(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
2011 年 12 月 15 日(15.12.2011)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2011/155101 A1

(51) 国際特許分類:
*H01T 13/39* (2006.01) *C22C 5/04* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2011/000612

(22) 国際出願日: 2011 年 2 月 3 日(03.02.2011)

(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 2010-134045 2010 年 6 月 11 日(11.06.2010) 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): 角力山　大典 **(SUMOYAMA, Daisuke)** [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). 柴田　勉 **(SHIBATA, Tsutomu)** [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, Tomo-o)** [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: 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, 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 (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

[続葉有]

(54) **Title**: SPARK PLUG

(54) 発明の名称 : スパークプラグ

[図2]

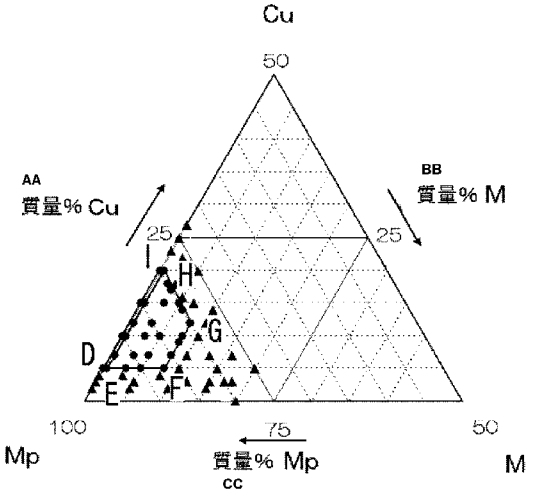



FIG. 2:

AA MASS% CU
BB MASS% M
CC MASS% MP

(57) **Abstract**: The problem addressed by the present invention is to provide a spark plug equipped with a noble metal tip that has the desired durability, specifically a noble metal tip that is superior in terms of peeling resistance, resistance to wear, and resistance to tip cracking. The spark plug is characterized in that (1) the total content of Mp (Mp is an element group consisting of Pt, or Pt and Pd, with Pd constituting no more than 20 mass% of the mass of the noble metal tip), Cu, and M (M is at least one element selected from an element group consisting of Rh, Ir, Ru, Re and W) is 95 mass% or higher, and the mass ratios of Mp, Cu, and M are within a specified range; or (2) in that the mass ratios (Mp, Cu, M) of the aforementioned Mp, Cu, and M are within a specified range, and the welding area (S, $mm^2$), tip protrusion dimension (H, mm), covering dimension (L, mm) and tip/welding sector distance (h, mm) satisfy the following conditions. (a) $H \leq 0.13S+1.18$, (b) $S \leq 5$, (c) $0.1 \leq h$, or $0.03 \leq L$

(57) 要約: この発明は、所望の耐久性を有する貴金属チップ、具体的には、耐消耗性、耐剥離性、及び耐チップ割れ性に優れた貴金属チップを備えたスパークプラグを提供することを課題とする。この発明のスパークプラグは、(1)Ｍｐ(Ｍｐは、Ｐｔ、又はＰｔとＰｄとからなる元素群であり、Ｐｄは貴金属チップの質量に対して２０質量%以下である。)、Ｃｕ、及びＭ（Ｍは、Ｒｈ、Ｉｒ、Ｒｕ、Ｒｅ、及びＷからなる元素群から選ばれる少なくとも１種である。）を合計で９５質量%以上含有し、かつ、前記Ｍｐ、Ｃｕ、Ｍの質量比が特定の範囲にある、又は(2)前記Ｍｐ、Ｃｕ、Ｍの質量比(Ｍｐ，Ｃｕ，Ｍ)が特定の範囲にあり、かつ溶接面積Ｓ($mm^2$)、チップ出寸法Ｈ(mm)、かぶり寸法Ｌ(mm)、及びチップ／溶接部間距離ｈ(mm)が、次の条件を満たすことを特徴とする。(a)Ｈ≦０．１３Ｓ＋１．１８、(b)Ｓ≦５、(c)０．１≦ｈ、又は０．０３≦Ｌ

WO 2011/155101 A1

(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] この発明は、スパークプラグに関し、特に、中心電極及び接地電極のいずれか少なくとも一方に貴金属チップが設けられて成るスパークプラグに関する。

## 背景技術

[0002] 自動車エンジン等の内燃機関の点火用に使用されるスパークプラグは、一般に、筒状の主体金具と、この主体金具の内孔に配置される筒状の絶縁体と、この絶縁体の先端側内孔に配置される中心電極と、一端が主体金具の先端側に接合され、他端が中心電極と間隙を形成するように設けられた接地電極とを備える。さらに、耐火花消耗性向上等を目的として、中心電極と接地電極の先端面に貴金属合金により形成されて成るチップが設けられたスパークプラグも知られている。

[0003] ところで、近年の自動車等の内燃機関は、高出力及び高着火性が求められており、燃焼室内の圧力の高い過給機付内燃機関や高エネルギーコイルを用いた内燃機関が開発されている。このような内燃機関において使用されるスパークプラグの使用環境は苛酷であるので、耐酸化性だけでなく、耐火花消耗性や耐剥離性に優れたスパークプラグの開発が求められている。

[0004] 例えば、特許文献１には、Ｐｔに対してＲｈ，Ｉｒ，Ｎｉ，Ｐｄ等を添加した材料について耐消耗性を向上させたスパークプラグが記載されている。また、特許文献２には、電極区分と電極ベースボディとの間に極めて僅かな熱機械的な応力しか生じず、しかも廉価に製造可能となるような点火プラグを提供することを目的として、電極の一方の端区分に電極区分が設けられている形式の物において、電極区分が銅を含有した合金を有していることを特徴とする点火プラグが記載されている。

[0005] この他にも、各種貴金属合金で形成されたチップが中心電極及び／又は接地

電極に設けられてなるスパークプラグが多数知られている。

## 先行技術文献

## 特許文献

[0006] 特許文献1：特開２００５－３５３６０６号公報

特許文献2：特開２００４－１６５１６５号公報

## 発明の概要

## 発明が解決しようとする課題

[0007] しかし、これまでに知られているいずれの貴金属合金で形成されたチップも一長一短があり、すべての性能を満足するスパークプラグはなかった。 例えば、Ｐｔ－Ｒｈ合金やＰｔ－Ｉｒ合金で形成された貴金属チップは、耐火花消耗性に特に優れるものの、燃焼室内の高温環境及び冷熱サイクルを伴う環境下における、貴金属チップと電極母材との間での耐剥離性及び耐チップ割れ性に劣る。 Ｐｔ－Ｎｉ合金で形成された貴金属チップは、耐剥離性に特に優れるものの、耐火花消耗性に劣る。

[0008] この発明は、このような課題を解決することを目的とし、所望の耐久性を有する貴金属チップを備えたスパークプラグを提供することを課題とする。具体的には、耐消耗性、耐剥離性、及び耐チップ割れ性に優れた貴金属チップを備えたスパークプラグを提供することを課題とする。

## 課題を解決するための手段

[0009] 前記課題を解決するための手段は、（Ｉ）中心電極、及び前記中心電極との間に間隙を設けた接地電極を備え、前記中心電極及び前記接地電極の少なくとも一方に貴金属チップが設けられたスパークプラグにおいて、 前記貴金属チップは、Ｍｐ（Ｍｐは、Ｐｔ、又はＰｔとＰｄとからなる元素群であり、Ｐｄは貴金属チップの質量に対して２０質量%以下である。）、Ｃｕ、及びＭ（Ｍは、Ｒｈ、Ｉｒ、Ｒｕ、Ｒｅ、及びＷからなる元素群から選ばれる少なくとも１種である。）を合計で９５質量%以上含有し、かつ、 前記Ｍｐ、Ｃｕ、Ｍの質量比（Ｍｐ，Ｃｕ，Ｍ）が各点Ｄ（95,5,0）、Ｅ（94.5,5,

0.5）、Ｆ（87,5,8）、Ｇ（80,12,8）、Ｈ（79.5,20,0.5）、Ｉ（80,20,0）、Ｄ（95,5,0）をこの順に結ぶ線分で囲まれた領域内（線上を含む。）にあることを特徴とするスパークプラグ。

[0010] 前記（Ｉ）の好ましい態様は、（II）前記貴金属チップは、質量比（Ｍｐ，Ｃｕ，Ｍ）が各点Ｅ（94.5,5,0.5）、Ｆ（87,5,8）、Ｇ（80,12,8）、Ｈ（79.5,20,0.5）、Ｅ（94.5,5,0.5）をこの順に結ぶ線分で囲まれた領域内（線上を含む。）にあることを特徴とし、（III）軸孔を有する絶縁体を備え、該軸孔に配設された中心電極、及び前記中心電極との間に間隙を設けられた接地電極を備え、前記中心電極及び前記接地電極の少なくとも一方に貴金属チップが設けられて成るスパークプラグにおいて、　以下に記載された、溶接面積Ｓ（ｍｍ$^2$）とチップ出寸法Ｈ（ｍｍ）、かぶり寸法Ｌ（ｍｍ）、チップ／溶接部間距離ｈ（ｍｍ）とが、次の条件を満たすことを特徴とする。（ａ）Ｈ≦０．１３Ｓ＋１．１８（ｂ）Ｓ≦５（ｃ）０．１≦ｈ、又は０．０３≦Ｌ　ただし、溶接面積Ｓは、　前記貴金属チップが前記中心電極及び／又は前記接地電極の先端面又は周側面に設けられ、　前記貴金属チップが該貴金属チップと設置金属体（ただし、設置金属体は、中心電極、接地電極、又はこれらの電極と前記貴金属チップとの間に設けられた土台をいう。）との溶融により形成されてなる溶接部を介して接合されている前記設置金属体の接合面に対して垂直な方向をＸ方向とし、該Ｘ方向から観察して、前記設置金属体と前記貴金属チップとを前記Ｘ方向に直交する面へ投影した場合における両投影領域が重なる領域の面積Ｓ（ただし、前記貴金属チップが設置金属体に該設置金属体における複数面で接合されている場合には、各面に対して垂直な方向をＹ方向とし、各Ｙ方向における重なる領域の合計面積をＳとする）であり、　チップ出寸法Ｈは、　前記貴金属チップと対向金属凸体（ただし、対向金属凸体は、貴金属チップ、中心電極の先端部が突出して形成されて成る中心電極凸部、又は接地電極の先端部が突出して形成されて成る接地電極凸部をいう。）とが対向する方向において、前記設置金属体の前記接合面から最も離れた前記貴金属チップの先端面との間の距離（ただし、前記

設置金属体と前記貴金属チップとの間の全面に前記溶接部が設けられている場合には、前記貴金属チップの軸線ＰＸ方向における前記溶接部の厚みが最も薄い部位における厚みの１／２となる点から前記軸線ＰＸ方向に最も離れた前記貴金属チップの表面までの距離である。）であり、　かぶり寸法Ｌとチップ／溶接部間距離ｈについては、前記軸孔が延伸する方向を前記中心電極の軸線ＡＸ方向としたとき、（１）前記貴金属チップと前記対向金属凸体とが前記軸線ＡＸ方向に対向するように配置され、前記貴金属チップが前記設置金属体から前記軸線ＡＸに直交する方向へ突出していない場合には、かぶり寸法Ｌは、前記軸線ＡＸ方向から観察して、前記貴金属チップの最大径となる周側面上の点ｋ１を含む前記軸線ＡＸに平行な直線群と前記貴金属チップに対向する前記対向金属凸体の最大径となる周側面上の点ｋ２を含む前記軸線ＡＸに平行な直線群との間の最短距離であり、　チップ／溶接部間距離ｈは、前記貴金属チップにおいて、前記点ｋ１を含み前記軸線ＡＸに平行な面における前記貴金属チップの先端から前記溶接部との境界までの前記軸線ＡＸ方向距離であり、（２）前記貴金属チップが前記接地電極から前記軸線ＡＸに直交する方向へ突出するように前記接地電極に設けられ、前記対向金属凸体の先端面と前記貴金属チップとが前記軸線ＡＸ方向において対向するように配置されている場合には、　かぶり寸法Ｌは、前記軸線ＡＸ方向から観察して、前記対向金属凸体の先端面を前記軸線ＡＸ方向に垂直な仮想面へ投影した場合における投影面上の点ｋ３と、前記接地電極を該仮想面へ投影した場合における投影面の輪郭線及び前記貴金属チップを該仮想面へ投影した場合における投影面の輪郭線が交差することにより生じる交点ｋ４との最短距離であり、（ｉ）前記貴金属チップのチップ／溶接部間距離ｈは、前記貴金属チップにおいて、前記点ｋ４を含み前記軸線ＡＸに平行な面における前記貴金属チップの先端から前記溶接部との境界までの距離であり、（ｉｉ）前記対向金属凸体が中心電極に設けられた貴金属チップである場合には、前記対向金属凸体のチップ／溶接部間距離ｈは、前記点ｋ３を含み前記軸線ＡＸに平行な面における前記中心電極に設けられた貴金属チップの先端から

