

(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 10 月 28 日(28.10.2010)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2010/123019 A1

- (51) 国際特許分類:
H01F 41/02 (2006.01) H01F 41/04 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/057037
- (22) 国際出願日: 2010 年 4 月 21 日(21.04.2010)
- (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 2009-104001 2009 年 4 月 22 日(22.04.2009) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 太陽誘電株式会社 (TAIYO YUDEN CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1100005 東京都台東区上野 6 丁目 1 6 番 2 0 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 大河原 雅則(OOKAWARA Masanori) [JP/JP]; 〒1100005 東京都台東区上野 6 丁目 1 6 番 2 0 号 太陽誘電株式会社内 Tokyo (JP). 原島 卓也(HARASHIMA Takuya) [JP/JP]; 〒1100005 東京都台東区上野 6 丁目 1 6 番 2 0 号 太陽誘電株式会社内 Tokyo (JP). 難波 健治(NANBA Kenji) [JP/JP]; 〒1100005 東京都台東区上野 6 丁目 1 6 番 2 0 号 太陽

誘電株式会社内 Tokyo (JP). 都築 徹(TUDUKI Toru) [JP/JP]; 〒1100005 東京都台東区上野 6 丁目 1 6 番 2 0 号 太陽誘電株式会社内 Tokyo (JP).

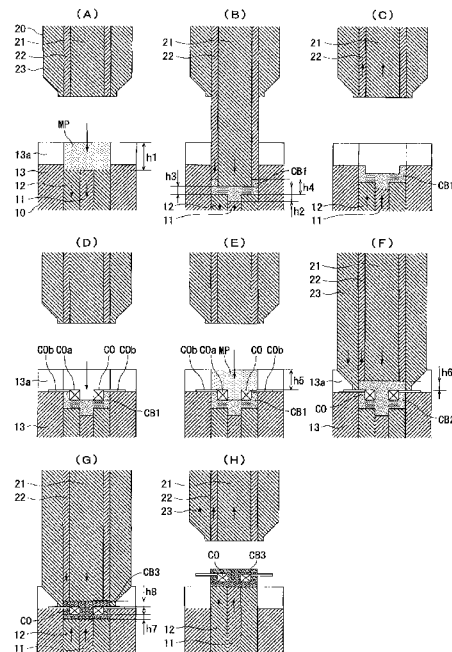
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, 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, LR, 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).

[続葉有]

(54) Title: METHOD FOR MANUFACTURING INDUCTORS

(54) 発明の名称: インダクタの製造方法

[図1]



(57) Abstract: Provided is a method for manufacturing inductors, said method using inexpensive round wire coils and being suitable for reducing the cost of inductors. A material powder is compression-molded from above to form a primary compressed body (CB1) that has: a bottom wall provided with a high-compression-density (D3) part that can face the bottom surface of a coil section (COa) of a round wire coil (CO); a medium-compression-density (D2) peripheral wall provided so as to surround the bottom wall; and a concavity. The coil section (COa) of the round wire coil (CO) is inserted into the concavity such that the coil section (COa) is positioned above the high-compression-density (D3) part of the bottom wall, and tabs (COb) are positioned on top of the medium-compression-density (D2) peripheral wall. In addition to the aforementioned bottom wall and peripheral wall, more material powder is added and compression-molded from above to form a secondary compressed body (CB2) that has: a medium-compression-density (D2) upper wall provided on top of the peripheral wall and coil; and a medium-compression-density (D2) central part provided inside the coil section of the round wire coil. The secondary compressed body (CB2) is compression-molded from above and below, forming a final compressed body (CB3) having a final compression density (D4).

(57) 要約:

[続葉有]



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

【課題】 コイルとして安価な丸線コイルを使用してインダクタの低価格化を図るのに好適なインダクタの製造方法を提供する。 【解決手段】 材料粉末を下方に圧縮成形して、丸線コイルCOの巻き部COaの下面と向き合い得る高圧縮密度D3部分を具備した下壁と、該下壁を囲むように設けられた中圧縮密度D2の周壁と、凹部とを有する一次圧縮体CB1を形成し、巻き部COaが下壁の高圧縮密度D3部分の上に位置し、且つ、各引出部CObが中圧縮密度D2の周壁の上に位置するように凹部内に丸線コイルCOの巻き部COaを挿入し、さらに投入された材料粉末を下方に圧縮成形して、前記下壁及び周壁の他に、周壁及びコイルの上に設けられた中圧縮密度D2の上壁と、丸線コイルの巻き部の内側に設けられた中圧縮密度D2の中心部とを有する二次圧縮体CB2を形成し、二次圧縮体CB2を上方及び下方に圧縮成形して最終圧縮密度D4の最終圧縮体CB3を形成する。

明 細 書

発明の名称： インダクタの製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、磁性粉末及び結合剤を含む材料粉末を圧縮成形したものを硬化させて得た磁性コア内にコイルの巻き部を埋設した構造を備えるインダクタの製造方法に関する。

背景技術

[0002] この種のインダクタの製造方法に関し、特許文献１（特許第３１０８９３１号）には「磁性粉末を結合するための熱硬化性樹脂である結合剤を含む結合剤入り磁性粉末を成形型により加圧予備成形して第１の圧粉体を形成すること、前記成形型に端子部を有するコイルを設置すること、前記コイルを基準とし前記第１の圧粉体とは反対側の成形型に第２の圧粉体を設置すること、該第２の圧粉体が前記結合剤入り磁性粉末と同様な結合剤入り磁性粉末、もしくは前記結合剤入り磁性粉末と同様な結合剤入り磁性粉末を加圧予備成形したものであり、前記第１の圧粉体に前記第２の圧粉体を突合わせ、前記第１の圧粉体及び前記第２の圧粉体間の接続部分における界面が除かれるまで加圧本成形を施して一体化すること、前記成形体を前記成形型から離型すること、その後に前記結合剤を熱硬化処理することを特徴とするインダクタの製造方法」が開示されている。

[0003] また、特許文献２（特許第３６７０５７５号）には「絶縁材をコーティングした強磁性金属粒子からなる磁性粉末中に、コイルを埋め込んでコイル封入圧粉コアを製造するに際し、上インナーパンチが組み込まれた上パンチと、下インナーパンチが組み込まれた下パンチとを用い、成形空間内に前記下インナーパンチが上がった状態で前記磁性粉末を前記成形空間内に充填した後、前記上インナーパンチを含む前記上パンチを前記磁性粉末に接触するまで下降させた後に、前記上インナーパンチと前記下インナーパンチとを同期して下降させ、しかる後に前記上インナーパンチを含む前記上パンチをさら

に下降させて圧縮成形することにより、下部コアを形成する第1の圧縮成形工程と、前記成形空間内において、前記下部コアの上面に前記コイルを載置するコイル配置工程と、前記コイルが埋まるように前記磁性粉末を前記成形空間内に再び充填するコイル埋め込み工程と、前記下部コアと前記コイルとが積層された方向に圧力を加えて圧縮成形する第2の圧縮成形工程とを有するコイル封入圧粉コアの製造方法」が開示されている。

[0004] さらに、特許文献3（特許第3654254号）には「熱硬化性樹脂を含有した結合剤と磁性粉末とを前記熱硬化性樹脂が完全硬化しない非加熱状態で混合し、背面部に中脚部と外脚部とを有する形状に加圧成形した圧粉体を、貫通孔を有するコイル部が被覆されるように再加圧成形するとともに前記熱硬化性樹脂が完全硬化するように加熱して、前記コイル部が内包された外装部を形成する外装部形成工程を備え、前記圧粉体の背面部を強硬度部、中脚部と外脚部を弱硬度部にするとともに、前記圧粉体の背面部で前記コイル部の上下面を支持し、前記圧粉体の加圧成形時の加圧力よりも再加圧成形時の加圧力を高くして、前記コイル部が内包される前記外装部の内包厚寸法を前記コイル部の貫通孔の直径よりも小さく形成するとともに、前記外装部の上面部および下面部の密度を前記外装部の中間部の密度よりも大きく形成するコイル部品の製造方法」が開示されている。

[0005] ところで、この種のインダクタはパソコン等の電子機器における需要が高く、種々のサイズ及び特性を有するものが既に販売されている。このような市場において販売競争に打ち勝つには、品質が同等以上で低価格のインダクタを提供することが肝要となる。

[0006] このようなインダクタを提供するには工数及び材料費の低減が必要不可欠であり、工数低減に関しては、（1）1台の成形装置を用いて短時間で所期の圧縮成形を行えるようにすること、がその対策として挙げられる。一方、材料費低減に関しては、（2）コイルとして安価な丸線コイル（断面円形の線材を用いて形成されたコイルで、円形状の巻き部とその両端から引き出された直線状の2つの引出部とを有するもの、図3参照）が使用できるようにする

こと、がその対策として挙げられる。

[0007] しかしながら、特許文献 1 及び 2 に開示された製造方法は前記対策 (2) を講ずるのに適しておらず、また、特許文献 3 に開示された製造方法は前記対策 (1) 及び (2) の両方を講ずるのに適していない。

[0008] 即ち、特許文献 1 に開示された製造方法は、第 1 の圧粉体に第 2 の圧粉体 (結合剤入り磁性粉末、或いは、該結合剤入り磁性粉末を加圧予備予備成形したもの) を突合わせて、第 1 の圧粉体及び第 2 の圧粉体間の接続部分における界面が除かれるまで加圧本成形を施して一体化するものである。依って、コイルとして前記丸線コイルを用いると、加圧本成形のときに巻き部が上方または下方に圧縮され、該圧縮に伴って各引出部にその上下位置及び左右位置を変動させる応力が加わり易い。つまり、特に低剛性の線材 (例えば直径が 0.8 mm 以下の線材) を用いて形成された丸線コイルを用いると、前記応力によって各引出部に位置ずれや変形や亀裂等を生じ易く、これらが原因となって特性変化等の品質低下を招来し易い。

