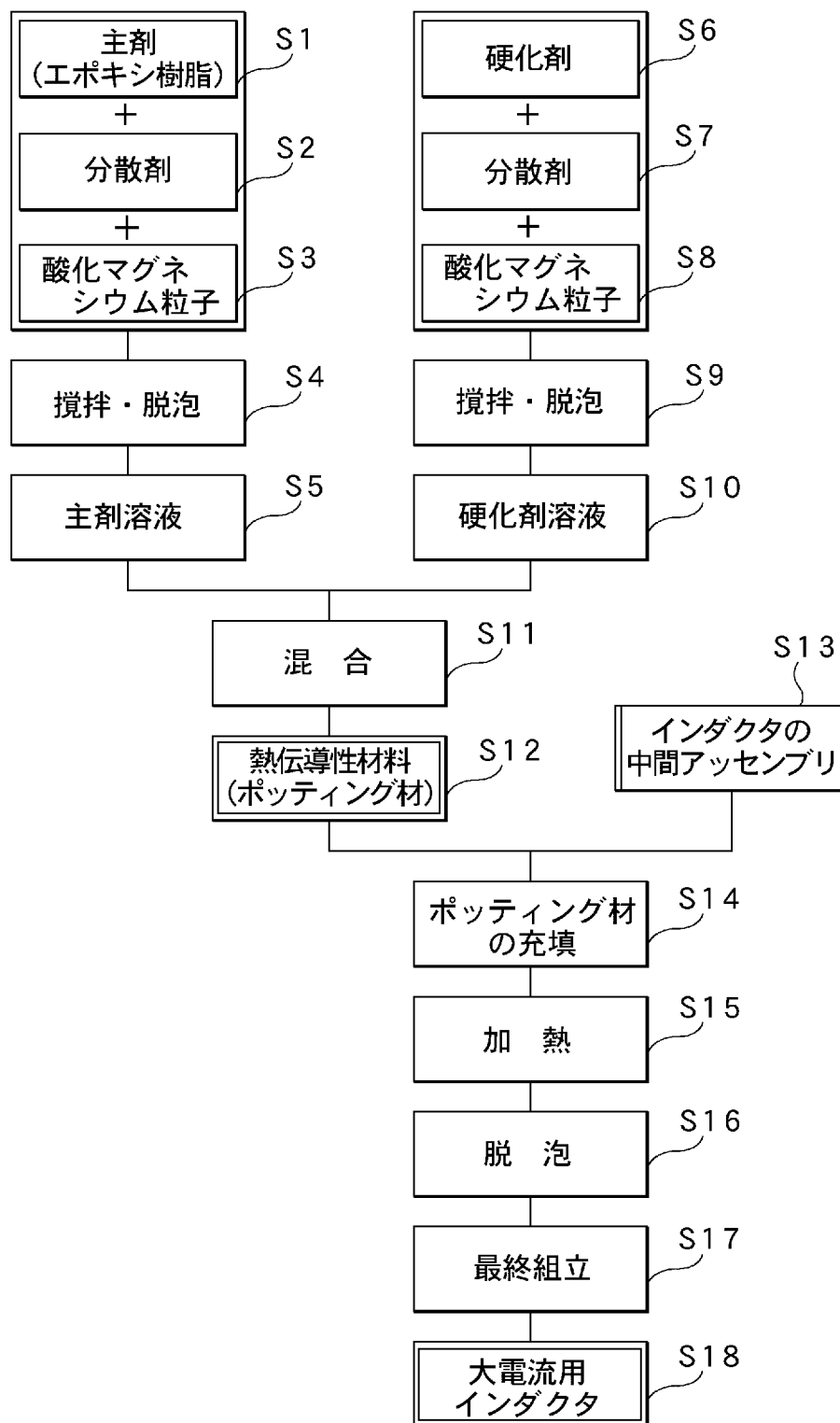
[請求項9] 前記熱硬化性樹脂バインダーには、少なくとも主剤と硬化剤を含む二液以上を用いる樹脂バインダーを含むことを特徴とする請求項6記載の熱伝導性材料の製造方法。

[請求項10] 前記熱伝導性フィラーには、少なくとも、酸化マグネシウム、酸化アルミニウム、酸化ケイ素、窒化アルミニウム、窒化ホウ素、の一つ又は二つ以上を用いた単一材又は複合材を含むことを特徴とする請求項6記載の熱伝導性材料の製造方法。