前記溶接部との境界までの前記軸線ＡＸ方向の距離である。

[0011] 前記課題を解決するための他の手段は、（IV）　軸孔を有する絶縁体を備え、該軸孔に配設された中心電極、及び前記中心電極との間に間隙を設けた接地電極を備え、前記中心電極及び前記接地電極の少なくとも一方に貴金属チップが設けられたスパークプラグにおいて、　前記貴金属チップは、Ｍｐ（Ｍｐは、Ｐｔ、又はＰｔとＰｄとからなる元素群であり、Ｐｄは貴金属チップの質量に対して２０質量%以下である。）、Ｃｕ、及びＭ（Ｍは、Ｒｈ、Ｉｒ、Ｒｕ、Ｒｅ、及びWからなる元素群から選ばれる少なくとも１種である。）を合計で９５質量%以上含有し、かつ、　前記Ｍｐ、Ｃｕ、Ｍの質量比（Ｍｐ，Ｃｕ，Ｍ）が各点Ａ（97,3,0）、Ｂ（80,3,17）、Ｃ（75,25,0）、Ａ（97,3,0）をこの順に結ぶ線分で囲まれた領域内（線上を含む。）にあり、　前記（III）に記載された、溶接面積Ｓ（$mm^2$）とチップ出寸法Ｈ（ｍｍ）、かぶり寸法Ｌ（ｍｍ）、チップ／溶接部間距離ｈ（ｍｍ）とが、次の条件を満たすことを特徴とするスパークプラグ。（ａ）Ｈ≦０．１３Ｓ＋１．１８（ｂ）Ｓ≦５（ｃ）０．１≦ｈ、又は０．０３≦Ｌ

[0012] 前記（I）及び（IV）の好ましい態様は、（V）前記ＭｐはＰｔとＰｄとからなる元素群であることを特徴とし、（VI）前記貴金属チップは、Ｎｉ、Ｃｏ、Ｆｅ、及びＭｎからなる元素群Ａ、及び／又は、Ｔｉ、Ｈｆ、Ｙ、及び希土類元素からなる元素群Ｂから選ばれるいずれか少なくとも１種を含み、前記元素群Ａの合計質量が５質量%以下であり、前記元素群Ｂの合計質量が１．５質量%以下であり、かつ、前記元素群Ａ及び前記元素群Ｂの合計質量が５質量%以下であることを特徴とし、（VII）前記Ｍは、Ｒｈであることを特徴とし、（VIII）前記貴金属チップの硬度が、１４０Ｈｖ以上であることを特徴とし、（VIIII）前記貴金属チップの硬度が、２００Ｈｖ以上であることを特徴とし、（Ｘ）前記中心電極が絶縁体の軸方向に形成された軸孔内にその一端部から露出するように固定され、端子金具が前記軸孔内の他端部から露出するように固定され、前記軸孔内における前記中心電極と前記端子金具との間に抵抗体が設けられ、前記抵抗体の抵抗値が１０ｋΩ以下であること

を特徴とし、（XI）前記貴金属チップは、前記接地電極のみに設けられて成ることを特徴とする。

## 発明の効果

[0013] 前記（Ｉ）のスパークプラグによると、中心電極及び接地電極の少なくとも一方に設けられた貴金属チップが、Ｍｐ、Ｃｕ、Ｍを合計で９５質量%以上含有し、かつＭｐ、Ｃｕ、Ｍの質量比が特定の範囲にあるので、優れた耐久性を有する、特に耐消耗性、耐剥離性、及び耐チップ割れ性に優れた貴金属チップを備えたスパークプラグを提供することができる。

[0014] 前記（IV）のスパークプラグによると、中心電極及び接地電極の少なくとも一方に設けられた貴金属チップが、Ｍｐ、Ｃｕ、Ｍを合計で９５質量%以上含有し、かつＭｐ、Ｃｕ、Ｍの質量比が特定の範囲にあり、かつ貴金属チップが特定の寸法を有しているので、優れた耐久性を有する、特に耐消耗性、耐剥離性、及び耐チップ割れ性に優れた貴金属チップを備えたスパークプラグを提供することができる。

[0015] また、前記貴金属チップが、さらにＮｉ、Ｃｏ、Ｆｅ、及びＭｎからなる元素群Ａ、及び／又は、Ｔｉ、Ｈｆ、Ｙ、及び希土類元素からなる元素群Ｂから選ばれる少なくとも１種を特定量含有すると、耐剥離性及び耐チップ割れ性の少なくとも１つの性能がより一層優れたスパークプラグを提供することができる。

[0016] また、前記貴金属チップの硬度が特定の値以上であると、耐衝撃性により一層優れ、製造工程中に治具と接触して衝撃を受けたとしても、貴金属チップの変形を抑制することができる。

[0017] また、抵抗体の抵抗値が１０ｋΩ以下であるスパークプラグであって、火花放電の際に火花放電間隙に与
えられるエネルギーが大きくなったとしても、耐消耗性等に優れた前記貴金属チップが設けられていると、スパークプラグの性能を維持することができる。

[0018] さらに、中心電極よりも高温になり、過酷な環境下にある接地電極に前記貴

金属チップが備えられていると、より一層効果的である。

## 図面の簡単な説明

[0019] [図1]図１は、この発明に係るスパークプラグの一実施例であるスパークプラグを説明する説明図であり、図１（ａ）は、この発明に係るスパークプラグの一実施例であるスパークプラグの一部断面全体説明図であり、図１（ｂ）は、この発明に係るスパークプラグの一実施例であるスパークプラグの主要部分を示す断面説明図である。

[図2]図２は、この発明に係るスパークプラグに設けられた貴金属チップのＭｐ、Ｃｕ、Ｍの質量比を示す三成分系組成図である。

[図3]図３は、スパークプラグに備えられた貴金属チップの硬度を測定する位置を示す説明図である。

[図4]図４（ａ）はこの発明に係るスパークプラグの一実施例であるスパークプラグの発火部分を示す断面説明図である。図４（ｂ）は、図４（ａ）の観察方向Ｘから接地電極を観察した場合の接地電極要部説明図である。

[図5]図５（ａ）はこの発明に係るスパークプラグの別の実施例であるスパークプラグの発火部分を示す断面説明図である。図５（ｂ）は、図５（ａ）の観察方向Ｘ２から接地電極を観察した場合の接地電極要部説明図である。

[図6]図６（ａ）はこの発明に係るスパークプラグの別の実施例であるスパークプラグの発火部分を示す断面説明図である。図６（ｂ）は、図６（ａ）の観察方向Ｘ３から接地電極を観察した場合の接地電極要部説明図である。

[図7]図７（ａ）はこの発明に係るスパークプラグの別の実施例であるスパークプラグの発火部分を示す断面説明図である。図７（ｂ）は、図７（ａ）の観察方向Ｘ４から接地電極を観察した場合の接地電極要部説明図である。

[図8]図８（ａ）はこの発明に係るスパークプラグの別の実施例であるスパークプラグの発火部分を示す断面説明図である。図８（ｂ１）は、図８（ａ）の観察方向Ｙ１から接地電極を観察した場合の接地電極要部説明図である。図８（ｂ２）は、図８（ａ）の観察方向Ｙ２から接地電極を観察した場合の接地電極要部説明図である。図８（ｂ３）は、図８（ａ）の観察方向Ｙ３か

ら接地電極を観察した場合の接地電極要部説明図である。

[図9]図９（ａ）はこの発明に係るスパークプラグの別の実施例であるスパークプラグの発火部分を示す断面説明図である。図９（ｂ）は、図９（ａ）の観察方向Ｘ６から接地電極を観察した場合の接地電極要部説明図である。図９（ｃ）は接地電極チップのチップ断面積Ａを説明するための説明図である。

[図10]図１０は、この発明に係るスパークプラグに設けられた貴金属チップのＭｐ、Ｃｕ、Ｍの質量比を示す三成分系組成図である。

[図11]図１１（ａ）～（ｄ）は、スパークプラグに設けられた貴金属チップの耐剥離性を評価する試験の概要を説明するための説明図である。

[図12]図１２は、スパークプラグに設けられた貴金属チップの耐衝撃性を評価する試験の概要を説明するための説明図である。

[図13]図１３は、チップ出寸法Ｈと溶接面積Ｓとを変化させた場合の耐久性試験の評価結果を示す図である。

## 発明を実施するための形態

[0020] （第１の発明）　この発明に係るスパークプラグは、中心電極と接地電極とを有し、この中心電極の一端と接地電極の一端とが間隙を介して対向するように配置され、この中心電極と接地電極との少なくとも一方に貴金属チップが設けられている。この発明に係るスパークプラグは、このような構成を有するスパークプラグであれば、その他の構成は特に限定されず、公知の種々の構成を採ることができる。

[0021] この発明に係るスパークプラグの一実施例であるスパークプラグを図１に示す。図１（ａ）はこの発明に係るスパークプラグの一実施例であるスパークプラグ１の一部断面全体説明図であり、図１（ｂ）はこの発明に係るスパークプラグの一実施例であるスパークプラグ１の主要部分を示す断面説明図である。なお、中心電極の軸線をＡＸとし、図１（ａ）、図１（ｂ）では紙面下方を軸線ＡＸの先端方向、紙面上方を軸線ＡＸの後端方向として、説明する。

[0022] このスパークプラグ１は、図１（ａ）及び（ｂ）に示されるように、円筒状の主体金具２と、この主体金具２に内装された略円筒状の絶縁体３と、この絶縁体３の軸孔２０内に先端方向から順に内装された、中心電極４と抵抗体５と端子金具６と、一端が中心電極４の先端面と間隙を介して対向するように配置されると共に他端が主体金具２の端面に接合された接地電極７とを備え、前記接地電極７の先端部における中心電極に対向する面に貴金属チップが設けられ（以下において、接地電極に設けられた貴金属チップを接地電極チップ８と称することがある。）、前記中心電極４の先端面に貴金属チップが設けられ（以下において、中心電極に設けられた貴金属チップを中心電極チップ９と称することがある。）、接地電極チップ８と中心電極チップ９との間に火花放電間隙Ｇが形成されている。

[0023] 前記主体金具２は、略円筒形状を有しており、絶縁体３を内装することにより絶縁体３を保持するように形成されている。主体金具２における先端方向の外周面にはネジ部１０が形成されており、このネジ部１０を利用して図示しない内燃機関のシリンダヘッドにスパークプラグ１が装着される。主体金具２は、導電性の鉄鋼材料、例えば、低炭素鋼により形成されることができる。

[0024] 前記絶縁体３は、主体金具２の内周部に滑石（タルク）１１又はパッキン１２等を介して保持されており、絶縁体３の軸孔２０内に中心電極４、抵抗体５及び端子金具６を保持している。絶縁体３は、絶縁体３における先端方向の端部が主体金具２の先端面から突出した状態で、主体金具２に固着されている。絶縁体３は、機械的強度、熱的強度、電気的強度等を有する材料であることが望ましく、このような材料として、例えば、アルミナを主体とするセラミック焼結体が挙げられる。

