(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
2012 年 8 月 23 日(23.08.2012)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2012/111303 A1

(51) 国際特許分類:
*H01T 13/20* (2006.01) *H01T 13/39* (2006.01)
*C22C 19/05* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2012/000937

(22) 国際出願日: 2012 年 2 月 13 日(13.02.2012)

(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 2011-029414 2011 年 2 月 15 日(15.02.2011) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日本特殊陶業株式会社(NGK SPARK PLUG CO., LTD.) [JP/JP]; 〒4678525 愛知県名古屋市瑞穂区高辻町１４番１８号 Aichi (JP).

(72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 吉本 修(YOSHIMOTO, Osamu) [JP/JP]; 〒4678525 愛知県名古屋市瑞穂区高辻町１４番１８号日本特殊陶業株式会社内 Aichi (JP). 久野 武人(KUNO, Takehito) [JP/JP]; 〒4678525 愛知県名古屋市瑞穂区高辻町１４番１８号日本特殊陶業株式会社内 Aichi (JP). 田中 智雄(TANAKA, Tomoo) [JP/JP]; 〒4678525 愛知県名古屋市瑞穂区高辻町１４番１８号日本特殊陶業株式会社内 Aichi (JP). 金丸 智紀(KANEMARU, Tomonori) [JP/JP]; 〒4678525 愛知県名古屋市瑞穂区高辻町１４番１８号日本特殊陶業株式会社内 Aichi (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人 明成国際特許事務所 (TOKKYO GYOMUHOJIN MEISEI INTERNATIONAL PATENT FIRM); 〒4600003 愛知県名古屋市中区錦二丁目１８番１９号三井住友銀行名古屋ビル７階 Aichi (JP).

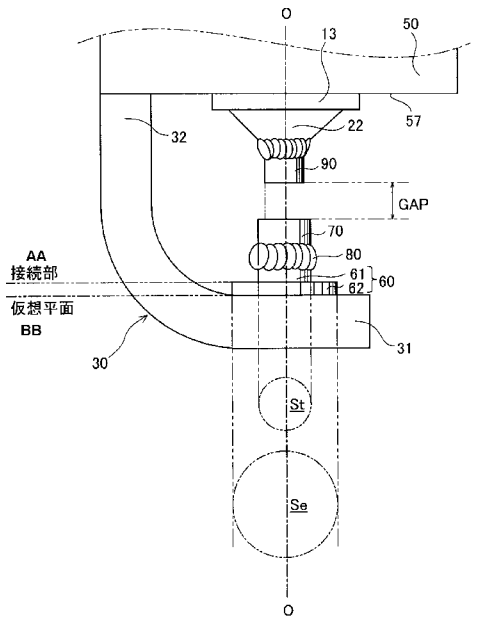
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG,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

[続葉有]

(54) **Title**: SPARK PLUG

(54) 発明の名称 : スパークプラグ

[図2]




AA Connecting part
BB Virtual plane

(57) **Abstract**: A spark plug has a center electrode, an insulator, a main metal fitting, and an earth electrode. The center electrode and/or the earth electrode has an intermediate member that connects the center electrode or the earth electrode to a noble-metal tip. The intermediate member has: a tip joint where the noble-metal tip is joined; and an electrode joint, which has a larger diameter than the tip joint and which is connected to the center electrode or the earth electrode. The intermediate member contains nickel (Ni) as a main component and has a chromium (Cr) content of 15 to 25 wt%. The surface of the intermediate member has a silicon (Si) content of 0.04 mg/mm$^3$ to 0.12 mg/mm$^3$ per unit volume and an aluminum (Al) content of 0.03 mg/mm$^3$ to 0.10 mg/mm$^3$ per unit volume.

(57) 要約: 中心電極と、絶縁体と、主体金具と、接地電極と、を備えるスパークプラグにおいて、中心電極と接地電極の少なくとも一方は、貴金属チップとの間を連結する中間部材を有する。中間部材は、貴金属チップが接合されるチップ接合部と、チップ接合部より大径で、中心電極または接地電極に接合される電極接合部とを有する。中間部材は、ニッケル（Ｎｉ）を主成分とすると共に、クロム（Ｃｒ）を１５～２５ｗｔ％含有し、中間部材の表面部分において、単位体積当たりのケイ素（Ｓｉ）の含有量が０．０４ｍｇ／ｍｍ$^3$～０．１２ｍｇ／ｍｍ$^3$であると共に、単位体積当たりのアルミニウム（Ａｌ）の含有量が０．０３ｍｇ／ｍｍ$^3$～０．１０ｍｇ／ｍｍ$^3$である。

WO 2012/111303 A1

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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, 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 ： スパークプラグ

## 技術分野

[0001] 本発明は、スパークプラグに関するものである。

## 背景技術

[0002] 従来、内燃機関などに用いられるスパークプラグにおいて、接地電極の先端部に、中間部材を介して貴金属チップを配置する構成が知られている（例えば、特許文献１参照）。接地電極上に貴金属チップを配置する場合には、接地電極を放電ギャップから遠ざけることにより、放電により生じた火炎核のエネルギを接地電極が奪う消炎作用を抑制することができる。したがって、貴金属チップを接地電極に接続する際に、中間部材を配置することによって、貴金属の使用量を抑制しつつ、接地電極と放電ギャップとの間の距離を充分に確保することが可能になる。

## 先行技術文献

## 特許文献

[0003] 特許文献1：特開２００９－１６３９２３号公報

特許文献2：特開２００９－１５８４０８号公報

特許文献3：特許第４０７３６３６号公報

特許文献4：特開２００８－２１４７３４号公報

## 発明の概要

## 発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、上記した中間部材は、一般に耐蝕性が極めて高いといわれるニッケル合金などによって構成されているものの、長期にわたる使用の間に許容できない程度に腐食が進行する場合があった。特に、中間部材のように、スパークプラグにおける放電ギャップの近傍に配置される部材では、冷熱サイクルに起因する腐食が進みやすい。そのため、中間部材を介して貴金属チップを接地電極に取り付けた構造における耐久性の更なる向上が望まれ

ていた。なお、中間部材を介して貴金属チップを取り付ける構造は、接地電極だけでなく、中心電極においても採用され得るため、このような問題は、接地電極だけでなく、中心電極側でも生じ得るものであった。

[0005] 本発明は、上述した従来の課題を解決するためになされたものであり、中間部材を介して貴金属チップを接地電極あるいは中心電極に取り付ける構造における耐久性を向上させることを目的とする。

## 課題を解決するための手段

[0006] 本発明は、上述の課題の少なくとも一部を解決するためになされたものであり、以下の形態または適用例として実施することが可能である。

[0007] [適用例１]

中心電極と、

前記中心電極の外周に配置された絶縁体と、

前記絶縁体の外周に配置された主体金具と、

一端が前記主体金具に接合され、他端が前記中心電極と対向するように配置された接地電極と

を備えるスパークプラグにおいて、

前記中心電極と前記接地電極の少なくとも一方は、前記中心電極または前記接地電極と貴金属チップとを連結する中間部材を有し、

前記中間部材は、前記貴金属チップが接合されるチップ接合部と、前記チップ接合部に隣接して前記チップ接合部より大径で、前記中心電極または前記接地電極に接合される電極接合部とを有し、

前記中間部材は、ニッケル（Ｎｉ）を主成分とすると共に、クロム（Ｃｒ）を１５～２５ｗｔ％含有し、前記中間部材の表面部分において、単位体積当たりのケイ素（Ｓｉ）の含有量が０．０４ｍｇ／ｍｍ$^3$～０．１２ｍｇ／ｍｍ$^3$であると共に、単位体積当たりのアルミニウム（Ａｌ）の含有量が０．０３ｍｇ／ｍｍ$^3$～０．１０ｍｇ／ｍｍ$^3$であることを特徴とするスパークプラグ。

[0008] 適用例１に記載のスパークプラグによれば、中間部材の表面部分において

、ケイ素（Ｓｉ）およびアルミニウム（ＡｌＩ）の単位体積当たりの含有量を上記所定の範囲内とすることにより、中間部材、および、この中間部材を備えるスパークプラグの耐久性・耐腐食性を向上させることができる。

[0009] ［適用例２］

適用例１記載のスパークプラグであって、前記表面部分において、単位体積当たりのケイ素（Ｓｉ）の含有量が、単位体積当たりのアルミニウム（ＡｌＩ）の含有量よりも多いことを特徴とするスパークプラグ。適用例２記載のスパークプラグによれば、中間部材におけるアルミニウム（ＡｌＩ）と貴金属の金属間化合物の生成や、窒化アルミニウム（ＡｌＩＮ）の生成に起因するスパークプラグの耐久性・耐腐食性の低下を抑制することができる。