[0009] また、特許文献 2 に開示された製造方法は、第 1 の圧縮成形工程で形成した下部コアの上面にコイルを載置した後、該コイルが埋まるように磁性粉末を充填してこれを圧縮成形 (第 2 の圧縮成形工程) するものである。依って、コイルとして前記丸線コイルを用いると、第 2 の圧縮成形のときに巻き部が下方に圧縮され、該圧縮に伴って各引出部にその上下位置及び左右位置を変動させる応力が加わり易い。つまり、特に低剛性の線材 (例えば直径が 0.8 mm 以下の線材) を用いて形成された丸線コイルを用いると、前記応力によって各引出部に位置ずれや変形や亀裂等を生じ易く、これらが原因となって特性変化等の品質低下を招来し易い。

[0010] さらに、特許文献 3 に開示された製造方法は、加圧成形した 2 つの圧粉体を予め用意し、これら圧粉体をコイルが被覆されるように再加圧成形するものである。依って、2 つの圧粉体を予め用意するために 2 台以上の成形装置が必要で、特許文献 1 及び 2 に開示された製造方法よりも圧縮成形が煩雑で時間にかかる。しかも、コイルとして前記丸線コイルを用いると、加圧本成

形のときに巻き部が上方及び下方に圧縮され、該圧縮に伴って各引出部にその上下位置及び左右位置を変動させる応力が加わり易い。つまり、特に低剛性の線材（例えば直径が0.8 mm以下の線材）を用いて形成された丸線コイルを用いると、前記応力によって各引出部に位置ずれや変形や亀裂等を生じ易く、これらが原因となって特性変化等の品質低下を招来し易い。

[0011] このように、特許文献1～3に開示された製造方法は何れも前記対策（2）を講ずるのに適していないため、コイルとして安価な丸線コイルを使用してインダクタの低価格化を図ることは極めて難しい。

先行技術文献

特許文献

[0012] 特許文献1：特許第3108931号

特許文献2：特許第3670575号

特許文献3：特許第3654254号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0013] 本発明の目的は、コイルとして安価な丸線コイルを使用してインダクタの低価格化を図るのに好適なインダクタの製造方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0014] この目的を達成するため、本発明は、磁性粉末及び結合剤を含む材料粉末と、巻き部と該巻き部の両端から引き出された同一高さの2つの引出部とを有する丸線コイルとを用いて、該丸線コイルの巻き部及び各引出部の巻き部側の一部が埋設された最終圧縮体を得る工程を少なくとも備えたインダクタの製造方法であって、材料粉末の粒子密度を未圧縮密度 D_1 とし、未圧縮密度 $D_1 < \text{中圧縮密度 } D_2 < \text{高圧縮密度 } D_3 < \text{最終圧縮密度 } D_4$ の関係となるように目標とする中圧縮密度 D_2 、高圧縮密度 D_3 及び最終圧縮密度 D_4 の数値或いは数値範囲をそれぞれ設定したとき、前記工程は、（S1）未圧縮

密度D 1 の材料粉末を下方に圧縮成形して、丸線コイルの巻き部の下面と向き合い得る高圧縮密度D 3 部分を具備した下壁と、該下壁を囲むように設けられた中圧縮密度D 2 の周壁とを一体に有すると共に、下壁と周壁とによって画成された凹部を有する一次圧縮体を形成するステップと、(S 2) 巻き部が下壁の高圧縮密度D 3 部分の上に位置し、且つ、各引出部が中圧縮密度D 2 の周壁の上に位置するように、一次圧縮体の凹部内に丸線コイルの巻き部を挿入するステップと、(S 3) 一次圧縮体の上及び丸線コイルの巻き部の内側に投入された材料粉末を下方に圧縮成形して、前記下壁及び周壁の他に、周壁及びコイルの上に設けられた中圧縮密度D 2 の上壁と、丸線コイルの巻き部の内側に設けられた中圧縮密度D 2 の中心部とを一体に有する二次圧縮体を形成するステップと、(S 4) 二次圧縮体を上方及び下方に圧縮成形して最終圧縮密度D 4 の最終圧縮体を形成するステップと、を有する。

[0015] この製造方法によれば、前記工程の二次圧縮過程（ステップS 3）では、一次圧縮体の中圧縮密度D 2 の周壁の上に位置する丸線コイルの各引出部の上側で材料粉末が中圧縮密度に圧縮されるが、一次圧縮体の周壁が中圧縮密度であり、しかも、ここで圧縮される材料粉末は断面円形の各引出部の外側曲面に従ってこれらを避けるように流動するため、各引出部にはその上下位置及び左右位置を変動させるような応力は加わり難い。また、前記工程の最終圧縮過程（ステップS 4）では、丸線コイルの各引出部の下側と上側で二次圧縮体の中圧縮密度D 2 の周壁及び上壁が最終圧縮密度D 3 に圧縮されるが、該周壁及び上壁が同じ中圧縮密度D 2 であり、しかも、ここで圧縮される周壁及び上壁の粒子は断面円形の各引出部の外側曲面に従ってこれらを避けるように流動するため、各引出部にその上下位置及び左右位置を変動させるような応力は加わり難い。

[0016] つまり、二次圧縮過程（ステップS 3）で丸線コイルの各引出部にその上下位置及び左右位置を変動させるような応力が加わり難く、且つ、最終圧縮過程（ステップS 4）でも丸線コイルの各引出部にその上下位置及び左右位置を変動させるような応力は加わり難いため、低剛性の線材（例えば直径が

0. 8 mm以下の線材)を用いて形成された丸線コイルを使用した場合でも、前記工程において丸線コイルの各引出部に位置ずれや変形や亀裂等が生じることを抑制できると共に、これらを原因とした特性変化等の品質低下をも抑制できる。つまり、コイルとして安価な丸線コイルを使用してインダクタの低価格化を図れると共に従前のものと品質が同等以上のインダクタを提供することができる。

発明の効果

[0017] 本発明によれば、コイルとして安価な丸線コイルを使用してインダクタの低価格化を図るのに好適なインダクタの製造方法を提供することができる。

[0018] 本発明の前記目的とそれ以外の目的と、構成特徴と、作用効果は、以下の説明と添付図面によって明らかとなる。

図面の簡単な説明

[0019] [図1]図1 (A) ~図1 (H) は本発明の第1実施形態に係る圧縮成形装置と圧縮成形工程の説明図である。

[図2]図2は図1 (B) に示した一次圧縮体の拡大断面図である。

[図3]図3 (A) は図1 (D) に示した丸線コイルの拡大上面図、図3 (B) は図3 (A) のS1-S1線に沿う断面図である。

[図4]図4 (A) は図1 (F) に示した二次圧縮体の拡大断面図、図4 (B) は図1 (G) に示した最終圧縮体の拡大断面図である。

[図5]図5 (A) は最終圧縮体を硬化処理して得た磁性コアの上面図、図5 (B) は図5 (A) に示した磁性コアの下面図である。

[図6]図6は図5 (A) 及び図5 (B) に示した磁性コアに端子を設けて得たインダクタの下面図である。

[図7]図7 (A) ~図7 (H) は本発明の第2実施形態に係る圧縮成形装置と圧縮成形工程の説明図である。

[図8]図8は図7 (B) に示した一次圧縮体の拡大断面図である。

[図9]図9 (A) は図7 (F) に示した二次圧縮体の拡大断面図、図9 (B) は図7 (G) に示した最終圧縮体の拡大断面図である。

[図10]実験例を説明するためのグラフである。

発明を実施するための形態

[0020] [第1実施形態]

図1～図6は本発明（インダクタの製造方法）の第1実施形態を示す。この第1実施形態は、

a 1. 磁性粉末及び結合剤を含む材料粉末と、巻き部と該巻き部の両端から引き出された

同一高さの2つの引出部とを有する丸線コイルとを用いて、該丸線コイルの巻き部

及び各引出部の巻き部側の一部が埋設された最終圧縮体を得る工程

a 2. 最終圧縮体に硬化処理を施して磁性コアを得る工程

a 3. 磁性コアを洗浄して不要物を除去する工程

a 4. 磁性コアに端子を形成する工程

とを備えている。

<工程 a 1>

前記工程 a 1 には、図1（A）に示すように、下型10と上型20とを備える成形装置を用いる。

[0021] 下型10は、下インナーピン11と、その周囲に配された下インナースリーブ12と、その周囲に配された下アウタースリーブ13とを有している。下インナーピン11の上面視輪郭は、後述する丸線コイルC0の巻き部C0aの内径よりも僅かに小さな円形である。また、下インナースリーブ12の上面視輪郭は、後述する最終圧縮体CB3の上面視輪郭と略一致した矩形である。さらに、下アウタースリーブ13の上面には、後述する丸線コイルC0の各引出部C0bの挿入を可能とした所定深さの細溝13aが形成されている。

[0022] 一方、上型20は、上インナーピン21と、その周囲に配された上インナースリーブ22と、その周囲に配された上アウタースリーブ23とを有している。上インナーピン21の下面視輪郭は、後述する丸線コイルC0の巻き

部C O aの外径よりも僅かに大きな円形である。また、上インナースリーブ2 2の下面視輪郭は、下インナースリーブ1 2の上面視輪郭よりも僅かに小さな矩形である。さらに、上アウタースリーブ2 3の下部は、下アウタースリーブ1 3の細溝1 3 a内への挿入を可能とした形状となっている。

[0023] 前記工程a 1では、まず、図1 (A)に示すように、下インナーピン1 1と下インナースリーブ1 2を下降させ、該下降によって形成された高さh 1のキャビティに材料粉末MPを投入する。

[0024] 材料粉末MPは、磁性粉末と、該磁性粉末の少なくとも表面一部にコーティングされた結合剤とを含む。磁性粉末は、強磁性を示す公知の金属、例えばパーマロイ (Fe-Ni合金) や、スーパーマロイ (Fe-Ni-Mo合金) や、センダスト (Fe-Si-Al合金) や、フェライトや、Fe-Co合金や、Fe-Al合金や、Fe-Cr合金や、Fe-Si合金や、Fe-Cr-Si合金や、Feや、NiやCr等から成り、その平均粒径は好ましくは5~30 μ mである。結合剤は、熱硬化が可能な公知の材料、例えばエポキシ樹脂や、フェノール樹脂や、シリコーン樹脂等から成る。