[0025] 前記中心電極４は、外材１３と、この外材１３の内部の軸心部に同心に埋め込まれるように形成されてなる内材１４とにより形成されている。中心電極４は、その先端部が絶縁体３の先端面から突出した状態で絶縁体３の軸孔２０内に固定されており、主体金具２に対して絶縁保持されている。外材１３

は、熱伝導性及び機械的強度等を有する材料で形成されることが望ましく、例えば、インコネル（商標名）等のＮｉ基合金で形成される。内材１４は、Ｃｕ又はＡｇなどの熱伝導性に優れた金属材料により形成されることができる。

[0026] 前記接地電極７は、例えば、略角柱体に形成されてなり、一端が主体金具２の端面に接合され、途中で略Ｌ字に曲げられて、その先端部が中心電極４の軸線ＡＸ方向に位置するように、その形状及び構造が設計されている。接地電極７がこのように設計されることによって、接地電極７の一端が中心電極４と間隙を介して対向するように配置されている。接地電極７は、中心電極４を形成する材料と同様の材料により形成される。

[0027] 前記端子金具６は、その先端部が絶縁体３の後端面から突出した状態で絶縁体３の軸孔２０内に固定されており、主体金具２に対して絶縁保持されている。端子金具６は、例えば、低炭素等で形成され、その表面にＮｉ金属層がメッキ等で形成されている。

[0028] 前記抵抗体５は、絶縁体３の軸孔２０内における、中心電極４と端子金具６との間に固定されている。抵抗体５は、ガラス粉末、セラミック粉末、非金属導電性粉末、及び／又は金属粉末等の混合物により形成されることができる。この抵抗体５の抵抗値は、通常１５ｋΩ以下であるが、１０ｋΩ以下である場合には、特に火花放電の際に火花放電間隙Ｇに与えられるエネルギーが大きくなるので、火花消耗が顕著になる。したがって、抵抗体５の抵抗値が１０ｋΩ以下の場合には、下記に示すチップ材料で形成された貴金属チップの効果がより発揮される。

[0029] 前記接地電極チップ８は、例えば円柱形状であり、接地電極７の先端部に中心電極４の先端面に設けられた中心電極チップ９に対向するように設けられる。接地電極チップ８は、後述するチップ材料又はこのチップ材料以外の公知の材料により形成されればよいが、通常、接地電極チップ８は中心電極チップ９よりも高温に曝されるため、接地電極チップ８は後述するチップ材料で形成されるのがよい。

[0030] 前記中心電極チップ９は、例えば円柱形状であり、中心電極４の先端面に設けられる。中心電極チップ９は、後述するチップ材料又はこのチップ材料以外の公知の材料により形成される。

[0031] 前記接地電極チップ８と前記中心電極チップ９とは、間隙を有して対向するように配置され、この間隙が火花放電間隙Ｇである。この発明のスパークプラグ１は、中心電極４及び接地電極７の少なくとも一方に貴金属チップ８，９が設けられていればよく、例えば、接地電極７のみに貴金属チップ８が設けられている場合には、中心電極４と接地電極チップ８との間の間隙が火花放電間隙である。この火花放電間隙は、通常、０．３～１．５ｍｍに設定される。

[0032] スパークプラグ１においては、接地電極チップ８及び中心電極チップ９の少なくとも一方が下記チップ材料で形成され、好ましくは、より高温に達する接地電極チップ８が下記チップ材料で形成される。

[0033] これらの貴金属チップを形成するチップ材料は、Ｍｐ（Ｍｐは、Ｐｔ、又はＰｔとＰｄとからなる元素群であり、Ｐｄは貴金属チップの質量に対して２０質量%以下である。）、Ｃｕ、及びＭ（Ｍは、Ｒｈ、Ｉｒ、Ｒｕ、Ｒｅ、及びWからなる元素群から選ばれる少なくとも１種である。）を合計で９５質量%以上含有し、かつ前記Ｍｐ、Ｃｕ、Ｍの質量比（Ｍｐ，Ｃｕ，Ｍ）が各点Ｄ（９５，５，０）、Ｅ（９４．５，５，０．５）、Ｆ（８７，５，８）、Ｇ（８０，１２，８）、Ｈ（７９．５，２０，０．５）、Ｉ（８０，２０，０）、Ｄ（９５，５，０）をこの順に結ぶ線分で囲まれた領域内（線上を含む。）にある。

[0034] 前記チップ材料におけるＭｐ、Ｃｕ、及びＭの含有率が９５質量%以上であり、図２に示される、Ｍｐ、Ｃｕ、Ｍの三成分系組成図における三成分の質量比（Ｍｐ，Ｃｕ，Ｍ）が各点Ｄ、Ｅ、Ｆ、Ｇ、Ｈ、Ｉ、Ｄをこの順に結ぶ線分で囲まれた領域内（線上を含む。）にあると、耐消耗性、耐剥離性、及び耐チップ割れ性に優れた貴金属チップを備えたスパークプラグを提供することができる。

[0035] 前記チップ材料は、三成分系組成図における三成分の質量比（Ｍｐ，Ｃｕ，Ｍ）が各点Ｅ（９４．５，５，０．５）、Ｆ（８７，５，８）、Ｇ（８０，１２，８）、Ｈ（７９．５，２０，０．５）、Ｅ（９４．５，５，０．５）をこの順に結ぶ線分で囲まれた領域内（線上を含む。）にあるのが好ましい。

[0036] 前記チップ材料は、三成分系組成図において、Ｃｕが５質量%以上であることにより、中心電極及び接地電極を形成する電極材料に用いられるＮｉ基合金とチップ材料との熱膨張係数の差が小さくなるので、Ｐｔ－Ｒｈ合金、Ｐｔ－Ｉｒ合金に比べて耐剥離性に優れる。また、耐剥離性の向上に効果的である材料として知られているＰｔ－Ｎｉ合金よりも融点の低下を抑えることができ、耐剥離性だけでなく耐火花消耗性にも優れる。さらに、結晶粒度が大きくなる傾向にあるＰｔ－Ｒｈ合金に比べて、このチップ材料は結晶粒度が大きくならず、またＰｔ－Ｉｒ合金に比べて内部酸化を抑えられるので、耐チップ割れ性にも優れる。

[0037] 三成分系組成図においてＣｕが５質量%未満であると、前記効果が得られない。三成分系組成図においてＣｕが２５質量%を超えると、酸化しやすいＣｕが増えるため、耐酸化性が低下する他、結晶粒界で内部酸化を引き起こし、チップ割れやチップ剥離が生じることがある。さらには、これらが原因で、熱伝導性が低下して耐消耗性に悪影響を及ぼす
おそれがある。

[0038] 前記チップ材料がＭを含有すると、特に三成分系組成図においてＭが０．５質量%以上であると、Ｍは融点が高いので耐火花消耗性に優れるチップ材料となる。また、結晶粒度が細かくなるので、チップ内での割れに起因する結晶粒の脱落を抑制することができる。さらに、高強度となるので、製造工程中に治具と接触して衝撃を受けても貴金属チップの変形を抑制することができるので、耐衝撃性にも優れる。

[0039] ただし、三成分系組成図においてＭが８質量%を超えると、脆化を引き起こすので、加工性の低下及び熱応力や内部腐食によるチップ割れを生じ易くな

る。また、Mは熱膨張係数が小さいので、Mを多量に含有すると電極材料に用いられるＮｉ基合金とチップ材料との熱膨張係数の差が大きくなるので、耐剥離性に悪影響を及ぼす。したがって、三成分系組成図においてMは８質量%以下である。

[0040] 以上においてチップ材料におけるＣｕ及びMの作用について述べたが、勿論チップ材料における単独成分の質量割合の影響だけでなく、三成分（Ｍｐ、Ｃｕ、Ｍ）の質量比による影響が大きい。チップ材料がＣｕとMとを合わせて所定割合以上含有している場合、すなわち三成分系組成図においてＣｕとMとの質量割合が直線ＧＨを超えている場合には、耐剥離性、耐消耗性、耐チップ割れ性の少なくとも１つが劣ってしまう。したがって、三成分系組成図においてＣｕとMとの質量割合は直線ＧＨ以下である。

[0041] なお、MはＲｈ、Ｉｒ、Ｒｕ、Ｒｅ、及びWからなる元素群から選ばれる少なくとも１種である。Ｒｈ、Ｉｒ、Ｒｕ、Ｒｅ、及びWはいずれも融点が高く、スパッタリングしにくく、Ｐｔと共に使用することによって、強度が向上し、結晶粒を細かくできるので、これらの元素群から選ばれる少なくとも１種が三成分系組成図に示される範囲にあると、耐剥離性、耐消耗性、及び耐チップ割れ性に優れた貴金属チップを備えたスパークプラグを提供することができる。これらの元素群の中でもＲｈは自らが酸化して緻密な酸化皮膜を形成し、それ以上の酸化を抑制できるので、特に好ましい。

[0042] Ｍｐは、Ｐｔ、又はＰｔとＰｄとからなる元素群であり、Ｐｄは貴金属チップの質量に対して２０質量%以下である。Ｐｔは、耐酸化性、耐火花消耗性及び加工性に優れるので、チップ材料の主成分として優れている。また、ＰｄはＰｔと同様に耐酸化性に優れるだけでなく、熱膨張係数がＰｔよりも大きいので、特定量のＰｄを含有した方が耐剥離性において有利である。したがって、チップ材料からなる貴金属チップの全質量に対してＰｄが２０質量%以下である場合には、さらに耐剥離性に優れた貴金属チップを備えたスパークプラグを提供することができる。ただし、Ｐｄが２０質量%を超えると、チップ材料の融点が低下することにより耐消耗性が低下する。

[0043] チップ材料は、Ｎｉ、Ｃｏ、Ｆｅ、及びＭｎからなる元素群Ａ、及び／又は、Ｔｉ、Ｈｆ、Ｙ、及び希土類元素からなる元素群Ｂから選ばれる少なくとも１種を含み、前記元素群Ａの合計質量がチップ材料からなる貴金属チップの全質量に対して５質量%以下であり、前記元素群Ｂの合計質量がチップ材料からなる貴金属チップの全質量に対して１．５質量%以下であり、かつ、前記元素群Ａ及び前記元素群Ｂの合計質量がチップ材料からなる貴金属チップの全質量に対して５質量%未満であるのが好ましい。

[0044] チップ材料における元素群Ａの合計質量が、０質量%を超え５質量%以下であると、耐剥離性、耐チップ割れ性により一層優れる。元素群Ａは熱膨張係数が大きいので、電極材料の熱膨張係数との差が小さくなり、熱応力の発生を抑えることができること、及び結晶粒が細かくなるので耐チップ割れ性に有効である。

[0045] チップ材料における元素群Ｂの合計質量が、０質量%を超え１．５質量%以下、特に０．０１質量%以上１質量%以下であると、結晶粒が細かくなるので耐チップ割れ性に優れる。

[0046] チップ材料における元素群Ａ及び元素群Ｂの含有率が大きすぎると、融点が低下して耐消耗性が劣るおそれがある。したがって、元素群Ａ及び元素群Ｂの合計質量は貴金属チップに対して５質量%以下であるのが好ましい。

[0047] このチップ材料は、Ｍｐ、Ｃｕ、及びＭを合計で９５質量%以上と、所望によりＮｉ、Ｃｏ、Ｆｅ、及びＭｎからなる元素群Ａと、Ｔｉ、Ｈｆ、Ｙ、及び希土類元素からなる元素群Ｂとを実質的に含有する。これらの各成分は、前述した各成分の含有率の範囲内で、これら各成分と不可避不純物との合計が１００質量%になるように含有される。前記成分以外の成分、例えば、Ａｇ、Ｂ、Ｃａ、Ａｌ、Ｓｉ、Ｍｇが微量の不可避不純物として含有されることがある。これらの不可避不純物の含有量は少ない方が好ましいが、本願発明の目的を達成することができる範囲内で含有していてもよく、前述した成分の合計質量を１００質量部としたときに、前述した１種類の不可避不純物の割合は０．１質量部以下、含有される全種類の不可避不純物の合計割合は

