

(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
2018年3月1日(01.03.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/037824 A1

- (51) 国際特許分類:
H01T 13/05 (2006.01) F02P 13/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/027251
- (22) 国際出願日: 2017年7月27日(27.07.2017)
- (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 2016-164508 2016年8月25日(25.08.2016) JP
- (71) 出願人: 日本特殊陶業株式会社(NGK SPARK PLUG CO., LTD.) [JP/JP]; 〒4678525 愛知県名古屋市長区瑞穂区高辻町14番18号 Aichi (JP).
- (72) 発明者: 黒澤 和浩 (KUROSAWA Kazuhiro); 〒4678525 愛知県名古屋市長区瑞穂区高辻町14番18号日本特殊陶業株式会社内 Aichi (JP).
▲高岡 勝哉(TAKAOKA Katsuya); 〒4678525 愛知県名古屋市長区瑞穂区高辻町14番18号日本特殊陶業株式会社内 Aichi (JP). 田中 邦

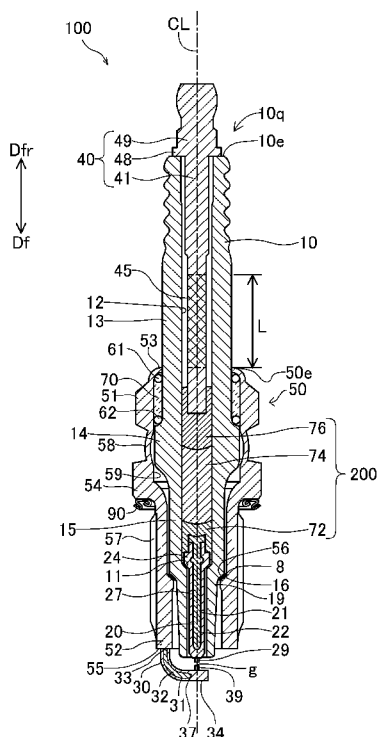
治(TANAKA Kuniharu); 〒4678525 愛知県名古屋市長区瑞穂区高辻町14番18号日本特殊陶業株式会社内 Aichi (JP). 黒野 啓一(KURONO Hirokazu); 〒4678525 愛知県名古屋市長区瑞穂区高辻町14番18号日本特殊陶業株式会社内 Aichi (JP). 上垣 裕則(UEGAKI Hironori); 〒4678525 愛知県名古屋市長区瑞穂区高辻町14番18号日本特殊陶業株式会社内 Aichi (JP).

(74) 代理人: 青木 昇, 外 (AOKI Noboru et al.); 〒4858510 愛知県小牧市大字岩崎2808日本特殊陶業株式会社内 Aichi (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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,

(54) Title: SPARK PLUG

(54) 発明の名称: 点火プラグ



(57) Abstract: The objective of the invention is to suppress radio noise. This spark plug comprises: a cylindrical insulator having a shaft hole extending in the axial direction; a cylindrical metal shell; a metal terminal having a shank portion disposed inside the rear end of the shaft hole and a terminal portion exposed from the shaft hole; a central electrode at least partially disposed inside the leading end of the shaft hole; and a connection part electrically connecting the central electrode to the metal terminal inside the shaft hole. The rear portion of the shank portion rearward of the rear end of the metal shell contains a plurality of recessed portions that are recessed inward in the radial direction. In a cross section including the axis, the depth of each of the recessed portions is 50 μ m or deeper, the angle formed by the two slanted surfaces facing each other across the bottom in each of the recessed portions is 150 degrees or narrower, and the axial length of the portion where the plurality of recessed portions are formed is 10 mm or longer. Disposed in at least one of the recessed portions is a layer comprising a ferrite containing at least one among Ni, Zn, Cu, Ba, Ca, Mg, Mn and Y.

NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, 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, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 電波ノイズを抑制する。点火プラグは、軸線の方に延びる軸孔を有する筒状の絶縁体と、筒状の主体金具と、軸孔内の後端側に配置される軸部と軸孔から露出する端子部とを有する端子金具と、軸孔内の先端側に自身の少なくとも一部が配置される中心電極と、軸孔内で、中心電極と端子金具とを電氣的に接続する接続部と、を備える。軸部のうちの主体金具の後端よりも後端側の部分は、径方向内側に向かって凹む複数の凹部を含む。軸線を含む断面において、凹部の深さは、50 μm以上であり、凹部の底を挟んで対向する2つの傾斜面がなす角度は、150度以下であり、複数の凹部が形成された部分の軸線の方の長さは、10 mm以上である。凹部のうちの少なくとも1つには、Ni、Zn、Cu、Ba、Ca、Mg、Mn、Yのうちの少なくとも1つを含むフェライトを含む層が配置されている。

明 細 書

発明の名称： 点火プラグ

技術分野

[0001] 本明細書は、点火プラグに関する。

背景技術

[0002] 従来から、内燃機関に、点火プラグが用いられている。また、点火によって発生する電波ノイズを抑制するために、種々の技術が提案されている。例えば、絶縁体の軸孔内に抵抗体を設ける技術が提案されている。また、絶縁体の軸孔内に磁性体を設ける技術も提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2004-259605号公報

特許文献2：特開昭62-150680号公報

特許文献3：特開昭62-150681号公報

特許文献4：特開2011-159475号公報

特許文献5：特開昭54-151736号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ところが、電波ノイズを抑制する点については、十分な工夫がなされていないのが実情であった。

[0005] 本明細書は、電波ノイズを抑制できる技術を開示する。

課題を解決するための手段

[0006] 本明細書は、例えば、以下の適用例を開示する。

[0007] 〔適用例1〕 軸線の方に延びる軸孔を有する筒状の絶縁体と、 前記絶縁体の外周に配置される筒状の主体金具と、 前記軸孔内の後端側に配置される軸部と前記軸孔から露出する端子部とを有する端子金具と、 前記軸孔内の先端側に自身の少なくとも一部が配置される中心電極と、 前記軸孔内

で、前記中心電極と前記端子金具とを電氣的に接続する接続部と、を備える点火プラグであって、前記軸部のうちの前記主体金具の後端よりも後端側の部分は、径方向内側に向かって凹む複数の凹部を含み、前記軸線を含む断面において、前記凹部の深さは、 $50\text{ }\mu\text{m}$ 以上であり、前記凹部の底を挟んで対向する2つの傾斜面がなす角度は、 150 度以下であり、

前記複数の凹部が形成された部分の前記軸線の方法の長さは、 10 mm 以上であり、前記凹部のうちの少なくとも1つには、Ni、Zn、Cu、Ba、Ca、Mg、Mn、Yのうちの少なくとも1つを含むフェライトを含む層が配置された、点火プラグ。

[0008] この構成によれば、絶縁体の軸孔の内に配置された軸部のうちの主体金具の後端よりも後端側の部分、すなわち、端子金具と主体金具との間で絶縁体を介する高周波電流が流れにくい部分に、複数の凹部が設けられている。従って、複数の凹部は、電波ノイズを適切に抑制できる。さらに、凹部のうちの少なくとも1つには、Ni、Zn、Cu、Ba、Ca、Mg、Mn、Yのうちの少なくとも1つを含むフェライトを含む層が配置されているので、電波ノイズをさらに抑制できる。

[0009] [適用例2] 適用例1に記載の点火プラグであって、前記端子金具は、 $75\text{ wt}\%$ 以上の鉄を含む金属を含み、絶対透磁率 μ が 0.0001 [H/m] であると仮定する場合に以下の数式に従って算出される 1 MHz の周波数 f での表皮深さ d を参考表皮深さとする場合に、前記軸部のうちの前記凹部の外周面を形成する部分の参考表皮深さは、 $30\text{ }\mu\text{m}$ 以下である、点火プラグ。

[数1]

$$d = \sqrt{\frac{2\rho}{\omega\mu}}$$

ρ : 体積抵抗率 [$\Omega\text{ m}$] ω : 角周波数 $= 2 \times \pi \times f$ f : 周波数 [Hz] μ : 絶対透磁率 [H/m]

[0010] この構成によれば、電波ノイズを引き起こす電流が、凹部の外周面に、ひい

ては、フェライトを含む層の近傍に、集中するので、電波ノイズをさらに抑制できる。

[0011] [適用例3] 適用例1または2に記載の点火プラグであって、前記端子金具の前記軸部は、前記軸部の外周面のうちの前記凹部の外周面を含む少なくとも一部を形成する外層と、前記外層の内周側に配置された内層と、を有し、絶対透磁率 μ が0.0001[H/m]であると仮定する場合に以下の数式に従って算出される1MHzの周波数 f での表皮深さ d を参考表皮深さとする場合に、前記外層の参考表皮深さは、前記内層の参考表皮深さよりも、浅い、点火プラグ。

[数2]

$$d = \sqrt{\frac{2\rho}{\omega\mu}}$$

ρ : 体積抵抗率 [Ωm] ω : 角周波数 $= 2 \times \pi \times f$ f : 周波数 [Hz] μ : 絶対透磁率 [H/m]

[0012] この構成によれば、電波ノイズを引き起こす電流が、凹部の外周面に、ひいては、フェライトを含む層の近傍に、集中するので、電波ノイズをさらに抑制できる。

[0013] [適用例4] 適用例3に記載の点火プラグであって、前記凹部の外周面と前記フェライトを含む前記層との間には、中間層が設けられ、前記中間層における前記外層の主成分である特定成分の割合は、前記外層における前記特定成分の割合よりも少なく、かつ、前記フェライトを含む前記層における前記特定成分の割合よりも高い、点火プラグ。

[0014] この構成によれば、中間層を介してフェライトを含む層が凹部に接続されているので、フェライトを含む層と凹部との密着性を向上できる。

[0015] [適用例5] 適用例1から4のいずれかに記載の点火プラグであって、前記フェライトを含む前記層の断面における $30\mu\text{m} \times 30\mu\text{m}$ の視野において、前記フェライトの平均粒径は、 $1.0\mu\text{m}$ 以上、 $3.0\mu\text{m}$ 以下である、点火プラグ。

[0016] この構成によれば、電波ノイズを適切に抑制できる。

[0017] なお、本明細書に開示の技術は、種々の態様で実現することが可能であり、例えば、点火プラグや点火プラグを用いた点火装置、その点火プラグを搭載する内燃機関や、その点火プラグを用いた点火装置を搭載する内燃機関等の態様で実現することができる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]一実施形態としての点火プラグ100の断面図である。

[図2]凹部形成部45の断面図である。

[図3]端子金具の別の実施形態の部分断面図である。

[図4]外層47の主成分の割合と断面上の位置との関係の概要を示すグラフである。

[図5]平均粒径の算出方法を示す説明図である。

[図6]端子金具の例を示す断面図である。

発明を実施するための形態

[0019] A. 第1実施形態：A-1. 点火プラグ100の構成：図1は、一実施形態としての点火プラグ100の断面図である。図中には、点火プラグ100の中心軸CL（「軸線CL」とも呼ぶ）と、点火プラグ100の中心軸CLを含む平らな断面と、が示されている。以下、中心軸CLに平行な方向を「軸線CLの方向」、または、単に「軸線方向」または「前後方向」とも呼ぶ。軸線CLに垂直な方向を、「径方向」とも呼ぶ。中心軸CLに平行な方向のうち、図1における下方向を先端方向Df、または、前方向Dfと呼び、上方向を後端方向Dfr、または、後方向Dfrとも呼ぶ。先端方向Dfは、後述する端子金具40から中心電極20に向かう方向である。また、図1における先端方向Df側を点火プラグ100の先端側と呼び、図1における後端方向Dfr側を点火プラグ100の後端側と呼ぶ。

[0020] 点火プラグ100は、軸線CLに沿って延びる貫通孔12（軸孔12とも呼ぶ）を有する筒状の絶縁体10と、貫通孔12の先端側で保持される中心電極20と、貫通孔12の後端側で保持される端子金具40と、貫通孔12内

で中心電極 20 と端子金具 40 との間に配置された抵抗体 74 と、抵抗体 74 と中心電極 20 とを電氣的に接続する第 1 シール部 72 と、抵抗体 74 と端子金具 40 とを電氣的に接続する第 2 シール部 76 と、絶縁体 10 の外周側に固定された筒状の主体金具 50 と、一端が主体金具 50 の先端面 55 に接合されるとともに他端が中心電極 20 とギャップ g を介して対向するように配置された接地電極 30 と、を有している。