[0010] ［適用例３］

適用例１または２記載のスパークプラグであって、 前記電極接合部を、前記中心電極又は前記接地電極と前記電極接合部との接合面に平行な仮想平面に投影したときの面積をＳｅ、前記チップ接合部の横断面の面積をＳｔとすると、２．５≦Ｓｅ／Ｓｔであることを特徴とするスパークプラグ。適用例３記載のスパークプラグによれば、貴金属チップから、中心電極と接地電極の少なくとも一方への、中間部材を介した熱の移動が起こり易くなり、中間部材における温度上昇を抑制することができる。そのため、中間部材における金属拡散の進行を抑え、金属拡散に起因するスパークプラグの耐久性・耐腐食性の低下を抑制することができる。

[0011] ［適用例４］

適用例３記載のスパークプラグであって、前記チップ接合部の横断面の面積Ｓｔは、０．６４ｍｍ$^2$以上であることを特徴とするスパークプラグ。適用例４記載のスパークプラグによれば、貴金属チップから、中心電極と接地電極の少なくとも一方への、中間部材を介した熱の移動が起こり易くなり、中間部材における温度上昇を抑制することができる。そのため、スパークプラグの使用に伴う貴金属チップの劣化を抑制し、スパークプラグの耐久性を向上させることができる。

[0012] ［適用例５］

適用例１ないし３いずれか記載のスパークプラグであって、前記中間部材における鉄（Ｆｅ）の含有重量割合が、５００ｐｐｍ以下であることを特徴とするスパークプラグ。適用例５記載のスパークプラグによれば、中間部材が実質的に鉄（Ｆｅ）を含有しないことにより、スパークプラグが加熱と冷却の繰り返しを伴う冷熱サイクルに曝された場合であっても、スパークプラグの耐久性・耐腐食性を維持することができる。

[0013] 本発明は、上記以外の種々の形態で実現可能であり、例えば、スパークプラグの製造方法などの形態で実現することが可能である。

## 図面の簡単な説明

[0014] [図1]スパークプラグ１００の部分断面図である。

[図2]接地電極３０の先端部を拡大して示す説明図である。

[図3]各サンプルの中間部材における具体的な条件と、評価結果を示す説明図である。

[図4]Ｓｅ／Ｓｔの影響を調べた結果を示す説明図である。

[図5]冷熱サイクル実行後の中間部材の様子の一例を示す説明図である。

[図6]鉄（Ｆｅ）の含有の有無による影響を調べた結果を示す説明図である。

[図7]面積Ｓｔの耐久性への影響を調べた結果を示す説明図である。

[図8]面積Ｓｔとギャップ増加量との関係を示すグラフである。

## 発明を実施するための形態

[0015] Ａ．スパークプラグの構造：

図１は、本発明の一実施形態としてのスパークプラグ１００の部分断面図である。スパークプラグ１００は、絶縁碍子１０と、中心電極２０と、接地電極３０と、端子金具４０と、主体金具５０とを備える。絶縁碍子１０の一端から突出する棒状の中心電極２０は、絶縁碍子１０の内部を通じて、絶縁碍子１０の他端に設けられた端子金具４０に電気的に接続されている。中心電極２０の外周は、絶縁碍子１０によって保持され、絶縁碍子１０の外周は、端子金具４０から離れた位置で主体金具５０によって保持されている。主

体金具５０に電気的に接続された接地電極３０は、火花を発生させる隙間である火花ギャップを中心電極２０の先端との間に形成する。スパークプラグ１００は、内燃機関のエンジンヘッド２００に設けられた取付ネジ孔２０１に主体金具５０を介して取り付けられる。端子金具４０に２万～３万ボルトの高電圧が印加されると、中心電極２０と接地電極３０との間に形成された火花ギャップに火花が発生する。

[0016] 絶縁碍子１０は、アルミナを始めとするセラミックス材料を焼成して形成された絶縁体である。絶縁碍子１０は、中心電極２０および端子金具４０を収容する軸孔１２が中心に形成された筒状の部材である。絶縁碍子１０の軸方向中央には外径を大きくした中央胴部１９が形成されている。中央胴部１９よりも端子金具４０側には、端子金具４０と主体金具５０との間を絶縁する後端側胴部１８が形成されている。中央胴部１９よりも中心電極２０側には、後端側胴部１８よりも外径が小さい先端側胴部１７が形成され、先端側胴部１７の更に先には、先端側胴部１７よりも小さい外径であって中心電極２０側へ向かうほど外径が小さくなる脚長部１３が形成されている。

[0017] 主体金具５０は、絶縁碍子１０の後端側胴部１８の一部から脚長部１３に亘る部位を包囲して保持する円筒状の金具であり、本実施形態では、低炭素鋼から成る。主体金具５０は、工具係合部５１と、取付ネジ部５２と、シール部５４とを備える。主体金具５０の工具係合部５１は、スパークプラグ１００をエンジンヘッド２００に取り付ける工具（図示しない）が嵌合する。主体金具５０の取付ネジ部５２は、エンジンヘッド２００の取付ネジ孔２０１に螺合するネジ山を有する。主体金具５０のシール部５４は、取付ネジ部５２の根元に鍔状に形成され、シール部５４とエンジンヘッド２００との間には、板体を折り曲げて形成した環状のガスケット５が嵌挿される。主体金具５０の先端面５７は、中空の円状であり、その中央には、絶縁碍子１０の脚長部１３から中心電極２０が突出する。

[0018] 中心電極２０は、有底筒状に形成された電極母材２１の内部に、電極母材２１よりも熱伝導性に優れる芯材２５を埋設した棒状の部材である。本実施

形態では、電極母材２１は、ニッケルを主成分とするニッケル合金から成り、芯材２５は、銅または銅を主成分とする合金から成る。中心電極２０は、電極母材２１の先端が絶縁碍子１０の軸孔１２から突出した状態で絶縁碍子１０の軸孔１２に挿入され、セラミック抵抗３およびシール体４を介して端子金具４０に電気的に接続されている。

[0019] Ｂ．接地電極の構成：

図２は、接地電極３０の先端部を拡大して示す説明図である。接地電極３０は、主体金具５０の先端面５７に基部３２が接合されて、中心電極２０が伸長する方向である軸線Ｏ方向に交差する方向に屈曲されており、接地電極３０の先端部３１の内面が、中心電極２０に溶接された中心電極チップ９０と、軸線Ｏ上で対向している。接地電極３０は耐腐食性の高い金属から構成され、例えば、インコネル（登録商標）６００または６０１等のニッケル合金が用いられる。

[0020] 接地電極３０の先端部３１を構成する一側面であって、中心電極２０の先端部２２と軸線Ｏ上で対向する面上には、耐蝕性を有する中間部材６０が接続されている。中間部材６０は、接地電極チップ７０が溶接されるチップ接合部６１と、チップ接合部６１に隣接して（積層して）設けられ、チップ接合部６１に比べて軸線Ｏに垂直な面（以下、横断面と呼ぶ）の面積が大きく、接地電極３０に溶接される電極接合部６２と、を備える。本実施形態では、チップ接合部６１と電極接合部６２の各々を、横断面の直径（以下、横断面における直径を、単に直径とも呼ぶ）が全体でほぼ均一である略円柱形状としており、電極接合部６２の方が直径が大きく、電極接合部６２は、チップ接合部６１よりも径方向に拡大された鍔状に形成されている。上記した中間部材６０の形状は、切削加工等、種々の方法により形成可能であるが、本実施形態では、中間部材６０は、塑性加工（ヘッダ加工）によって形成している。

[0021] なお、接地電極チップ７０あるいは接地電極３０を溶接される前の中間部材６０において、チップ接合部６１および電極接合部６２は、端面が円形の

平坦面である厳密な意味での円柱形状である必要はない。例えば、接地電極３０に溶接される接続部分において、電極接合部６２の表面に凸部を設けることとしても良い。また、中間部材を構成するチップ接続部６１および電極接合部６２や、接地電極チップ７０、あるいは、中心電極チップ９０の各々は、円柱形状以外の形状としても良く、例えば四角柱形状としても良い。

[0022] ここで、チップ接合部６１は、接地電極チップ７０との接続強度を確保するためには、接地電極チップ７０の横断面の直径以上の長さの直径を有することが望ましい。また、火炎伝播の均一性を確保するためには、火花ギャップ近傍に配置されるチップ接合部６１は、小さい方が望ましい。すなわち、チップ接合部６１の直径は、小さい方が望ましい。そのため、本実施形態では、チップ接合部６１の直径を、接地電極チップ７０の直径とほぼ等しく形成している。

[0023] 電極接合部６２の直径をチップ接合部６１の直径よりも大きくしているのは、中間部材６０を接地電極３０に溶接する動作における便宜のためであると共に、中間部材６０と接地電極３０との接合力を向上させ、接合の信頼性を向上させるためである。さらに、本実施形態では、チップ接合部６１の横断面の面積Ｓｔ（図２参照）に対する電極接合部６２の横断面の面積Ｓｅ（図２参照）の割合を２．５以上（２．５≦Ｓｅ／Ｓｔ）とすることによって、中間部材６０の耐腐食性の向上を図っている。なお、電極接合部６２の横断面の面積Ｓｅは、「電極接合部６２を、接地電極３０との接合面に平行な仮想平面（図２参照）に投影したときの面積」ということもできる。ここで、中間部材６０を既述したように塑性加工によって形成する場合には、チップ接合部６１において、電極接合部６２との境界の近傍では、横断面の面積が若干大きくなる場合が考えられる。そのため、本実施形態では、チップ接続部６１の横断面の面積Ｓｔとは、直径の大きさが均一となっている領域における横断面の面積としている。チップ接合部６１の横断面の面積Ｓｔに対する電極接合部６２の横断面の面積Ｓｅの割合を上記数値とすることによる中間部材６０の耐腐食性向上の効果については、後に詳しく説明する。