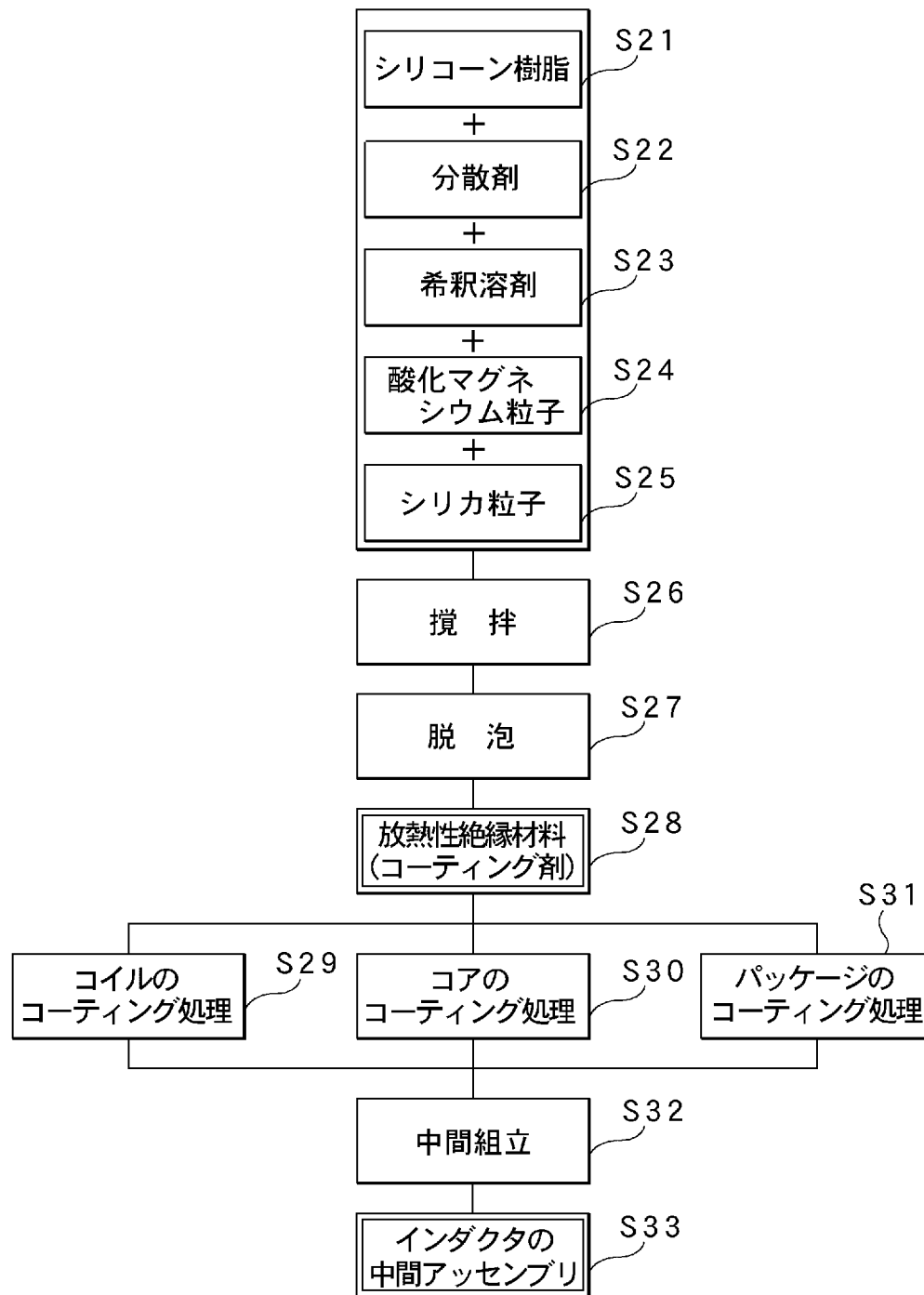
[請求項11] 縦形の平角導線を巻回した一又は二以上のコイルと、このコイルに装填するコアと、このコアを装填したコイルを收容し、かつ熱伝導性素材により形成したパッケージとを備える大電流用インダクタにおいて、熱硬化性樹脂バインダーに、当該熱硬化性樹脂バインダー $100 \text{ [wt \%]}$ に対して、 $1 \sim 180 \text{ [wt \%]}$ の範囲で選定した分散剤を配合するとともに、当該熱硬化性樹脂バインダー $100 \text{ [wt \%]}$ に対して、 $350 \sim 2000 \text{ [wt \%]}$ の範囲であって粒径を $0.1 \sim 100 \text{ [}\mu\text{m]}$ の範囲で選定した熱伝導性フィラーが均一分散し、少なくとも、熱伝導率が $3.5 \text{ [W/(m} \cdot \text{K)]}$ 以上、かつ粘度が温度 $60 \text{ [}^\circ\text{C]}$ 以下で $0.2 \sim 100 \text{ [Pa} \cdot \text{s]}$ となる組成を有する熱伝導性材料を、パッケージの内部にポッティング材として充填してなることを特徴とする大電流用インダクタ。