[0025] 続いて、図1 (B)に示すように、図1 (A)で投入された材料粉末MPの上面が下アウタースリーブ1 3の細溝1 3 aの底面よりも低くなる位置まで下インナーピン1 1と下インナースリーブ1 2を下降させると共に、下インナースリーブ1 2をその上面と下インナーピン1 1の上面との間隔が高さh 2になるまでさらに下降させる。そして、上インナーピン2 1をその下面と下インナースリーブ1 2の上面との間隔が高さh 3になるまで下降させると同時に、上インナースリーブ2 2をその下面と下インナースリーブ1 2の上面との間隔が高さh 4になるまで下降させる。これにより、図1 (A)で投入された材料粉末MPが下方に圧縮されて一次圧縮体C B 1が形成される。

[0026] 一次圧縮体C B 1は、図2に示すように、下面視輪郭が円形で高さがh 3の下壁C B 1 aと、下壁C B 1 aを囲むように設けられた下面視輪郭が矩形で高さがh 4の周壁C B 1 bと、下壁C B 1 aの下面中央に設けられた下面

視輪郭が円形で高さが h_2 の凸部CB1cとを一体に有すると共に、下壁CB1aと周壁CB1bとによって画成された上面視輪郭が円形で高さが $h_4 - h_3$ の凹部CB1dを有している。凸部CB1cの外径は後述する丸線コイルCOの巻き部COaの内径よりも僅かに小さい。また、凹部CB1dの直径 R_{cb1} は後述する丸線コイルCOの巻き部COaの外径 R_{co} よりも僅かに大きく、深さ D_{cb1} は後述する丸線コイルCOの巻き部COaの高さ H_{co} と略一致している。

[0027] また、材料粉末MPの粒子密度を未圧縮密度 D_1 とし、未圧縮密度 $D_1 <$ 中圧縮密度 $D_2 <$ 高圧縮密度 $D_3 <$ 最終圧縮密度 D_4 の関係となるように目標とする中圧縮密度 D_2 、高圧縮密度 D_3 及び最終圧縮密度 D_4 の数値或いは数値範囲をそれぞれ設定すると、一次圧縮体CB1の下壁CB1aの凸部CB1cが対向しないリング状部分（後述する丸線コイルCOの巻き部COaの下面と向き合う部分）の粒子密度は高圧縮密度 D_3 で、且つ、周壁CB1bの粒子密度、凸部CB1cの粒子密度及び該凸部CB1cが対向する下壁CB1aの中央部分の粒子密度は中圧縮密度 D_2 である（ハッチングの違いを参照）。換言すれば、一次圧縮体CB1の下壁CB1aの凸部CB1cが対向しないリング状部分が高圧縮密度 D_3 になり、且つ、周壁CB1b、凸部CB1c及び該凸部CB1cが対向する下壁CB1aの中央部分が中圧縮密度 D_2 になるように、圧縮量及び圧力を制御しながら前記一次圧縮成形を行う。

[0028] 続いて、図1（C）に示すように、上インナーピン21と上インナースリーブ22を上昇復帰させると共に、一次圧縮体CB1の周壁CB1bの上面が下アウタースリーブ13の細溝13aの底面と略同じ高さになる位置まで下インナースリーブ12と下インナーピン11を上昇させる。

[0029] 続いて、図1（D）に示すように、丸線コイルCOの巻き部COaを一次圧縮体CB1の凹部CB1d内に挿入すると同時に、各引出部CObを下アウタースリーブ13の各細溝13a内に挿入する。

[0030] 丸線コイルCOは、図3（A）及び図3（B）に示すように、断面円形の

線材を用いて形成されたコイルで、円形状の巻き部COaと、該巻き部COaの両端から引き出された

直線状の2つの引出部CObとを有している。線材は、銅等から成る断面円形の金属線と、ポリアミドやポリイミドやポリアミドイミドやウレタン等から成り該金属線の外周面を被覆する絶縁材とから構成されており、その直径は好ましくは0.1mm～1.2mmである。

[0031] また、丸線コイルCOの巻き部COaの外径Rcoは一次圧縮体CB1の凹部CB1dの直径Rcb1よりも僅かに小さく、且つ、該巻き部COaの高さHcoは一次圧縮体CB1の凹部CB1dの深さDcb1と略一致している。しかも、各引出部CObは巻き部COaの高さ方向上端にあり、巻き部COaを基準とした各々の高さは同じである。

[0032] 図面には、丸線コイルCOとして巻き数が約9、巻き形態が3重3段の多層、巻き方が標準巻き（線材の一端側を固定し他端側を芯に順次巻き付ける巻き方）のものを例示したが、インダクタのサイズ及び特性に応じて巻き数及び巻き形態が異なるものを代わりに用いても良い。また、巻き方が異なるもの、例えば、線材の一端側と他端側の両方を芯に順次巻き付ける巻き方等の巻き方を採用したものを代わりに用いても良い。

[0033] つまり、図1（D）において一次圧縮体CB1の凹部CB1d内に挿入された巻き部COaは、下壁CB1aの高圧縮密度D3のリング状部分の上に位置する。また、下アウタースリーブ13の各細溝13a内に挿入された各引出部CObは、中圧縮密度D2の周壁CB1bの上に位置する。

[0034] 続いて、図1（E）に示すように、一次圧縮体CB1の上に形成されている高さh5のキャビティと丸線コイルCOの巻き部COaの内側とに前記同様の材料粉末MPを投入する。

[0035] 続いて、図1（F）に示すように、上アウタースリーブ23を下降させてその下部を下アウタースリーブ13の各細溝13a内に挿入して、該各細溝13aの内側開口の各引出部CObよりも上側部分を上アウタースリーブ23の下部内面で覆う。このとき、上アウタースリーブ23の下端は各引出部

C O bに接触させない。そして、上インナーピン2 1と上インナースリーブ2 2を両者の下面と丸線コイルC Oの上面との間隔が高さh 6になるまで下降させる。これにより、図1 (E)で投入された材料粉末MPが下方に圧縮されて二次圧縮体C B 2が形成される。

[0036] 二次圧縮体C B 2は、図4 (A)に示すように、下面視輪郭が円形で高さがh 3の下壁C B 2 aと、下壁C B 2 aを囲むように設けられた下面視輪郭が矩形で高さがh 4の周壁C B 2 bと、下壁C B 2 aの下面中央に設けられた下面視輪郭が円形で高さがh 2の凸部C B 2 cと、周壁C B 2 b及び丸線コイルC Oの上に設けられた上面視輪郭が矩形で高さがh 6の上壁C B 2 dと、丸線コイルC Oの巻き部C O aの内側に設けられた高さがH c oの中心部C B 2 eとを一体に有している。

[0037] また、二次圧縮体C B 2の下壁C B 2 aの凸部C B 2 cが対向しないリング状部分の粒子密度は高圧縮密度D 3で、且つ、周壁C B 2 bの粒子密度、凸部C B 2 cの粒子密度、該凸部C B 2 cが対向する下壁C B 2 aの中央部分の粒子密度、上壁C B 2 dの粒子密度及び中心部C B 2 eの粒子密度は中圧縮密度D 2である（ハッチングの違いを参照）。換言すれば、二次圧縮体C B 2の下壁C B 2 aの凸部C B 2 cが対向しないリング状部分が高圧縮密度D 3になり、且つ、周壁C B 2 b、凸部C B 2 c、該凸部C B 2 cが対向する下壁C B 2 aの中央部分、上壁C B 2 d及び中心部C B 2 eが中圧縮密度D 2になるように、圧縮量及び圧力を制御しながら前記二次圧縮成形を行う。

[0038] この二次圧縮過程では、丸線コイルC Oの巻き部C O aの上側及び内側で材料粉末MPが中圧縮密度D 2に圧縮されるが、丸線コイルC Oの巻き部C O aの下側が高圧縮密度D 3で外側が中圧縮密度d 2であるため、該巻き部C O aを下方及び外方に圧縮する応力は加わり難い。

[0039] また、同二次圧縮過程では、一次圧縮体C B 1の中圧縮密度D 2の周壁C B 1 bの上に位置する丸線コイルC Oの各引出部C O bの上側で材料粉末M

Pが中圧縮密度D₂に圧縮されるが、一次圧縮体CB₁の周壁CB_{1b}が中圧縮密度D₂であり、しかも、ここで圧縮される材料粉末MPは断面円形の各引出部CO_bの外側曲面に従ってこれら避けるように流動するため、各引出部CO_bにはその上下位置及び左右位置を変動させるような応力は加わり難い。

[0040] 続いて、図1（G）に示すように、下インナーピン11をその上面が下インナースリーブ12の上面と一致するように上昇させた後に、下インナーピン11と下インナースリーブ12を両者の上面と丸線コイルCOの下面との間隔が高さh₇になるまで上昇させると同時に、上インナーピン21と上インナースリーブ22を両者の下面と丸線コイルCOの上面との間隔が高さh₈になるまで下降させる。これにより、図1（F）に示した二次圧縮体CB₂が上方及び下方に圧縮されると共に、凸部CB_{2c}が対向する下壁CB_{2a}の中央部分が該凸部CB_{2c}によって巻き部CO_aの内側に押し込まれるようにして最終圧縮体CB₃が形成される。

[0041] 最終圧縮体CB₃は、図4（B）に示すように、高さが約h₇+h₈の直方体形状を成し、丸線コイルCOの巻き部CO_a及び各引出部CO_bの巻き部CO_a側の一部は該最終圧縮体CB₃内に埋設され、各引出部CO_bの残部は該最終圧縮体CB₃から外部に突出している。