[0021] 絶縁体 10 の軸線方向の略中央には、外径が最も大きな大径部 14 が形成されている。大径部 14 より後端側には、後端側胴部 13 が形成されている。大径部 14 よりも先端側には、後端側胴部 13 よりも外径の小さな先端側胴部 15 が形成されている。先端側胴部 15 よりもさらに先端側には、縮外径部 16 と、脚部 19 とが、先端側に向かってこの順に形成されている。縮外径部 16 の外径は、前方向 Df に向かって、徐々に小さくなっている。縮外径部 16 の近傍（図 1 の例では、先端側胴部 15）には、前方向 Df に向かって内径が徐々に小さくなる縮内径部 11 が形成されている。絶縁体 10 は、機械的強度と、熱的強度と、電氣的強度とを考慮して形成されることが好ましく、例えば、アルミナを焼成して形成されている（他の絶縁材料も採用可能である）。

[0022] 中心電極 20 は、後端側から先端側に向かって延びた棒状の部材である。中心電極 20 は、絶縁体 10 の貫通孔 12 内の前方向 Df 側の端部に配置されている。中心電極 20 は、外径が最も大きい部分である頭部 24 と、頭部 24 の前方向 Df 側に形成された軸部 27 と、軸部 27 の先端に接合（例えば、レーザ溶接）された第 1 チップ 29 と、を有している。頭部 24 の外径は、絶縁体 10 の縮内径部 11 よりも前方向 Df 側の部分の内径よりも大きい。頭部 24 の前方向 Df 側の面は、絶縁体 10 の縮内径部 11 によって、支持されている。軸部 27 は、軸線 CL に平行に前方向 Df に向かって延びている。軸部 27 は、外層 21 と、外層 21 の内周側に配置された芯部 22 と、を有している。外層 21 は、例えば、ニッケルを主成分として含む合金で形成されている。ここで、主成分は、含有率（重量％）が最も高い成分を意

味している。芯部 22 は、外層 21 よりも熱伝導率が高い材料（例えば、銅を主成分として含む合金）で形成されている。第 1 チップ 29 は、軸部 27 よりも放電に対する耐久性に優れる材料（例えば、イリジウム（I r）、白金（P t）等の貴金属、タングステン（W）、それらの金属から選択された少なくとも 1 種を含む合金）を用いて形成されている。中心電極 20 のうち第 1 チップ 29 を含む先端側の一部分は、絶縁体 10 の軸孔 12 から前方向 D f 側に露出している。なお、芯部 22 と第 1 チップ 29 との少なくとも一方は、省略されてもよい。また、中心電極 20 の全体が軸孔 12 内に配置されてもよい。

[0023] 絶縁体 10 の貫通孔 12 の後端側には、端子金具 40 の前方向 D f 側の一部が挿入されている。端子金具 40 は、軸線 C L に平行に延びる棒状の部材である。端子金具 40 は、導電性材料を用いて形成されている。本実施形態では、端子金具 40 は、鉄を主成分として含む金属を用いて形成されている。鉄以外の成分としては、導電性物質（例えば、モリブデン、クロム、マンガン等の金属や、炭化物などの導電性化合物）が含まれ得る。端子金具 40 は、前方向 D f に向かって順番で並ぶ、キャップ装着部 49 と、鰐部 48 と、軸部 41 と、を有している。キャップ装着部 49 は、絶縁体 10 の後端側で、軸孔 12 の外に露出している。キャップ装着部 49 には、高圧ケーブル（図示外）に接続されたプラグキャップが装着され、火花放電を発生するための高電圧が印加される。キャップ装着部 49 は、高圧ケーブルが接続される部分である端子部の例である。軸部 41 は、絶縁体 10 の軸孔 12 の後方向 D f r 側に挿入されている。鰐部 48 の前方向 D f 側の面は、絶縁体 10 の後方向 D f r 側の端である後端 10 e に接している。

[0024] 軸部 41 には、凹部形成部 45 が設けられている。図 1 では図示を省略するが、凹部形成部 45 の外周面上には、径方向の内側に向かって凹む複数の凹部が形成されている。凹部形成部 45 は、電氣的なノイズ（電波ノイズとも呼ぶ）を抑制するために、設けられている。凹部形成部 45 の詳細については、後述する。

[0025] 絶縁体 10 の軸孔 12 内において、端子金具 40 と中心電極 20 との間には、電氣的なノイズを抑制するための抵抗体 74 が配置されている。抵抗体 74 は、導電性材料（例えば、ガラスと炭素粒子とセラミック粒子との混合物）を用いて形成されている。抵抗体 74 と中心電極 20 との間には、第 1 シール部 72 が配置され、抵抗体 74 と主体金具 50 との間には、第 2 シール部 76 が配置さ

れている。これらのシール部 72、76 は、導電性材料（例えば、金属粒子と抵抗体 74 の材料に含まれるものと同じガラスとの混合物）を用いて形成されている。中心電極 20 は、第 1 シール部 72、抵抗体 74、第 2 シール部 76 によって、端子金具 40 に電氣的に接続されている。以下、絶縁体 10 の軸孔 12 内で端子金具 40 と中心電極 20 とを電氣的に接続する第 1 シール部 72 と抵抗体 74 と第 2 シール部 76 の全体を、接続部 200 と呼ぶ。

[0026] 点火プラグ 100 の製造の際には、絶縁体 10 の後方向 D f r 側の開口 10 q から中心電極 20 が挿入される。中心電極 20 は、絶縁体 10 の縮内径部 11 に支持されることにより、貫通孔 12 内の所定位置に配置される。次に、第 1 シール部 72、抵抗体 74、第 2 シール部 76 のそれぞれの材料粉末の投入と投入された粉末材料の成形とが、部材 72、74、76 の順番に、行われる。粉末材料は、開口 10 q から貫通孔 12 内に投入される。次に、絶縁体 10 を、部材 72、74、76 の材料粉末に含まれるガラス成分の軟化点よりも高い所定温度まで加熱し、所定温度に加熱した状態で、開口 10 q から、端子金具 40 の軸部 41 を貫通孔 12 に挿入する。この結果、部材 72、74、76 の材料粉末が圧縮および焼結されて、部材 72、74、76 が形成される。そして、端子金具 40 が、絶縁体 10 に固定される。

[0027] 主体金具 50 は、軸線 C L に沿って延びる貫通孔 59 を有する筒状の部材である。主体金具 50 の貫通孔 59 には、絶縁体 10 が挿入され、主体金具 50 は、絶縁体 10 の外周に固定されている。主体金具 50 は、導電材料（例えば、低炭素鋼等の金属）を用いて形成されている。絶縁体 10 の前方向 D

f 側の一部は、貫通孔 5 9 の外に露出している。また、絶縁体 1 0 の後方向 D f r 側の一部は、貫通孔 5 9 の外に露出している。

[0028] 主体金具 5 0 は、工具係合部 5 1 と、胴部 5 2 と、を有している。工具係合部 5 1 は、点火プラグ用のレンチ（図示せず）が嵌合する部分である。胴部 5 2 は、主体金具 5 0 の先端を含む部分である。胴部 5 2 の外周面には、内燃機関（例えば、ガソリンエンジン）の取付孔に螺合するためのネジ部 5 7 が形成されている。

[0029] 主体金具 5 0 の工具係合部 5 1 と胴部 5 2 との間には、径方向外側に突き出たフランジ状の鰐部 5 4 が形成されている。胴部 5 2 のネジ部 5 7 と鰐部 5 4 との間には、環状のガスケット 9 0 が配置されている。ガスケット 9 0 は、例えば金属の板状部材を折り曲げることによって形成されており、点火プラグ 1 0 0 がエンジンヘッドに取り付けられた際に押し潰されて変形する。このガスケット 9 0 の変形によって、点火プラグ 1 0 0 と（具体的には、鰐部 5 4 の前方向 D f 側の面）、エンジンヘッドと、の隙間が封止され、燃焼ガスの漏出が抑制される。

[0030] 主体金具 5 0 の胴部 5 2 には、先端側に向かって内径が徐々に小さくなる縮内径部 5 6 が形成されている。主体金具 5 0 の縮内径部 5 6 と、絶縁体 1 0 の縮外径部 1 6 と、の間には、先端側パッキン 8 が挟まれている。本実施形態では、先端側パッキン 8 は、例えば、鉄製の板状リングである（他の材料（例えば、銅等の金属材料）も採用可能である）。

[0031] 主体金具 5 0 の工具係合部 5 1 より後端側には、薄肉のカシメ部 5 3 が形成されている。また、鰐部 5 4 と工具係合部 5 1 との間には、薄肉の座屈部 5 8 が形成されている。主体金具 5 0 の工具係合部 5 1 からカシメ部 5 3 にかけての内周面と、絶縁体 1 0 の後端側胴部 1 3 の外周面との間には、円環状のリング部材 6 1 , 6 2 が挿入されている。さらにこれらのリング部材 6 1 , 6 2 の間には、タルク 7 0 の粉末が充填されている。点火プラグ 1 0 0 の製造工程において、カシメ部 5 3 が内側に折り曲げられて加締められると、座屈部 5 8 が圧縮力の付加に伴って外向きに変形（座屈）し、この結果、主

体金具 50 と絶縁体 10 とが固定される。タルク 70 は、この加締め工程の際に圧縮され、主体金具 50 と絶縁体 10 との間の気密性が高められる。また、パッキン 8 は、絶縁体 10 の縮外径部 16 と主体金具 50 の縮内径部 56 との間で押圧され、そして、主体金具 50 と絶縁体 10 との間をシールする。

[0032] 接地電極 30 は、棒状の本体部 37 と、本体部 37 の先端部 34 に取り付けられた第 2 チップ 39 と、を有している。本体部 37 の一端部 33（基端部 33 とも呼ぶ）は、主体金具 50 の先端面 55 に接合されている（例えば、抵抗溶接）。本体部 37 は、主体金具 50 に接合された基端部 33 から先端方向 Df に向かって延び、中心軸 CL に向かって曲がって、先端部 34 に至る。第 2 チップ 39 は、先端部 34 の後方向 Dfr 側の部分に固定されている（例えば、レーザ溶接）。接地電極 30 の第 2 チップ 39 と、電極 20 の第 1 チップ 29 とは、ギャップ g を形成している。第 2 チップ 39 は、本体部 37 よりも放電に対する耐久性に優れる材料（例えば、イリジウム（Ir）、白金（Pt）等の貴金属、タングステン（W）、それらの金属から選択された少なくとも 1 種を含む合金）を用いて形成されている。本体部 37 は、外層 31 と、外層 31 の内周側に配置された内層 32 と、を有している。外層 31 は、内層 32 よりも耐酸化性に優れる材料（例えば、ニッケルを含む合金）で形成されている。内層 32 は、外層 31 よりも熱伝導率が高い材料（例えば、純銅、銅合金、等）で形成されている。なお、内層 32 と第 2 チップ 39 との少なくとも一方は、省略されてもよい。

[0033] 図 2 は、端子金具 40 の軸部 41 に設けられた凹部形成部 45 の断面図である。この断面図は、軸線 CL を含む平らな断面である。図示するように、凹部形成部 45 の外周面には、径方向の内側に向かって凹む複数の凹部 300 が形成されている。凹部形成部 45 は、軸部 41 のうちの一部分に形成されている。本実施形態では、各凹部 300 は、軸部 41 の外周面上で、軸線 CL の周りを 1 周する環状の溝である。

[0034] 図 2 の断面上において、各凹部 300 は、底部 310 と、底部 310 を挟ん

で対向する2つの傾斜面320、330と、で形成されている。第1傾斜面320は、径方向の内側から外側に向かって傾斜面を辿る場合に前方向Df側に傾斜している傾斜面である。底部310の前方向Df側には、第1傾斜面320が接続されている。第2傾斜面330は、径方向の内側から外側に向かって傾斜面を辿る場合に後方向Dfr側に傾斜している傾斜面である。底部310の後方向Dfr側には、第2傾斜面330が接続されている。

[0035] 第1傾斜面320の径方向の外側の端部は、第2傾斜面330の径方向の外側の端部に、接続されている。この接続部分340は、径方向の外側に向かって突出する頂部を形成している（以下、頂部340とも呼ぶ）。図示するように、凹部形成部45は、底部310と頂部340（換言すれば、凹部300と、頂部340によって形成される凸部）が前方向Dfに向かって交互に並んだ波状の部分形成している。

[0036] 図中の外周面41sは、軸部41のうちの凹部形成部45が設けられていない部分の外周面を示している。本実施形態では、底部310は、外周面41sよりも径方向の内側に位置し、頂部340は、外周面41sよりも径方向の外側に位置している。このような複数の底部310と複数の頂部340とを、ひいては、複数の凹部300を形成する凹部形成部45を、軸部41に形成する方法としては、種々の方法を採用可能である。例えば、いわゆる転造を採用してもよい。具体的には、凹部形成部45の形状を反転させた形状の部分有するローラを、端子金具40の軸部41に押しつけた状態で、ローラと軸部41とを回転させることによって、軸部41に凹部形成部45を形成してもよい。このような加工は、ローレット加工とも呼ばれる。