- [請求項12] 前記熱伝導性フィラーは、電気絶縁性を有することを特徴とする請求項1記載の大電流用インダクタ。
- [請求項13] 前記熱伝導性フィラーには、少なくとも、酸化マグネシウム、酸化アルミニウム、酸化ケイ素、窒化アルミニウム、窒化ホウ素、の一つ又は二つ以上を用いた単一材又は複合材を含むことを特徴とする請求項1記載の大電流用インダクタ。
- [請求項14] 前記熱伝導性フィラーは、単一の粒径又は複数の異なる粒径を含むことを特徴とする請求項13記載の大電流用インダクタ。
- [請求項15] 前記コイルには、シート材により連続形成したコイルパターンプレーートを順次折り畳んで製作したコイルを用いることを特徴とする請求項11のいずれかに記載の大電流用インダクタ。
- [請求項16] 前記コイル、前記コア、前記パッケージ、の一又は二以上の表面の一部又は全部に、少なくとも樹脂バインダーに、当該樹脂バインダー100[w t %]に対して、0.01～50[w t %]の範囲で選定した分散剤を配合するとともに、樹脂バインダー100[w t %]に対して、100～600[w t %]の範囲であって粒径を0.1～20[μm]の範囲で選定した熱伝導性フィラーが均一分散し、少なくとも、絶縁破壊強さが14[kV/mm]（ただし、10[kHz]、遮断電流10[mA]）以上、かつ粘度が温度60[°C]以下で0.05～3[Pa・s]となる組成を有する放熱性絶縁材料をコーティングしてなることを特徴とする請求項10記載の大電流用インダクタ。
- [請求項17] 前記樹脂バインダーには、少なくともシリコン系樹脂バインダーを含むことを特徴とする請求項16記載の大電流用インダクタ。

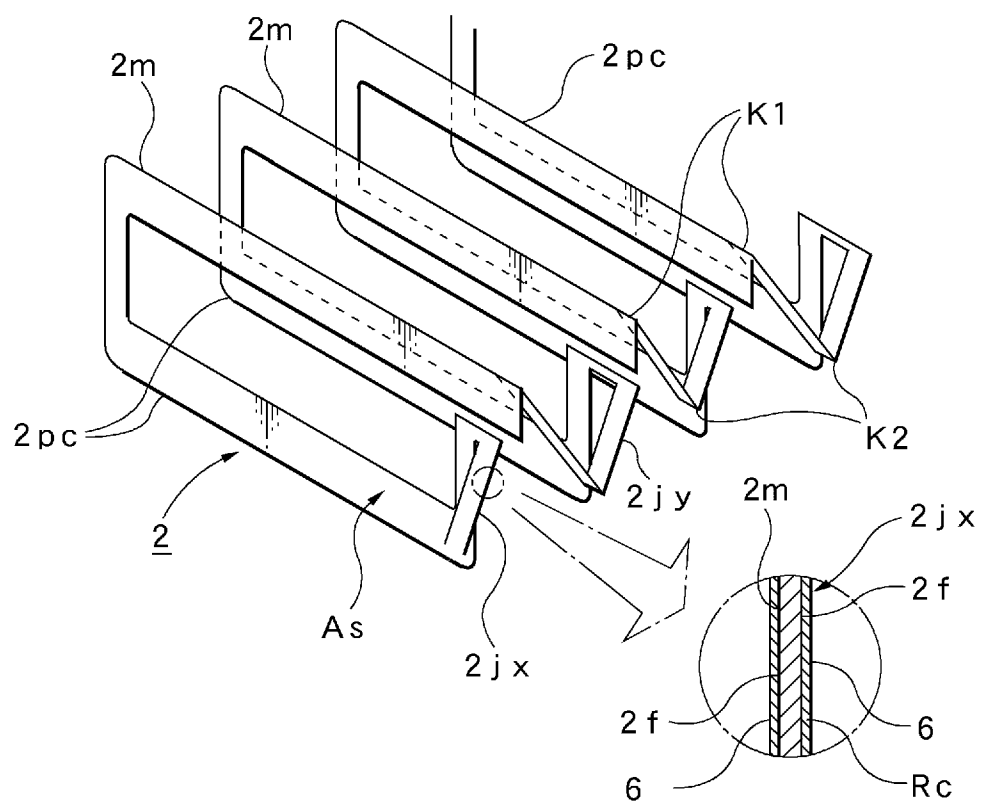
[図1]