[0024] なお、中間部材６０を、既述したように塑性加工する場合には、電極接合部６２の直径が大きいほど加工率が大きくなるため、加工時に電極接合部６２の割れが発生し易くなる。そのため、加工の精度や歩留まり等を考慮すると、チップ接合部６１の横断面の面積Ｓｔに対する電極接合部６２の横断面の面積Ｓｅの割合の上限値は、３．５（Ｓｅ／Ｓｔ≦３．５）とすることが望ましい。

[0025] さらに、本実施形態では、２．５≦Ｓｅ／Ｓｔとすると共に、チップ接合部６１の横断面の面積Ｓｔを０．６４ｍｍ$^2$以上とすることによって、接地電極チップ７０の耐久性の向上を図っている。チップ接合部６１の横断面の面積Ｓｔを上記数値とすることによる接地電極チップ７０の耐久性向上の効果については、後に詳しく説明する。

[0026] 中間部材６０は、例えば、ニッケル（Ｎｉ）を主成分として、少なくともクロム（Ｃｒ）とケイ素（Ｓｉ）とアルミニウム（Ａｌ）を含有するニッケル合金によって形成される。より具体的には、クロム（Ｃｒ）の含有割合は、１５～２５ｗｔ％である。また、ケイ素（Ｓｉ）の単位体積当たりの含有量（重量）は、０．０４ｍｇ／ｍｍ$^3$～０．１２ｍｇ／ｍｍ$^3$である。また、アルミニウム（Ａｌ）の単位体積当たりの含有量（重量）は、０．０３ｍｇ／ｍｍ$^3$～０．１０ｍｇ／ｍｍ$^3$である。本実施形態では、中間部材６０全体が、均一組成となっている。特にケイ素（Ｓｉ）の単位体積当たりの含有量が、アルミニウム（Ａｌ）の単位体積当たりの含有量よりも多いことが望ましい。中間部材６０を上記組成とすることにより、中間部材６０の耐腐食性を向上させることができる。中間部材６０の組成と耐腐食性との関係については、後に詳しく説明する。ここで、中間部材に含まれる各成分の単位体積当たりの含有量は、例えば、以下のようにして求めることができる。すなわち、測定対象である中間部材を、所定寸法（例えば２ｍｍ角）に切り出した後、まず、切り出した試料を重量測定することにより、中間部材の密度を求める。そして、切り出した試料に対してＥＰＭＡ（電子線マイクロアナライザ）を用いて定量分析を行なって、測定対象である中間部材を構成する各成分（

元素）の濃度（重量%）を求める。上記した密度に、各成分の濃度を乗じることにより、各成分の単位体積当たりの含有量を導出することができる。

[0027] なお、合金によって構成される中間部材６０は、実質的に鉄（Ｆｅ）を含有しないことが望ましい。ただし、中間部材６０を製造する際に、積極的に鉄（Ｆｅ）を加えない場合であっても、中間部材６０の構成材料において不純物として鉄（Ｆｅ）が含有される場合には、中間部材６０において不可避的に鉄（Ｆｅ）が混入することになる。このような、不可避的な鉄（Ｆｅ）の混入を考慮して、中間部材６０における鉄（Ｆｅ）の含有重量割合は、５００ｐｐｍ以下にすることが望ましい。

[0028] 中間部材６０と接地電極チップ７０との溶接方法は、例えば融接とすることができ、具体的には、本実施形態ではレーザ溶接を行なっている。接地電極チップ７０と中間部材６０とが溶融することにより、両者の境界には溶融部８０が形成されている。中間部材６０と接地電極３０との溶接は、例えば圧接とすることができ、具体的には、実施形態では抵抗溶接を行なっている。

[0029] 接地電極チップ７０は、接地電極３０の耐火花消耗性を向上するために設けられた部材であり、高融点の貴金属を主成分として形成されている貴金属チップである。この接地電極チップ７０は、例えば、白金（Ｐｔ）、イリジウム（Ｉｒ）、ルテニウム（Ｒｕ）、ロジウム（Ｒｈ）あるいはこれらの合金によって形成され、本実施形態ではＰｔ－Ｒｈ系合金によって形成されている。接地電極チップ７０は、略円柱形状に形成されており、既述したように、断面の直径が、チップ接合部６１の断面の直径とほぼ同じ大きさになっている。

[0030] Ｃ．スパークプラグ１００の耐久性・耐腐食性の向上について：

Ｃ－１．中間部材６０の組成について：

インコネル（登録商標）系合金のように、クロム（Ｃｒ）を含有するニッケル（Ｎｉ）合金は、表面に酸化クロムの被膜が形成されることによって、内部への酸素の浸入が抑制され、高い耐腐食性が実現される。中間部材６０

を、このようなクロム含有ニッケル合金で形成することで、中間部材６０の耐腐食性を高めることが可能となる。しかしながら、中間部材６０は、スパークプラグの点火の動作を繰り返すことによって、昇温と降温を繰り返す冷熱サイクルに曝される。冷熱サイクルに曝されることにより、中間部材６０が膨張と収縮を繰り返すと、中間部材６０の表面に形成された酸化クロム被膜が伸縮することにより損傷し、中間部材６０内に酸素が浸入可能となって、中間部材６０の腐食が進行する。また、中間部材６０の近傍が高温に曝されることにより、中間部材６０やこれに隣接する接地電極チップ７０の内部において金属拡散が進行し、金属拡散が進行した部材内では金属間化合物等が形成される。このような金属間化合物等が内部に形成されることによって、中間部材６０の腐食がさらに進行する。

[0031] また、本実施形態の中間部材６０を、既述したように塑性加工によって形成する場合には、中間部材６０の内部において、チップ接合部６１と電極接合部６２の接続部に残留歪みが存在し、残留応力が生じている。このような残留応力が生じている部位は、残留応力が生じていない部位に比べて腐食の進行が早くなる。そのため、上記接続部の表面を覆う酸化クロムの被膜が損傷すると、損傷部から腐食が進行して、上記接続部から中間部材６０の一部（チップ接合部６１）が脱落する可能性がある。このように、中間部材６０の腐食が進行すると、最終的には、中間部材６０上に接合される接地電極チップ７０の剥離にもつながり得る。そのため、中間部材６０の腐食を抑制することが、スパークプラグ１００の長寿命化のために重要となる。

[0032] 本実施形態では、中間部材６０において、既述したように、ケイ素（Ｓｉ）の単位体積当たりの含有量が、０．０４ｍｇ／ｍｍ$^3$～０．１２ｍｇ／ｍｍ$^3$であり、アルミニウム（Ａｌ）の単位体積当たりの含有量が、０．０３ｍｇ／ｍｍ$^3$～０．１０ｍｇ／ｍｍ$^3$となっている。このように、中間部材６０の表面部分において、所定量のケイ素（Ｓｉ）とアルミニウム（Ａｌ）が存在することにより、中間部材６０の表面部分において、酸化クロム被膜の内側に、アルミナとシリカの混合層（以下、単に混合層とも呼ぶ）が形成される。

本実施形態における中間部材６０の耐久性向上の効果は、酸化クロム皮膜の内側に混合層が形成されることにより、混合層が酸化クロム皮膜を補強して損傷を抑える効果（いわゆる、アンカー効果）が得られるためと考えられる。そのため、中間部材６０が冷熱サイクルに曝される場合であっても酸化クロム層の伸縮および損傷が抑えられて、耐久性が向上すると考えられる。

[0033] 中間部材６０の表面に形成される混合層の量（厚さ）は、中間部材６０の表面部分に含まれるケイ素（Ｓｉ）量、および、アルミニウム（Ａｌ）量が多いほど多くなる。そのため、混合層を設けることによる充分な効果を得るためには、中間部材６０における単位体積当たりのケイ素（Ｓｉ）の含有量を、０．０４ｍｇ／ｍｍ$^3$以上とし、アルミニウム（Ａｌ）の含有量を、０．０３ｍｇ／ｍｍ$^3$以上とすることが望ましい。