[0037] 図中の長さLは、凹部形成部45の軸線CLに平行な方向の長さである。図示するように、凹部形成部45の長さLは、凹部形成部45の複数の頂部340のうちの、最も前方向Df側の頂部341と、最も後方向Dfr側の頂部342と、の間の、軸線CLに平行な方向の距離である。

[0038] 図中の角度Angは、凹部300の底部310を挟んで対向する2つの傾斜面320、330がなす角度である。深さ300Dは、凹部300の径方向

の深さであり、隣合う頂部３４０と底部３１０との間の軸線ＣＬに垂直な方向の距離である。

[0039] また、図２に示すように、複数の凹部３００のそれぞれには、フェライトを含む層４００が配置されている（以下、フェライト層４００と呼ぶ）。このようなフェライト層４００を有する端子金具４０の製造方法としては、種々の方法を採用可能である。例えば、以下の方法を採用可能である。凹部形成部４５が形成される前の端子金具を、準備する（例えば、鍛造や切削など）。準備された端子金具は、軸部と鏑部４８とキャップ装着部４９とを有している。この端子金具の軸部に、転造などにより、凹部形成部４５（すなわち、複数の凹部３００）を形成する。形成された凹部形成部４５の外周面に、フェライトの粉末を含むスラリーを塗布する。これにより、各凹部３００の外周面に、フェライトを含むスラリーが付着する。スラリーが付着した端子金具を、加熱処理する。これにより、凹部３００の中に（すなわち、凹部３００の外周面上に）、焼成されたフェライト層４００が形成される。以上により、端子金具４０が完成する。

[0040] このような複数の凹部３００は、放電時の電氣的なノイズを抑制できる。放電時には、交流電流が端子金具４０と主体金具５０との間で流れ得る。このような交流電流によって、電波ノイズが発生する。交流電流が導体を通流する場合、交流電流は、導体のうちの表面の近くを通流する（表皮効果とも呼ばれる）。従って、交流電流が端子金具４０の軸部４１を通流する場合、交流電流が軸部４１の外周面の近くを通流する。図２に示すように、軸部４１の凹部形成部４５の外周面の形状は、前方向Ｄｆに向かって第１傾斜面３２０と第２傾斜面３３０とが交互に繰り返す形状である、換言すれば、底部３１０と頂部３４０とが交互に繰り返す形状である（このような形状な、波形状とも呼べる）。従って、本実施形態では、軸部４１の外周面に沿って通流する交流電流の経路長は、軸部４１の外周面が軸線ＣＬに平行である場合と比べて、長くなる。これにより、交流電流が軸部４１を通流する場合の損失が大きくなる。この結果、複数の凹部３００は、交流電流、ひいては、電波ノイズを、抑

制できる。

[0041] また、頂部340のように尖った部分が導体に設けられている場合、電流密度は、その尖った部分に集中する。従って、電流が広い範囲に分散して流れる場合（例えば、軸部41の外周面が軸線CLに平行である場合）と比べて、交流電流が軸部41を流れる場合の損失が大きくなる。この結果、複数の凹部300は、交流電流、ひいては、電波ノイズを、抑制できる。

[0042] また、図2に示すように、凹部300の中には、フェライト層400が配置されている。このように、凹部300の外周面の近く、すなわち、交流電流が流れる経路の近くに、フェライト層400が配置されている。このようなフェライト層400は、電波ノイズを抑制できる。例えば、フェライト層400に近い電流の経路は、インダクタンス素子として機能することによって、電波ノイズを抑制できる。

[0043] また、本実施形態では、図1に示すように、凹部形成部45（すなわち、複数の凹部300）は、端子金具40の軸部41のうちの、主体金具50の後方向Df r側の端である後端50eよりも後方向Df r側の部分に、形成されている。この理由は、以下の通りである。主体金具50の後端50eよりも前方向Df側では、端子金具40の軸部41と、主体金具50とは、絶縁体10を挟むキャパシタを形成する。キャパシタのインピーダンスは、周波数が高いほど小さくなる。従って、放電時には、高周波電流が、軸部41と主体金具50との間で絶縁体10を介して流れ得る。主体金具50の後端50eよりも後方向Df r側では、そのようなキャパシタが形成されない。このため、軸部41を流れる高周波電流は、軸部41から主体金具50へ移動せずに、軸部41の外周面の近くを流れる。このように、軸部41のうちの電流が外周面の近くを流れる部分、すなわち、軸部41のうちの主体金具50の後端50eよりも後方向Df r側の部分に、凹部形成部45が設けられているので、凹部形成部45は、適切に、電波ノイズを抑制できる。なお、凹部形成部45の長さLは、主体金具50の後端50eよりも後方向Df r側における凹部形成部45の長さである。

[0044] B. 第2実施形態： 図3は、端子金具の別の実施形態の部分断面図である。図3には、図2と同様に、凹部形成部45bの断面図が示されている。第2実施形態の端子金具40bは、図1、図2の第1実施形態の端子金具40の代わりに、利用可能である。第2実施形態の端子金具40bと図2の端子金具40との差異は、第2実施形態の端子金具40bの軸部41bが、軸部41bの外周面41bsを含む外層47と、外層47の内周側に配置された内層46と、を有する点である。端子金具40bの他の部分の構成は、図1、図2の端子金具40の対応する部分の構成と同じである（対応する要素と同じ要素には、同じ符号を付して、説明を省略する）。図示を省略するが、外層47は、軸部41bのみに設けられている。本実施形態では、外層47は、軸部41bの外周面の全体を形成している。第2実施形態の端子金具40bは、図1の端子金具40と同じ鍔部48とキャップ装着部49とを有している。

[0045] 内層46は、図1、図2の軸部41と同じく、鉄を主成分として含む金属を用いて形成されている。外層47は、内層46とは異なる金属の層である。後述するように、外層47の材料としては、電波ノイズを抑制できる導電材料（例えば、ニッケル、銅、クロム、亜鉛、 α 鉄などの金属）が用いられる。

[0046] 外層47は、内層46の外周面46sを覆っている。内層46のうちの凹部形成部45bを形成する部分には、図2の凹部形成部45と同様に、径方向の内側に向かって凹む複数の凹部300xと、径方向の外側に向かって突出する複数の頂部340xと、が形成されている。そして、内層46の外周面46sを覆うように、外層47が設けられている。外層47は、内層46の複数の凹部300xと複数の頂部340xとに対応する、複数の凹部300bと複数の頂部340bとを、形成している。

[0047] 外層47の凹部300b（すなわち、軸部41bの凹部300b）は、底部310bと、底部310bを挟んで対向する2つの傾斜面320b、330bと、で形成されている。第1傾斜面320bは、図2の第1傾斜面320

と同様に、径方向の内側から外側に向かって傾斜面を辿る場合に前方向D f側に傾斜している傾斜面である。底部3 1 0 bの前方向D f側には、第1傾斜面3 2 0 bが接続されている。第2傾斜面3 3 0 bは、図2の第2傾斜面3 3 0と同様に、径方向の内側から外側に向かって傾斜面を辿る場合に後方向D f r側に傾斜している傾斜面である。底部3 1 0 bの後方向D f r側には、第2傾斜面3 3 0 bが接続されている。

[0048] 第1傾斜面3 2 0 bの径方向の外側の端部と、第2傾斜面3 3 0 bの径方向の外側の端部とは、図2の傾斜面3 2 0、3 3 0と同様に、互いに接続され、そして、径方向の外側に向かって突出する頂部3 4 0 bを形成している。第2実施形態の凹部形成部4 5 bの外周面の形状は、図2の凹部形成部4 5の外周面の形状と同じであり、前方向D fに向かって第1傾斜面3 2 0 bと第2傾斜面3 3 0 bとが交互に繰り返す形状である、換言すれば、底部3 1 0 bと頂部3 4 0 bとが交互に繰り返す形状である。

[0049] 図中の外周面4 1 b sは、軸部4 1 bのうちの凹部形成部4 5 bが設けられていない部分の外周面を示している。本実施形態では、底部3 1 0 bは、外周面4 1 b sよりも径方向の内側に位置し、頂部3 4 0 bは、外周面4 1 b sよりも径方向の外側に位置している。

[0050] 本実施形態では、外層4 7の径方向の厚さは、内層4 6の外周面4 6 s上の位置によらず、およそ同じである。ただし、外層4 7の径方向の厚さが、内層4 6の外周面4 6 s上の位置に応じて、変化してもよい。例えば、底部3 1 0 bでの厚さが、頂部3 4 0 bでの厚さよりも、厚くてもよい。

[0051] 図中の長さLは、凹部形成部4 5 bの軸線C Lに平行な方向の長さである。図2の長さLと同様に、凹部形成部4 5 bの長さLは、凹部形成部4 5 bの複数の頂部3 4 0 bのうちの、最も前方向D f側の頂部3 4 1 bと、最も後方向D f r側の頂部3 4 2 bと、の間の、軸線C Lに平行な方向の距離である。なお、凹部形成部4 5 bの長さLは、主体金具5 0の後端5 0 e（図1）よりも後方向D f r側における凹部形成部4 5 bの長さである。

[0052] 図中の角度A n gは、凹部3 0 0 bの底部3 1 0 bを挟んで対向する2つの

傾斜面 320b、330b がなす角度である。深さ 300bD は、凹部 300b の径方向の深さであり、隣合う頂部 340b と底部 310b との間の軸線 CL に垂直な方向の距離である。

[0053] 複数の凹部 300b のそれぞれには、図 2 の実施形態と同様に、フェライト層 400 が配置されている。フェライト層 400 を有する端子金具 40b の製造方法としては、種々の方法を採用可能である。例えば、以下の方法を採用可能である。凹部形成部 45b と外層 47 が形成される前の端子金具を、準備する（例えば、鍛造や切削など）。準備された端子金具は、内層 46 に対応する軸部と鍔部 48 とキャップ装着部 49 とを有している。この端子金具の軸部に、図 2 の複数の凹部 300 と複数の頂部 340 との形成方法と同じ方法（例えば、転造）によって、複数の凹部 300x と複数の頂部 340x とを形成する。これにより、内層 46 が形成される。この内層 46 の外周面上に、外層 47 を形成する（例えば、メッキ）。形成された外層 47 は、内層 46 の複数の凹部 300x と複数の頂部 340x とに対応する複数の凹部 300b と複数の頂部 340 と（すなわち、凹部形成部 45b）を形成する。形成された凹部形成部 45b の外周面に、フェライトの粉末を含むスラリーを塗布する。これにより、各凹部 300b の外面に、フェライトを含むスラリーが付着する。スラリーが付着した端子金具を、加熱処理する。これにより、凹部 300b の中に、焼成されたフェライト層 400 が形成される。以上により、端子金具 40b が完成する。

[0054] 図 4 は、外層 47 の主成分の割合と図 3 の断面上の位置との関係の概要を示すグラフである。縦軸は、外層 47 の主成分の割合 R1、R2（単位は、重量パーセント）を示している。横軸は、図 3 の断面の左部分に示すライン LN 上の位置 PS を示している。このライン LN は、内層 46 から外層 47 を通ってフェライト層 400 まで延びている。図 4（A）のグラフは、外層 47 の主成分が、フェライト層 400 のフェライトにも含まれる場合の例を示している。例えば、外層 47 の主成分がニッケルであり、フェライト層 400 に含まれるフェライトが、ニッケルを含むフェライト（例えば、NiFe₂

O₄)である。割合R 1は、外層4 7の主成分（例えば、ニッケル）の割合である。図4（B）のグラフは、外層4 7の主成分が、フェライト層4 0 0のフェライトに含まれていない場合の例を示している。例えば、外層4 7の主成分が銅であり、フェライト層4 0 0に含まれるフェライトが、銅を含まないフェライト（例えば、NiFe₂O₄）である。割合R 2は、外層4 7の主成分（例えば、銅）の割合である。

[0055] 図4（A）の例では、内層4 6では、割合R 1はゼロwt %であり、外層4 7では、割合R 1が100wt %である。また、フェライト層4 0 0では、割合R 1は、フェライトの組成に応じた割合r fである（ゼロwt % < r f < 100wt %）。さらに、図示するように、外層4 7とフェライト層4 0 0との間の領域4 3 aでは、割合R 1は、外層4 7側からフェライト層4 0 0側に向かって、100wt %から割合r fまで、滑らかに変化している。このような領域4 3 aは、フェライト層4 0 0を焼成する際に、形成され得る（以下、領域4 3 aを、中間層4 3 aとも呼ぶ）。例えば、外層4 7の主成分がフェライト層4 0 0の材料に固溶することによって、中間層4 3 aが形成される。また、外層4 7の主成分と、他の成分（例えば、フェライト層4 0 0の材料に含まれる成分）との化合物（例えば、外層4 7の主成分の酸化物）が形成されることによって、中間層4 3 aが形成される。このような中間層4 3 aの厚さを制御する方法としては、種々の方法を採用可能である。例えば、フェライト層4 0 0の焼成時の温度が高いほど、中間層4 3 aは厚くなる。フェライト層4 0 0の焼成時の温度を低くすることによって、中間層4 3 aの形成を抑制できる。