[0042] また、最終圧縮体CB₃の全体の粒子密度は、最終圧縮密度D₄である（ハッチングの違いを参照）。換言すれば、最終圧縮体CB₃の全体が最終圧縮密度D₄になるように、圧縮量及び圧力を制御しながら前記最終圧縮成形を行う。

[0043] この最終圧縮過程では、丸線コイルCOの巻き部CO_aの下側が高圧縮密度D₃で上側が中圧縮密度D₂であるため、該巻き部CO_aは高圧縮密度D₃の部位によって上方に圧縮されてその高さが初期高さH_{co}よりも僅かに低下するが、ここでの巻き部CO_aの圧縮方向は上方であるので、該圧縮によって各引出部CO_bにその上下位置及び左右位置を変動させるような応力は加わり難い。

- [0044] また、同最終圧縮過程では、丸線コイルC Oの各引出部C O bの下側と上側で二次圧縮体C B 2の中圧縮密度D 2の周壁C B 2 b及び上壁C B 2 dが最終圧縮密度D 3に圧縮されるが、該周壁C B 2 b及び上壁C B 2 dが同じ中圧縮密度D 2であり、しかも、ここで圧縮される周壁C B 2 b及び上壁C B 2 dの粒子は断面円形の各引出部C O bの外側曲面に従ってこれら进行するように流動するため、各引出部C O bにその上下位置及び左右位置を變動させるような応力は加わり難い。
- [0045] 続いて、図1（H）に示すように、上インナーピン2 1と上インナースリーブ2 2を上昇復歸させると共に、最終圧縮体C B 3を外部に取り出せる位置まで下インナーピン1 1と下インナースリーブ1 2を上昇させる。そして、最終圧縮体C B 3を成形装置から取り出す。
- [0046] ここで、前記の中圧縮密度D 2、高圧縮密度D 3及び最終圧縮密度D 4について説明する。因みに、中圧縮密度D 2、高圧縮密度D 3及び最終圧縮密度D 4の測定は、例えば、一次圧縮体C B 1、二次圧縮体C B 2及び最終圧縮体C B 3の該当箇所を所定の体積で切り出してその重量を計測し、重量／体積を算出することによって行われる。
- [0047] 前記中圧縮密度D 2と前記最終圧縮密度D 4との関係は $0.70 < (D 2 / D 4) < 0.85$ となるようにするのが好ましい。 $(D 2 / D 4)$ が0.70以下であると、丸線コイルC Oの巻き部C O aを一次圧縮体C B 1の凹部C B 1 d内に挿入するとき（図1（D）参照）に該一次圧縮体C B 1の周壁C B 1 bが崩れ易くなる。一方、 $(D 2 / D 4)$ が0.85以上であると、二次圧縮体C B 2を形成するとき（図1（F）参照）に丸線コイルC Oの引出部C O bが変形し易くなる。
- [0048] また、前記高圧縮密度D 3と前記最終圧縮密度D 4との関係は $0.90 < (D 3 / D 4) < 0.97$ となるようにするのが好ましい。 $(D 3 / D 4)$ が0.90以下であると、二次圧縮体C B 2を形成するとき（図1（F）参照）に丸線コイルC Oの巻き部C O aに沈み込みが生じて引出部C O bが変形し易くなる。一方、 $(D 3 / D 4)$ が0.97以上であると、最終圧縮体

ＣＢ３を形成するとき（図１（Ｇ）参照）に二次圧縮体ＣＢ２の高圧縮密度Ｄ３部分が最終圧縮密度Ｄ４に到達しづらくなる。

<工程 a 2>

前記工程 a 2 では、成形装置から取り出した最終圧縮体ＣＢ３を所定温度、即ち、材料粉末ＭＰに含まれていた結合剤が硬化する温度に加熱する処理を施し、図５（Ａ）及び図５（Ｂ）に示すような磁性コアＰＣを得る。

[0049] 磁性コアＰＣの上面には、図５（Ａ）に示すように、上インナーピン２１の下面視輪郭に相当する円形の跡ＰＣaが成形痕跡として残っている。また、磁性コアＰＣの下面には、図５（Ｂ）に示すように、下インナーピン１１の上面視輪郭に相当する円形の跡ＰＣbが成形痕跡として残っている。

<工程 a 3>

前記工程 a 3 では、前記工程 a 2 で得た磁性コアＰＣに超音波洗浄等による洗浄を施し、磁性コアＰＣの表面から不要物、例えば表面に付着している余分な材料粉末ＭＰ等を除去する。

<工程 a 4>

前記工程 a 4 では、各引出部ＣＯbの突出部分をその先端が磁性コアＰＣの下面に回り込むように折り曲げて、回り込んだ部分の絶縁材を除去して金属線を露出させる。そして、図６に示すように、下面視輪郭が矩形を成す２つの端子ＴＥを、露出した金属線と電氣的に導通するように磁性コアＰＣの下面に形成する。端子ＴＥの形成には、金属製の端子板を熱硬化性樹脂を用いて貼り付ける方法や、電極ペーストを矩形状に塗布して焼き付ける方法等が採用できる。

[0050] 前述の第１実施形態によれば、前記工程 a 1 の二次圧縮過程で丸線コイルＣＯの各引出部ＣＯbにその上下位置及び左右位置を変動させるような応力が加わり難く、且つ、最終圧縮過程でも丸線コイルＣＯの各引出部ＣＯbにその上下位置及び左右位置を変動させるような応力は加わり難いため、低剛性の線材（例えば直径が０．８mm以下の線材）を用いて形成された丸線コイルＣＯを使用した場合でも、前記工程 a 1 において丸線コイルＣＯの各引

出部に位置ずれや変形や亀裂等が生じることを抑制できると共に、これらを原因とした特性変化等の品質低下をも抑制できる。つまり、コイルとして安価な丸線コイルC Oを使用してインダクタの低価格化を図れると共に従前のものと品質が同等以上のインダクタを提供することができる。

[0051] また、前述の第1実施形態によれば、前記工程a 1の最終圧縮過程で丸線コイルC Oの巻き部C O aを上方に圧縮してその高さを初期高さH c oよりも僅かに低下させることができるため、巻き部C O aを構成する線材間に上下方向の隙間がある場合でも該隙間を無くして特性向上に貢献することができる。

[0052] [第2実施形態]

図7～図9は本発明（インダクタの製造方法）の第2実施形態を示す。この第2実施形態は、

b 1. 磁性粉末及び結合剤を含む材料粉末と、巻き部と該巻き部の両端から引き出された

同一高さの2つの引出部とを有する丸線コイルとを用いて、該丸線コイルの巻き部

及び各引出部の巻き部側の一部が埋設された最終圧縮体を得る工程

b 2. 最終圧縮体に硬化処理を施して磁性コアを得る工程

b 3. 磁性コアを洗浄して不要物を除去する工程

b 4. 磁性コアに端子を形成する工程

とを備えている。工程b 2～b 4は第1実施形態の工程a 2～a 4と同じであるので、ここでは工程b 1についてのみ説明する。

<工程b 1>

前記工程b 1には、図7（A）に示すように、下型30と上型40とを備える成型装置を用いる。

[0053] 下型30は、下インナーピン31と、その周囲に配された下スリーブ32とを有している。下インナーピン31の上面視輪郭は、後述する最終圧縮体C B 13の上面視輪郭と略一致した矩形である。また、下スリーブ32の上

面には、図3に示した丸線コイルCOの各引出部CO bの挿入を可能とした所定深さの細溝32 aが形成されている。

[0054] 一方、上型40は、上インナーピン41と、その周囲に配された上インナースリーブ42と、その周囲に配された上アウタースリーブ43とを有している。上型40の構成及び形状等は第1実施形態の上型20と同じである。

[0055] 前記工程b1では、まず、図7(A)に示すように、下インナーピン31を下降させ、該下降によって形成された高さh1(図1(a)の高さh1に相当)のキャビティに第1実施形態と同様の材料粉末MPを投入する。

[0056] 続いて、図7(B)に示すように、図7(A)で投入された材料粉末MPの上面が下スリーブ32の細溝32 aの底面よりも低くなる位置まで下インナーピン31を下降させる。そして、上インナーピン41をその下面と下インナーピン31の上面との間隔が高さh3(図1(B)の高さh3に相当)になるまで下降させると同時に、上インナースリーブ42をその下面と下インナーピン31の上面との間隔が高さh4(図1(B)の高さh4に相当)になるまで下降させる。これにより、図7(A)で投入された材料粉末MPが下方に圧縮されて一次圧縮体CB11が形成される。

[0057] 一次圧縮体CB11は、図8に示すように、下面視輪郭が円形で高さがh3の下壁CB11 aと、下壁CB11 aを囲むように設けられた下面視輪郭が矩形で高さがh4の周壁CB11 bとを一体に有すると共に、下壁CB11 aと周壁CB11 bとによって画成された上面視輪郭が円形で高さがh4-h3の凹部CB11 cを有している。この凹部CB11 dの直径Rcb11は図3に示した丸線コイルCOの巻き部CO aの外径Rcoよりも僅かに大きく、また、深さDcb11は図3に示した丸線コイルCOの巻き部CO aの高さHcoと略一致している。

[0058] また、第1実施形態と同じく、投入された材料粉末MPの粒子密度を未圧縮密度D1とし、未圧縮密度D1<中圧縮密度D2<高圧縮密度D3<最終圧縮密度D4の関係となるように目標とする中圧縮密度D2、高圧縮密度D3及び最終圧縮密度D4の数値或いは数値範囲をそれぞれ設定すると、一次

圧縮体CB11の下壁CB11aの粒子密度は高圧縮密度D3で、且つ、周壁CB11bの粒子密度は中圧縮密度D2である（ハッチングの違いを参照）。換言すれば、一次圧縮体CB11の下壁CB11aが高圧縮密度D3になり、且つ、周壁CB11bが中圧縮密度D2になるように、圧縮量及び圧力を制御しながら前記一次圧縮成形を行う。