[0034] 一方、中間部材６０におけるアルミニウム（Ａｌ）の含有量が多すぎると、接地電極チップ７０あるいは溶融部８０から拡散した貴金属、例えば白金（Ｐｔ）やイリジウム（Ｉｒ）とアルミニウム（Ａｌ）の金属間化合物が、中間部材６０の表面部分などの、アルミニウム（Ａｌ）が存在する箇所で生成しやすくなる。上記金属間化合物は、中間部材６０を構成するニッケル合金よりも硬くて脆いため、上記金属間化合物の生成は、中間部材６０の強度低下および耐久性低下を引き起こし得る。そのため、中間部材６０の腐食を抑えて耐久性を向上させるためには、少なくとも中間部材６０の表面部分にアルミニウム（Ａｌ）を混在させる場合において、中間部材６０に含まれるアルミニウム（Ａｌ）の単位体積当たりの含有量は、０．１０ｍｇ／ｍｍ$^3$以下とすることが望ましい。

[0035] また、中間部材６０におけるケイ素（Ｓｉ）の含有量が多すぎると、中間部材６０の表面部分などのケイ素（Ｓｉ）が存在する箇所で、接地電極チップ７０あるいは溶融部８０から金属拡散した白金（Ｐｔ）等の貴金属とケイ素（Ｓｉ）が共晶組織を生成しやすくなる。上記共晶組織は、ニッケル合金よりも低融点であり、スパークプラグ１００の使用時には、中間部材６０の温度が上記共晶組織の融点以上になり得る。このように中間部材６０が共晶

組織の融点以上の温度になると、中間部材６０内で共晶組織の液状化が起こって、中間部材６０の強度低下および耐久性低下が引き起こされる可能性がある。さらに、中間部材６０におけるケイ素（Ｓｉ）の含有量が多いと、溶融部８０内のケイ素（Ｓｉ）含有量も多くなり、接地電極チップ７０に拡散するケイ素（Ｓｉ）量が増加することにより、接地電極チップ７０内や溶融部８０内で生成される低融点な白金（Ｐｔ）等とケイ素（Ｓｉ）の共晶組織が増加して、火花消耗性が低下する。そのため、中間部材６０の耐久性を向上させるためには、少なくとも中間部材６０の表面部分にケイ素（Ｓｉ）を混在させる場合において、中間部材６０に含まれるケイ素（Ｓｉ）の含有量は、０．１２ｍｇ／ｍｍ$^3$以下とすることが望ましい。

[0036] また、中間部材６０にアルミニウム（Ａｌ）とケイ素（Ｓｉ）を含有させる際に、アルミニウム（Ａｌ）とケイ素（Ｓｉ）の含有量（モル濃度）が近い値であると、アルミニウム（Ａｌ）とケイ素（Ｓｉ）と貴金属（Ｐｔ等）の３元金属間化合物が析出し易くなる。このような金属間化合物が析出すると、中間部材６０の腐食が進行し易くなる。そのため、中間部材６０においてアルミニウム（Ａｌ）とケイ素（Ｓｉ）の含有量（モル濃度）を等しくしない方が好ましい。

[0037] さらに、中間部材６０において、アルミニウム（Ａｌ）の含有量をケイ素（Ｓｉ）の含有量よりも多くすると、酸化クロム被膜内を通過した窒素とアルミニウム（Ａｌ）が反応して、窒化アルミニウム（ＡｌＮ）が生成され易くなる。中間部材６０内に窒化アルミニウム（ＡｌＮ）が生成されると、中間部材６０内にクラックが形成され、また、クラックの伸長が起こる可能性があり、腐食が進行し易くなる。ここで、アルミナとシリカの混合層が形成される際には、中間部材６０におけるアルミニウム（Ａｌ）の含有量が多いほど、混合層中のアルミナの割合が高まり、中間部材６０におけるケイ素（Ｓｉ）の含有量が多いほど、混合層中のシリカの割合が高まる。シリカはアルミナよりも窒素を通しにくい性質を有するため、中間部材６０におけるケイ素（Ｓｉ）含有割合を高めることによって、混合層においてシリカの割合

を高めて、窒素を遮断する働きを高めることができる。このように、窒素を遮断する働きを高めることにより、窒化アルミニウム（ＡｌＮ）の生成を抑えて耐腐食性を向上させることができる。そのため中間部材６０においては、単位体積当たりのケイ素（Ｓｉ）の含有量を、少なくとも、単位体積当たりのアルミニウム（Ａｌ）の含有量よりも多くすることが望ましい。

[0038] ここで、アルミニウム（Ａｌ）の原子量は２７．０であり、ケイ素（Ｓｉ）の原子量は２８．１である。そのため、ケイ素（Ｓｉ）の単位体積当たりの含有量を、アルミニウム（Ａｌ）の単位体積当たりの含有量の１．０４倍とするときに、ケイ素（Ｓｉ）とアルミニウム（Ａｌ）のモル濃度が等しくなる。したがって、ケイ素（Ｓｉ）の単位体積当たりの含有量を、アルミニウム（Ａｌ）の単位体積当たりの含有量の１．０４倍よりも多くすることが望ましい。

[0039] Ｃ－２．中間部材６０の形状について：

中間部材６０の形状は、図２で説明したように、チップ接合部６１の横断面の面積Ｓｔに対する電極接合部６２の横断面の面積Ｓｅの割合を、２．５以上（２．５≦Ｓｅ／Ｓｔ）としている。このような構成とすることにより、中間部材６０の温度上昇を抑えて、中間部材６０の耐腐食性の向上を図っている。さらに、中間部材６０では、Ｓｅ／Ｓｔの値を上記範囲とすると共に、チップ接合部６１の横断面の面積Ｓｔを、０．６４ｍｍ$^2$以上としている。このような形状とすることによる、中間部材６０の耐久性・耐腐食性の向上について以下に説明する。

[0040] 中間部材６０を構成するニッケルークロム合金は、熱伝導率が、接地電極チップ７０を構成する貴金属に比べて低いため、接地電極チップ７０から中間部材６０を介した接地電極３０側への熱の移動が起こり難いといえる。接地電極３０側へと熱を逃がすことができないと、中間部材６０や溶融部８０における温度がより高くなり、金属拡散が進行し易くなる。金属拡散が進行すると、既述したように、金属間化合物や共晶組織の生成量が増加して、中間部材６０の耐久性・耐腐食性が低下する。特に、本実施形態のように、塑

性加工によって中間部材６０を製造することによって、チップ接合部６１と電極接合部６２の接続部近傍に残留応力が生じている場合には、接続部近傍における耐久性が低下し易くなる。本実施形態では、Ｓｅ／Ｓｔの値を、上記範囲とすることにより、電極接合部６２と接地電極３０との接触面積を広く確保して、中間部材６０を介して接地電極３０側へと熱を逃がし易くしている。熱が逃げ易くなることで、中間部材６０の温度上昇を抑え、冷熱サイクルに起因する中間部材６０の腐食の進行を抑制することが可能になる。さらに、本実施形態では、チップ接合部６１の横断面の面積Ｓｔを上記範囲とすることにより、接地電極チップ７０からチップ接合部６１を介して接地電極３０側へと熱が移動し易くなる。このように、接地電極チップ７０から接地電極３０側に熱が移動し易くなることで、点火動作に伴う接地電極チップ７０の温度上昇を抑え、温度上昇に起因する接地電極チップ７０の経時的な劣化を抑制することが可能になる。

## 実施例

[0041] 単位体積当たりのアルミニウム（Ａｌ）含有量と、単位体積当たりのケイ素（Ｓｉ）含有量、および、Ｓｅ／Ｓｔの値という条件を互いに異ならせ、これら以外の条件を揃えて複数の中間部材をサンプルとして作製し、各々の中間部材の耐久性・耐腐食性を評価した。図３は、各サンプルの中間部材における具体的な条件と、評価結果を示す説明図である。図３（Ａ）は、アルミニウム（Ａｌ）含有量とケイ素（Ｓｉ）含有量の影響を示すために、Ｓｅ／Ｓｔの値を一定にしつつＡｌ含有量とＳｉ含有量を異ならせたサンプル１－９についてまとめている。図３（Ｂ）は、Ｓｅ／Ｓｔの影響を示すために、Ａｌ含有量とＳｉ含有量を揃えつつＳｅ／Ｓｔの値を異ならせたサンプル３－５、１０－１３についてまとめている。

[0042] 各サンプルの中間部材は、いずれも、ニッケル（Ｎｉ）を約７３ｗｔ％含有すると共に、クロム（Ｃｒ）を２５ｗｔ％含有するニッケル合金によって形成した。また、各サンプルの中間部材には、同じ大きさ（横断面の直径が０．７ｍｍ）の白金（Ｐｔ）製の貴金属チップ（接地電極チップ）を溶接し

た。また、Ｓｅ／Ｓｔの値を異ならせる場合には、各サンプルの中間部材において、チップ接合部の直径は同じ大きさ（直径０．７ｍｍ、Ｓｔ＝０．３８ｍｍ$^2$）にして、電極接合部側の直径を異ならせた。

[0043] 図４は、図３（Ｂ）と同様に、Ｓｅ／Ｓｔの影響を示すために、ＡｌＩ含有量とＳｉ含有量を一定にしつつＳｅ／Ｓｔの値を異ならせたサンプル１４－１６についてまとめたものである。図４では、用いた白金（Ｐｔ）製の貴金属チップ（接地電極チップ）およびチップ接合部の横断面の直径が、図３とは異なっている。図４では、貴金属チップの横断面の直径、およびチップ接合部の横断面の直径を、０．９５ｍｍに固定しつつ（Ｓｔ＝０．７１ｍｍ$^2$）、電極接合部側の直径を変更する（すなわちＳｅの値を変更する）ことによって、Ｓｅ／Ｓｔの値を異ならせた。