[0056] 図4（B）の例では、内層4 6では、割合R 2はゼロwt %であり、外層4 7では、割合R 2が100wt %であり、フェライト層4 0 0では、割合R 2は、ゼロwt %である。さらに、図4（A）の例と同様に、外層4 7とフェライト層4 0 0との間に、中間層4 3 bが形成されている。この中間層4 3 bでは、割合R 2は、外層4 7側からフェライト層4 0 0側に向かって、100wt %からゼロwt %まで、滑らかに変化している。このような中間

層 4 3 b は、図 4 (A) の中間層 4 3 a と同様に、フェライト層 4 0 0 を焼成する際に、形成され得る。

[0057] 中間層 4 3 a、4 3 b では、外層 4 7 の主成分の割合 R 1、R 2 は、外層 4 7 における割合 R 1、R 2 よりも小さく、かつ、フェライト層 4 0 0 における割合 R 1、R 2 よりも高い。このような中間層 4 3 a、4 3 b を介して、フェライト層 4 0 0 と外層 4 7 とが接続されているので、中間層 4 3 a、4 3 b が省略されてフェライト層 4 0 0 が直接的に外層 4 7 に接続されている場合と比べて、フェライト層 4 0 0 と凹部 3 0 0 b との密着性を向上できる。この結果、フェライト層 4 0 0 の剥離を抑制できる。

[0058] なお、図 4 (A)、図 4 (B) のようなグラフは、図 3 に示す軸部 4 1 b の断面を、電子線マイクロアナライザ (E P M A) によって分析することによって、特定できる。そして、特定されたグラフを用いて、中間層 4 3 a、4 3 b の有無を特定できる。

[0059] C. 評価試験：以下の表 1 は、点火プラグのサンプルを用いた評価試験の結果を示している。この評価試験では、A 1 から A 2 7 番と B 1 から B 8 番との 3 5 種類のサンプルが評価された。

[0060]

[表1]

No.	凹部			端子材料		外層	フェライト層		中間層	ノイズ特性			
	深さ 300D,300bD (μm)	角度 Ang (deg)	長さ L (mm)	Fe含有率 (wt%)	表皮深さ (μm)		組成	粒径 (μm)		50MHz		300MHz	
										強度 (dB)	評価	強度 (dB)	評価
A1	50	77	16	74	35	—	BaFe ₁₂ O ₁₉	3.2	—	70	A	55	A
A2	55	120	11	70	40	—	NiFe ₂ O ₄	3.2	—	69	A	56	A
A3	57	150	13	72	41	—	(Mn,Zn)Fe ₂ O ₄	3.3	—	70	A	55	A
A4	62	100	10	72	41	—	(Ni,Zn)Fe ₂ O ₄	3.3	—	72	A	54	A
A5	66	82	13	66	32	—	CuFe ₂ O ₄	3.1	—	71	A	55	A
A6	58	97	11	71	34	—	SrFe ₁₂ O ₁₉	3.4	—	72	A	55	A
A7	51	22	12	73	39	—	MgFe ₂ O ₄	3.1	—	71	A	54	A
A8	54	88	13	75	30	—	NiFe ₂ O ₄	3.2	—	67	A	51	A
A9	56	87	15	77	29	—	Y ₃ Fe ₅ O ₁₂	3.4	—	66	A	50	A
A10	61	69	14	79	28	—	(Mn,Zn)Fe ₂ O ₄	3.5	—	68	A	49	A
A11	62	75	18	83	25	—	CaFe ₂ O ₄	3.3	—	66	A	49	A
A12	60	77	20	81	26	—	MgFe ₂ O ₄	3.6	—	67	A	50	A
A13	59	79	14	82	24	Ni	(Ni,Zn)Fe ₂ O ₄	3.4	—	64	A	46	A
A14	72	89	16	86	24	Cu	(Mg,Zn)Fe ₂ O ₄	3.5	—	64	A	45	A
A15	75	82	18	83	22	Cr	(Mn,Zn)Fe ₂ O ₄	3.2	—	63	A	46	A
A16	71	85	22	85	20	Zn	(Ni,Zn,Cu)Fe ₂ O ₄	3.1	—	63	A	45	A
A17	70	88	15	89	21	α -Fe	BaFe ₁₂ O ₁₉	3.4	*	58	A	42	A
A18	68	65	19	86	19	Ni	NiFe ₂ O ₄	3.5	*	57	A	42	A
A19	73	45	26	88	18	Ni	(Ni,Zn)Fe ₂ O ₄	3.2	*	55	A	41	A
A20	75	59	15	79	19	Ni	CuFe ₂ O ₄	3.4	*	56	A	42	A
A21	72	69	18	81	22	Ni	SrFe ₁₂ O ₁₉	0.8	*	57	A	43	A
A22	60	68	19	84	23	Ni	NiFe ₂ O ₄	0.9	*	57	A	42	A
A23	66	71	15	89	22	Ni	Y ₃ Fe ₅ O ₁₂	0.9	*	56	A	41	A
A24	71	75	18	92	21	Ni	(Mn,Zn)Fe ₂ O ₄	0.7	*	56	A	43	A
A25	72	82	17	90	24	Ni	CaFe ₂ O ₄	1.0	*	51	A	40	A
A26	70	97	22	88	21	Ni	MgFe ₂ O ₄	1.9	*	50	A	39	A
A27	69	93	21	91	20	Ni	(Ni,Zn)Fe ₂ O ₄	3.0	*	51	A	39	A
B1	48	93	11	70	38	—	NiFe ₂ O ₄	—	—	82	B	70	B
B2	52	153	12	71	32	—	Y ₃ Fe ₅ O ₁₂	—	—	84	B	69	B
B3	51	100	9	71	33	—	(Mn,Zn)Fe ₂ O ₄	—	—	85	B	71	B
B4	49	125	11	72	31	—	CaFe ₂ O ₄	—	—	85	B	70	B
B5	51	122	9	72	32	—	MgFe ₂ O ₄	—	—	86	B	71	B
B6	48	110	9	71	33	—	(Mn,Zn)Fe ₂ O ₄	—	—	85	B	72	B
B7	49	129	8	73	33	—	CaFe ₂ O ₄	—	—	84	B	70	B
B8	52	100	11	73	33	—	—	—	—	85	B	72	B

[0061] 表1は、各サンプルの、凹部の構成と、端子材料の構成と、外層47の構成と、フェライト層の構成と、中間層43a、43bの有無と、ノイズ特性の試験結果と、を示している。外層の欄では、外層47を有していない図1、図2のサンプルに関しては、「—」が示され、外層47を有する図3のサンプルに関しては、外層47の組成が示されている。中間層の欄では、中間層（例えば、図4（A）の中間層43aや図4（B）の中間層43b）を有す

るサンプルに関しては、「*」が示され、中間層を有していないサンプルに関しては、「ー」が示されている。A 1 から A 1 2 番のサンプルと、B 1 から B 8 番のサンプルとは、外層 4 7 を有していないサンプル（図 1、図 2）である。A 1 3 から A 2 7 番のサンプルは、外層 4 7 を有するサンプル（図 3）である。外層 4 7 を有するサンプルのうち、A 1 3 から A 1 6 番のサンプルは、中間層を有していないサンプルであり、A 1 7 から A 2 7 番のサンプルは、中簡層を有するサンプルである。

[0062] 凹部の構成としては、図 2、図 3 で説明した深さ $300D$ 、 $300bD$ （単位は、 μm ）と、角度 Ang （単位は、度）と、長さ L （単位は、 mm ）と、が示されている。深さ $300D$ 、 $300bD$ と、角度 Ang とは、それぞれ、1 つの断面における複数の凹部 300 、 $300b$ のそれぞれの深さ $300D$ 、 $300bD$ と角度 Ang との平均値である。

[0063] 端子材料の構成は、図 2 のサンプルに関しては軸部 4 1 の材料の構成を示し、図 3 のサンプルに関しては内層 4 6 の材料の構成を示している。具体的には、鉄含有率（単位は、 $wt\%$ ）と、表皮深さ（単位は、 μm ）と、が示されている。表皮深さは、絶対透磁率 μ が $0.0001 [H/m]$ であると仮定する場合に以下の数式に従って算出される $1MHz$ の周波数 f での表皮深さ d である。

[0064] [数3]

$$d = \sqrt{\frac{2\rho}{\omega\mu}}$$

ρ : 体積抵抗率 [Ωm] ω : 角周波数 $= 2 \times \pi \times f$ f : 周波数 [Hz] μ : 絶対透磁率 [H/m]

[0065] 表皮深さは、交流電流が導体の表面の近くを流れる場合の電流が流れる部分の表面からの深さの目安を示している。表皮深さが小さいほど、導体の表面の近くの電流密度が高くなる。一般的に、金属の絶対透磁率 μ は、 $1MHz$ 以上の周波数において、おおよそゼロであり、正確に測定することは容易ではない。そこで、絶対透磁率 μ の参考値として $0.0001 [H/m]$ を用

いて、1 MHzの周波数での表皮深さ d を算出した（以下、この表皮深さ d を、参考表皮深さ d とも呼ぶ）。また、上記の数式に示すように、参考表皮深さ d は、体積抵抗率 ρ が小さいほど、小さい。

[0066] フェライト層の構成としては、フェライトの組成と、粒径（単位は、 μm ）と、が示されている。粒径は、フェライト層400の断面におけるフェライト粒子の平均粒径である。図5は、平均粒径の算出方法を示す説明図である。まず、フェライト層400の断面を、鏡面研磨し、SEM（走査型電子顕微鏡）で撮影することによって、 $30\mu\text{m} \times 30\mu\text{m}$ の正方形の断面画像を取得した（SEM画像とも呼ぶ）。ここで、加速電圧は15 kVに設定され、倍率は、3000倍に設定された。このような断面としては、軸線CLを含む断面に代えて、第1傾斜面320、320b、または、第2傾斜面330、330bにおおよそ平行な断面が採用された。図5（A）は、SEM画像で観察されるフェライト粒子の様子を示す模式図である。このようなSEM画像を用いた下記のインターセプト法によって、平均粒径を算出した。

[0067] インターセプト法では、まず、 $30\mu\text{m} \times 30\mu\text{m}$ の正方形の2つの対角線DG1、DG2（図5（A））の少なくとも一方と交差するフェライトの粒子を選択した。そして、選択された個々の粒子CG（図5（B））について、その最大径 D_{max} を求めてこれを長径 D_1 とした。最大径 D_{max} は、その粒子CGの外径をあらゆる方向で測定したときの最大値である。そして、この長径 D_1 の中点を通り長径 D_1 と直交する直線上における粒子CGの外径を短径 D_2 とした。また、長径 D_1 と短径 D_2 の平均値 $(D_1 + D_2) / 2$ を、対象粒子CGのみなし粒径 $D_a(i)$ とした。ここで、「 (i) 」は、 i 番目の粒子CGの値であることを意味している。平均粒径 D_{ave} は、対角線DG1、DG2の少なくとも一方と交差する n 個の粒子CGのみなし粒径 $D_a(i)$ の平均値である。この平均値を、表1の平均粒径として採用した。なお、B1からB8番のサンプルに関しては、粒径の測定は省略された。B8番のサンプルは、フェライト層を有していないサンプルである。フェライトの粒径の調整は、フェライトの粉末材料の粉砕時間とフェライト

の粉末材料を含むスラリーの粉碎時間とを調整することによって、行われた（粉碎時間が長いほど、粒径は小さい）。

[0068] ノイズ特性は、ノイズ強度と、その評価結果とを示している。ノイズ強度は、JASO D002-2（日本自動車技術会伝送規格D-002-2）の「自動車—電波雑音特性—第2部：防止器の測定方法 電流法」に従って測定された。具体的には、スパークプラグのサンプルに電圧を印加して放電させた。そして、放電時に、電流プローブを用いて端子金具を流れる電流を測定し、測定された値を、比較のためにdBに換算した。ノイズとしては、50MHz、300MHzの2種類の周波数のノイズが測定された。表中の強度は、所定の基準に対するノイズの強度を示している。数値が大きいほど、ノイズが強い。50MHzのノイズの評価結果に関しては、A評価は、強度が73dB未満であることを示し、B評価は、強度が73dB以上であることを示している。300MHzのノイズの評価結果に関しては、A評価は、強度が57dB未満であることを示し、B評価は、強度が57dB以上であることを示している。