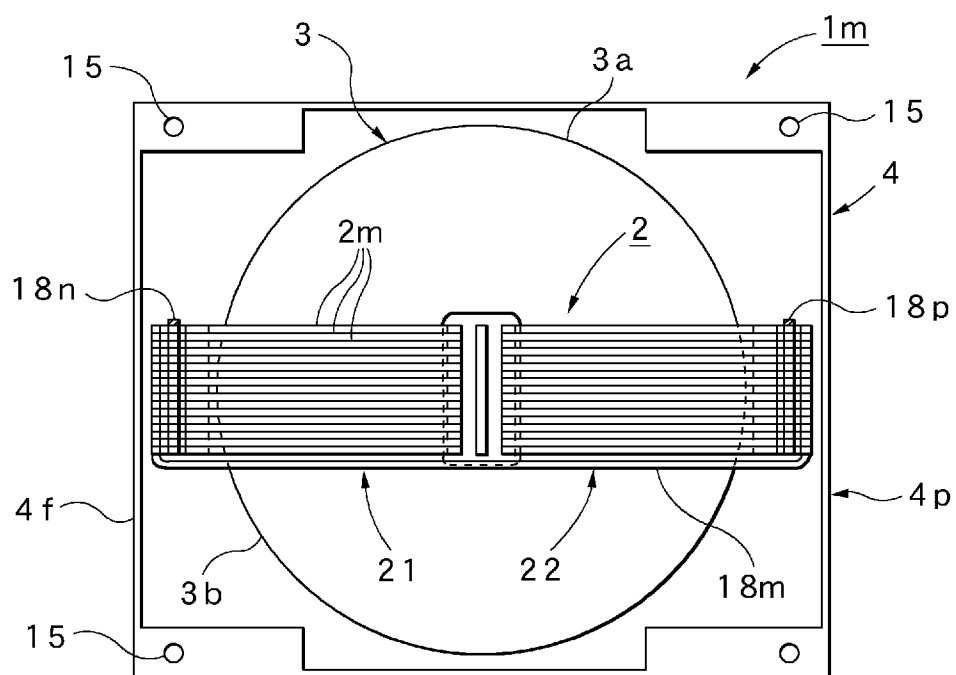
[図2]



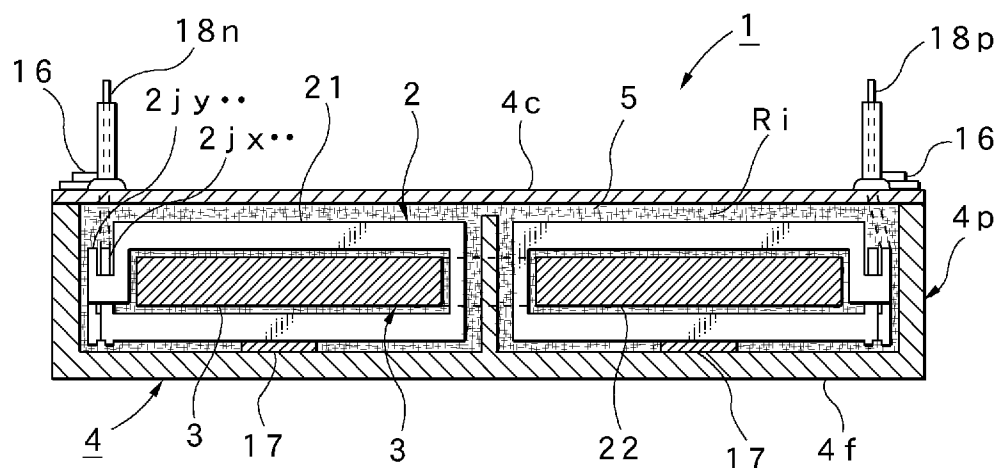
[図3]