[0044] 耐久性・耐腐食性の評価は、各サンプルの中間部材に対し、１２００℃のガスバーナを用いた加熱の実行と停止を１サイクルとして、これを５０００サイクル行ない、その後、各サンプルの中間部材の断面の観察を行なった。図５は、上記冷熱サイクル実行後の中間部材の様子の一例を示す説明図である。図５（Ａ）は、上記冷熱サイクル実行後の中間部材の断面を実際に撮影した様子を表わす。図５（Ｂ）は、冷熱サイクルにより腐食・欠損を起こした中間部材の様子を模式的に表わしている。図５に示すように、冷熱サイクルの実行によって中間部材が腐食や欠損を起こす場合には、腐食や欠損は、主として、残留応力が生じている電極接合部６２とチップ接合部６１との接続部において進行する。そのため、耐久性・耐腐食性を評価する際には、撮像した断面の様子に基づいて、貴金属チップ７０の側面を起点として、腐食・欠損を起こしている最先端部分までの深さ（以下、腐食進行深さと呼ぶ）を測定した（図５参照）。そして、測定した腐食進行深さに基づいて、各サンプルの耐久性・耐腐食性を評価した。図３および図４では、評価結果として、腐食進行深さが０．０５ｍｍ未満の場合を◯$^{++}$、０．０５ｍｍ以上０．１ｍｍ未満の場合を◯$^{+}$、０．１ｍｍ以上０．１５ｍｍ未満の場合を◯、０．１５ｍｍ以上の場合を×、と表わしている。

[0045] 図３（Ａ）では、アルミニウム（Ａｌ）の単位体積当たりの含有量が０．０３ｍｇ／ｍｍ$^3$～０．１０ｍｇ／ｍｍ$^3$の範囲内にない場合、および、ケイ素（Ｓｉ）の単位体積当たりの含有量が０．０４ｍｇ／ｍｍ$^3$～０．１２ｍｇ／ｍｍ$^3$の範囲内にない場合には、ハッチを付して示している。図３（Ａ）に示すように、アルミニウム（Ａｌ）の単位体積当たりの含有量を、０．０３ｍｇ／ｍｍ$^3$～０．１０ｍｇ／ｍｍ$^3$とし、且つ、ケイ素（Ｓｉ）の単位体積当たりの含有量を、０．０４ｍｇ／ｍｍ$^3$～０．１２ｍｇ／ｍｍ$^3$とすることで、中間部材の耐久性・耐腐食性が向上することが確認された（例えば、サンプル３－５、７、８と、サンプル１、２、６、９とを比較）。

[0046] また、図３（Ａ）に示すように、アルミニウム（Ａｌ）とケイ素（Ｓｉ）の単位体積当たりの含有量が既述した範囲内である場合において、ケイ素（Ｓｉ）の単位体積当たりの含有量を、アルミニウム（Ａｌ）の単位体積当たりの含有量よりも多くすることにより、さらに、中間部材の耐久性・耐腐食性が向上することが確認された。すなわち、Ｓｅ／Ｓｔの値が同一のサンプル１－９の内、ケイ素（Ｓｉ）の単位体積当たりの含有量の方が多いサンプル３、７、８、あるいはサンプル１０の方が、アルミニウム（Ａｌ）の単位体積当たりの含有量の方が多いサンプル４、５よりも、良好な耐久性・耐腐食性を示した。

[0047] また、図３（Ｂ）に示すように、Ｓｅ／Ｓｔの値は、２．５以上とすることで、中間部材の耐久性・耐腐食性が向上することが確認された（例えば、サンプル３とサンプル１０、サンプル４とサンプル１１、サンプル５とサンプル１２あるいはサンプル１３とを比較）。Ｓｅ／Ｓｔの値を２．５以上にすることによる上記効果は、図４に示すように、Ｓｔの値（チップ接合部の横断面の面積）を変更した場合（Ｓｔ＝０．７１ｍｍ$^2$）であっても、同様に確かめられた（サンプル１４とサンプル１５，１６とを比較）。

[0048] 図６は、中間部材における鉄（Ｆｅ）の含有の有無による耐久性・耐腐食性への影響を調べた結果を示す説明図である。図６において、サンプル１７では、実質的に鉄（Ｆｅ）元素を含まない（５００ｐｐｍ以下）中間部材を

用いている。サンプル１８は、１．４ｗｔ％の鉄（Ｆｅ）元素を含有している。サンプル１７、１８の中間部材は、鉄（Ｆｅ）元素の含有量以外の条件は同じである。具体的には、ニッケル（Ｎｉ）を約７３ｗｔ％含有すると共にクロム（Ｃｒ）を２５ｗｔ％含有し、アルミニウム（Ａｌ）の単位体積当たりの含有量が０．０５ｍｇ／ｍｍ$^3$であり、ケイ素（Ｓｉ）の単位体積当たりの含有量が０．０８ｍｇ／ｍｍ$^3$であるニッケル合金によって形成されている。サンプル１７および１８の中間部材では、いずれも、Ｓｅ/Ｓｔの値は、２．６となっている。

[0049] 上記したサンプル１７および１８の中間部材の各々を、白金（Ｐｔ）製の貴金属チップと共に、同様の構成のスパークプラグの接地電極に取り付けた。そして、各中間部材を取り付けたスパークプラグを、それぞれ、同様の構成のエンジン（６気筒、２０００ｃｃ、自然吸気エンジン）に取り付けた。その後、各エンジンについて、自動車の運転状態がアクセル全開動作とアイドリング動作とを行なうサイクルを繰り返す場合と同様の運転制御を行なった。上記運転サイクルの繰り返し動作を１００時間繰り返した後、エンジンからスパークプラグを取り外し、各々のスパークプラグに取り付けた中間部材の断面の様子を、図５（Ａ）と同様に観察した。

[0050] 図６に示すように、鉄（Ｆｅ）元素を実質的に含有しないサンプル１７の中間部材では、腐食・欠損がほとんど進行しなかった。これに対して、鉄（Ｆｅ）元素を含有するサンプル１８の中間部材では、貴金属チップとの境界部分である溶融部から、チップ接合部と電極接合部との接続部にかけて、すなわち、チップ接続部の側面全体において、腐食・欠損が進行した。このように、中間部材が鉄（Ｆｅ）元素を実質的に含有しないことにより、中間部材、さらにはスパークプラグ全体の耐久性・耐食性を、大きく向上させることができると確認された。

[0051] 図７は、中間部材の組成を揃えると共に２．５≦Ｓｅ／Ｓｔとしつつ、さらに、チップ接合部の横断面の面積Ｓｔを変更して、チップ接合部の横断面の面積Ｓｔの、貴金属チップの耐久性への影響を調べた結果を示す説明図で

ある。図７は、電極接合部の横断面の面積Ｓｅを一定（Ｓｅ＝２．０ｍｍ$^2$、電極接合部の横断面の直径＝１．６ｍｍ）としつつ、チップ接合部の横断面の面積Ｓｔを異ならせたサンプル１９－２３について、ギャップ増加量を調べた結果を示す。各サンプルの中間部材は、いずれも、ニッケル（Ｎｉ）を約７３ｗｔ％含有すると共に、クロム（Ｃｒ）を２５ｗｔ％含有し、実質的に鉄（Ｆｅ）元素を含まないニッケル合金によって形成した。また、アルミニウム（Ａｌ）の単位当たりの含有量は０．０７５ｍｇ／ｍｍ$^3$とし、ケイ素（Ｓｉ）の単位当たりの含有量は０．０８３ｍｇ／ｍｍ$^3$とした。なお、図７ではチップ接合部の横断面の直径を示しているが、このチップ接合部の横断面の直径は、貴金属チップの横断面の直径と等しくなっている。図７には、各サンプルにおけるＳｅ／Ｓｔの値も併せて示している。図７に示すように、各サンプルにおけるＳｅ／Ｓｔの値は、いずれも、２．５以上である。

[0052] 図７において、ギャップ増加量とは、スパークプラグの火花ギャップの増加量を示す。ここでは、各々のサンプルのスパークプラグについて、圧力１．２ＭＰａの窒素雰囲気下で、１００Ｈｚにて２００時間、火花を飛ばす処理を行なった。その後、各スパークプラグにおける火花ギャップの距離を、ピンゲージを用いて測定した。各サンプルにおける上記処理前の火花ギャップは１．０５ｍｍであり、処理前の火花ギャップと処理後の火花ギャップとの差が、図７に示した「ギャップ増加量（ｍｍ）」である。