[0059] 続いて、図7（C）に示すように、上インナーピン41と上インナースリーブ42を上昇復帰させると共に、一次圧縮体CB11の周壁CB11bの上面が下スリーブ32の細溝32aの底面と略同じ高さになる位置まで下インナーピン31を上昇させる。

[0060] 続いて、図7（D）に示すように、図3に示した丸線コイルCOの巻き部COaを一次圧縮体CB11の凹部CB11c内に挿入すると同時に、各引出部CObを下スリーブ32の各細溝32a内に挿入する。

[0061] つまり、図7（D）において一次圧縮体CB11の凹部CB11c内に挿入された巻き部COaは、高圧縮密度D3の下壁CB11aの上に位置する。また、下スリーブ32の各細溝32a内に挿入された各引出部CObは、中圧縮密度D2の周壁CB11bの上に位置する。

[0062] 続いて、図7（E）に示すように、一次圧縮体CB11の上に形成されている高さh5（図1（E）の高さh5に相当）のキャビティと丸線コイルCOの巻き部COaの内側とに前記同様の材料粉末MPを投入する。

[0063] 続いて、図7（F）に示すように、上アウタースリーブ43を下降させてその下部を下スリーブ32の各細溝32a内に挿入して、該細溝32aの内側開口の各引出部CObよりも上側部分を上アウタースリーブ43の下部内面で覆う。このとき、上アウタースリーブ43の下端は各引出部CObに接触させない。そして、上インナーピン41と上インナースリーブ42を両者の下面と丸線コイルCOの上面との間隔が高さh6（図1（F）の高さh6に相当）になるまで下降させる。これにより、図7（E）で投入された材料粉末MPが下方に圧縮されて二次圧縮体CB12が形成される。

[0064] 二次圧縮体CB12は、図9（A）に示すように、下面視輪郭が円形で高

さが h_3 の下壁CB12aと、下壁CB12aを囲むように設けられた下面視輪郭が矩形で高さが h_4 の周壁CB12bと、周壁CB12b及び丸線コイルCOの上に設けられた上面視輪郭が矩形で高さが h_6 の上壁CB12cと、丸線コイルCOの巻き部COaの内側に設けられた高さが H_{co} の中心部CB12dとを一体に有している。

[0065] また、二次圧縮体CB12の下壁CB12aの粒子密度は高圧縮密度D3で、且つ、周壁CB12bの粒子密度、上壁CB12cの粒子密度及び中心部CB12dの粒子密度は中圧縮密度D2である（ハッチングの違いを参照）。換言すれば、二次圧縮体CB12の下壁CB12aが高圧縮密度D3になり、且つ、周壁CB12b、上壁CB12c及び中心部CB12dが中圧縮密度D2になるように、圧縮量及び圧力を制御しながら前記二次圧縮成形を行う。

[0066] この二次圧縮過程では、丸線コイルCOの巻き部COaの上側及び内側で材料粉末MPが中圧縮密度D2に圧縮されるが、丸線コイルCOの巻き部COaの下側が高圧縮密度D3で外側が中圧縮密度D2であるため、該巻き部COaを下方及び外方に圧縮する応力は加わり難い。

[0067] また、同二次圧縮過程では、一次圧縮体CB11の中圧縮密度D2の周壁CB11bの上に位置する丸線コイルCOの各引出部CObの上側で材料粉末MPが中圧縮密度D2に圧縮されるが、一次圧縮体CB11の周壁CB11bが中圧縮密度D2であり、しかも、ここで圧縮される材料粉末MPは断面円形の各引出部CObの外側曲面に従ってこれらを避けるように流動するため、各引出部CObにはその上下位置及び左右位置を変動させるような応力は加わり難い。

[0068] 続いて、図7（G）に示すように、下インナーピン31をその上面と丸線コイルCOの下面との間隔が高さ h_7 （図1（G）の高さ h_7 に相当）になるまで上昇させると同時に、上インナーピン41と上インナースリーブ42を両者の下面と丸線コイルCOの上面との間隔が高さ h_8 （図1（G）の高さ h_8 に相当）になるまで下降させる。これにより、図7（F）に示した二

次圧縮体 C B 1 2 が上方及び下方に圧縮されて最終圧縮体 C B 1 3 が形成される。

[0069] 最終圧縮体 C B 1 3 は、図 9 (B) に示すように、高さが約 $h_7 + h_8$ の直方体形状を成し、丸線コイル C O の巻き部 C O a 及び各引出部 C O b の巻き部 C O a 側の一部は該最終圧縮体 C B 1 3 内に埋設され、各引出部 C O b の残部は該最終圧縮体 C B 1 3 から外部に突出している。

[0070] また、最終圧縮体 C B 1 3 の全体の粒子密度は、最終圧縮密度 D 4 である（ハッチングの違いを参照）。換言すれば、最終圧縮体 C B 1 3 の全体が最終圧縮密度 D 4 になるように、圧縮量及び圧力を制御しながら前記最終圧縮成形を行う。

[0071] この最終圧縮過程では、丸線コイル C O の巻き部 C O a の下側が高圧縮密度 D 3 で上側が中圧縮密度 D 2 であるため、該巻き部 C O a は高圧縮密度 D 3 の部位によって上方に圧縮されてその高さが初期高さ $H_{c o}$ よりも僅かに低下するが、ここでの巻き部 C O a の圧縮方向は上方であるので、該圧縮によって各引出部 C O b にその上下位置及び左右位置を変動させるような応力は加わり難い。

[0072] また、同圧縮過程では、丸線コイル C O の各引出部 C O b の下側と上側で二次圧縮体 C B 1 2 の中圧縮密度 D 2 の周壁 C B 1 2 b 及び上壁 C B 1 2 c が最終圧縮密度 D 3 に圧縮されるが、該周壁 C B 1 2 b 及び上壁 C B 1 2 c が同じ中圧縮密度 D 2 であり、しかも、ここで圧縮される周壁 C B 1 2 b 及び上壁 C B 1 2 c の粒子は断面円形の各引出部 C O b の外側曲面に従ってこれらを避けるように流動するため、各引出部 C O b にその上下位置及び左右位置を変動させるような応力は加わり難い。

[0073] 続いて、図 7 (H) に示すように、上インナーピン 4 1 と上インナースリーブ 4 2 を上昇復帰させると共に、最終圧縮体 C B 1 3 を外部に取り出せる位置まで下インナーピン 3 1 を上昇させる。そして、最終圧縮体 C B 1 3 を成形装置から取り出す。

[0074] 因みに、前記工程 b 1 で使用した下型 3 0 には第 1 実施形態の下型 1 0 の

ような下インナーピン 11 が無いため、前記工程 b 3 で形成された磁性コアの下面には図 5 (B) に示したような円形の跡 PCb は残らない。

[0075] ここで、前記の中圧縮密度 D 2、高圧縮密度 D 3 及び最終圧縮密度 D 4 について説明する。因みに、中圧縮密度 D 2、高圧縮密度 D 3 及び最終圧縮密度 D 4 の測定は、例えば、一次圧縮体 CB 1 1、二次圧縮体 CB 1 2 及び最終圧縮体 CB 1 3 の該当箇所を所定の体積で切り出してその重量を計測し、重量／体積を算出することによって行われる。

[0076] 前記中圧縮密度 D 2 と前記最終圧縮密度 D 4 との関係は $0.70 < (D 2 / D 4) < 0.85$ となるようにするのが好ましい。 $(D 2 / D 4)$ が 0.70 以下であると、丸線コイル CO の巻き部 CO a を一次圧縮体 CB 1 1 の凹部 CB 1 1 c 内に挿入するとき（図 7 (D) 参照）に該一次圧縮体 CB 1 1 の周壁 CB 1 1 b が崩れ易くなる。一方、 $(D 2 / D 4)$ が 0.85 以上であると、二次圧縮体 CB 1 2 を形成するとき（図 7 (F) 参照）に丸線コイル CO の引出部 CO b が変形し易くなる。

[0077] また、前記高圧縮密度 D 3 と前記最終圧縮密度 D 4 との関係は $0.90 < (D 3 / D 4) < 0.97$ となるようにするのが好ましい。 $(D 3 / D 4)$ が 0.90 以下であると、二次圧縮体 CB 1 2 を形成するとき（図 7 (F) 参照）に丸線コイル CO の巻き部 CO a に沈み込みが生じて引出部 CO b が変形し易くなる。一方、 $(D 3 / D 4)$ が 0.97 以上であると、最終圧縮体 CB 1 3 を形成するとき（図 7 (G) 参照）に二次圧縮体 CB 1 2 の高圧縮密度 D 3 部分が最終圧縮密度 D 4 に到達しづらくなる。

[0078] 前述の第 2 実施形態によれば、前記工程 b 1 の二次圧縮過程で丸線コイル CO の各引出部 CO b にその上下位置及び左右位置を変動させるような応力が加わり難く、且つ、最終圧縮過程でも丸線コイル CO の各引出部 CO b にその上下位置及び左右位置を変動させるような応力は加わり難いため、低剛性の線材（例えば直径が 0.8 mm 以下の線材）を用いて形成された丸線コイル CO を使用した場合でも、前記工程 b 1 において丸線コイル CO の各引出部に位置ずれや変形や亀裂等が生じることを抑制できると共に、これらを

原因とした特性変化等の品質低下をも抑制できる。つまり、コイルとして安価な丸線コイルCOを使用してインダクタの低価格化を図れると共に従前のものと品質が同等以上のインダクタを提供することができる。

[0079] また、前述の第2実施形態によれば、前記工程b1の最終圧縮過程で丸線コイルCOの巻き部COaを上方に圧縮してその高さを初期高さHcoよりも僅かに低下させることができるため、巻き部COaを構成する線材間に上下方向の隙間がある場合でも該隙間を無くして特性向上に貢献することができる。

[0080] [実験例]

以下に、前述の第1実施形態及び第2実施形態に係る具体的な実験例について説明する。

[0081] この実験で使用した材料粉末は、Fe-Cr-Si合金から成る平均粒径が $10\mu\text{m}$ の磁性粉末にエポキシ樹脂から成る結合剤を噴霧により付着させたものであり、磁性粉末と結合剤の体積比は9:1である。