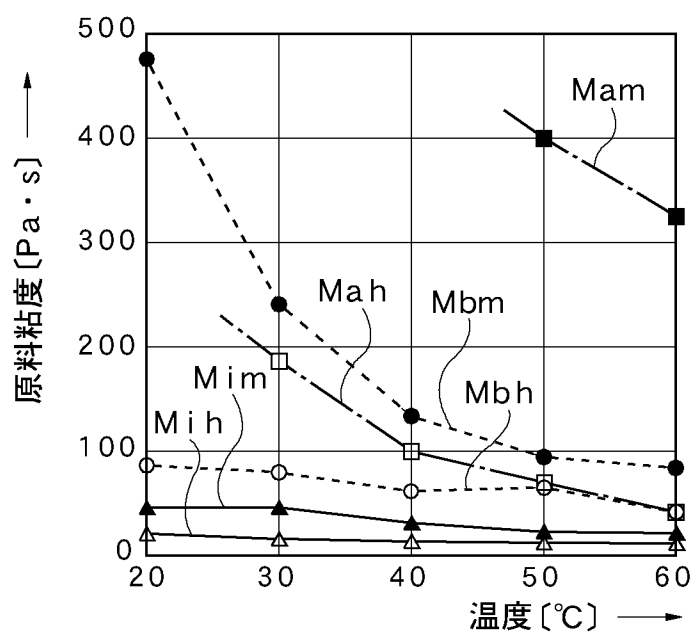
[図4]



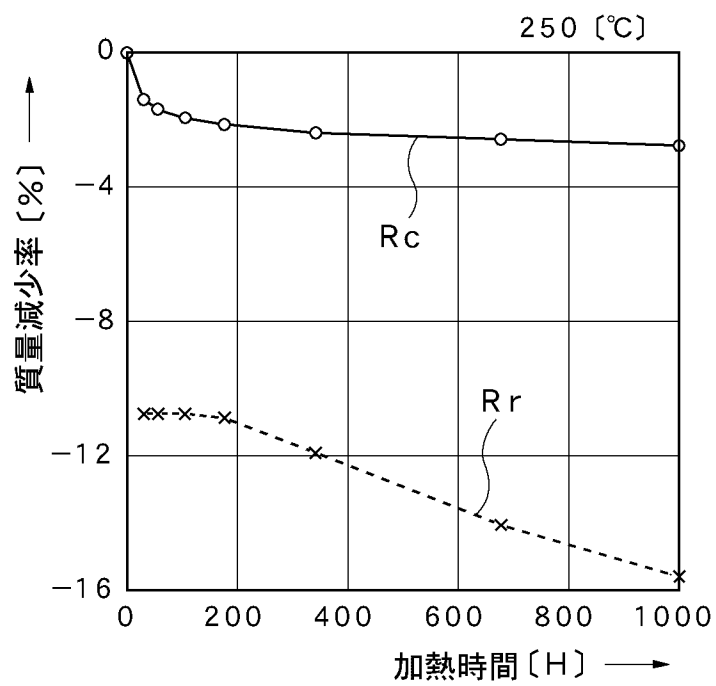
[図5]



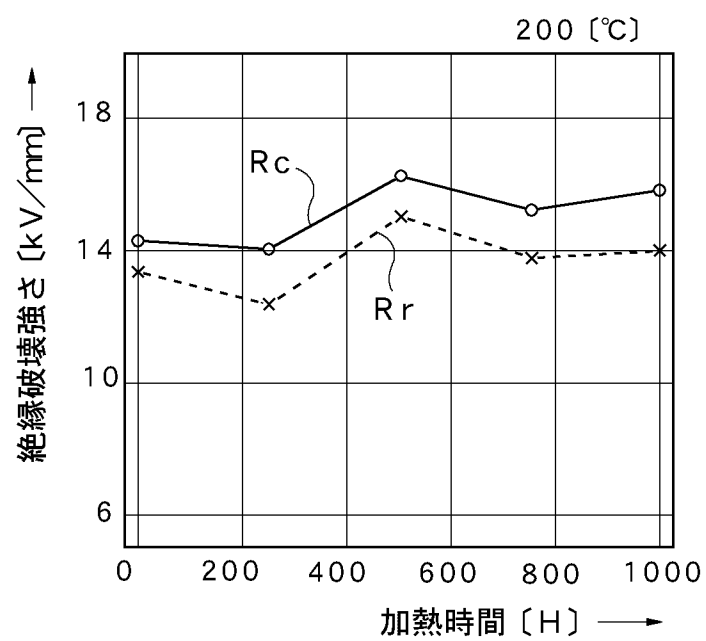
[図6]