[0069] A1からA27番のサンプルに関しては、各パラメータの分布範囲は、以下の通りであった。 $50\mu\text{m} \leq \text{深さ } 300D$ 、 $300bD \leq 75\mu\text{m}$ $22\text{度} \leq \text{角度 } Ang \leq 150\text{度}$ $10\text{mm} \leq \text{長さ } L \leq 26\text{mm}$ $66\text{wt}\% \leq \text{鉄含有率} \leq 92\text{wt}\%$ $18\mu\text{m} \leq \text{参考表皮深さ} \leq 41\mu\text{m}$ $0.7\mu\text{m} \leq \text{フェライト粒径} \leq 3.6\mu\text{m}$ このような構成を有するA1番からA27番のいずれのサンプルに関しても、50MHzのノイズの評価結果は、A評価であり、300MHzのノイズの評価結果は、A評価であった。

[0070] B1からB8番のサンプルに関しては、深さ300Dと、角度Angと、長さLと、のうちの少なくとも1つのパラメータが、A1からA27番の上記の分布範囲の外であった。具体的には、以下の通りである。 B1、B4、B6、B7番の深さ300Dは、それぞれ、48、49、48、49（ μm ）であり、いずれも、50 μm よりも小さかった。 B2番の角度Angは

、153（度）であり、150度よりも大きかった。B3、B5、B6、B7番の長さLは、いずれも、9、9、9、8（mm）であり、いずれも、10mmよりも小さかった。B1からB8番の鉄含有率と参考表皮深さとは、いずれも、A1からA27番の上記の分布範囲の内であった。このようなB1からB8番のそれぞれのサンプルに関しては、50MHzのノイズの評価結果は、B評価であり、300MHzのノイズの評価結果は、B評価であった。

[0071] このように、フェライト層400を有するA1からA27番のそれぞれのノイズ強度は、50MHzと300MHzとのいずれの周波数でも、フェライト層400を有していないB8番のノイズ強度よりも小さかった。このように、フェライト層400を設けることによって、ノイズを抑制できた。

[0072] また、50μm以上の深さ300D、300bDを有するA1からA27番のそれぞれのノイズ強度は、50MHzと300MHzとのいずれの周波数でも、50μmよりも小さい深さ300Dを有するB1、B4、B6、B7番のうちの任意のサンプルのノイズ強度よりも小さかった。このように、深さ300D、300bDが深い場合にノイズを抑制できる理由は、深さ300D、300bDが深い場合には、深さ300D、300bDが浅い場合（特に、角度Angと長さLとを変えずに深さ300D、300bDを浅くした場合）と比べて、凹部300、300bに配置されるフェライトの総量を多くできるからだと推定される。

[0073] 良好なノイズ強度を実現したA1番からA27番の深さ300D、300bDは、小さい順に、50、51、54、55、56、57、58、59、60、61、62、66、68、69、70、71、72、73、75（μm）であった。深さ300D、300bDの好ましい範囲（下限以上、上限以下の範囲）を、上記の19個の値を用いて定めてもよい。具体的には、上記の19個の値のうちの任意の値を、深さ300D、300bDの好ましい範囲の下限として採用してよい。例えば、深さは、50μm以上であってよい。また、これらの値のうちの下限以上の任意の値を、深さ300D、300

b Dの好ましい範囲の上限として採用してよい。例えば、深さ300D、300bDは、75 μ m以下であってよい。なお、深さ300D、300bDが深いほど、フェライトの総量を多くできるので、深さ300D、300bDが深いほど、ノイズを抑制できると推定される。従って、深さ300D、300bDは、上記の19個の値のうちの最大値である75 μ mよりも、大きくてもよい。ただし、深さ300D、300bDは、軸部41、41bの外径の半分よりも小さいことが好ましい。

[0074] また、150度以下の角度Angを有するA1からA27番のそれぞれのノイズ強度は、50MHzと300MHzとのいずれの周波数でも、150度よりも大きい角度Angを有するB2番のサンプルのノイズ強度よりも小さかった。このように、角度Angが小さい場合にノイズを抑制できる理由は、角度Angが小さい場合には、角度Angが大きい場合（特に、深さ300D、300bDと長さLとを変えずに角度Angを大きくした場合）と比べて、端子金具40、40bの軸部41、41bの凹部形成部45、45bの外周面に沿って流れる交流電流の経路長が長くなるからだと推定される。

[0075] 良好なノイズ強度を実現したA1番からA27番の角度Angは、小さい順に、22、45、59、65、68、69、71、75、77、79、82、85、87、88、89、93、97、100、120、150（度）であった。角度Angの好ましい範囲（下限以上、上限以下の範囲）を、上記の20個の値を用いて定めてもよい。具体的には、上記の20個の値のうちの任意の値を、角度Angの好ましい範囲の上限として採用してよい。例えば、角度Angは、150度以下であってよい。また、これらの値のうちの上限以下の任意の値を、角度Angの好ましい範囲の下限として採用してよい。例えば、角度Angは、22度以上であってよい。

[0076] また、10mm以上の長さLを有するA1からA27番のそれぞれのノイズ強度は、50MHzと300MHzとのいずれの周波数でも、10mmよりも小さい長さLを有するB3、B5、B6、B7番のうちの任意のサンプル

のノイズ強度よりも小さかった。このように、長さLが長い場合にノイズを抑制できる理由は、長さLが長い場合には、長さLが短い場合（特に、深さ300D、300bDと角度Angとを変えずに長さLを短くした場合）と比べて、端子金具40、40bの軸部41、41bの凹部形成部45、45bの外周面に沿って流れる交流電流の経路長が長くなり、そして、フェライトの総量が多くなるからだと推定される。

[0077] 良好なノイズ強度を実現したA1番からA27番の長さLは、小さい順に、10、11、12、13、14、15、16、17、18、19、20、21、22、26（mm）であった。長さLの好ましい範囲（下限以上、上限以下の範囲）を、上記の14個の値を用いて定めてもよい。具体的には、上記の14個の値のうちの任意の値を、長さLの好ましい範囲の下限として採用してよい。例えば、長さLは、10mm以上であってよい。また、これらの値のうちの下限以上の任意の値を、長さLの好ましい範囲の上限として採用してよい。例えば、長さLは、26mm以下であってよい。なお、長さLが長いほど、ノイズを抑制できると推定される。従って、長さLは、上記の14個の値のうちの最大値である26mmよりも、大きくてもよい。例えば、長さLは、主体金具50（図1）の後端50eから絶縁体10の後端10eまでの間の軸線CLに平行な方向の距離以下の任意の長さであってよい。

[0078] また、良好なノイズ強度を実現したA1番からA27番のそれぞれのフェライトの組成は、以下の通りである。 $Y_3Fe_5O_{12}$: A9、 $A23SrFe_{12}O_{19}$: A6、 $A21NiFe_2O_4$: A2、A8、A18、 $A22MgFe_2O_4$: A7、A12、 $A26CuFe_2O_4$: A5、 $A20CaFe_2O_4$: A11、 $A25BaFe_{12}O_{19}$: A1、A17（Ni, Zn, Cu） Fe_2O_4 : A16（Ni, Zn） Fe_2O_4 : A4、A13、A19、A27（Mn, Zn） Fe_2O_4 : A3、A10、A15、A24（Mg, Zn）F

e_2O_4 : A 1 4 このように、フェライト層 4 0 0 としては、Ni、Zn、Cu、Ba、Ca、Mg、Mn、Yのうちの少なくとも1つを含むフェライトを含む層が配置されている。このようなフェライトを含むフェライト層 4 0 0 を用いることによって、ノイズを抑制できた。

[0079] また、表 1 に示すように、鉄含有率が高いほど、参考表皮深さが小さかった。例えば、鉄含有率が 7 5 w t % 以上である A 8 から A 2 7 番のサンプルに関しては、参考表皮深さは、 $30\mu m$ 以下であった。一方、鉄の含有率が 7 5 w t % 未満である A 1 から A 7 番のサンプルに関しては、参考表皮深さは、 $32\mu m$ 以上であった。このように、鉄含有率が高い場合に参考表皮深さが小さい理由は、鉄含有率が高いほど、体積抵抗率 ρ が小さくなるからである。

[0080] また、表 1 に示すように、参考表皮深さが小さいほど、ノイズ強度が小さかった。例えば、参考表皮深さが $30\mu m$ 以下である A 8 から A 2 7 番のサンプルに関しては、5 0 M H z でのノイズ強度は 6 8 d B 以下であり、3 0 0 M H z でのノイズ強度は 5 1 d B 以下である。一方、参考表皮深さが $30\mu m$ よりも大きい A 1 から A 7 番のサンプルに関しては、5 0 M H z でのノイズ強度は 6 9 d B 以上であり、3 0 0 M H z でのノイズ強度は 5 4 d B 以上である。このように、参考表皮深さが小さい場合にノイズを抑制できる理由は、以下のように推定される。参考表皮深さが小さい場合には、交流電流が導体の外周面の近傍に集中するので、交流電流が広い範囲に分散して流れる場合と比べて、損失が大きくなる。この結果、交流電流、ひいては、電波ノイズが、抑制される。また、交流電流が、フェライト層 4 0 0 の近くに集中するので、電波ノイズがさらに抑制される。

[0081] A 1 3 から A 2 7 番のサンプルは、図 3 の実施形態の端子金具 4 0 b を備えており、内層 4 6 の外周面上に、外層 4 7 が形成されている。表 1 に示すように、外層 4 7 の組成は、Ni、Cu、Cr、Zn、 α -Fe のいずれかであった。詳細な値については省略するが、これらの組成の体積抵抗率 ρ は、内層 4 6 の材料（主成分としての鉄と、他の成分と、を含む金属）の体積抵

抗率 ρ よりも、小さかった。すなわち、A 1 3からA 2 7番のいずれのサンプルに関しても、外層4 7の体積抵抗率 ρ は、内層4 6の体積抵抗率 ρ よりも小さかった。従って、凹部形成部4 5 bの外周面を形成する部分である外層4 7の参考表皮深さは、表1に示す参考表皮深さ（内層4 6の参考表皮深さ）よりも、浅い。例えば、外層4 7を有するA 1 3からA 2 7番の表1に示す参考表皮深さは $24\ \mu\text{m}$ 以下であるので、これらのサンプルに関しては、外層4 7の参考表皮深さは、 $24\ \mu\text{m}$ 以下である。このように、A 1 3からA 2 7番のサンプルに関しては、外層4 7が省略された場合と比べて、交流電流は、凹部形成部4 5 bの外周面の近傍（ひいては、フェライト層4 0 0の近傍）にさらに集中するので、電波ノイズがさらに抑制されると推定される。

[0082] 良好なノイズ強度を実現したA 1からA 2 7番の参考表皮深さは、小さい順に、1 8、1 9、2 0、2 1、2 2、2 3、2 4、2 5、2 6、2 8、2 9、3 0、3 2、3 4、3 5、4 0、4 1（ μm ）であった。凹部3 0 0、3 0 0 bの外周面を形成する部分の参考表皮深さの好ましい範囲（下限以上、上限以下の範囲）を、上記の1 7個の値を用いて定めてもよい。ここで、凹部3 0 0、3 0 0 bの外周面を形成する部分の参考表皮深さは、図2の実施形態では、軸部4 1の参考表皮深さであり、図3の実施形態では、外層4 7の参考表皮深さである。このような参考表皮深さの好ましい範囲の上限として、上記の1 7個の値のうちの任意の値を採用してよい。例えば、参考表皮深さは、 $41\ \mu\text{m}$ 以下であってよく、 $30\ \mu\text{m}$ 以下であってよい。また、これらの値のうちの上限以下の任意の値を、参考表皮深さの好ましい範囲の下限として採用してよい。例えば、参考表皮深さは、 $18\ \mu\text{m}$ 以上であってよい。なお、参考表皮深さが小さいほど、交流電流は、凹部3 0 0、3 0 0 bの外周面の近傍に集中するので、参考表皮深さが小さいほど、ノイズを抑制できると推定される。従って、参考表皮深さは、上記の1 7個の値のうちの最小値である $18\ \mu\text{m}$ よりも、小さくてもよい。例えば、外層4 7の材料として、準備可能な材料（例えば、種々の金属）のうち、参考表皮深さが最も