０．２質量部以下であるのがよい。

[0048] このチップ材料で形成されてなる貴金属チップに含まれる各成分の含有率は、次のようにして測定することができる。すなわち、まず貴金属チップ８，９を切断して断面を露出させ、この貴金属チップ８，９の断面において任意の複数箇所（たとえば、５箇所）を選択し、ＥＰＭＡを利用して、ＷＤＳ（Wavelength Dispersive X-ray Spectrometer）分析を行うことにより、各々の箇所の質量組成を測定する。次に、測定した複数箇所の値の平均値を算出して、この平均値を貴金属チップの組成とする。なお、測定場所として、貴金属チップ８，９と中心電極４、接地電極７、及び／又は土台等の設置金属体とを溶融接着する際に形成される溶接部１５を除く。

[0049] なお、このチップ材料は、所定の原料を所定の配合割合で配合して、後述する方法で製造される。製造されたチップ材料の組成は、原料の組成とはほぼ一致する。したがって、このチップ材料に含まれる各成分の含有率は、簡易的な方法として原料の配合割合からも算出することができる。

[0050] 前記チップ材料で形成される貴金属チップの硬度は、１４０Ｈｖ以上であるのが好ましく、２００Ｈｖ以上であるのが特に好ましい。

[0051] 貴金属チップの硬度が前記範囲内であると、製造工程中にチップが治具に接触しても、貴金属チップの変形を防止することができる。

[0052] 貴金属チップの硬度は次のように測定する。図３に示すように、貴金属チップ８，９の表面における中心電極４又は接地電極７に接合している面とは反対側の面の中心において、マイクロビッカース硬度計により、１Ｎ荷重の条件でＪＩＳ　Ｚ　２２４４に準拠して、マイクロビカース硬さを測定する。

[0053] 貴金属チップの硬度は、チップ材料の組成、貴金属チップを製造する際の加工条件、この加工前後の熱処理温度及び時間、貴金属チップを接地電極及び中心電極に溶接する際の熱負荷及び抵抗溶接する場合にはその際に生じる貴金属チップの変形量、中心電極に設けられている貴金属チップの場合には、抵抗体、絶縁体、金属端子、及び中心電極を接合する際の熱処理条件等によ

って調整することができる。具体的には、貴金属チップを製造する際の加工率を大きくする、加工後の熱処理温度を低くする若しくは時間を短くする、貴金属チップを接地電極及び中心電極に溶接する際の温度を低くする若しくは時間を短くする、及び／又は抵抗溶接する場合には貴金属チップの変形量を大きくすることにより、加工歪が大きくなるので高い変形抵抗が得られ、高硬度となる。

[0054] この発明のスパークプラグが、前記チップ材料により形成されるだけでなく、下記寸法を有する貴金属チップを備えることにより、耐消耗性、耐チップ割れ性及び耐剥離性により一層優れた貴金属チップを有するスパークプラグを提供することができる。

[0055] すなわち、以下に規定する、溶接面積Ｓ（ｍｍ$^2$）、チップ出寸法Ｈ（ｍｍ）、かぶり寸法Ｌ（ｍｍ）、及びチップ／溶接部間距離ｈ（ｍｍ）が、次の条件を満たすことが好ましい。

[0056] （ａ）Ｈ≦０．１３Ｓ＋１．１８　（ｂ）Ｓ≦５　（ｃ）０．１≦ｈ、又は０．０３≦Ｌ

[0057] さらに、貴金属チップは、以下に規定するチップ断面積Ａ（ｍｍ$^2$）が、　（ｄ）０．２≦Ａ≦１．８を満たすのが好ましい。

[0058] 前記貴金属チップにおける溶接面積Ｓとチップ出寸法Ｈとが（ａ）Ｈ≦０．１３Ｓ＋１．１８という関係を満たすと、耐消耗性により一層優れた貴金属チップを有するスパークプラグを提供することができる。貴金属チップの耐消耗性を向上させるためには、貴金属チップの熱引きを良好にするのが良い。溶接面積Ｓが小さいと貴金属チップと電極との接触面積が小さくなる結果、貴金属チップが受熱した熱を電極へ伝導させ難くなり、熱引きが悪くなるとこれまで考えられてきた。しかし、溶接面積Ｓだけでなくチップ出寸法Ｈも熱引きに影響を与えることを発明者らは見出した。すなわち、溶接面積Ｓが小さくてもチップ出寸法Ｈが所定値より小さければ、貴金属チップの過熱を抑えることができ、耐消耗性が良好になる。逆にチップ出寸法Ｈが大きくても溶接面積Ｓが大きければ熱引きが良好となるので過熱を抑えることがで

きる。

[0059] 前記貴金属チップにおける溶接面積Ｓとかぶり寸法Ｌとチップ／溶接部間距離ｈとが（ｂ）Ｓ≦５、かつ（ｃ）０．１≦ｈ、又は０．０３≦Ｌという関係を満たすと、耐剥離性により一層優れた貴金属チップを有するスパークプラグを提供することができる。溶接面積Ｓが大きいと、貴金属チップを形成するチップ材料と電極を形成する電極材料との間の熱膨張係数の差により、特に貴金属チップの外周部に高い熱応力が発生することにより、貴金属チップが電極から剥離し易くなる。したがって、溶接面積Ｓは５以下であるのが好ましい。また、燃焼室内は気流の乱れが激しいので、かぶり寸法Ｌとチップ／溶接部間距離ｈとが前記範囲外であると、電極における貴金属チップの外周に近接する部分及び／又は溶接部に放電し易くなる。電極及び溶接部は貴金属チップよりも融点が低いので電極及び溶接部が消耗し易くなり、貴金属チップと電極及び溶接部との界面が抉れることにより耐剥離性が低下する。さらに、電極及び溶接部が消耗することにより、実質的に溶接面積Ｓが小さくなることによって耐消耗性にも悪影響を及ぼす。したがって、チップ／溶接部間距離ｈは０．１以上、又はかぶり寸法Ｌは０．０３以上であるのが好ましい。

[0060] 前記貴金属チップにおけるチップ断面積Ａは、（ｄ）０．２≦Ａ≦１．８であるのが好ましく、チップ断面積Ａが前記範囲内にあると耐消耗性により一層優れる。

[0061] 図４（ａ）はこの発明に係るスパークプラグの一実施例であるスパークプラグの発火部分を示す断面説明図である。図４（ｂ）は、図４（ａ）の観察方向Ｘから接地電極を観察した場合の接地電極要部説明図である。　この実施形態のスパークプラグ１の接地電極チップ８における溶接面積を$Ｓ_{g1}$とすると、溶接面積$Ｓ_{g1}$は、この接地電極チップ８がこの接地電極チップ８と接地電極７（設置金属体と称することもある。）との溶融により形成されてなる溶接部１５を介して接合されている接地電極の接合面１６に対して垂直な方向であるＸ方向から観察した場合に、図４（ｂ）に示されるように、接地電

極７をＸ方向に直交する面へ投影した場合における投影領域$P_{g1}$と接地電極チップ８をＸ方向に直交する面へ投影した場合における投影領域$P_{t1}$とが重なる領域の面積である。中心電極チップ９における溶接面積$S_{c1}$もまた、接地電極チップ８の溶接面積$S_{g1}$と同様に規定される。

[0062] 溶接面積$S_{g1}$は、接地電極７の上部Ｘ方向から写真を撮り、接地電極チップ８と溶接部１５との境界線１７で囲まれた部分の面積を画像解析ソフト（例えば、Photoshop）を使用して算出する。溶接面積$S_{c1}$もまた、同様にして求めることができる。

[0063] この実施形態のスパークプラグ１の接地電極チップ８におけるチップ出寸法をチップ出寸法$H_{g1}$とすると、チップ出寸法$H_{g1}$は、この接地電極チップ８と中心電極チップ９（対向金属凸体と称することもある。）とが対向する方向において、前記接地電極７の前記接合面１６から最も離れた前記接地電極チップ８の先端面との間の距離である。中心電極チップ９におけるチップ出寸法$H_{c1}$もまた、接地電極チップ８のチップ出寸法$H_{g1}$と同様に規定される。

[0064] この実施形態のスパークプラグ１のかぶり寸法をかぶり寸法$L_1$とし、絶縁体３の軸孔２０が延伸する方向を中心電極４の軸線ＡＸ方向としたとき、この実施形態のスパークプラグ１は、接地電極チップ８と中心電極チップ９とが前記軸線ＡＸ方向に対向するように配置され、前記接地電極チップ８が前記接地電極７から前記軸線ＡＸに直交する方向へ突出していない場合であるので、次のように規定される。すなわち、かぶり寸法$L_1$は、前記軸線ＡＸ方向から観察して、前記接地電極チップ８の最大径となる周側面上の点ｋ１を含む前記軸線ＡＸに平行な直線群$l_{g1}$と中心電極チップ９の最大径となる周側面上の点ｋ２を含む前記軸線ＡＸに平行な直線群$l_{c1}$との間の最短距離である。

[0065] この実施形態のスパークプラグ１の接地電極チップ８におけるチップ／溶接部間距離をチップ／溶接部間距離$h_{g1}$とすると、チップ／溶接部間距離$h_{g1}$は、前記接地電極チップ８において、前記点ｋ１を含み前記軸線ＡＸに平行

な面における前記接地電極チップ８の先端から前記溶接部１５との境界までの前記軸線ＡＸ方向距離である。中心電極チップ９におけるチップ／溶接部間距離$h_{c1}$もまた、接地電極チップ８のチップ／溶接部間距離$h_{g1}$と同様に規定される。

[0066] この実施形態のスパークプラグ１の接地電極チップ８におけるチップ断面積をチップ断面積$A_{g1}$、中心電極チップ９におけるチップ断面積をチップ断面積$A_{c1}$とすると、図４に示すように、接地電極チップ８及び中心電極チップ９はいずれも円柱体であり、接地電極チップ８及び中心電極チップ９の先端面は平面であり、これらの先端面は互いに平行であるので、チップ断面積$A_{g1}$及びチップ断面積$A_{c1}$は接地電極チップ８及び中心電極チップ９それぞれの先端面の面積である。なお、製造上の誤差によりこれらの先端面が厳密には互いに平行でない場合であってもチップ断面積はそれぞれの貴金属チップの先端面の面積としてよい。

[0067] 上述した貴金属チップがスパークプラグにおける中心電極及び接地電極のいずれか少なくとも一方、特に接地電極に設けられると、過給機付内燃機関や高エネルギーコイルを用いた内燃機関など過酷な環境下でこの発明のスパークプラグが使用されても、耐消耗性、耐チップ割れ性及び耐剥離性に優れた貴金属チップを備えているので、所望の性能を維持することができる。

[0068] 前記スパークプラグ１は、例えば次のようにして製造される。まず、貴金属チップ８，９は、各成分の含有率が前述した範囲となるチップ材料を配合及び溶解して得られる溶解材を、例えば熱間圧延により板材に加工し、その板材を熱間打ち抜き加工により所定のチップ形状に打ち抜いて形成する方法、合金を熱間圧延、熱間鋳造又は熱間伸線により線状又はロッド状の素材に加工した後に、これを長さ方向に所定長に切断して形成する方法等を採用することができる。

[0069] 中心電極４及び／又は接地電極７は、例えば、真空溶解炉を用いて、所望の組成を有する合金の溶湯を調製し、真空鋳造にて各溶湯から鋳塊を調製した後、この鋳塊を、熱間加工、線引き加工等して、所定の形状及び所定の寸法

に適宜調整して、中心電極４及び／又は接地電極７を作製することができる。なお、カップ状に形成した外材１３に内材１４を挿入し、押し出し加工等の塑性加工にて中心電極４を形成することもできる。また、接地電極７が外部層とこの外部層の軸心部に埋め込まれるように設けられた軸部とにより形成されてなる場合には（図示せず。）、カップ状に形成した外部層に軸部を挿入し、押し出し加工等の塑性加工した後、略角柱状に塑性加工したものを、接地電極７にすることができる。