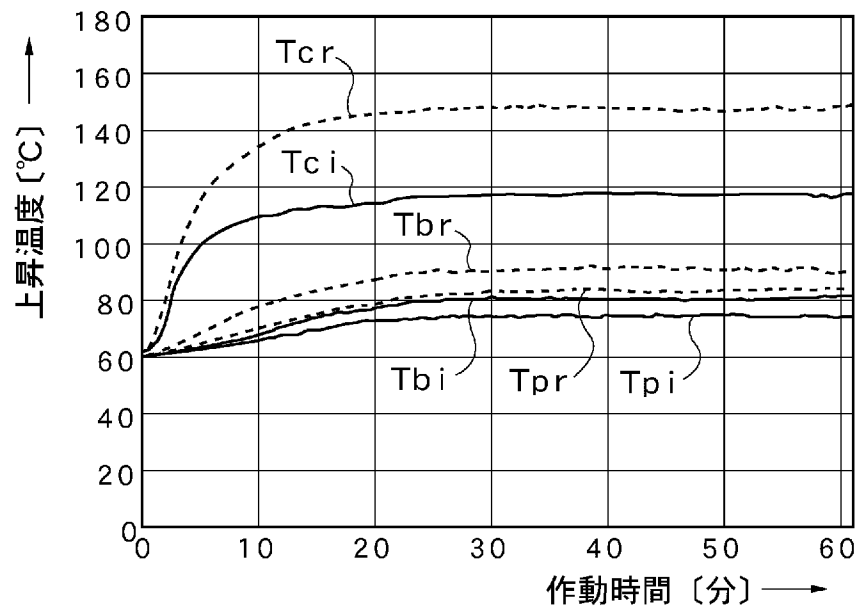
[図7]



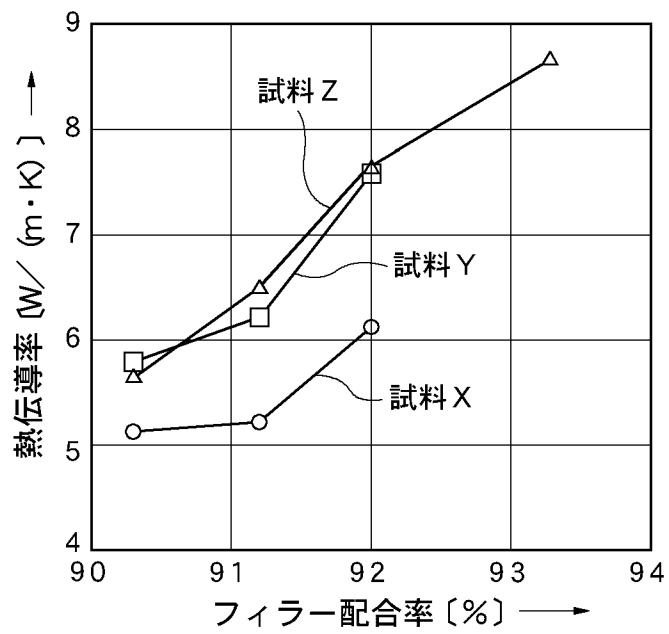
[図8]