小さい材料を採用してもよい。

[0083] また、表 1 に示すように、中間層 4 3 a、4 3 b が設けられる場合には、ノイズ強度が更に小さくなった。具体的には、中間層 4 3 a、4 3 b を有する A 1 7 から A 2 7 番のサンプルに関しては、5 0 M H z でのノイズ強度は、5 8 d B 以下であり、3 0 0 M H z でのノイズ強度は、4 3 d B 以下であった。一方、中間層 4 3 a、4 3 b を有さない A 1 から A 1 6 番のサンプルに関しては、5 0 M H z でのノイズ強度は、6 3 d B 以上であり、3 0 0 M H z でのノイズ強度は、4 5 d B 以上であった。このように、中間層 4 3 a、4 3 b が設けられる場合にノイズ強度が小さくなる理由は、以下のように推定される。中間層 4 3 a、4 3 b が設けられる場合には、フェライト層 4 0 0 と凹部 3 0 0 b（ひいては、軸部 4 1 b）との密着性が向上する。従って、軸部 4 1 b の外周面の近傍を流れる交流電流は、フェライトにより近い部分（例えば、中間層 4 3 a、4 3 b）を流れ得る。この結果、ノイズが抑制される。

[0084] また、良好なノイズ強度を実現した A 1 から A 2 7 番のフェライトの平均粒径は、小さい順に、0. 7、0. 8、0. 9、1. 0、1. 9、3. 0、3. 1、3. 2、3. 3、3. 4、3. 5、3. 6 (μm) であった。フェライトの平均粒径の好ましい範囲（下限以上、上限以下の範囲）を、上記の 12 個の値を用いて定めてもよい。具体的には、上記の 12 個の値のうちの任意の値を、平均粒径の好ましい範囲の下限として採用してよい。例えば、平均粒径は、0. 7 μm 以上であってよい。また、これらの値のうちの下限以上の任意の値を、平均粒径の好ましい範囲の上限として採用してよい。例えば、平均粒径は、3. 6 μm 以下であってよい。

[0085] なお、A 1 から A 2 7 番のうち、5 0 M H z でのノイズ強度が 5 1 d B 以下であり、かつ、3 0 0 M H z でのノイズ強度が 4 0 d B 以下であるサンプルは、A 2 5、A 2 6、A 2 7 番の 3 種類であった。A 2 5、A 2 6、A 2 7 番のフェライトの平均粒径は、1. 0、1. 9、3. 0 (μm) であった。フェライトの平均粒径の好ましい範囲を、上記の 3 個の値を用いて定めても

よい。具体的には、上記の3個の値のうちの任意の値を、平均粒径の好ましい範囲の下限として採用してよい。例えば、平均粒径は、 $1.0\mu\text{m}$ 以上であってよい。また、これらの値のうちの下限以上の任意の値を、平均粒径の好ましい範囲の上限として採用してよい。例えば、平均粒径は、 $3.0\mu\text{m}$ 以下であってよい。

[0086] D. 変形例：(1) 凹部300 (図2) の形成方法としては、転造を用いる方法に変えて、他の任意の方法を採用可能である。例えば、複数の凹部300を、切削によって形成してもよい。図6は、切削によって凹部が形成される場合の端子金具の例を示す断面図である。図6には、図2と同様に、凹部形成部45cの断面図が示されている。図6の実施形態の端子金具40cは、図2、図3の端子金具40、40bの代わりに、利用可能である。図6の端子金具40cにおいても、複数の凹部300cのそれぞれは、底部310cと、底部310cを挟んで対向する2つの傾斜面320c、330cと、で形成されている。各凹部300cには、フェライト層400が配置されている。また、2つの傾斜面320c、330cによって、頂部340cが形成されている。底部310cと第1傾斜面320cと第2傾斜面330cと頂部340cとの構成は、それぞれ、図2の底部310と第1傾斜面320と第2傾斜面330と頂部340との構成と、同じである。深さ300cDは、凹部300cの深さであり、角度Angは、底部310cを挟んで対向する2つの傾斜面320c、330cのなす角度である。

[0087] 図6の端子金具40cでは、図2の端子金具40とは異なり、頂部340cの最も外周側の部分の径方向の位置が、軸部41cのうちの凹部形成部45c (すなわち、複数の凹部300c) が形成されていない部分の外周面41csの径方向の位置と、おおよそ同じである。凹部300cの底部310cは、この外周面41csよりも内周側に配置される。複数の凹部300のそれぞれは、軸部41cのうちの凹部形成部45cが形成されていない部分の外周面41sの内周側に形成される。凹部300cの深さ300cDは、底部310cと頂部340cとの間の径方向の距離であり、底部310cと外

周面 4 1 c s との間の径方向の距離とおおよそ同じである。

[0088] 同様に、図 3 の内層 4 6 の凹部 3 0 0 x の形成方法としても、転造に代えて、他の任意の方法を採用可能である。例えば、切削によって凹部 3 0 0 x を形成してもよい。この場合、図示を省略するが、頂部 3 4 0 b の最も外周側の部分の径方向の位置は、外層 4 7 の外周面のうち凹部形成部 4 5 b（すなわち、複数の凹部 3 0 0 b）が形成されていない部分の外周面 4 1 b s の径方向の位置と、おおよそ同じである。凹部 3 0 0 b の底部 3 1 0 b は、この外周面 4 1 b s よりも内周側に配置される。複数の凹部 3 0 0 b のそれぞれは、外層 4 7 のうちの凹部形成部 4 5 b が形成されていない部分の外周面 4 1 b s の内周側に形成される（図示省略）。

[0089] （２）図 3 の実施形態において、外層 4 7 は、軸部 4 1 b の外周面の全体を形成する代わりに、軸部 4 1 b の外周面のうちの複数の凹部 3 0 0 b の外周面を含む一部分のみを形成していてもよい。すなわち、内層 4 6 のうちの凹部 3 0 0 b を形成していない部分の外周面は、外層 4 7 に覆われずに露出してもよい。また、複数の凹部 3 0 0 b のうちの 1 以上の凹部 3 0 0 b から、外層 4 7 が省略されてもよい。すなわち、外層は、複数の凹部のうちの少なくとも 1 つの外周面を形成していることが好ましい。

[0090] （３）図 3 の実施形態において、外層 4 7 の材料としては、Ni、Cu、Cr、Zn、 α -Fe に限らず、他の種々の材料を採用可能である。例えば、上記の 5 種類の材料から任意に選択された 1 以上の材料を用いてもよく、また、上記の 5 種類の材料から任意に選択された 1 以上の成分を含む合金を用いてもよい。一般的には、参考表皮深さが内層 4 6 の参考表皮深さよりも小さくなるような金属を採用することが好ましい。ただし、外層 4 7 の参考表皮深さが、内層 4 6 の参考表皮深さ以上であってもよい。また、図 3 の実施形態において、フェライト層 4 0 0 と外層 4 7 との間の中間層（例えば、図 4（A）の中間層 4 3 a や図 4（B）の中間層 4 3 b）が、省略されてもよい。

[0091] （４）フェライト層 4 0 0 に含まれるフェライトとしては、フェライト層 4

00の近傍を流れる交流電流を抑制可能な種々のフェライトを採用可能である。例えば、種々のスピネル型フェライトを採用してもよい。また、スピネル型フェライトとは異なる種類のフェライトを採用してもよい。また、2種類以上のフェライトが、フェライト層400に含まれていてもよい。具体的には、例えば、Ni、Zn、Cu、Ba、Ca、Mg、Mn、Yのうちの少なくとも1つを含むフェライトを採用してよい。また、フェライト粒子の平均粒径は、 $1.0\mu\text{m}$ 未満でもよく、 $3.0\mu\text{m}$ よりも大きくてもよい。

[0092] また、端子金具の軸部に設けられた複数の凹部のうちの1以上の凹部から、フェライト層400が省略されてもよい。一般的には、フェライト層400は、複数の凹部のうちの少なくとも1つの凹部に配置されていることが好ましい。

[0093] (5) 端子金具の軸部に設けられた複数の凹部と複数の頂部との形状としては、図2、図3、図6に示す形状に代えて、他の種々の形状を採用可能である。例えば、図2、図3、図6の断面において、底部310、310b、310cが丸められていてもよい。また、図2、図3、図6の断面において、頂部340、340b、340cが丸められていてもよい。いずれの場合も、複数の凹部は、軸線CLを含む断面において、以下に説明する複数の第1傾斜面と複数の第2傾斜面とが交互に接続されることによって形成される波状の部分的形成することが好ましい。第1傾斜面は、径方向の内側から外側に向かって傾斜面を辿る場合に前方向Df側に傾斜している傾斜面である（例えば、図2、図3、図6の第1傾斜面320、320b、320c）。第2傾斜面は、径方向の内側から外側に向かって傾斜面を辿る場合に後方向Dfr側に傾斜している傾斜面である（例えば、図2、図3、図6の第2傾斜面330、330b、330c）。複数の凹部が形成された部分である凹部形成部が上記のような波状の部分である場合には、凹部形成部が軸線CLに平行な外周面で形成された部分を含む場合と比べて、複数の凹部の外周面に沿って流れる交流電流の経路が長くなる。従って、電波ノイズを適切に抑

制できる。

[0094] (6) 凹部の深さとしては、軸線C Lを含む平らな断面において、凹部の底部の最も内周側の部分の位置と、底部を挟んで対向する2つの傾斜面上の位置のうちの最も外周側の位置（例えば、底部の隣の頂部の最も外周側の部分の位置）と、の間の径方向の距離を採用可能である。また、複数の凹部の間で深さが異なってもよい。この場合、1つの断面における複数の凹部の平均深さが、深さの上記の好ましい範囲内にあることが好ましい。

[0095] (7) 軸線C Lを含む断面において、凹部の底を挟んで対向する2つの傾斜面の少なくとも一方が、曲線の部分を含んでもよい。いずれの場合も、軸線C Lを含む断面において2つの傾斜面がなす角度としては、2つの傾斜面のそれぞれの直線部分がなす角度を採用すればよい。

[0096] (8) 複数の凹部が形成された部分である凹部形成部の長さとしては、軸線C Lを含む1つの平らな断面において、最も前方向D f側の凹部の前方向D f側の傾斜面の最も外周側の部分と、最も後方向D f r側の凹部の後方向D f r側の傾斜面の最も外周側の部分と、の間の軸線C Lに平行な方向の最短距離を採用すればよい。

[0097] 例えば、図2、図3の実施形態のように頂部340、340bが、軸部41、41bのうちの凹部形成部45、45bが形成されていない部分の外周面41s、41bsよりも外周側に配置されている場合には、以下の通りである。すなわち、最も前方向D f側の凹部301、301bの前方向D f側の傾斜面320、320bの最も外周側の部分341、341bは、最も前方向D f側の頂部341、341bの最も外周側の部分である。そして、最も後方向D f r側の凹部302、302bの後方向D f r側の傾斜面330、330bの最も外周側の部分342、342bは、最も後方向D f r側の頂部342、342bの最も外周側の部分である。凹部形成部45、45bの長さLとしては、最も前方向D f側の頂部341、341bの最も外周側の部分と、最も後方向D f r側の頂部342、342bの最も外周側の部分と、の間の軸線C Lに平行な方向の最短距離を採用すればよい。

[0098] また、図6の実施形態のように、頂部340cの径方向の位置が、軸部41cのうち凹部形成部45cが形成されていない部分の外周面41csの径方向の位置と同じ、または、外周面41csよりも内周側に配置されている場合には、以下の通りである。すなわち、凹部形成部45cの長さLとしては、複数の凹部300cのうちの最も前方向Df側の凹部301cの前方向Df側の傾斜面320cの最も外周側の部分341cと、複数の凹部300cのうちの最も後方向Dfr側の凹部302cの後方向Dfr側の傾斜面330cの最も外周側の部分342cと、の間の軸線CLに平行な方向の最短距離を採用すればよい。ここで、最も前方向Df側の凹部301cの傾斜面320cと外周面41csとの接続部分が丸められている場合、傾斜面320cの直線部分を延長して得られる直線と、外周面41csを延長して得られる直線と、の交点を、長さLの基準として用いればよい。また、最も後方向Dfr側の凹部302cの傾斜面330cと外周面41csとの接続部分が丸められている場合、傾斜面330cの直線部分を延長して得られる直線と、外周面41csを延長して得られる直線と、の交点を、長さLの基準として用いればよい。

[0099] (9) 端子金具の構成としては、上記の構成に代えて、他の種々の構成を採用可能である。例えば、軸部のうちの凹部の外周面を形成する部分の参考表皮深さは、表1のA1からA27のサンプルのうちの最大の参考表皮深さである41 μ mよりも大きくてもよい。また、図3の実施形態において、外層47の参考表皮深さが、内層46の参考表皮深さよりも、大きくてもよい。ただし、電波ノイズをさらに抑制するためには、軸部のうちの凹部の外周面を形成する部分の参考表皮深さが小さいことが好ましく、例えば、30 μ m以下であることが好ましい。そして、図3の実施形態においては、外層47の参考表皮深さが、内層46の参考表皮深さよりも、小さいことが好ましい。