[0070] 次いで、所定の形状に塑性加工等によって形成した主体金具２の端面に、接地電極７の一端部を電気抵抗溶接又はレーザ溶接等によって接合する。接地電極が接合された主体金具にＺｎめっき又はＮｉめっきを施す。Ｚｎめっき又はＮｉめっきの後に３価クロメート処理を行っても良い。

[0071] 次いで、上述のように作製した貴金属チップ８，９を接地電極７及び中心電極４に抵抗溶接及び／又はレーザ溶接等により溶融固着する。抵抗溶接で貴金属チップ８，９を接地電極７及び／又は中心電極４に接合する場合には、例えば、貴金属チップ８，９を接地電極７及び／又は中心電極４の所定位置に設置して押し当てながら抵抗溶接を施す。レーザ溶接で貴金属チップ８，９を接地電極７及び／又は中心電極４に接合する場合には、例えば、貴金属チップ８，９を接地電極７及び／又は中心電極４の所定位置に設置し、貴金属チップ８の斜め上方から貴金属チップ８，９と接地電極７及び／又は中心電極４との接触部分を部分的に又は全周に渡ってレーザビームを照射する。なお、抵抗溶接をした後にレーザ溶接を施してもよい。

[0072] 一方、セラミック等を所定の形状に焼成することによって絶縁体３を作製し、この絶縁体３の軸孔２０内に貴金属チップ９が接合された中心電極４を挿設し、ガラスシールを形成するガラス粉末、抵抗体５を形成する抵抗体組成物、前記ガラス粉末をこの順に前記軸孔２０内に予備圧縮しつつ充填する。次いで前記軸孔２０内の端部から金属端子６を圧入しつつ抵抗体組成物及びガラス粉末を圧縮加熱する。こうして抵抗体組成物及びガラス粉末が焼結して抵抗体５及びガラスシール層が形成される。次いで接地電極７が接合され

た主体金具２にこの中心電極４等が固定された絶縁体３を組み付ける。最後に接地電極７の先端部を中心電極４側に折り曲げて、接地電極７の一端が中心電極４の先端部と対向するようにして、スパークプラグ１が製造される。

[0073] この発明に係るスパークプラグの他の実施例であるスパークプラグを図５に示す。図５（ａ）はこの発明に係るスパークプラグの他の実施例であるスパークプラグの発火部分を示す断面説明図である。図５（ｂ）は、図５（ａ）の観察方向Ｘ２から接地電極を観察した場合の接地電極要部説明図である。

[0074] この実施形態のスパークプラグ２０１は、接地電極２０８の接合面２１６に、接地電極チップ２０８が抵抗溶接で接合されている結果、接地電極チップ２０８の外周部に極めて小さな体積の溶接部２１５（溶接ダレと称されることもある。）が形成されてなること、また、中心電極２０４の先端面に中心電極チップが設けられずに、中心電極２０４の先端部が凸状に突出して形成されて成る中心電極凸部２２２（対向金属凸体と称することもある。）を有していること以外は、図４に示したスパークプラグ１と同様の構成を有している。

[0075] したがって、この実施形態のスパークプラグ２０１の接地電極チップ２０８における溶接面積$S_{g2}$、チップ出寸法$H_{g2}$、かぶり寸法$L_2$、チップ／溶接部間距離$h_{g2}$、チップ断面積$A_{g2}$は、スパークプラグ１と同様に規定される。中心電極２０４には貴金属チップ２０９が設けられていないので、中心電極２０４における溶接面積、チップ出寸法、チップ／溶接部間距離、チップ断面積については規定されない。

[0076] この発明に係るスパークプラグの別の実施例であるスパークプラグを図６に示す。図６（ａ）はこの発明に係るスパークプラグの別の実施例であるスパークプラグの発火部分を示す断面説明図である。図６（ｂ）は、図６（ａ）の観察方向Ｘ３から接地電極を観察した場合の接地電極要部説明図である。

[0077] この実施形態のスパークプラグ３０１は、中心電極３０４に対向する側の接地電極３０７の表面に土台３１８が設けられ、この土台３１８の接地電極３０７と接合している面とは反対側の面に溶接部３１５を介して接地電極チップ３０８が設けられ、接地電極チップ３０８と土台３１８とが接触することなく、接地電極チップ３０８と土台３１８との間の全面に溶接部３１５が設けられていること以外は、図４に示したスパークプラグ１と同様の構成を有している。

[0078] したがって、この実施形態のスパークプラグ３０１の接地電極チップ３０８における溶接面積$S_{g3}$、かぶり寸法$L_3$、チップ／溶接部間距離$h_{g3}$、チップ断面積$A_{g3}$、及び中心電極チップ３０９における溶接面積$S_{c3}$、チップ出寸法$H_{c3}$、チップ／溶接部間距離$h_{c3}$、チップ断面積$A_{c3}$は、スパークプラグ１と同様に規定される。

[0079] この実施形態のスパークプラグ３０１の接地電極チップ３０８におけるチップ出寸法$H_{g3}$に関しては、接地電極チップ３０８と土台３１８との間の全面に溶接部３１５が設けられているので、接地電極チップ３０８と土台３１８とが直接に接触して接合している面がない。したがって、チップ出寸法$H_{g3}$は、接地電極チップ３０８の軸線ＰＸ３方向における溶接部３１５の厚みが最も薄い部位における厚みの１／２となる点から前記軸線ＰＸ方向に最も離れた接地電極チップ３０８の先端面までの距離とする。

[0080] この発明に係るスパークプラグの別の実施例であるスパークプラグを図７に示す。図７（ａ）はこの発明に係るスパークプラグの別の実施例であるスパークプラグの発火部分を示す断面説明図である。図７（ｂ）は、図７（ａ）の観察方向Ｘ４から接地電極を観察した場合の接地電極要部説明図である。

[0081] この実施形態のスパークプラグ４０１は、中心電極４０４に対向する側の接地電極４０７の表面に土台４１８が設けられ、この土台４１８の接地電極４０７と接合している面とは反対側の面に溶接部４１５を介して接地電極チップ４０８が設けられ、接地電極チップ４０８と土台４１８とが溶接部４１５

を介さずに一部接触していること以外は、図６に示したスパークプラグ３０１と同様の構成を有している。

[0082] したがって、この実施形態のスパークプラグ４０１の接地電極チップ４０８における溶接面積$S_{g4}$、かぶり寸法$L_4$、チップ／溶接部間距離$h_{g4}$、チップ断面積$A_{g4}$、及び中心電極チップ４０９における溶接面積$S_{c4}$、チップ出寸法$H_{c4}$、チップ／溶接部間距離$h_{c4}$、チップ断面積$A_{c4}$は、スパークプラグ１と同様に規定される。

[0083] この実施形態のスパークプラグ４０１の接地電極チップ４０８におけるチップ出寸法$H_{g4}$に関しては、接地電極チップ４０８と土台４１８との間の全面に溶接部３１５が設けられていない場合であり、チップ出寸法$H_{g4}$は接地電極チップ４０８と中心電極チップ４０４とが対向する方向において、土台４１８における接地電極チップ４０８と接触している接合面４１６から最も離れた接地電極チップ４０８の表面との間の距離である。

[0084] この発明に係るスパークプラグの別の実施例であるスパークプラグを図８に示す。図８（ａ）はこの発明に係るスパークプラグの別の実施例であるスパークプラグの発火部分を示す断面説明図である。図８（ｂ１）～（ｂ３）は、図８（ａ）の観察方向$Y_1$～$Y_3$それぞれに直交する面へ中心電極チップ、接地電極チップ及び／又は接地電極を投影した場合における投影領域を示す投影領域説明図である。

[0085] この実施

形態のスパークプラグ５０１は、接地電極チップ５０８が角柱体であり、この角柱体の一部が接地電極５０７の先端面及び周側面に開口するように設けられた切欠き５１９に嵌め込まれて、角柱体が有する６つの面のうちの４つの面とこの切欠き５１９が有する４つの面とが接合され、接地電極チップ５０８が接地電極５０７から中心電極５０４の軸線ＡＸ５に直交する方向へ突出するように設けられていること以外は、図４に示したスパークプラグ１と同様の構成を有している。　なお、この実施形態のスパークプラグ５０１は、前記接地電極５０７における平坦面に接地電極チップ５０８を溶融接合す

る際に、接地電極チップ５０８を接地電極５０７に押圧することにより接地電極５０７に形成された凹部に接地電極チップ５０８が嵌め込まれるように形成される態様も含む。したがって、前記切欠き５１９は、接地電極チップ５０８を嵌め込む前に予め接地電極５０７に形成する場合と溶融接合する際に形成される場合とを含む。

[0086] したがって、この実施形態のスパークプラグ５０１の中心電極チップ５０９における溶接面積$S_{c5}$、チップ出寸法$H_{c5}$、チップ／溶接部間距離$h_{c5}$、チップ断面積$A_{c5}$は、スパークプラグ１と同様に規定される。

[0087] この実施形態のスパークプラグ５０１の接地電極チップ５０８における溶接面積$S_{g5}$は、角柱体の接地電極チップ５０８が有する６つの面のうちの４つの面が接地電極５０７における切欠き５１９が有する４つの面で接合されているので、４つの面それぞれの面に対して垂直な方向を$Y_1$、$Y_2$、$Y_3$、$Y_4$方向とし、$Y_1$、$Y_2$、$Y_3$、$Y_4$方向それぞれから観察して、接地電極５０７と接地電極チップ５０８とを$Y_1$、$Y_2$、$Y_3$、$Y_4$方向に直交する面へ投影した場合における、接地電極５０７の投影領域$P_{g51}$、$P_{g52}$、$P_{g53}$、$P_{g54}$と接地電極チップ５０８の投影領域$P_{t51}$、$P_{t52}$、$P_{t53}$、$P_{t54}$とが重なる領域の面積$S_{g51}$、$S_{g52}$、$S_{g53}$、$S_{g54}$の合計面積$S_{g51}+S_{g52}+S_{g53}+S_{g54}$である（図８（ｂ１）～（ｂ３）参照。）。

[0088] チップ出寸法$H_{g5}$は、接地電極チップ５０８と中心電極チップ５０９とが対向する方向において、接地電極５０７の接合面５１６から最も離れた接地電極チップ５０８の先端面との間の距離である。なお、前記接合面５１６は、接地電極チップ５０８と中心電極チップ５０９とが対向する方向における接地電極５０７の表面であって、切欠き５１９が設けられている部位以外の面である。

[0089] かぶり寸法$L_5$に関しては、図４に示されるスパークプラグ１とは異なり、接地電極チップ５０８が接地電極５０７から軸線ＡＸ５に直交する方向へ突出するように接地電極５０７に設けられ、中心電極チップ５０９の先端面と接地電極チップ５０８とが軸線ＡＸ５方向において対向するように配置されて

いるので、次のように規定される。すなわち、かぶり寸法$L_5$は、図８（ｂ１）に示されるように、軸線ＡＸ５方向から観察して、中心電極チップ５０９の先端面を軸線ＡＸ５方向に垂直な仮想面へ投影した場合における投影面$P_{ct5}$上の点ｋ３と、接地電極５０７を該仮想面へ投影した場合における投影面$P_{g51}$の輪郭線及び接地電極チップ５０８を該仮想面へ投影した場合における投影面$P_{t5}$の輪郭線が交差することにより生じる２つの交点ｋ４１、ｋ４２との距離のうち最短距離を形成する交点ｋ４１との距離である。

[0090] 接地電極チップ５０８におけるチップ／溶接部間距離$h_{g5}$は、接地電極チップ５０８において、前記点ｋ４１を含み軸線ＡＸ５に平行な面における接地電極チップ５０８の先端から前記溶接部との境界までの距離である。

[0091] 中心電極チップ５０９におけるチップ／溶接部間距離$h_{c5}$は、前記点ｋ３を含み軸線ＡＸ５に平行な面における中心電極チップ５０９の先端から中心電極５０４における溶接部５２１との境界までの前記軸線ＡＸ５方向の距離である。