[0082] また、実験で使用した丸線コイルは、銅から成る直径0.5mmの金属線をポリイミドから成る厚さ0.02mmの絶縁材で被覆した線材から構成されたものである。丸線コイルの巻き数、巻き形態及び巻き方は図3に示したものと同一であり、巻き部の外径（図3のRco）は5.0mmで、巻き部の高さ（図3のHco）は1.4mmである。

[0083] ここでは、前記工程a1と前記工程b1における高さh1を2.95mm、高さh2を0.90mm、高さh3を0.92mm、高さh4を2.45mm、高さh5を1.80mm、高さh6を1.10mm、高さh7を0.88mm、高さh8を0.88mmとすると共に、未圧縮密度D1を $2.85\text{g}/\text{cm}^3$ 、中圧縮密度D2を $4.60\text{g}/\text{cm}^3$ 、高圧縮密度D3を $5.48\text{g}/\text{cm}^3$ 、最終圧縮密度D4を $5.80\text{g}/\text{cm}^3$ とした（図10参照）。前記の中圧縮密度D2、高圧縮密度D3及び最終圧縮密度D4の測定は、一次圧縮体、二次圧縮体及び最終圧縮体の該当箇所を長さ3.00mm、幅3.00mm及び高さ1.00mmの角柱状に切り出してその重量を計測

し、重量／体積を算出することによって行った。

- [0084] このような条件で、前記工程 a 1 と前記工程 b 1 に従って最終圧縮体を 50 個ずつ形成した後、該最終圧縮体を側面から中心部まで研磨し、丸線コイルの状態を光学顕微鏡により確認したところ、何れのものも、丸線コイルの各引出部の上下位置及び左右位置に変動は殆ど見られず、該各引出部に問題視するような位置ずれや変形も見られなかった。また、丸線コイルの巻き部はその高さが 1.4 mm から平均で 1.1 mm に圧縮されていたが、該巻き部の巻き形態に問題視するような乱れは見られなかった。さらに、先に形成された各 50 個の最終圧縮体を用い、且つ、前記工程 a 2 ～ a 4 と前記工程 b 2 ～ b 4 に従ってインダクタを製造したところ、不良品扱いとなるものは生じなかった。

- [0085] 比較例として、前記同様の材料粉末（高さ h 1 に相当する高さは 2.95 mm）に前記同様の丸線コイルの巻き部を直接押し込み、その上に前記同様の材料粉末（高さ h 5 に相当する高さは 1.80 mm）を投入した後に全体を上方及び下方に圧縮（高さ h 7 と高さ h 8 に相当する高さはそれぞれ 0.88 mm）して最終圧縮体を 50 個形成した。そして、形成した最終圧縮体を側面から中心部まで研磨し、丸線コイルの状態を光学顕微鏡により確認したところ、全てにおいて丸線コイルの各引出部の上下位置及び左右位置に変動があって、該各引出部に位置ずれや変形が顕著に生じていた。また、先に形成された 50 個の最終圧縮体を用い、且つ、前記工程 a 2 ～ a 4 と前記工程 b 2 ～ b 4 に従ってインダクタを製造したところ、丸線コイルの引出部が切断されて不良品扱いとなるものが 23 個生じた。

符号の説明

- [0086] 10…下型、11…下インナーピン、12…下インナースリーブ、13…下アウトースリーブ、13a…細溝、20…上型、21…上インナーピン、22…上インナースリーブ、23…上アウトースリーブ、30…下型、31…下インナーピン、32…下スリーブ、32a…細溝、40…上型、41…上インナーピン、42…上インナースリーブ、43…上アウトースリーブ、

MP…材料粉末、CB 1…一次圧縮体、CB 1 a…下壁、CB 1 b…周壁、CB 1 c…凸部、CB 1 d…凹部、CO…丸線コイル、CO a…巻き部、CO b…引出部、CB 2…二次圧縮体、CB 2 a…下壁、CB 2 b…周壁、CB 2 c…凸部、CB 2 d…上壁、CB 2 e…中心部、CB 3…最終圧縮体、CB 1 1…一次圧縮体、CB 1 1 a…下壁、CB 1 1 b…周壁、CB 1 1 c…凹部、CB 1 2…二次圧縮体、CB 1 2 a…下壁、CB 1 2 b…周壁、CB 1 2 c…上壁、CB 1 2 d…中心部、CB 1 3…最終圧縮体、PC…磁性コア。

請求の範囲

[請求項1]

磁性粉末及び結合剤を含む材料粉末と、巻き部と該巻き部の両端から引き出された同一高さの2つの引出部とを有する丸線コイルとを用いて、該丸線コイルの巻き部及び各引出部の巻き部側の一部が埋設された最終圧縮体を得る工程を少なくとも備えたインダクタの製造方法であって、

材料粉末の粒子密度を未圧縮密度 D_1 とし、未圧縮密度 $D_1 <$ 中圧縮密度 $D_2 <$ 高圧縮密度 $D_3 <$ 最終圧縮密度 D_4 の関係となるように目標とする中圧縮密度 D_2 、高圧縮密度 D_3 及び最終圧縮密度 D_4 の数値或いは数値範囲をそれぞれ設定したとき、

前記工程は、(S1) 未圧縮密度 D_1 の材料粉末を下方に圧縮成形して、丸線コイルの巻き部の下面と向き合い得る高圧縮密度 D_3 部分を具備した下壁と、該下壁を囲むように設けられた中圧縮密度 D_2 の周壁とを一体に有すると共に、下壁と周壁とによって画成された凹部を有する一次圧縮体を形成するステップと、(S2) 巻き部が下壁の高圧縮密度 D_3 部分の上に位置し、且つ、各引出部が中圧縮密度 D_2 の周壁の上に位置するように、一次圧縮体の凹部内に丸線コイルの巻き部を挿入するステップと、(S3) 一次圧縮体の上及び丸線コイルの巻き部の内側に投入された材料粉末を下方に圧縮成形して、前記下壁及び周壁の他に、周壁及びコイルの上に設けられた中圧縮密度 D_2 の上壁と、丸線コイルの巻き部の内側に設けられた中圧縮密度 D_2 の中心部とを一体に有する二次圧縮体を形成するステップと、(S4) 二次圧縮体を上方及び下方に圧縮成形して最終圧縮密度 D_4 の最終圧縮体を形成するステップと、を有する。

[請求項2]

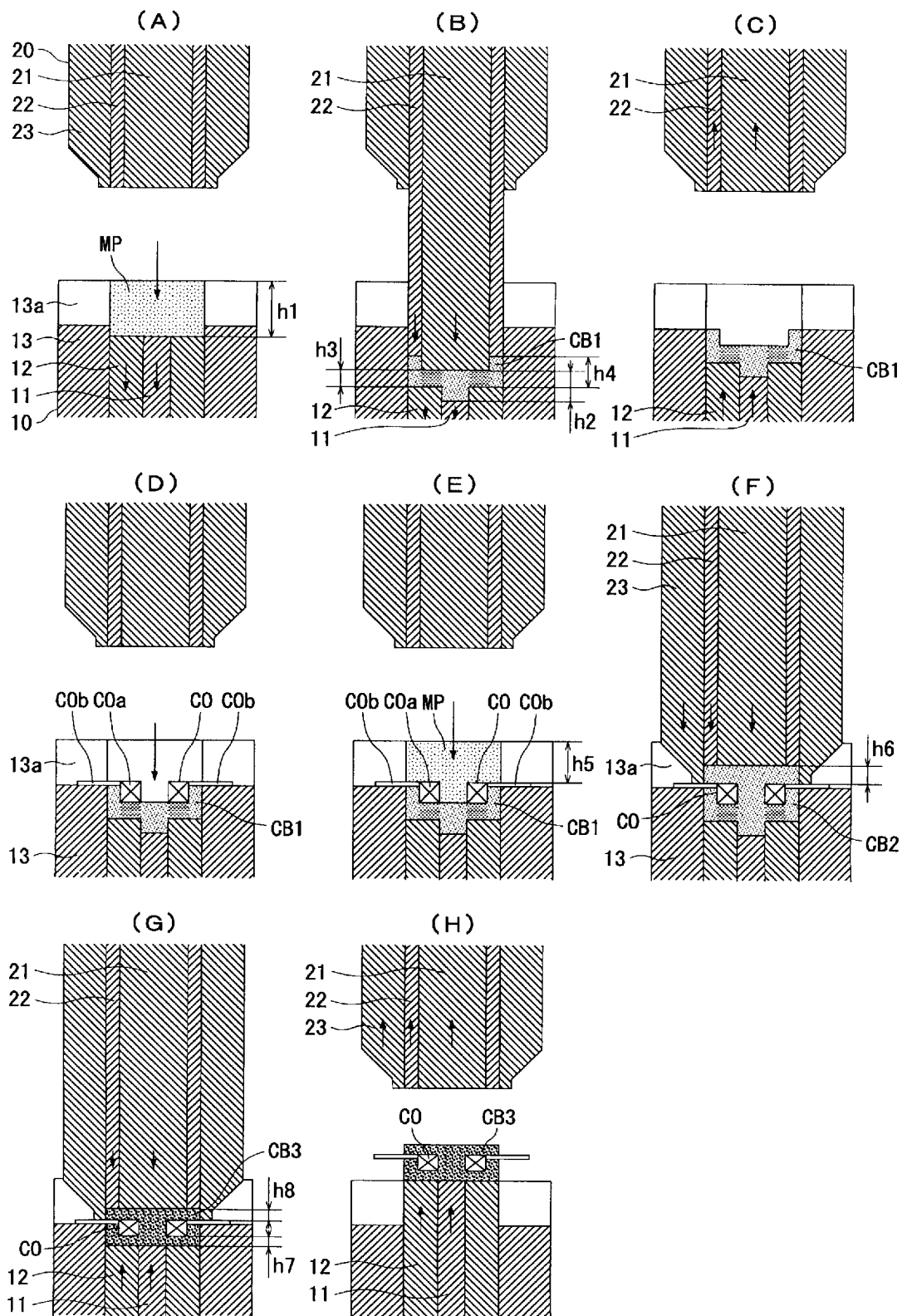
請求項1に記載のインダクタの製造方法において、

前記ステップS1で形成される一次圧縮体と前記ステップS3で形成される二次圧縮体は、下壁の下面中央に丸線コイルの巻き部の内径よりも僅かに小さい外径を有する中圧縮密度 D_2 の凸部を下壁の下面