[0100] また、図2、図6の実施形態の軸部41、41cと、図3の実施形態の内層46と、のそれぞれの鉄含有率は、75wt%未満であってもよい。一般的

には、図2、図6の実施形態の軸部41、41cと、図3の実施形態の内層46と、のそれぞれの材料としては、種々の金属を採用可能である。なお、図2、図6の実施形態のように、端子金具40、40cの軸部41、41cのうち複数の凹部300、300cを形成する部分は、外層と内層とを含む複数の層に分かれておらず、1つの層（ここでは、軸部41、41c）で形成され得る。この場合、電波ノイズをさらに抑制するためには、軸部のうちの凹部の外周面を形成する部分（図2、図6の実施形態では、軸部41、41c）は、75wt%以上の鉄を含む金属で形成されていることが好ましい。また、図3の実施形態のように、端子金具40bの軸部41bのうち複数の凹部300bを形成する部分は、軸部41bの外周面のうちの凹部300bの外周面を含む少なくとも一部を形成する外層（ここでは、外層47）と、外層の内周側に配置された内層（ここでは、内層46）と、を含む複数の層で形成され得る。この場合、電波ノイズをさらに抑制するためには、外層の内周側に接続された内層（図3の実施形態では、内層46）は、75wt%以上の鉄を含む金属で形成されていることが好ましい。

[0101] (10) 点火プラグの構成としては、上述した構成に代えて、他の種々の構成を採用可能である。例えば、図1に示す実施形態では、複数の凹部300（すなわち、凹部形成部45）は、軸部41のうちの主体金具50の後端50eよりも後方向Df r側の部分のみに形成されている。ただし、複数の凹部は、後端50eよりも後方向Df r側から後端50eよりも前方向Df側まで分布するように形成されていてもよい。いずれの場合も、凹部形成部の軸線CLに平行な方向の長さLは、複数の凹部のうちの主体金具50の後端50eよりも後方向Df r側に配置された複数の凹部を用いて特定すればよい。

[0102] また、図1に示す実施形態では、端子金具40の軸部41は、主体金具50の後端50eよりも前方向Df側まで延びているが、端子金具の全体が、主体金具50の後端50eよりも後方向Df r側に配置されていてもよい。

[0103] また、中心電極の側面（軸線CLに垂直な方向側の面）と、接地電極とが、

放電用のギャップを形成してもよい。また、放電用のギャップの総数が2以上であってもよい。また、中心電極20と端子金具40との間には、磁性体が配置されてもよい。また、抵抗体74が省略されてもよい。

[0104] 以上、実施形態、変形例に基づき本発明について説明してきたが、上記した発明の実施の形態は、本発明の理解を容易にするためのものであり、本発明を限定するものではない。本発明は、その趣旨並びに特許請求の範囲を逸脱することなく、変更、改良され得ると共に、本発明にはその等価物が含まれる。

符号の説明

[0105] 8...先端側パッキン、10...絶縁体、10q...開口、11...縮内径部、12...貫通孔（軸孔）、13...後端側胴部、14...大径部、15...先端側胴部、16...縮外径部、19...脚部、20...中心電極、21...外層、22...芯部、24...頭部、27...軸部、29...第1チップ、30...接地電極、31...外層、32...内層、33...基端部、34...先端部、37...本体部、39...第2チップ、40、40b、40c...端子金具、41、41b、41c...軸部、41s、41bs、41cs...外周面、43a、43b...中間層、45、45b、45c...凹部形成部、46...内層、46s...外周面、47...外層、48...鍔部、49...キャップ装着部、50...主体金具、50e...後端、51...工具係合部、52...胴部、53...カシメ部、54...鍔部、55...先端面、56...縮内径部、57...ネジ部、58...座屈部、59...貫通孔、61...リング部材、70...タルク、72...第1シール部、74...抵抗体、76...第2シール部、90...ガスケット、100...点火プラグ、200...接続部、300、300b、300c、300x...凹部、301、301c...凹部、302、302c...凹部、310、310b、310c...底部、320、320b、320c...第1傾斜面、330、330b、330c...第2傾斜面、340、340b、340c、340x...頂部（接続部分）、341、341b...頂部、341c...部分、342、342b...頂部、342c...部分、400...フェライト層、

g...ギャップ、CL...中心軸（軸線）、Df...先端方向（前方向）、Df
r...後端方向（後方向）

請求の範囲

[請求項1]

軸線の方に延びる軸孔を有する筒状の絶縁体と、
前記絶縁体の外周に配置される筒状の主体金具と、
前記軸孔内の後端側に配置される軸部と前記軸孔から露出する端子部とを有する端子金具と、
前記軸孔内の先端側に自身の少なくとも一部が配置される中心電極と、
前記軸孔内で、前記中心電極と前記端子金具とを電氣的に接続する接続部と、
を備える点火プラグであって、
前記軸部のうちの前記主体金具の後端よりも後端側の部分は、径方向内側に向かって凹む複数の凹部を含み、
前記軸線を含む断面において、
前記凹部の深さは、 $50\mu\text{m}$ 以上であり、
前記凹部の底を挟んで対向する2つの傾斜面がなす角度は、 150° 以下であり、
前記複数の凹部が形成された部分の前記軸線の方の長さは、 10mm 以上であり、
前記凹部のうち少なくとも1つには、Ni、Zn、Cu、Ba、Ca、Mg、Mn、Yのうち少なくとも1つを含むフェライトを含む層が配置された、
点火プラグ。

[請求項2]

請求項1に記載の点火プラグであって、
前記端子金具は、 $75\text{wt}\%$ 以上の鉄を含む金属を含み、
絶対透磁率 μ が $0.0001[\text{H}/\text{m}]$ であると仮定する場合に以下の数式に従って算出される 1MHz の周波数 f での表皮深さ d を参考表皮深さとする場合に、前記軸部のうちの前記凹部の外周面を形成する部分の参考表皮深さは、 $30\mu\text{m}$ 以下である、

点火プラグ。

[数1]

$$d = \sqrt{\frac{2\rho}{\omega\mu}}$$

ρ : 体積抵抗率 [$\Omega \text{ m}$]

ω : 角周波数 $= 2 \times \pi \times f$

f : 周波数 [Hz]

μ : 絶対透磁率 [H/m]

[請求項3]

請求項1または2に記載の点火プラグであって、

前記端子金具の前記軸部は、前記軸部の外周面のうちの前記凹部の外周面を含む少なくとも一部を形成する外層と、前記外層の内周側に配置された内層と、を有し、

絶対透磁率 μ が0.0001 [H/m]であると仮定する場合に以下の数式に従って算出される1MHzの周波数 f での表皮深さ d を参考表皮深さとする場合に、前記外層の参考表皮深さは、前記内層の参考表皮深さよりも、浅い、

点火プラグ。

[数2]

$$d = \sqrt{\frac{2\rho}{\omega\mu}}$$

ρ : 体積抵抗率 [$\Omega \text{ m}$]

ω : 角周波数 $= 2 \times \pi \times f$

f : 周波数 [Hz]

μ : 絶対透磁率 [H/m]

[請求項4]

請求項3に記載の点火プラグであって、

前記凹部の外周面と前記フェライトを含む前記層との間には、中間層が設けられ、

前記中間層における前記外層の主成分である特定成分の割合は、前記外層における前記特定成分の割合よりも少なく、かつ、前記フェラ

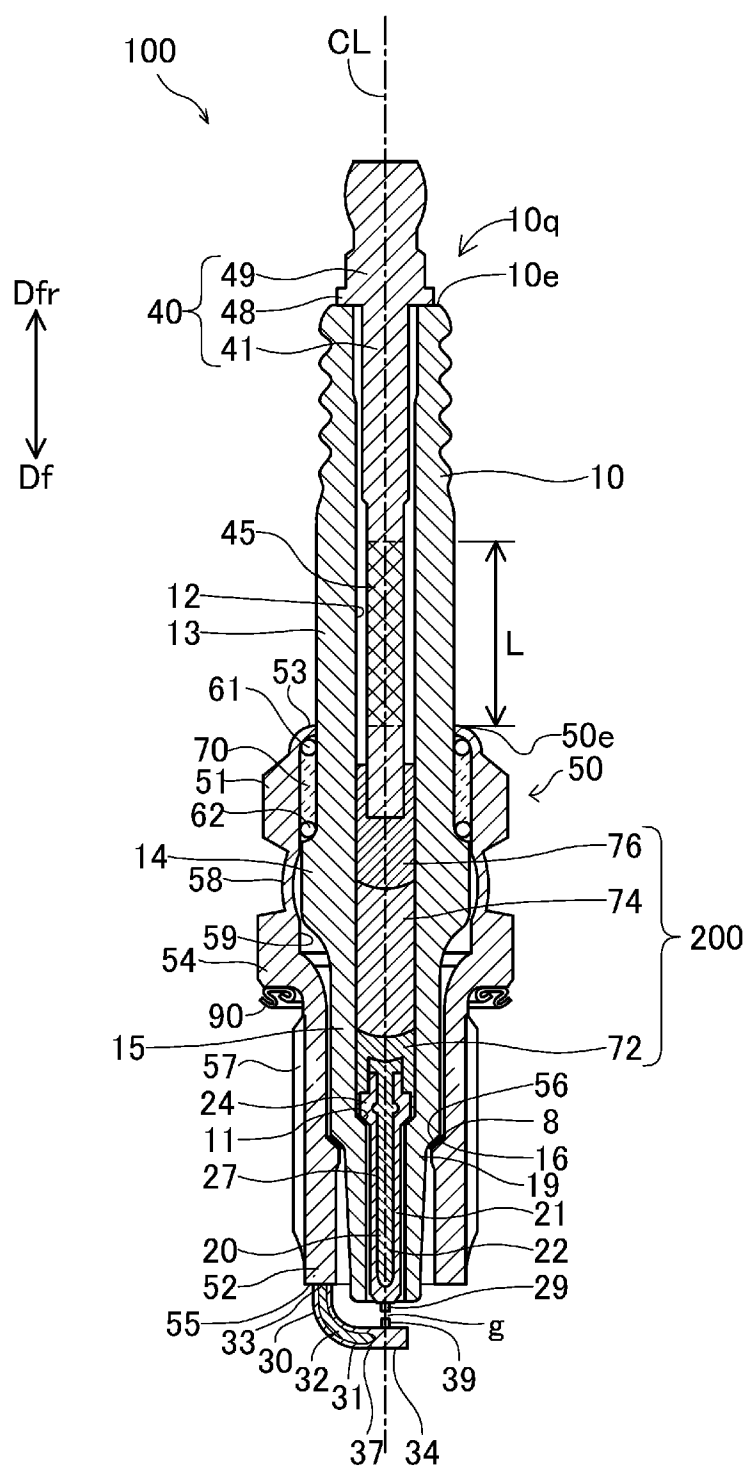
イトを含む前記層における前記特定成分の割合よりも高い、
点火プラグ。

[請求項5]