[0053] 図８は、チップ接合部の横断面の面積Ｓｔと、ギャップ増加量との関係を表わすグラフである。チップ接合部の横断面の面積Ｓｔが大きい程、ギャップ増加量が抑えられることが確認された。図８に示すように、チップ接合部の横断面の面積Ｓｔを大きくするほどギャップ増加量が抑えられる効果は、チップ接合部の横断面の面積Ｓｔが０．６４ｍｍ$^2$以上になると頭打ちになった。図８では、チップ接合部の横断面の面積Ｓｔが０．６４ｍｍ$^2$となる位置を、破線で示している。このように、チップ接合部の横断面の面積Ｓｔを０．６４ｍｍ$^2$以上とすることによって、ギャップ増加量を抑制できる効果を顕著に得られることが確認された。すなわち、２．５≦Ｓｅ／Ｓｔを満たしつ

つ、チップ接合部の横断面の面積Ｓｔを０．６４ｍｍ$^2$以上とすることによって、スパークプラグの耐久性を向上させる効果を高めることができることが確認された。なお、「チップ接合部の横断面の面積Ｓｔが０．６４ｍｍ$^2$以上」には、チップ接合部の横断面の面積Ｓｔを算出したときに、少数第三位を四捨五入して０．６４ｍｍ$^2$となる場合を含む。

[0054] Ｄ変形例：

なお、この発明は上記の実施例や実施形態に限られるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々の態様において実施することが可能であり、例えば次のような変形も可能である。

[0055] Ｄ１．変形例１：

上記実施形態では、ケイ素（Ｓｉ）とアルミニウム（Ａｌ）の単位体積当たりの含有量が、全体で均一な中間部材６０を用いていたが、ケイ素（Ｓｉ）とアルミニウム（Ａｌ）の含有量が中間部材６０内で変化（偏在）する構成としても良い。中間部材６０の少なくとも表面部分において、ケイ素（Ｓｉ）とアルミニウム（Ａｌ）の単位体積当たりの含有量が既述した範囲内であればよい。ケイ素（Ｓｉ）とアルミニウム（Ａｌ）の単位体積当たりの含有量を所定範囲とすることによる効果は、既述したように、中間部材の表面に形成される酸化クロム皮膜の内側に、アルミナとシリカの混合層が形成されることにより得られるものである。そのため、中間部材の表面部分であって、金属拡散によってケイ素（Ｓｉ）やアルミニウム（Ａｌ）が表面に移動して混合層を形成可能となる範囲の表面部分（例えば、少なくとも表面から２００μｍの範囲）において、ケイ素（Ｓｉ）とアルミニウム（Ａｌ）の単位体積当たりの含有量が、既述した範囲内であれば良い。

[0056] ここで、表面部分と他の部分（中心部分）が異なる組成の中間部材を作製するには、例えば、円柱形状であって高さ方向に円柱の中心部を貫通する貫通孔を有する部材（表面部分に対応する部材）を用意し、貫通孔内に、中心部分に対応する円柱形状の部材を圧入、あるいは、貫通孔内に、中心部分の構成材料を充填すればよい。あるいは、中心部分に対応する円柱形状部材を

用意して、この部材の側面上に、表面部分の組成の金属膜をめっき処理等により形成しても良い。チップ接合部と電極接合部を備える中間部材の形状を形成するには、上記のように２重構造に形成した円柱状部材に対して、塑性加工（ヘッダ加工）を行なえばよい。

[0057] Ｄ２．変形例２：

実施形態では、中間部材６０を接地電極３０上に設ける構成について説明したが、接地電極３０に代えて、あるいは、接地電極３０に加えて、中心電極２０側においても、本発明を適用しても良い。すなわち、中心電極２０と中心電極チップ９０との間に、実施形態と同様の構成の中間部材を設けても良い。このような場合にも、中間部材の耐久性・耐腐食性を向上させることによる、同様の効果が得られる。

## 符号の説明

[0058] ３…セラミック抵抗

４…シール体

５…ガスケット

１０…絶縁碍子

１２…軸孔

１３…脚長部

１７…先端側胴部

１８…後端側胴部

１９…中央胴部

２０…中心電極

２１…電極母材

２２…先端部

２５…芯材

３０…接地電極

３１…先端部

３２…基部

４０…端子金具

５０…主体金具

５１…工具係合部

５２…取付ネジ部

５４…シール部

５７…先端面

６０…中間部材

６１…チップ接合部

６２…電極接合部

７０…接地電極チップ

８０…溶融部

９０…中心電極チップ

１００…スパークプラグ

２００…エンジンヘッド

２０１…取付ネジ孔

# 請求の範囲

[請求項1] 中心電極と、

前記中心電極の外周に配置された絶縁体と、

前記絶縁体の外周に配置された主体金具と、

一端が前記主体金具に接合され、他端が前記中心電極と対向するように配置された接地電極と

を備えるスパークプラグにおいて、

前記中心電極と前記接地電極の少なくとも一方は、前記中心電極または前記接地電極と貴金属チップとを連結する中間部材を有し、

前記中間部材は、前記貴金属チップが接合されるチップ接合部と、前記チップ接合部に隣接して前記チップ接合部より大径で、前記中心電極または前記接地電極に接合される電極接合部とを有し、

前記中間部材は、ニッケル（Ｎｉ）を主成分とすると共に、クロム（Ｃｒ）を１５～２５ｗｔ％含有し、前記中間部材の表面部分において、単位体積当たりのケイ素（Ｓｉ）の含有量が０．０４ｍｇ／ｍｍ$^3$～０．１２ｍｇ／ｍｍ$^3$であると共に、単位体積当たりのアルミニウム（Ａｌ）の含有量が０．０３ｍｇ／ｍｍ$^3$～０．１０ｍｇ／ｍｍ$^3$であることを特徴とするスパークプラグ。

[請求項2] 請求項１記載のスパークプラグであって、

前記表面部分において、単位体積当たりのケイ素（Ｓｉ）の含有量が、単位体積当たりのアルミニウム（Ａｌ）の含有量よりも多いことを特徴とする

スパークプラグ。

[請求項3] 請求項１または２記載のスパークプラグであって、

前記電極接合部を、前記中心電極又は前記接地電極と前記電極接合部との接合面に平行な仮想平面に投影したときの面積をＳｅ、前記チップ接合部の横断面の面積をＳｔとすると、２．５≦Ｓｅ／Ｓｔであることを特徴とする