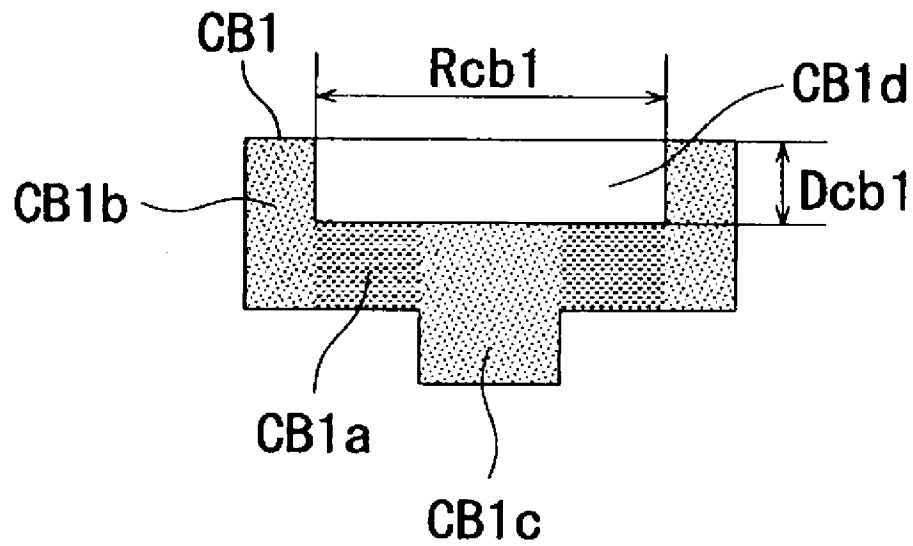
中央に一体に有し、下壁の凸部が対向しないリング状部分が高圧縮密度D 3 部分となっており、

前記ステップS 4 では、二次圧縮体の凸部が対向する下壁の中央部分が該凸部によって巻き部の内側に押し込まれるように圧縮成形を行って最終圧縮体を形成する。

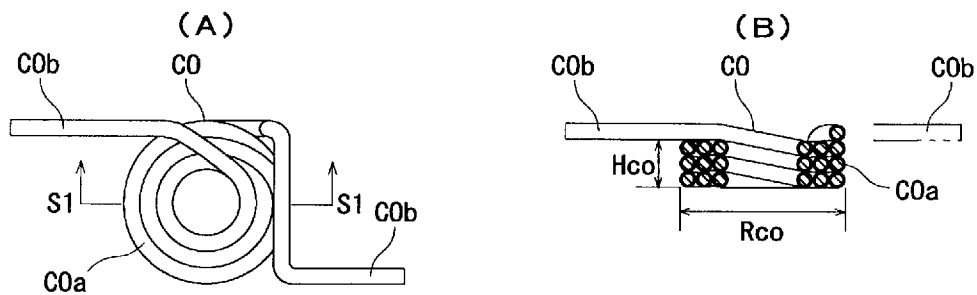
[図1]



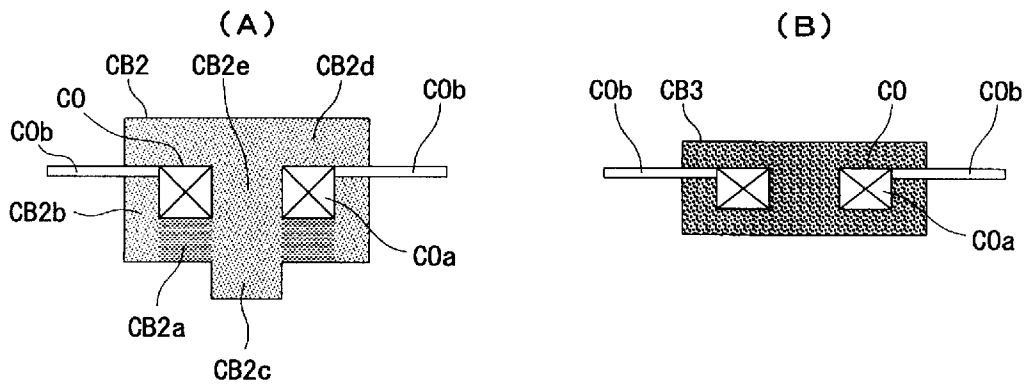
[図2]



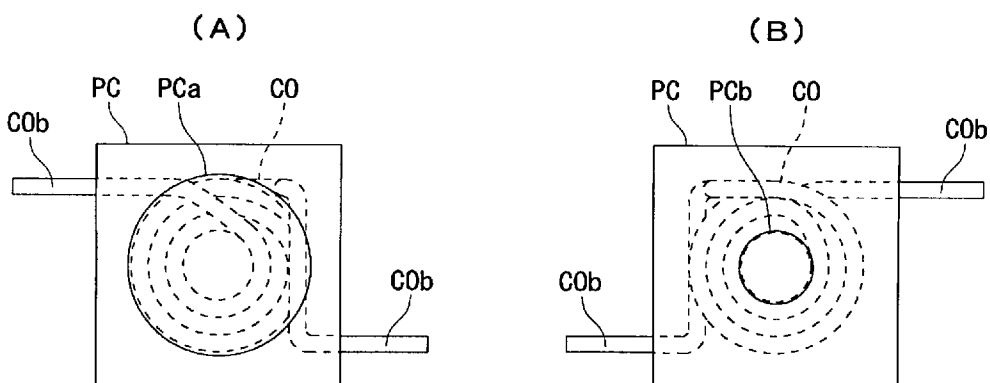
[図3]



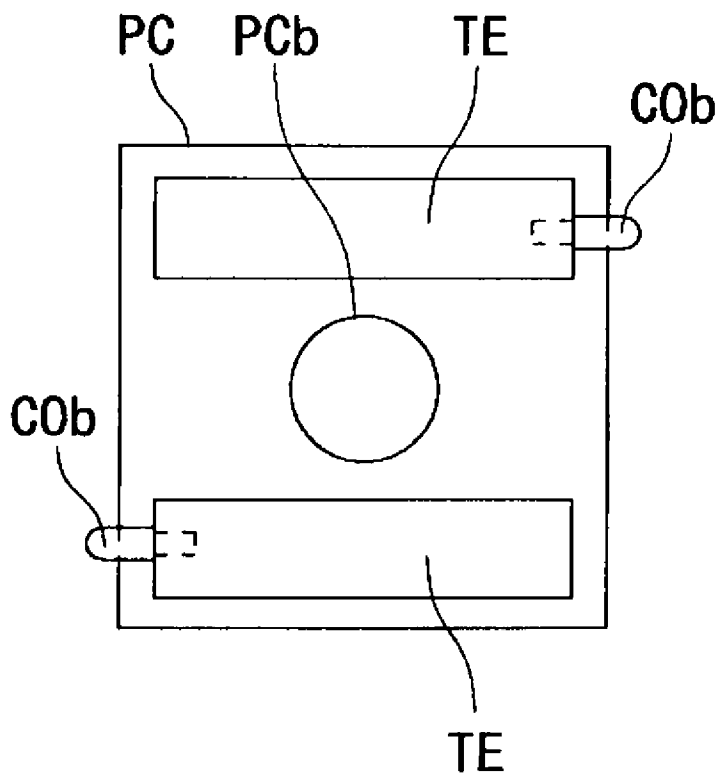
[図4]



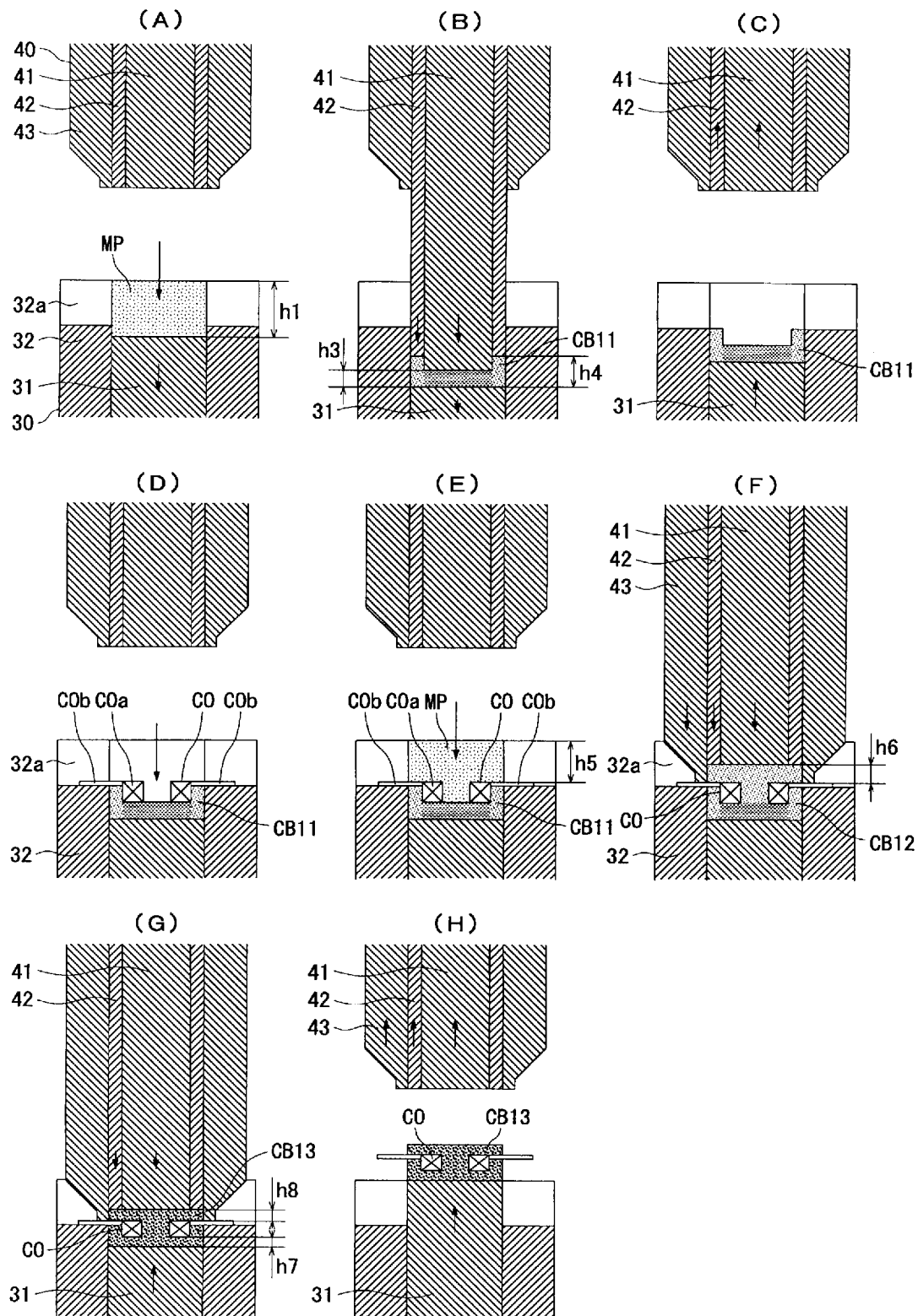
[図5]