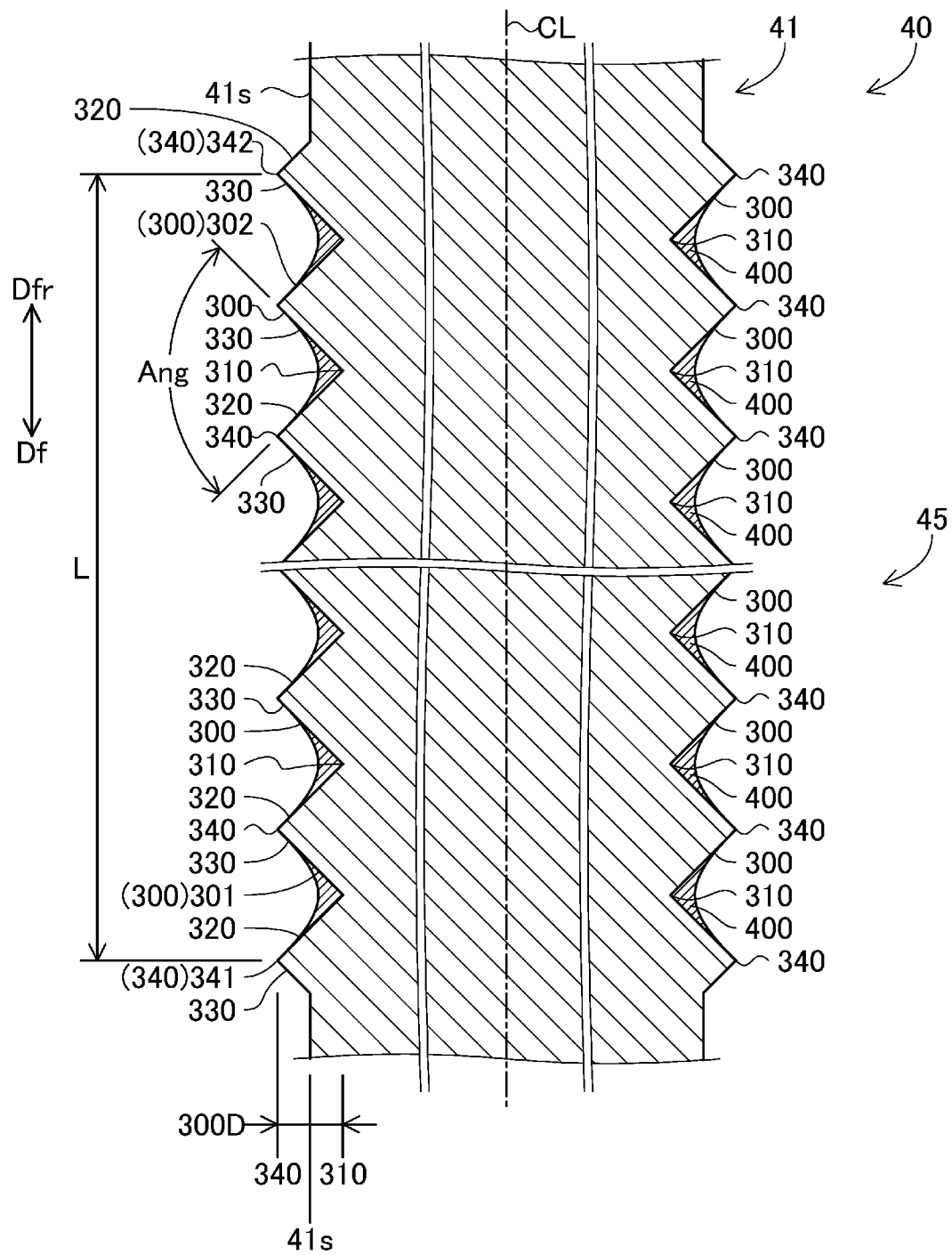
請求項 1 から 4 のいずれかに記載の点火プラグであって、

前記フェライトを含む前記層の断面における $30\ \mu\text{m} \times 30\ \mu\text{m}$ の
視野において、前記フェライトの平均粒径は、 $1.0\ \mu\text{m}$ 以上、 $3.0\ \mu\text{m}$ 以下である、
点火プラグ。

[図1]

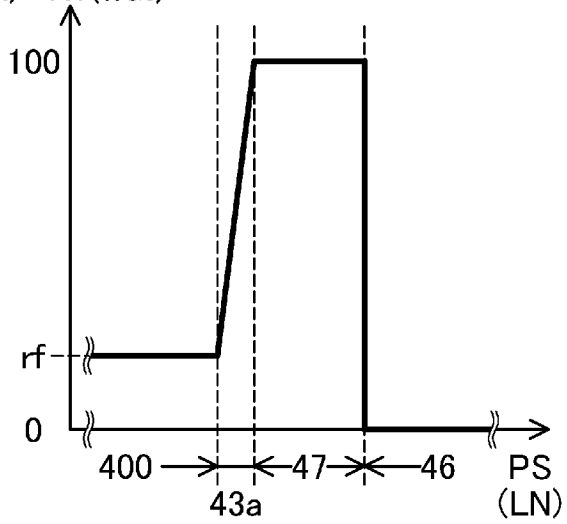


[図2]

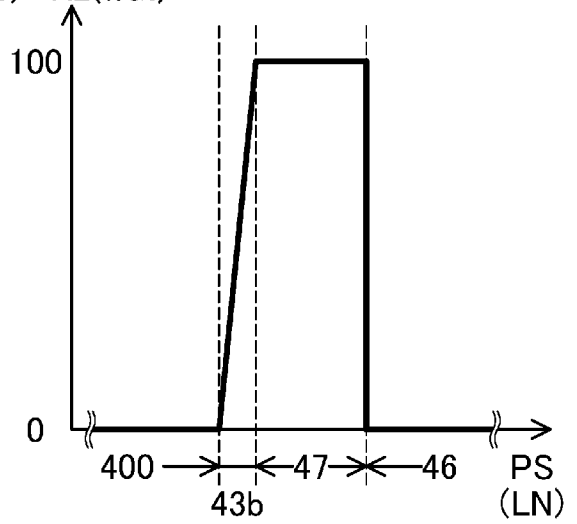


[図4]

(A) R1(wt%)

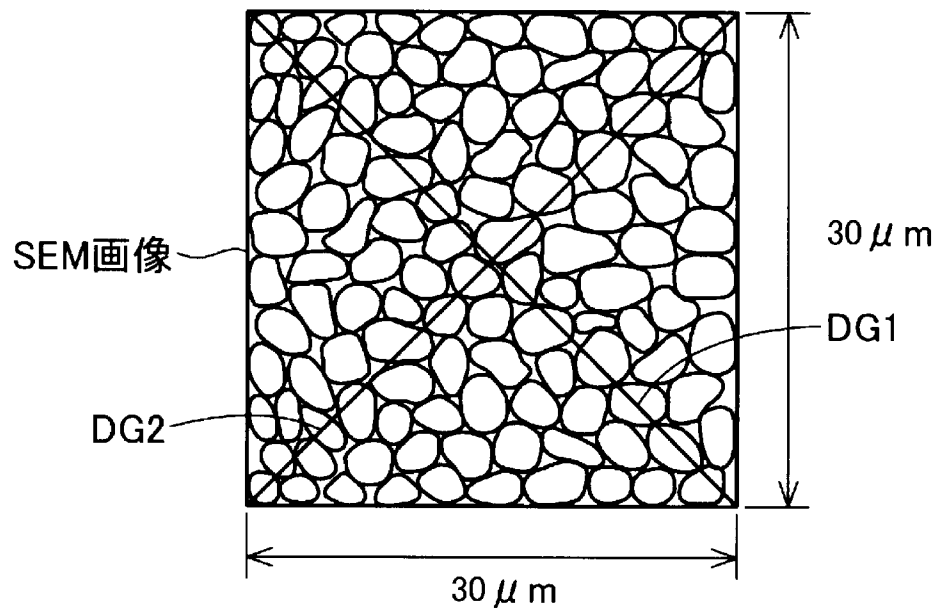


(B) R2(wt%)

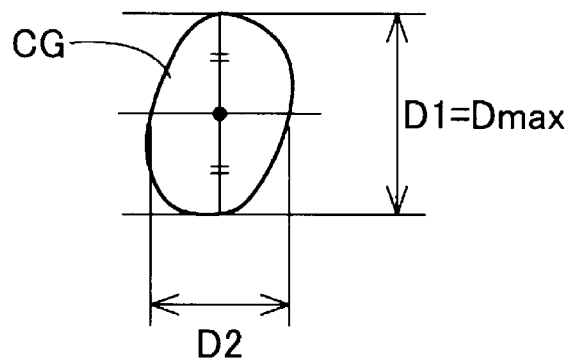


[図5]

(A) インターセプト法



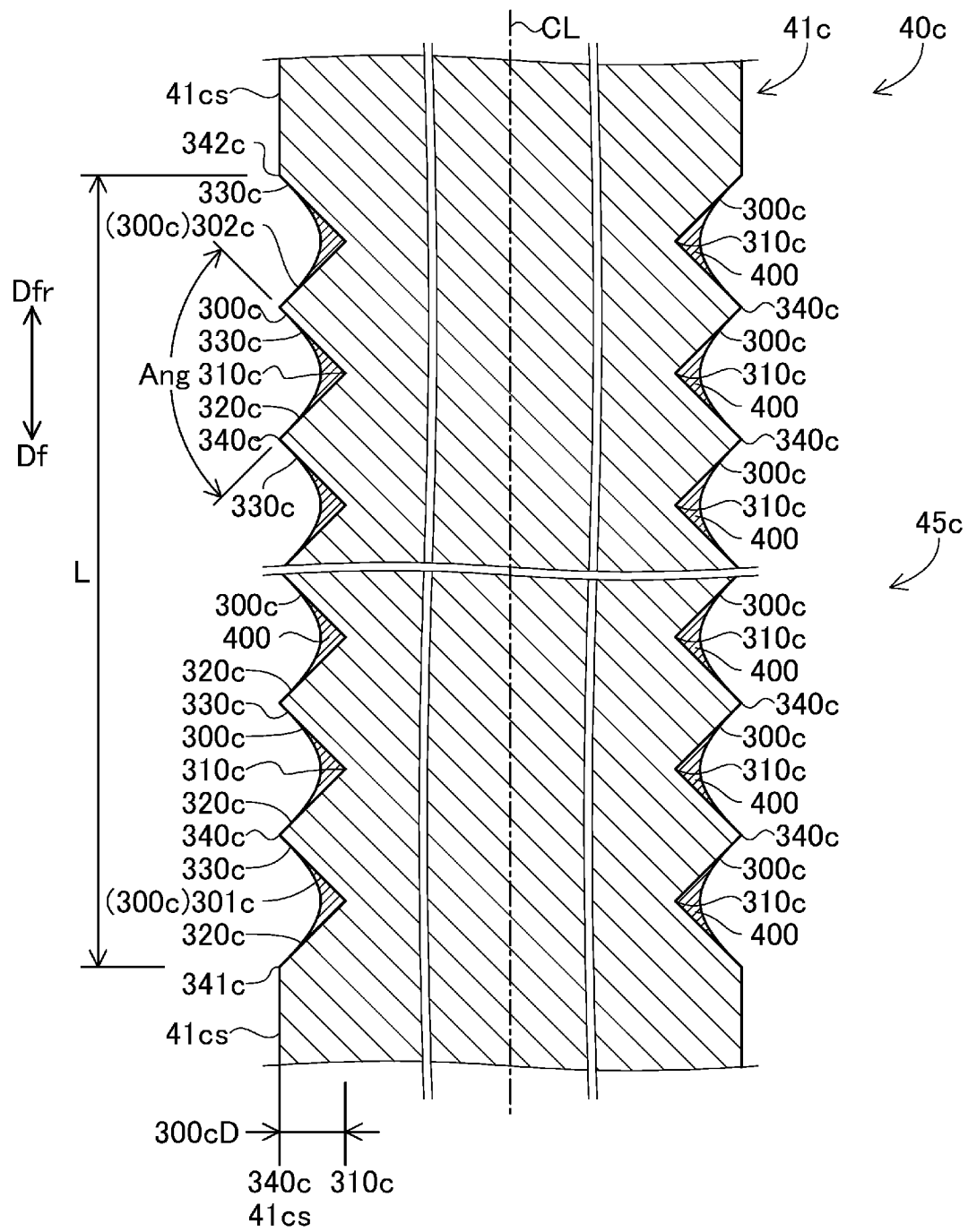
(B) みなし粒径と平均粒径



$$\text{みなし粒径 } Da(i) = \frac{D1 + D2}{2}$$

$$\text{平均粒径 } D_{\text{ave}} = \frac{\sum Da(i)}{n}$$

[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/027251

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01T13/05(2006.01)i, F02P13/00(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)

H01T13/05, F02P13/00

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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.
A	JP 2003-142224 A (NGK Spark Plug Co., Ltd.), 16 May 2003 (16.05.2003), entire text; all drawings & US 2003/0117052 A1	1-5
A	JP 2002-184552 A (NGK Spark Plug Co., Ltd.), 28 June 2002 (28.06.2002), entire text; all drawings (Family: none)	1-5
A	JP 53-011246 A (Hitachi, Ltd.), 01 February 1978 (01.02.1978), entire text; all drawings (Family: none)	1-5

☐ 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
17 August 2017 (17.08.17)

Date of mailing of the international search report
29 August 2017 (29.08.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H01T13/05(2006.01)i, F02P13/00(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（IPC））

Int.Cl. H01T13/05, F02P13/00

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	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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
A	JP 2003-142224 A（日本特殊陶業株式会社）2003.05.16, 全文, 全図 & US 2003/0117052 A1	1-5
A	JP 2002-184552 A（日本特殊陶業株式会社）2002.06.28, 全文, 全図 （ファミリーなし）	1-5
A	JP 53-011246 A（株式会社日立製作所）1978.02.01, 全文, 全図（フ ァミリーなし）	1-5

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

17.08.2017

国際調査報告の発送日

29.08.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

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）

段 吉享

3 T

3824

電話番号 03-3581-1101 内線 3368