スパークプラグ。

［請求項4］ 請求項３記載のスパークプラグであって、

前記チップ接合部の横断面の面積Ｓｔは、０．６４ｍｍ$^2$以上であることを特徴とする

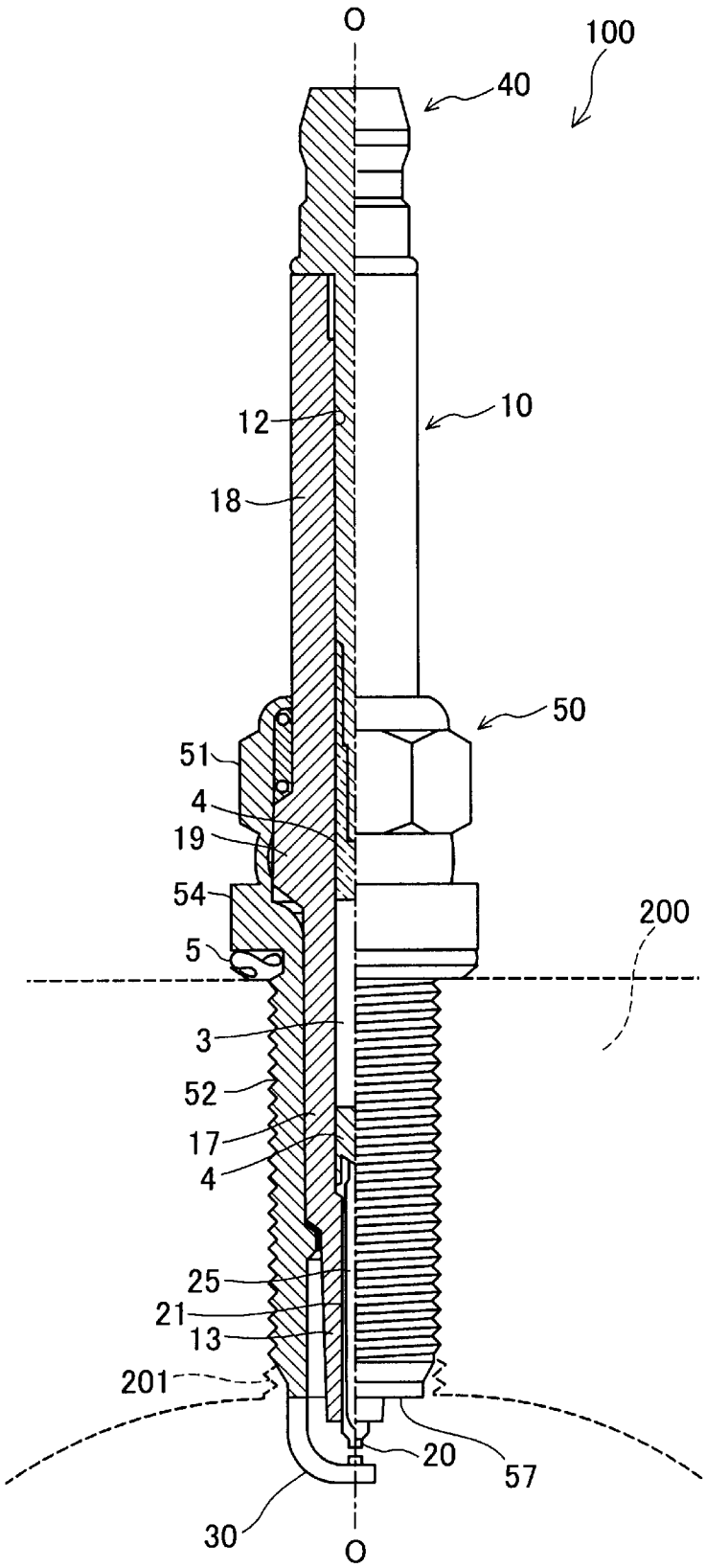
スパークプラグ。

［請求項5］ 請求項１ないし４いずれか記載のスパークプラグであって、

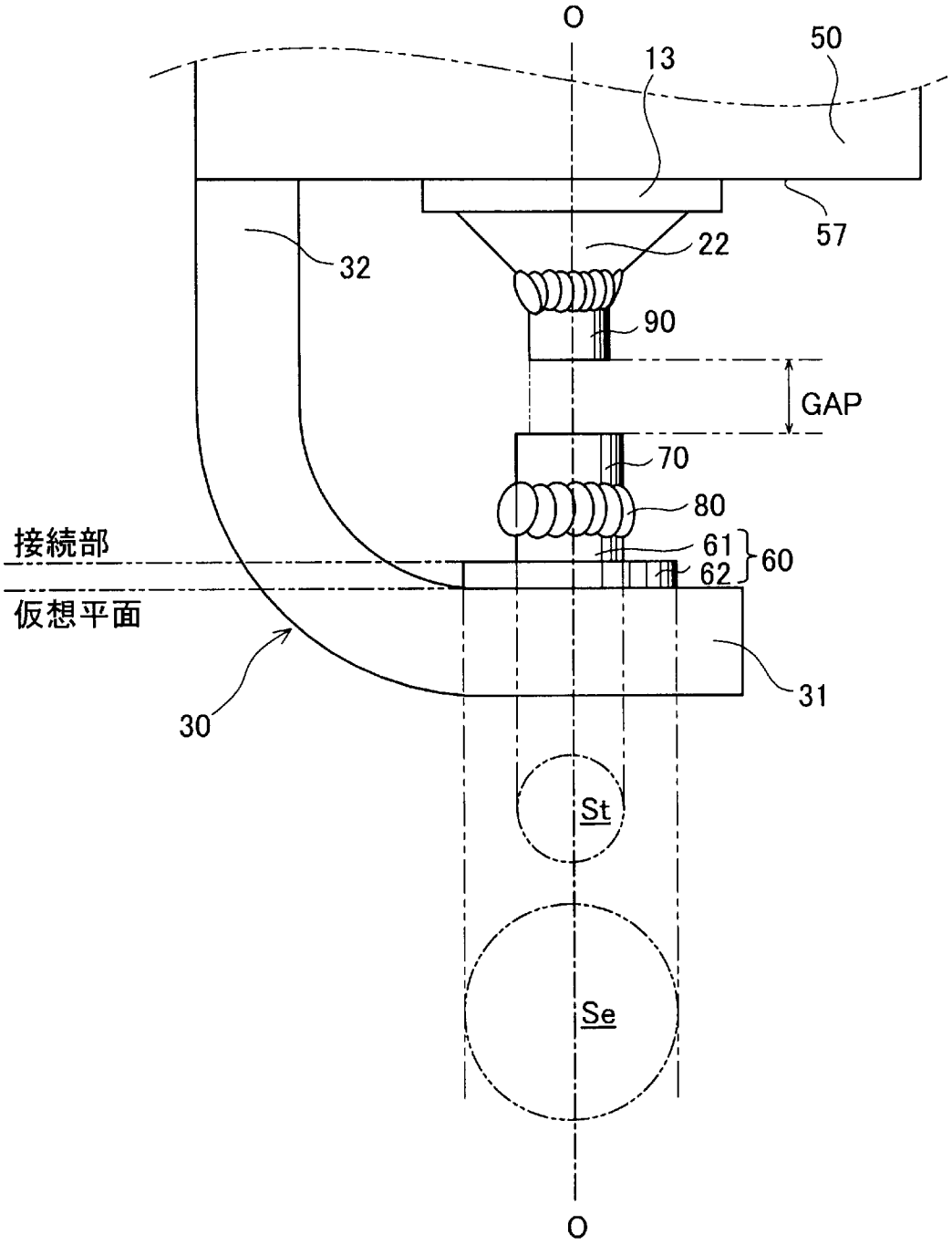
前記中間部材における鉄（Ｆｅ）の含有重量割合が、５００ｐｐｍ以下であることを特徴とする

スパークプラグ。

[図1]



[図2]



[図3]

(A)Al含有量とSi含有量の影響

| サンプル番号 | Se/St | Al含有量(mg/mm$^3$) | Si含有量(mg/mm$^3$) | 評価 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 1.8 | 0.02 | 0.04 | × |
| 2 | 1.8 | 0.04 | 0.03 | × |
| 3 | 1.8 | 0.03 | 0.04 | ○$^+$ |
| 4 | 1.8 | 0.06 | 0.05 | ○ |
| 5 | 1.8 | 0.09 | 0.05 | ○ |
| 6 | 1.8 | 0.11 | 0.05 | × |
| 7 | 1.8 | 0.06 | 0.1 | ○$^+$ |
| 8 | 1.8 | 0.05 | 0.12 | ○$^+$ |
| 9 | 1.8 | 0.06 | 0.13 | × |

Ni=73wt%、Cr=25wt%、Fe≦500ppm、St=0.38mm$^2$

(B)Se/Stの影響

| サンプル番号 | Se/St | Al含有量(mg/mm$^3$) | Si含有量(mg/mm$^3$) | 評価 |
|---|---|---|---|---|
| 3 | 1.8 | 0.03 | 0.04 | ○$^+$ |
| 10 | 2.5 | 0.03 | 0.04 | ○$^{++}$ |
| 4 | 1.8 | 0.06 | 0.05 | ○ |
| 11 | 2.7 | 0.06 | 0.05 | ○$^+$ |
| 5 | 1.8 | 0.09 | 0.05 | ○ |
| 12 | 2.5 | 0.09 | 0.05 | ○$^+$ |
| 13 | 3.4 | 0.09 | 0.05 | ○$^+$ |

Ni=73wt%、Cr=25wt%、Fe≦500ppm、St=0.38mm$^2$

[図4]

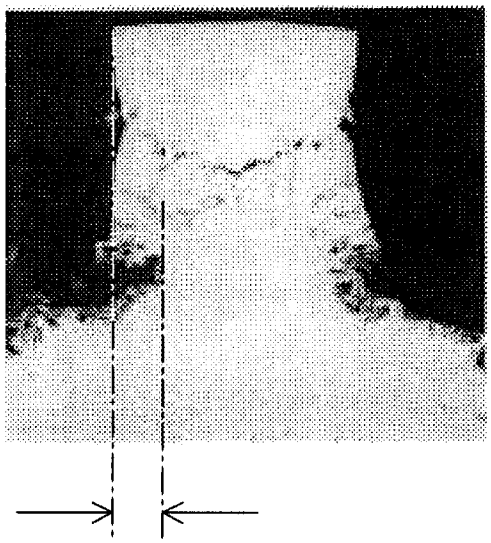
Se/Stの影響

| サンプル番号 | Se/St | Al含有量(mg/mm$^3$) | Si含有量(mg/mm$^3$) | 評価 |
|---|---|---|---|---|
| 14 | 1.8 | 0.03 | 0.04 | ○$^+$ |
| 15 | 2.5 | 0.03 | 0.04 | ○$^{++}$ |
| 16 | 3.4 | 0.03 | 0.04 | ○$^{++}$ |