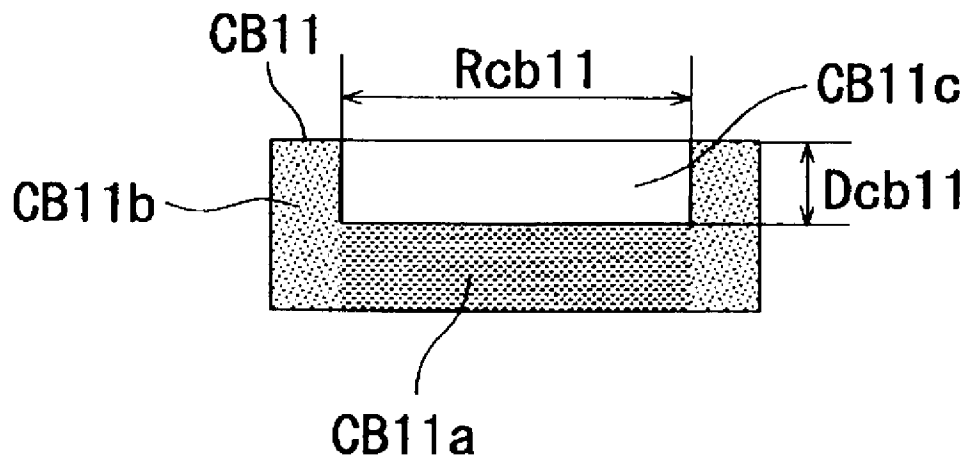
[図6]



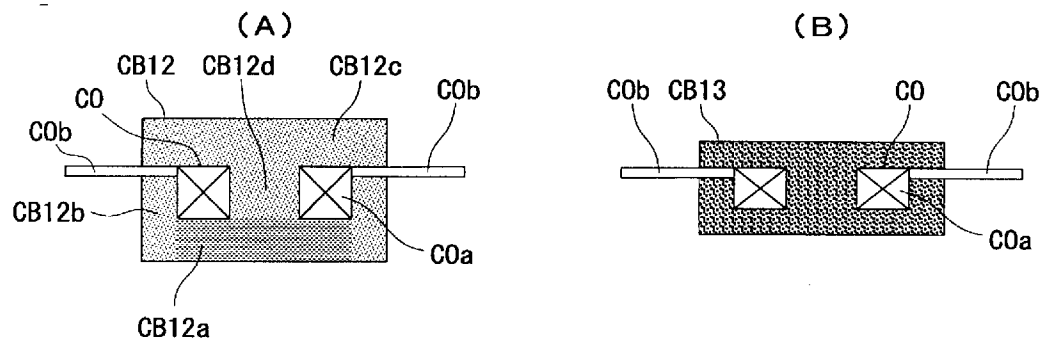
[図7]



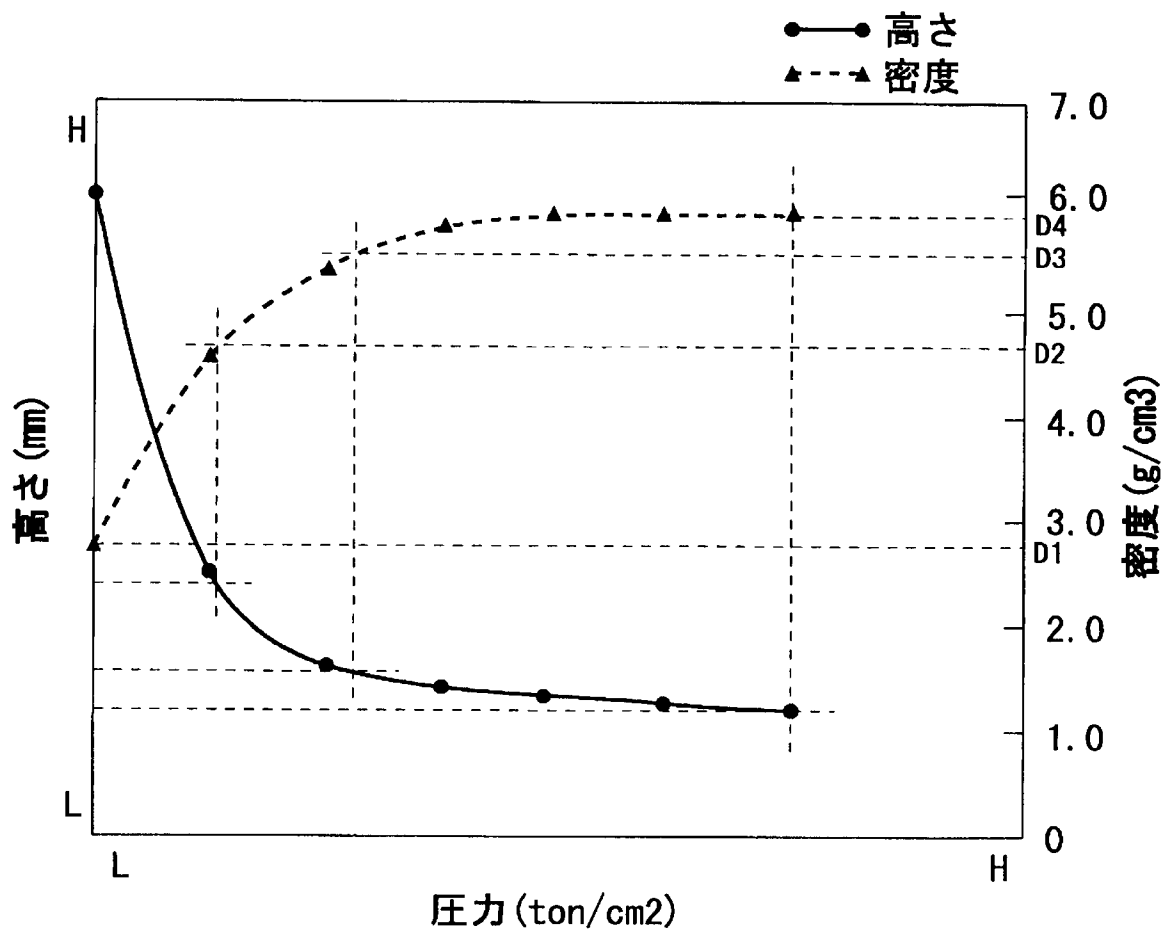
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/057037

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01F41/02 (2006.01) i, H01F41/04 (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)

H01F41/02, H01F41/04

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 4-286305 A (Tokin Corp.), 12 October 1992 (12.10.1992), paragraphs [0004] to [0011]; fig. 2 to 5 (Family: none)	1, 2
Y	JP 2003-217958 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 31 July 2003 (31.07.2003), paragraphs [0016] to [0059]; fig. 7, 8 & WO 2002/069360 A2 & US 2004/0046626 A1 & EP 1356479 A2 & CN 1481561 A	1, 2
Y	JP 2003-282346 A (TDK Corp.), 03 October 2003 (03.10.2003), paragraphs [0004] to [0007], [0051] to [0054], [0062]; fig. 4, 5 & US 2003/0214379 A1 & US 2005/0219027 A1	2

☐ 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
16 July, 2010 (16.07.10)Date of mailing of the international search report
27 July, 2010 (27.07.10)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H01F41/02 (2006.01)i, H01F41/04 (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. H01F41/02, H01F41/04

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 4-286305 A (株式会社トーキン) 1992.10.12, 段落【0004】 - 【0011】, 図 2-5 (ファミリーなし)	1, 2
Y	JP 2003-217958 A (松下電器産業株式会社) 2003.7.31, 段落【0016】 - 【0059】, 図 7, 8 & WO 2002/069360 A2 & US 2004/0046626 A1 & EP 1356479 A2 & CN 1481561 A	1, 2

☒ 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

1 6 . 0 7 . 2 0 1 0

国際調査報告の発送日

2 7 . 0 7 . 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)

長谷川 直也

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 6 5

5 R

4 5 4 9

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 2003-282346 A (T D K株式会社) 2003.10.3, 段落【0004】 - 【0007】, 【0051】 - 【0054】, 【0062】, 図4, 5 & US 2003/0214379 A1 & US 2005/0219027 A1	2