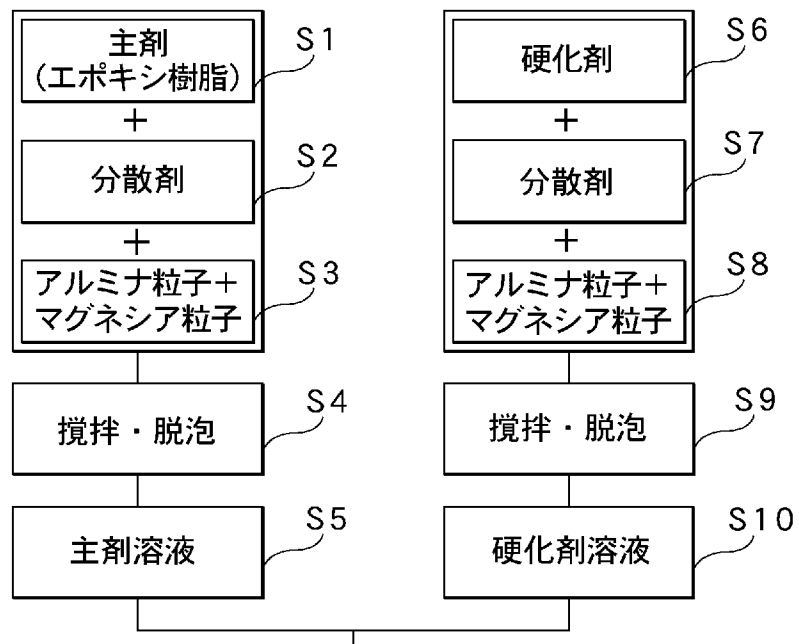
[図9]



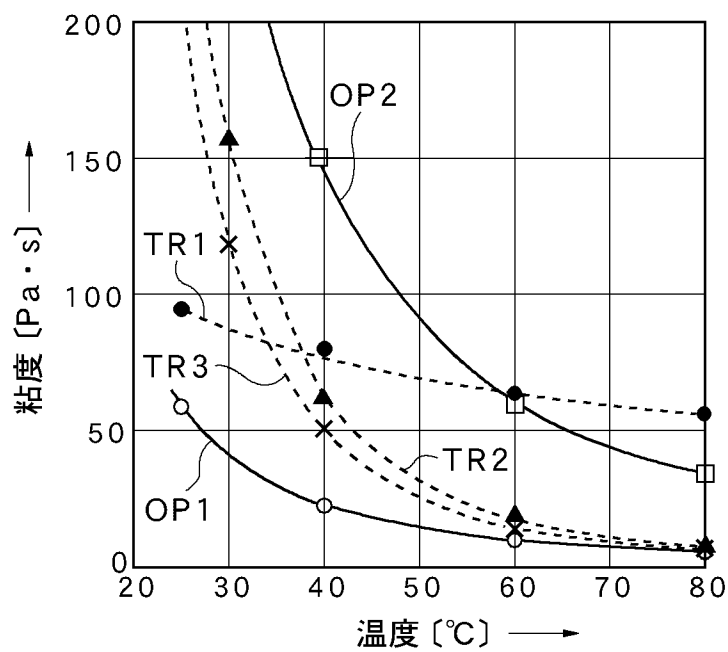
[図10]



[図11]



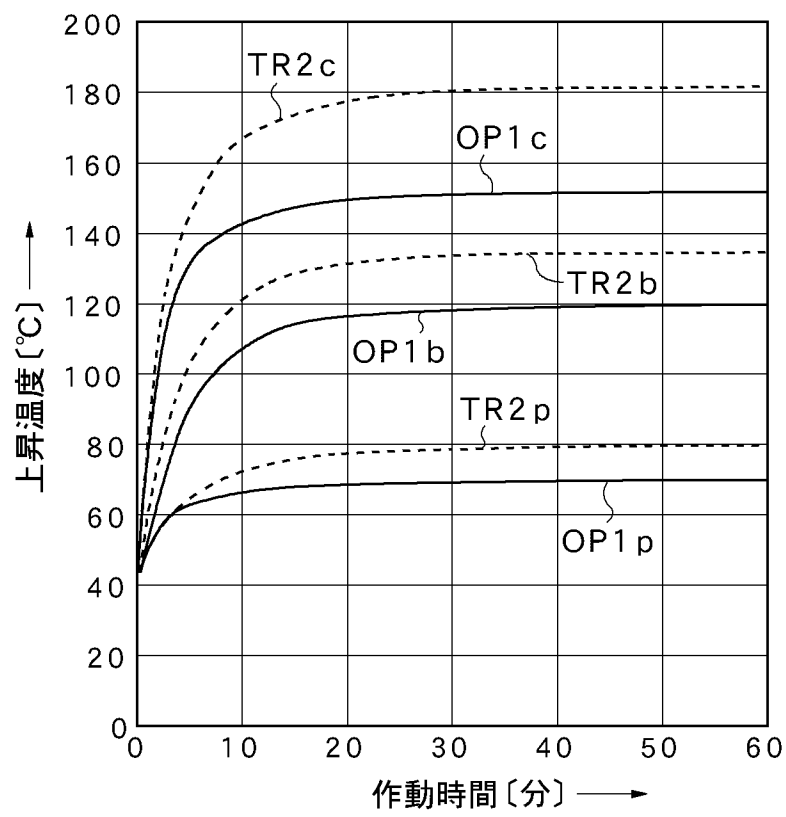
[図12]