[0092] 接地電極チップ５０８におけるチップ断面積$A_{g5}$に関しては、接地電極チップ５０８は角柱体であり、６つの面はいずれも平面であるので、チップ断面積$A_{g5}$は、接地電極チップ５０８における中心電極チップ５０９に対向する側の面の面積である。

[0093] この発明に係るスパークプラグの別の実施例であるスパークプラグを図９に示す。図９（ａ）はこの発明に係るスパークプラグの別の実施例であるスパークプラグの発火部分を示す断面説明図である。図９（ｂ）は、図９（ａ）の観察方向Ｘ６から接地電極を観察した場合の接地電極要部説明図である。図９（ｃ）は、接地電極チップのチップ断面積$A_{g6}$を説明するための説明図である。

[0094] この実施形態のスパークプラグ６０１は、接地電極チップ６０８が半球形状であること以外は、図４に示したスパークプラグ１と同様である。

[0095] したがって、この実施形態のスパークプラグ６０１の接地電極チップ６０８における溶接面積$S_{g6}$、チップ出寸法$H_{g6}$、かぶり寸法$L_6$、チップ／溶接部

間距離$h_{g6}$、及び中心電極チップ６０９における溶接面積$S_{c6}$、チップ出寸法$H_{c6}$、チップ／溶接部間距離$h_{c6}$、チップ断面積$A_{c6}$は、スパークプラグ１と同様に規定される。

[0096] この実施形態のスパークプラグ６０１の接地電極チップ６０８におけるチップ断面積$A_{g6}$は、接地電極チップ６０８の先端面が平面でないので、次のように規定する。すなわち、チップ断面積$A_{g6}$は、接地電極チップ６０８とこの接地電極チップ６０８に対向する中心電極チップ６０９との最短距離を結ぶ直線$KX_6$と前記接地電極チップ６０８との表面との交点を点$f_6$とし、前記直線$KX_6$と前記中心電極チップ６０９の表面との交点を$g_6$とし、接地電極チップ６０８において、点$f_6$から点$g_6$とは反対側方向に点$f_6$から０．２ｍｍの距離にあって、中心電極チップ６０９の先端面に対して平行となる平面$M_{g6}$と、前記接地電極チップ６０８の表面とで囲まれる部分の体積$V_6$と等しい体積$V_6$の高さ０．２ｍｍの円柱体を想定した場合における該円柱体の底面積である（図９（ｃ）参照。）。

[0097] なお、例えば前記接地電極チップ６０８が、その先端面は平面であるが接地電極チップ６０８の軸線に直交する方向における断面積が前記軸線に沿って変化する場合、例えば接地電極６０７に向かって拡径されるテーパ形状を有している場合にも、チップ断面積$A_{g6}$は接地電極チップ６０８の先端面の面積でなく、前述したチップ断面積$A_{g6}$と同様にしてチップ断面積が規定される。

[0098] （第２の発明）　この発明に係るスパークプラグは、中心電極と接地電極とを有し、この中心電極の一端と接地電極の一端とが間隙を介して対向するように配置され、この中心電極と接地電極との少なくとも一方に貴金属チップが設けられている。この発明に係るスパークプラグは、このような構成を有するスパークプラグであれば、その他の構成は特に限定されず、公知の種々の構成を採ることができる。この発明に係るスパークプラグは、図１に示されるスパークプラグ１における中心電極チップ９及び接地電極チップ８の組成に関する説明以外は、図１に示されるスパークプラグ１に関して説明した

構成と同様の構成を有している。

[0099] この発明に係るスパークプラグにおいては、接地電極チップ及び中心電極チップの少なくとも一方が下記のチップ材料で形成され、好ましくは、より高温に達する接地電極チップが下記のチップ材料で形成される。

[0100] これらの貴金属チップを形成するチップ材料は、Ｍｐ（Ｍｐは、Ｐｔ、又はＰｔとＰｄとからなる元素群であり、Ｐｄは貴金属チップの質量に対して２０質量%以下である。）、Ｃｕ、及びＭ（Ｍは、Ｒｈ、Ｉｒ、Ｒｕ、Ｒｅ、及びWからなる元素群から選ばれる少なくとも１種である。）を合計で９５質量%以上含有し、かつ、　前記Ｍｐ、Ｃｕ、Ｍの質量比（Ｍｐ，Ｃｕ，Ｍ）が各点Ａ（９７，３，０）、Ｂ（８０，３，１７）、Ｃ（７５，２５，０）、Ａ（９７，３，０）をこの順に結ぶ線分で囲まれた領域内（線上を含む。）にある。

[0101] 前記チップ材料におけるＭｐ、Ｃｕ、及びＭの含有率が９５質量%以上であり、図１０に示される、Ｍｐ、Ｃｕ、Ｍの三成分系組成図における三成分の質量比（Ｍｐ，Ｃｕ，Ｍ）が各点Ａ、Ｂ、Ｃ、Ａをこの順に結ぶ線分で囲まれた領域内（線上を含む。）にあり、さらに貴金属チップが下記に示す構造を有すると、耐消耗性、耐剥離性、及び耐チップ割れ性に優れた貴金属チップを備えたスパークプラグを提供することができる。すなわち、上述した第１の発明における貴金属チップの組成の範囲外であっても、特定の組成範囲にあり、かつ特定の構造を有する貴金属チップであれば、耐消耗性、耐剥離性、及び耐チップ割れ性に優れた貴金属チップを備えたスパークプラグを提供することができる。

[0102] 以下においては、貴金属チップが後述する特定の構造を有することを前提として、貴金属チップの組成による作用について説明する。

[0103] 前記チップ材料は、図１０に示す三成分系組成図において、Ｃｕが３質量%以上であることにより、特に５質量%以上であることにより、中心電極及び接地電極を形成する電極材料に用いられるＮｉ基合金とチップ材料との熱膨張係数の差が小さくなるので、耐剥離性に優れる。また、耐剥離性の向上に

効果的である材料として知られているＰｔ－Ｎｉ合金よりも融点の低下を抑えることができ、耐剥離性だけでなく耐火花消耗性にも優れる。さらに、結晶粒度が大きくなる傾向にあるＰｔ－Ｒｈ合金に比べて、このチップ材料は結晶粒度が大きくならず、またＰｔ－Ｉｒ合金に比べて内部酸化を抑えられるので、耐チップ割れ性にも優れる。

[0104] 三成分系組成図においてＣｕが３質量%未満であると、前記効果が得られない。三成分系組成図においてＣｕが２５質量%を超えると、酸化しやすいＣｕが増えるため、耐酸化性が低下する他、結晶粒界で内部酸化を引き起こし、チップ割れやチップ剥離が生じることがある。さらには、これらが原因で、熱伝導性が低下して耐消耗性に悪影響を及ぼすおそれがある。

[0105] 前記チップ材料がＭを含有すると、特に三成分系組成図においてＭが０．５質量%以上であると、Ｍは融点が高いので耐火花消耗性に優れるチップ材料となる。また、結晶粒度が細かくなるので、チップ内での割れに起因する結晶粒の脱落を抑制することができる。さらに、高強度となるので、製造工程中に治具と接触して衝撃を受けても貴金属チップの変形を抑制することができるので、耐衝撃性にも優れる。

[0106] ただし、三成分系組成図においてＭが１７質量%を超えると、脆化を引き起こすので、加工性の低下及び熱応力や内部腐食によるチップ割れを生じ易くなる。また、Ｍは熱膨張係数が小さいので、Ｍを多量に含有すると電極材料に用いられるＮｉ基合金とチップ材料との熱膨張係数の差が大きくなるので、耐剥離性に悪影響を及ぼす。したがって、三成分系組成図においてＭは１７質量%以下であり、８質量%以下であるのが好ましい。

[0107] 以上においてチップ材料におけるＣｕ及びＭの作用について述べたが、勿論チ

ップ材料における単独成分の質量割合の影響だけでなく、三成分（Ｍｐ、Ｃｕ、Ｍ）の質量比による影響が大きい。チップ材料がＣｕとＭとを合わせて所定割合以上含有している場合、すなわち三成分系組成図においてＣｕとＭとの質量割合が直線ＢＣを超えている場合には、耐剥離性、耐消耗性、耐チ

ップ割れ性の少なくとも１つが劣ってしまう。したがって、三成分系組成図においてＣｕとＭとの質量割合は直線ＢＣ以下であり、直線ＧＨ以下であるのが好ましい。

[0108] なお、ＭはＲｈ、Ｉｒ、Ｒｕ、Ｒｅ、及びWからなる元素群から選ばれる少なくとも１種である。Ｒｈ、Ｉｒ、Ｒｕ、Ｒｅ、及びWはいずれも融点が高く、スパッタリングしにくい。さらに、固溶強化によって強度が向上し、結晶粒を細かくできるので、これらの元素群から選ばれる少なくとも１種が三成分系組成図に示される範囲にあると、耐剥離性、耐消耗性、及び耐チップ割れ性に優れた貴金属チップを備えたスパークプラグを提供することができる。これらの元素群の中でもＲｈはこれらの元素群の中でもＲｈは自らが酸化して緻密な酸化皮膜を形成し、これがＣｕ等の酸化を抑制できるので、特に好ましい。

[0109] Ｍｐは、Ｐｔ、又はＰｔとＰｄとからなる元素群であり、Ｐｄは貴金属チップの質量に対して２０質量%以下である。Ｐｔは、耐酸化性、耐火花消耗性及び加工性に優れるので、チップ材料の主成分として優れている。また、ＰｄはＰｔと同様に耐酸化性に優れるだけでなく、熱膨張係数がＰｔよりも大きいので、特定量のＰｄを含有した方が耐剥離性において有利である。したがって、チップ材料からなる貴金属チップの全質量に対してＰｄが２０質量%以下である場合には、耐剥離性、耐消耗性、及び耐チップ割れ性に優れた貴金属チップを備えたスパークプラグを提供することができる。価格としてもＰｔより安価である。ただし、Ｐｄが２０質量%を超えると、チップ材料の融点が低下することにより耐消耗性が低下する。

[0110] チップ材料は、Ｎｉ、Ｃｏ、Ｆｅ、及びＭｎからなる元素群Ａ、及び／又は、Ｔｉ、Ｈｆ、Ｙ、及び希土類元素からなる元素群Ｂから選ばれる少なくとも１種を含み、前記元素群Ａの合計質量がチップ材料からなる貴金属チップの全質量に対して５質量%以下であり、前記元素群Ｂの合計質量がチップ材料からなる貴金属チップの全質量に対して１．５質量%以下であり、かつ、前記元素群Ａ及び前記元素群Ｂの合計質量がチップ材料からなる貴金属チッ

プの全質量に対して５質量%未満であるのが好ましい。

[0111] チップ材料における元素群Ａの合計質量が、０質量%を超え５質量%以下であると、耐剥離性及び耐チップ割れ性により一層優れる。元素群Ａは熱膨張係数が大きいので、電極材料の熱膨張係数との差が小さくなり、熱応力の発生を抑えることができること、及び結晶粒が細かくなるので耐チップ割れ性に有効である。

[0112] チップ材料における元素群Ｂの合計質量が、０質量%を超え１．５質量%以下、特に０．０１質量%以上１質量%以下であると、結晶粒が細かくなるので耐チップ割れ性に優れる。

[0113] チップ材料における元素群Ａ及び元素群Ｂの含有率が大きすぎると、融点が低下して耐消耗性が劣るおそれがある。したがって、元素群Ａ及び元素群Ｂの合計質量は貴金属チップに対して５質量%未満であるのが好ましい。

[0114] このチップ材料は、Ｍｐ、Ｃｕ、及びＭを合計で９５質量%以上と、所望によりＮｉ、Ｃｏ、Ｆｅ、及びＭｎからなる元素群Ａと、Ｔｉ、Ｈｆ、Ｙ、及び希土類元素からなる元素群Ｂとを実質的に含有する。これらの各成分は、前述した各成分の含有率の範囲内で、これら各成分と不可避不純物との合計が１００質量%になるように含有される。前記成分以外の成分、例えば、Ａｇ、Ｂ、Ｃａ、Ａｌ、Ｓｉ、Ｍｇが微量の不可避不純物として含有されることがある。これらの不可避不純物の含有量は少ない方が好ましいが、本願発明の目的を達成することができる範囲内で含有していてもよく、前述した成分の合計質量を１００質量部としたときに、前述した１種類の不可避不純物の割合は０．１質量部以下、含有される全種類の不可避不純物の合計割合は０．２質量部以下であるのがよい。