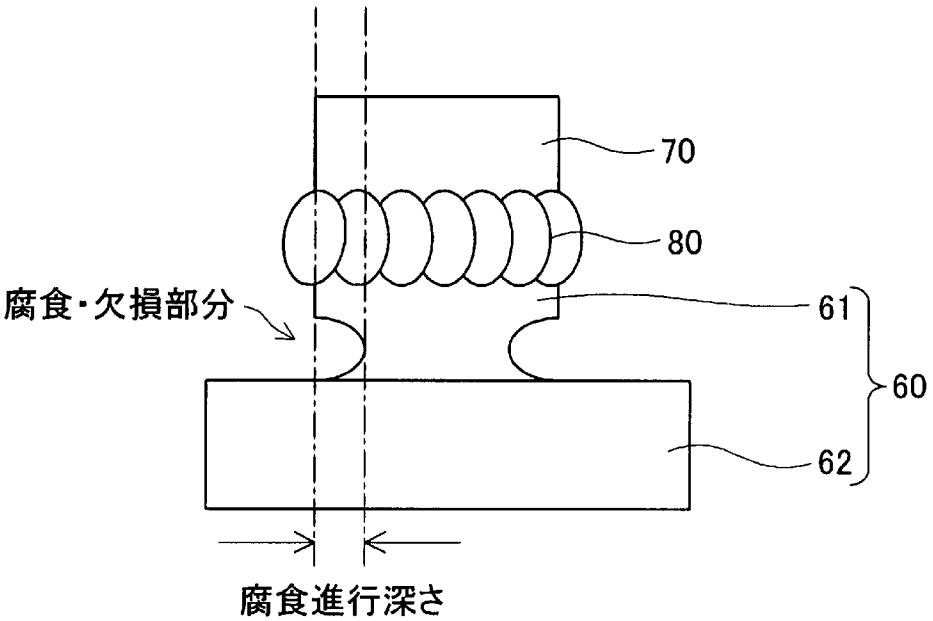
Ni=73wt%、Cr=25wt%、Fe≦500ppm、St=0.71mm$^2$

[図5]

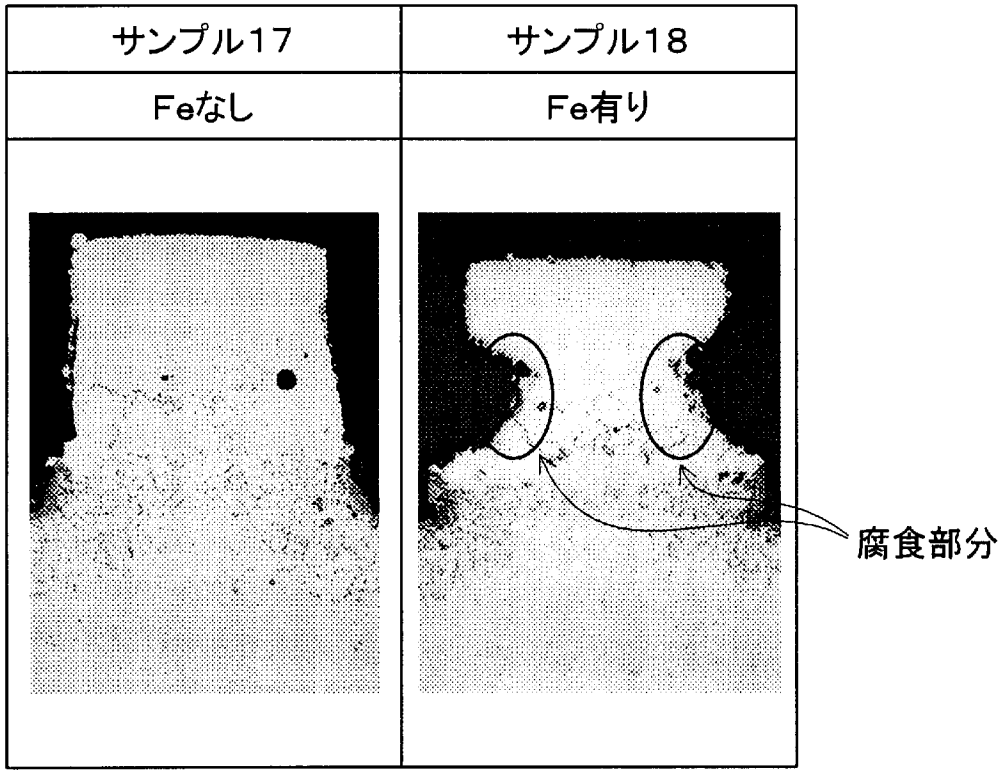
(A)




(B)



[図6]




Ni＝73wt%、Cr＝25wt%

Al＝0.05mg/mm$^3$、 Si＝0.08mg/mm$^3$

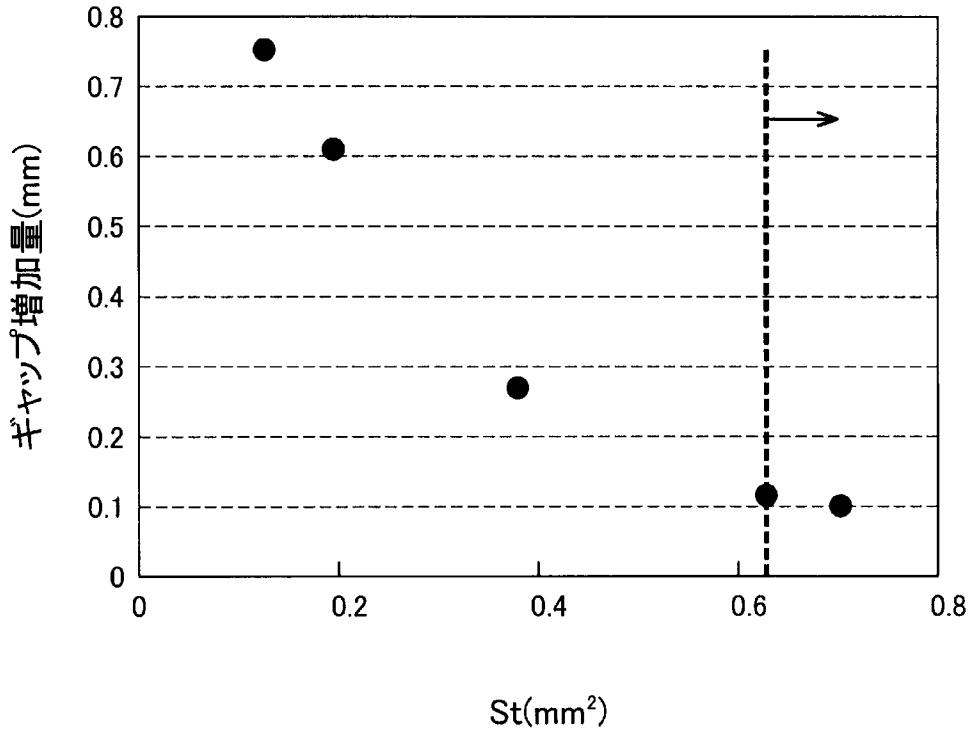
[図7]

| サンプル番号 | チップ接合部横断面の径(mm) | St(mm$^2$) | Se/St | ギャップ増加量(mm) |
|---|---|---|---|---|
| 19 | 0. 4 | 0. 13 | 15. 9 | 0. 75 |
| 20 | 0. 5 | 0. 20 | 10. 2 | 0. 61 |
| 21 | 0. 7 | 0. 38 | 5. 2 | 0. 27 |
| 22 | 0. 9 | 0. 64 | 3. 1 | 0. 115 |
| 23 | 0. 95 | 0. 71 | 2. 8 | 0. 1 |

Ni＝73wt%、Cr＝25wt%、Fe≦500ppm

Ai＝0.075mg/mm$^3$ 、Si＝0.083mg/mm$^3$ 、Se＝2.0㎡m

[図8]



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2012/000937

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
*H01T13/20*(2006.01)i, *C22C19/05*(2006.01)i, *H01T13/39*(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)
H01T13/20, C22C19/05, H01T13/39

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 | 1996-2012 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2012 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2012 |

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 | WO 2010/029944 A1 (NGK Spark Plug Co., Ltd.), 18 March 2010 (18.03.2010), entire text; all drawings & EP 2325960 A1 | 1-5 |
| A | JP 2009-163923 A (NGK Spark Plug Co., Ltd.), 23 July 2009 (23.07.2009), entire text; all drawings (Family: none) | 1-5 |
| A | JP 2009-158408 A (NGK Spark Plug Co., Ltd.), 16 July 2009 (16.07.2009), 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 | Date of mailing of the international search report |
|---|---|
| 10 April, 2012 (10.04.12) | 24 April, 2012 (24.04.12) |
| Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office<br>Facsimile No. | Authorized officer<br>Telephone No. |

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１２／０００９３７

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01T13/20(2006.01)i, C22C19/05(2006.01)i, H01T13/39(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.　H01T13/20, C22C19/05, H01T13/39

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 | １９７１－２０１２年 |
| 日本国実用新案登録公報 | １９９６－２０１２年 |
| 日本国登録実用新案公報 | １９９４－２０１２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 | WO 2010/029944 A1（日本特殊陶業株式会社）2010.03.18, 全文，全図 & EP 2325960 A1 | １－５ |
| A | JP 2009-163923 A（日本特殊陶業株式会社）2009.07.23, 全文，全図（ファミリーなし） | １－５ |
| A | JP 2009-158408 A（日本特殊陶業株式会社）2009.07.16, 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<br>１０．０４．２０１２ | 国際調査報告の発送日<br>２４．０４．２０１２ |
| 国際調査機関の名称及びあて先<br>日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）<br>郵便番号１００－８９１５<br>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）　３Ｘ　４０２９<br>森本　哲也<br>電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３７２ |