[図13]

特 性	単位／条件		実施例 OP1	実施例 OP2	市販品 TR1	市販品 TR2	市販品 TR3
配合比	ベース樹脂						
	フィラー配合率	wt%	91. 2	93. 3	—	—	—
作業性	粘度	Pa・s	25℃	200	93	200以上	200以上
			60℃	56	61	18	13
	脱泡性	分	6. 5	30	∞	∞	∞
熱的特性	熱伝導率	W/m・K	25℃	8. 8	2. 5	3. 1	4. 9
	ガラス転移温度	℃	150	150	-64	164	123
		シリコーンゴム	○	○	○	○	×
	耐熱衝撃性	Cu	○	○	○	○	×
		Fe	○	○	○	○	○
		A1	○	○	○	○	○
		アルマイト	○	○	○	○	×
アラミド紙		○	○	○	○	×	
電気的 特性	体積抵抗率	Ω・m	1000V	4. 0E+14	3. 6E+13	7. 9E+14	2. 9E+14
	絶縁破壊強さ	kV/mm	10kHz	10. 4	6. 7	8. 0	7. 0

[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/001784

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C08L101/00(2006.01)i, C08K3/22(2006.01)i, C08K3/28(2006.01)i, C08K3/38(2006.01)i, H01F27/32(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C08K3/00-13/08, C08L1/00-101/14, H01F27/32-27/32, H01F31/00-39/00, H01F41/00-41/04, H01F41/08-41/10, H01F41/12

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 02-117914 A (Somar Corp.), 02 May 1990 (02.05.1990), entire text & US 5053476 A & EP 348193 A2	1-15
Y	JP 2008-266406 A (Nitto Denko Corp.), 06 November 2008 (06.11.2008), entire text (Family: none)	1-15
Y	JP 2004-193398 A (Tokyo Seiden Co., Ltd.), 08 July 2004 (08.07.2004), claims; paragraph [0018] (Family: none)	11-15

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
06 May, 2010 (06.05.10)

Date of mailing of the international search report
18 May, 2010 (18.05.10)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/001784

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 09-213526 A (Robert Bosch GmbH), 15 August 1997 (15.08.1997), claims & EP 786784 A1 & DE 19602614 A	15
P,A	JP 2009-212147 A (Shinshu University), 17 September 2009 (17.09.2009), entire text (Family: none)	16,17

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. C08L101/00(2006.01)i, C08K3/22(2006.01)i, C08K3/28(2006.01)i, C08K3/38(2006.01)i,
H01F27/32(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. C08K3/00-13/08, C08L1/00-101/14, H01F27/32-27/32, H01F31/00-39/00, H01F41/00-41/04, H01F41/08-41/10,
H01F41/12

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 0 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 0 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 0 年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 02-117914 A (ソマール株式会社) 1990.05.02, 全文 & US 5053476 A & EP 348193 A2	1-15
Y	JP 2008-266406 A (日東電工株式会社) 2008.11.06, 全文 (ファミリーなし)	1-15
Y	JP 2004-193398 A (東京精電株式会社) 2004.07.08, 特許請求の範囲, [0018] (ファミリーなし)	11-15

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 6 . 0 5 . 2 0 1 0

国際調査報告の発送日

1 8 . 0 5 . 2 0 1 0

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

一宮 里枝

4 J

3 4 4 1

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 5 7

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 09-213526 A (ローベルト ボツシュ ゲゼルシャフト ミット ベシュレンクテル ハフツング) 1997.08.15, 特許請求の範囲 & EP 786784 A1 & DE 19602614 A	15
P, A	JP 2009-212147 A (国立大学法人信州大学) 2009.09.17, 全文 (ファミリーなし)	16, 17