[0115] このチップ材料で形成されてなる貴金属チップに含まれる各成分の含有率は、第１の発明で説明したのと同様にして測定することができる。

[0116] 前記チップ材料で形成される貴金属チップの硬度は、１４０Ｈｖ以上であるのが好ましく、２００Ｈｖ以上であるのが特に好ましい。

[0117] 貴金属チップの硬度が前記範囲内であると、製造工程中にチップが治具に接

触しても、貴金属チップの変形を防止することができる。

[0118] 貴金属チップの硬度は第１の発明で説明したのと同様にして測定することができる。貴金属チップの硬度の調整もまた第１の発明で説明したのと同様にして行うことができる。

[0119] この発明に係るスパークプラグに設けられる貴金属チップは、以下に記載された、溶接面積Ｓ（$mm^2$）、チップ出寸法Ｈ（ｍｍ）、かぶり寸法Ｌ（ｍｍ）、及びチップ／溶接部間距離ｈ（ｍｍ）が、次の条件を満たす。（ａ）Ｈ≦０．１３Ｓ＋１．１８（ｂ）Ｓ≦５（ｃ）０．１≦ｈ、又は０．０３≦Ｌ

[0120] さらに、貴金属チップは、以下に規定するチップ断面積Ａ（$mm^2$）が、（ｄ）０．２≦Ａ≦１．８を満たすのが好ましい。

[0121] 前記貴金属チップにおける溶接面積Ｓとチップ出寸法Ｈとが（ａ）Ｈ≦０．１３Ｓ＋１．１８という関係を満たすと、耐消耗性に優れた貴金属チップを有するスパークプラグを提供することができる。貴金属チップの耐消耗性を向上させるためには、貴金属チップの熱引きを良好にするのが良い。溶接面積Ｓが小さいと貴金属チップと電極との接触面積が小さくなる結果、貴金属チップが受熱した熱を電極へ伝導させ難くなり、熱引きが悪くなるとこれまで考えられてきた。しかし、溶接面積Ｓだけでなくチップ出寸法Ｈも熱引きに影響を与えることを発明者らは見出した。すなわち、溶接面積Ｓが小さくてもチップ出寸法Ｈが所定値より小さければ、貴金属チップの過熱を抑えることができ、耐消耗性が良好になる。逆にチップ出寸法Ｈが大きくても溶接面積Ｓが大きければ熱引きが良好となるので過熱を抑えることができる。

[0122] 前記貴金属チップにおける溶接面積Ｓとかぶり寸法Ｌとチップ／溶接部間距離ｈとが（ｂ）Ｓ≦５、かつ（ｃ）０．１≦ｈ、又は０．０３≦Ｌという関係を満たすと、耐剥離性に優れた貴金属チップを有するスパークプラグを提供することができる。溶接面積Ｓが大きいと、貴金属チップを形成するチップ材料と電極を形成する電極材料との間の熱膨張係数の差により、特に貴金属チップの外周部に高い熱応力が発生することにより、貴金属チップが電極

から剥離し易くなる。したがって、溶接面積Ｓは５以下である。また、燃焼室内は気流の乱れが激しいので、かぶり寸法Ｌとチップ／溶接部間距離ｈとが前記範囲外であると、電極における貴金属チップの外周に近接する部分及び／又は溶接部に放電し易くなる。電極及び溶接部は貴金属チップよりも融点が低いので電極及び溶接部が消耗し易くなり、貴金属チップと電極及び溶接部との界面が抉れることにより耐剥離性が低下する。さらに、電極及び溶接部が消耗することにより、実質的に溶接面積Ｓが小さくなることによって耐消耗性にも悪影響を及ぼす。したがって、チップ／溶接部間距離ｈが０．１以上、又はかぶり寸法Ｌが０．０３以上である。

[0123] 前記貴金属チップにおけるチップ断面積Ａは、（ｄ）０．２≦Ａ≦１．８であるのが好ましく、チップ断面積Ａが前記範囲内にあると耐消耗性により一層優れる。

[0124] 第２の発明において規定される、前記溶接面積Ｓ、前記チップ出寸法Ｈ、前記かぶり寸法Ｌ、前記チップ／溶接部間距離ｈ、及び前記チップ断面積Ａは、第１の発明において図４～図９を参照しつつ説明したのと同様にして規定される。

[0125] 第２の発明に係るスパークプラグは、前記第１の発明に係るスパークプラグと同様にして製造することができる。

[0126] 第１及び第２の発明に係るスパークプラグは、自動車用の内燃機関例えばガソリンエンジン等の点火栓として使用され、内燃機関の燃焼室を区画形成するヘッド（図示せず）に設けられたネジ穴に前記ネジ部１０が螺合されて、所定の位置に固定される。この発明に係るスパークプラグは、如何なる内燃機関にも使用することができるが、耐剥離性、耐消耗性、及び耐チップ割れ性に優れた貴金属チップを備えているから、特に、過給機付内燃機関や高エネルギーコイルを用いた内燃機関に好適に使用されることができる。

[0127] 第１及び第２の発明に係るスパークプラグは、前記した実施例に限定されることはなく、本願発明の目的を達成することができる範囲において、種々の変更が可能である。例えば、前記スパークプラグ１は、中心電極チップ９及

び接地電極チップ８が共に前記チップ材料で形成されているが、この発明において、中心電極チップ９のみが前記チップ材料で形成されていてもよく、接地電極チップ８のみが前記チップ材料で形成されていてもよい。この発明に係るスパークプラグは、通常、中心電極よりも接地電極の方がより高温に曝されるため、少なくとも接地電極チップを前記チップ材料で形成するのが好ましい。

## 実施例

[0128] （第１の発明）＜耐消耗性及び耐チップ割れ性を評価するためのスパークプラグ試験体Ａの作製＞　表１～５に示す組成を有する合金を溶解して溶解材を調整し、この溶解材を熱間もしくは冷間で、圧延、鍛造、伸線、スエージングのいずれか一つ以上の工程を用いて線状の素材に加工した後に、これを長さ方向に切断して、円柱体の貴金属チップを製造した。

[0129] ＩＮＣ６０１を鋳造加工して中心電極と接地電極を製造した。棒状に形成された中心電極の先端面に、製造した中心電極用の貴金属チップを抵抗溶接後、さらにレーザ溶接して接合した（以下において、中心電極に接合された貴金属チップを中心電極チップと称する。）。また、略角柱状に形成した接地電極の先端部の周側面に、製造した接地電極用の貴金属チップを抵抗溶接後、さらにレーザ溶接をして接合した（以下において接地電極に接合された貴金属チップを接地電極チップと称する。）。なお、接地電極は１．６×３．０ｍｍの略角柱体であり、幅が３．０ｍｍである面に貴金属チップを接合した。

[0130] そして、公知の手法により、主体金具の一端面に貴金属チップが接合されていない接地電極の一端部を接合し、次いで、セラミックで形成された絶縁体に前記中心電極を組み付け、接地電極が接合された主体金具にこの絶縁体を組み付けた。そして、接地電極の先端部を中心電極側に折り曲げて、接地電極の一端が中心電極の先端部と対向するようにして、スパークプラグ試験体Ａを製造した。

[0131] なお、製造されたスパークプラグ試験体Ａのねじ径はＭ１４であり、中心電

極チップの先端面とこの中心電極チップに対向する接地電極チップの先端面との間の火花放電間隙は１．１ｍｍであった。また、中心電極チップ及び接地電極チップは共に、溶接面積Ｓが０．２ｍｍ$^2$、チップ出寸法Ｈが１．４ｍｍ、かぶり寸法Ｌが０ｍｍ、チップ／溶接部間距離ｈが１．０ｍｍ、チップ断面積Ａが０．２ｍｍ$^2$の円柱体であった。これらのスパークプラグ試験体は図４に示すスパークプラグ試験体と同様に、貴金属チップが円柱体であり、抵抗溶接及びレーザ溶接により電極に接合されている。このような貴金属チップの形状を、以下において円柱形状Ｉと称する。

[0132] 中心電極に接合された貴金属チップと接地電極に接合された貴金属チップの硬度を前述した方法で測定したところ、いずれも１４０Ｈｖ以上であった。中心電極と端子金具との間に設けられている抵抗体の抵抗値は、５ｋΩであった。

[0133] ＜耐剥離性を評価するためのスパークプラグ試験体Ｂの作製＞　接地電極チップがレーザ一溶接を行わずに抵抗溶接のみにより電極に接合され、接地電極チップの溶接面積

$S_g$が５．３ｍｍ$^2$、チップ出寸法$H_g$が０．２ｍｍ、かぶり寸法Ｌが０．０２ｍｍ、チップ／溶接部間距離$h_g$が０ｍｍ、チップ断面積が５．３ｍｍ$^2$の円柱体であったこと以外は、前記スパークプラグの試験体Ａと同様にして、スパークプラグ試験体Ｂを製造した。これらのスパークプラグ試験体は図５に示すスパークプラグ試験体と同様に、貴金属チップが円柱体であり、抵抗溶接のみにより電極に接合されている。このような貴金属チップの形状を、以下において円柱形状IIと称する。

[0134] また、中心電極に接合された貴金属チップと接地電極に接合された貴金属チップの硬度を前述した方法で測定したところ、いずれも１４０Ｈｖ以上であった。中心電極と端子金具との間に設けられている抵抗体の抵抗値は、５ｋΩであった。

[0135] ＜耐変形性を評価するためのスパークプラグ試験体Ｃの作製＞　表６に示す組成を有する接地電極チップを成形する際の加工率及び加工温度などの加工

条件、及び貴金属チップを接地電極に溶接する際の溶接条件を変えて、硬度の異なる接地電極チップを形成し、その接地電極チップの溶接面積$S_g$が０．４$mm^2$、チップ出寸法$H_g$が１ｍｍ、チップ／溶接部間距離$h_g$が０．６ｍｍ、チップ断面積$A_g$が０．４$mm^2$の円柱体であったたこと以外はスパークプラグ試験体Ａと同様にして、接地電極チップの硬度の異なるスパークプラグ試験体Ｃを製造した。このスパークプラグ試験体Ｃの接地電極チップの形状は円柱形状Ｉである。

[0136] ＜抵抗体の抵抗値による影響を評価するためのスパークプラグ試験体Ｄの作製＞　スパークプラグ試験体Ａのうち３つについて、抵抗体の原料の混合割合等を変化させて、抵抗体の抵抗値が１０ｋΩ又は１５ｋΩであるスパークプラグ試験体Ｄを製造した。

[0137] ＜評価方法＞

[0138] （耐久性試験の方法）　前述のように製造したスパークプラグ試験体Ａ、Ｂ、Ｄを過給機付の２０００ｃｃ、４気筒のエンジンに取り付け、スロットル全開状態でエンジン回転数６０００ｒｐｍの状態を３分間維持し、その後アイドリングをエンジン回転数９００ｒｐｍで行うというサイクルを３００時間繰り返した時点で、以下に記載する耐消耗性、耐チップ割れ性、及び耐剥離性の評価を行った。

[0139] ［耐消耗性の評価］　前記耐久性試験を３００時間継続前後のスパークプラグ試験体Ａ、Ｄにおける中心電極チップの先端面と接地電極チップの先端面との間隙をピンゲージにより測定し、前記間隙の広がり量を算出して、この広がり量を以下の基準に基づいて評価した。結果を表１～５、表７に示す。
×：０．２ｍｍ以上。　○：０．１５ｍｍ以上０．２ｍｍ未満。　◎：０．１２ｍｍ以上０．１５ｍｍ未満。　☆：０．１２ｍｍ未満。

[0140] ［耐チップ割れ性の評価］　前記耐久性試験を３００時間継続後のスパークプラグ試験体Ａについて、貴金属チップが接合された接地電極を切り出し、火花放電間隙に沿う方向からと、これに垂直な方向で貴金属チップの全周に亘る方向からとよりＳＥＭを用いて２５０倍で観察し、以下の基準に基づいて

評価した。結果を表１～５に示す。　×：貴金属チップの表面に割れが１０箇所以上観察されるか、又は結晶粒の脱落が観察される。　○：貴金属チップの表面に割れが１０箇所未満観察される。　◎：貴金属チップの表面に割れが観察されない。

[0141] ［耐剥離性の評価］　前記耐久性試験を３００時間継続後のスパークプラグ試験体Ｂについて、貴金属チップが接合された接地電極を切り出し、貴金属チップの中心を通り、接地電極の長手方向に平行な断面が得られるように切断して、この半断面を金属顕微鏡で観察して、酸化スケールの有無を調べた。

なお、酸化スケールは、金属顕微鏡で観察した場合に黒色に見える部分であり、貴金属チップと溶接部又は接地電極との界面が酸化又は剥離している部分である。図１１に示すように、前述した溶接面積における接地電極の長手方向距離（ａ）と、この判断面における接地電極の接合面１６、２１６、５１６、６１６に平行な方向の各酸化スケールの長さ（ｂ、ｃ、ｄ）を測定し、ａ値に対する各酸化スケールの合計長さ（ｂ＋ｃ＋ｄ）の割合を算出し、以下の基準に基づいて評価した。結果を表１～５に示す。　×：酸化スケールの割合が６０％以上。○：酸化スケールの割合が３０％以上６０％未満。◎：酸化スケールの割合が３０％未満。

[0142] （耐変形性試験の方法）　前述のように製造したスパークプラグ試験体Ｃについて、貴金属チップ８が接合された接地電極７を切り出し、図１２に示される装置に円柱形状の貴金属チップ８の先端面が上側になるように設置し、接地電極を設置する土台表面からの高さが５０ｍｍの位置から４５ｇの落下治具を落下させて貴金属チップ８に衝突させ、貴金属チップ８と落下治具との衝突方向の変形量を測定した。なお、貴金属チップ８は、貴金属チップ８の周側面から中心方向に０．２ｍｍまでの面が落下治具と衝突するように配置した。

[0143] ［耐変形性の評価］　前述のように製造したスパークプラグ試験体Ｃを、前述した耐変形性試験に供して前記貴金属チップの変形量を測定し、この測定値を以下の基準に基づいて評価した。結果を表６に示す。　×：２５０μｍ以

上。　○：２１０μｍ以上２５０μｍ未満。　◎：１８０μｍ以上２１０μｍ未満。　☆：１８０μｍ未満。

[0144] なお、スパークプラグ試験体の耐久性試験の結果を示す表１～５における総合評価は、以下の基準に基づいて評価した。　×：耐消耗性、耐チップ割れ性、耐剥離性の評価結果のうち少なくとも１つが×である。　○：耐消耗性、耐チップ割れ性、耐剥離性の評価結果がいずれも○である。　◎：耐消耗性、耐チップ割れ性、耐剥離性の評価結果のうち◎以上が１つある。　☆：耐消耗性、耐チップ割れ性、耐剥離性の評価結果のうち◎以上が２つある。　☆☆：耐消耗性、耐チップ割れ性、耐剥離性の評価結果がいずれも◎以上である。

[0145] また、表１及び表２に示す組成を有する接地電極チップのＰｔ、Ｃｕ、Ｒｈの質量比を図２に示した。図２では、表１及び表２における総合評価が「×」のときの質量比を「▲」、「○」及び「◎」のときの質量比を「●」で示した。なお、図２におけるＭｐがＰｔに、ＭがＲｈに対応する。

[0146]

[表1]

| No. | | 組成 （質量%） | | | | | 耐久性試験時の評価 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Pt | Cu | Rh | Ni | Ir | 耐消耗性 | 耐チップ割れ性 | 耐剥離性 | 総合評価 |
| 1 | 比較例 | 80.0 | 0.0 | 0.0 | 20.0 | – | × | ○ | ◎ | × |
| 2 | | 80.0 | 0.0 | 20.0 | – | – | ☆ | × | × | × |
| 3 | | 80.0 | 0.0 | 0.0 | – | 20.0 | ◎ | × | × | × |
| 4 | | 98.0 | 2.0 | 0.0 | – | – | ○ | ○ | × | × |
| 5 | | 93.0 | 2.0 | 5.0 | – | – | ☆ | ○ | × | × |
| 6 | | 88.0 | 2.0 | 10.0 | – | – | ☆ | ○ | × | × |
| 7 | | 83.0 | 2.0 | 15.0 | – | – | ☆ | ○ | × | × |
| 8 | | 79.0 | 3.0 | 18.0 | – | – | ☆ | × | × | × |
| 9 | | 75.0 | 5.0 | 20.0 | – | – | ☆ | × | × | × |
| 10 | | 77.0 | 7.0 | 16.0 | – | – | ☆ | × | × | × |
| 11 | | 76.0 | 14.0 | 10.0 | – | – | × | × | × | × |
| 12 | | 75.0 | 20.0 | 5.0 | – | – | × | × | ○ | × |
| 13 | | 73.0 | 27.0 | 0.0 | – | – | × | × | ○ | × |
| 14 | | 97.0 | 3.0 | 0.0 | – | – | ○ | ○ | × | × |
| 15 | | 92.0 | 3.0 | 5.0 | – | – | ☆ | ○ | × | × |
| 16 | | 85.0 | 3.0 | 12.0 | – | – | ☆ | ○ | × | × |
| 17 | | 82.0 | 3.0 | 15.0 | – | – | ☆ | ○ | × | × |
| 18 | | 80.0 | 3.0 | 17.0 | – | – | ☆ | ○ | × | × |
| 19 | | 96.0 | 4.0 | 0.0 | – | – | ○ | ○ | × | × |
| 20 | | 93.0 | 4.0 | 3.0 | – | – | ☆ | ○ | × | × |
| 21 | | 88.0 | 4.0 | 8.0 | – | – | ☆ | ○ | × | × |
| 22 | | 85.0 | 5.0 | 10.0 | – | – | ☆ | ○ | × | × |
| 23 | | 80.0 | 5.0 | 15.0 | – | – | ☆ | ○ | × | × |
| 24 | | 83.0 | 7.0 | 10.0 | – | – | ☆ | ○ | × | × |
| 25 | | 80.0 | 7.0 | 13.0 | – | – | ☆ | ○ | × | × |
| 26 | | 80.0 | 10.0 | 10.0 | – | – | ☆ | ○ | × | × |
| 27 | | 78.0 | 12.0 | 10.0 | – | – | ◎ | × | × | × |
| 28 | | 78.0 | 15.0 | 7.0 | – | – | ◎ | × | ○ | × |
| 29 | | 79.0 | 16.0 | 5.0 | – | – | ◎ | × | ○ | × |
| 30 | | 79.0 | 18.0 | 3.0 | – | – | ◎ | × | ○ | × |
| 31 | | 77.0 | 18.0 | 5.0 | – | – | ◎ | × | ○ | × |
| 32 | | 76.0 | 22.0 | 2.0 | – | – | ◎ | × | ○ | × |
| 33 | | 77.0 | 23.0 | 0.0 | – | – | ○ | × | ○ | × |
| 34 | | 75.0 | 25.0 | 0.0 | – | – | ○ | × | ○ | × |

[0147]

[表2]

| No. | | 組成（質量%） | | | | | 耐久性試験時の評価 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Pt | Cu | Rh | Ni | Ir | 耐消耗性 | 耐チップ割れ性 | 耐剥離性 | 総合評価 |
| 35 | 実施例 | 95.0 | 5.0 | 0.0 | - | - | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 36 | | 90.0 | 10.0 | 0.0 | - | - | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 37 | | 85.0 | 15.0 | 0.0 | - | - | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 38 | | 80.0 | 20.0 | 0.0 | - | - | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 39 | | 94.5 | 5.0 | 0.5 | - | - | ☆ | ○ | ○ | ◎ |
| 40 | | 92.0 | 5.0 | 3.0 | - | - | ☆ | ○ | ○ | ◎ |
| 41 | | 90.0 | 5.0 | 5.0 | - | - | ☆ | ○ | ○ | ◎ |
| 42 | | 87.0 | 5.0 | 8.0 | - | - | ☆ | ○ | ○ | ◎ |
| 43 | | 92.5 | 7.0 | 0.5 | - | - | ☆ | ○ | ○ | ◎ |
| 44 | | 90.0 | 7.0 | 3.0 | - | - | ☆ | ○ | ○ | ◎ |
| 45 | | 88.0 | 7.0 | 5.0 | - | - | ☆ | ○ | ○ | ◎ |
| 46 | | 85.0 | 7.0 | 8.0 | - | - | ☆ | ○ | ○ | ◎ |
| 47 | | 83.0 | 9.0 | 8.0 | - | - | ☆ | ○ | ○ | ◎ |
| 48 | | 89.5 | 10.0 | 0.5 | - | - | ☆ | ○ | ○ | ◎ |
| 49 | | 87.0 | 10.0 | 3.0 | - | - | ☆ | ○ | ○ | ◎ |
| 50 | | 85.0 | 10.0 | 5.0 | - | - | ☆ | ○ | ○ | ◎ |
| 51 | | 82.0 | 10.0 | 8.0 | - | - | ☆ | ○ | ○ | ◎ |
| 52 | | 87.5 | 12.0 | 0.5 | - | - | ☆ | ○ | ○ | ◎ |
| 53 | | 85.0 | 12.0 | 3.0 | - | - | ☆ | ○ | ○ | ◎ |
| 54 | | 80.0 | 12.0 | 8.0 | - | - | ☆ | ○ | ○ | ◎ |
| 55 | | 80.0 | 14.0 | 6.0 | - | - | ☆ | ○ | ○ | ◎ |
| 56 | | 84.5 | 15.0 | 0.5 | - | - | ☆ | ○ | ○ | ◎ |
| 57 | | 82.0 | 15.0 | 3.0 | - | - | ☆ | ○ | ○ | ◎ |
| 58 | | 80.0 | 15.0 | 5.0 | - | - | ☆ | ○ | ○ | ◎ |
| 59 | | 80.0 | 17.0 | 3.0 | - | - | ☆ | ○ | ○ | ◎ |
| 60 | | 80.0 | 18.0 | 2.0 | - | - | ☆ | ○ | ○ | ◎ |
| 61 | | 79.5 | 20.0 | 0.5 | - | - | ☆ | ○ | ○ | ◎ |

[0148]

[表3]

| No. | | 組成（質量%） | | | | | | | 耐久性試験時の評価 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Pt | Cu | Rh | Ir | Ru | Re | W | 耐消耗性 | 耐チップ割れ性 | 耐剥離性 | 総合評価 |
| 42 | 実施例 | 87.0 | 5.0 | 8.0 | | | | | ☆ | ○ | ○ | ◎ |
| 62 | | 87.0 | 5.0 | | 8.0 | | | | ◎ | ○ | ○ | ◎ |
| 63 | | 87.0 | 5.0 | | | 8.0 | | | ◎ | ○ | ○ | ◎ |
| 64 | | 87.0 | 5.0 | | | | 8.0 | | ◎ | ○ | ○ | ◎ |
| 65 | | 87.0 | 5.0 | 3.0 | 5.0 | | | | ◎ | ○ | ○ | ◎ |
| 66 | | 87.0 | 5.0 | 3.0 | 3.0 | 2.0 | | | ◎ | ○ | ○ | ◎ |
| 50 | | 85.0 | 10.0 | 5.0 | | | | | ☆ | ○ | ○ | ◎ |
| 67 | | 85.0 | 10.0 | | 5.0 | | | | ◎ | ○ | ○ | ◎ |
| 68 | | 85.0 | 10.0 | | | | | 5.0 | ◎ | ○ | ○ | ◎ |
| 69 | | 85.0 | 10.0 | 2.0 | 3.0 | | | | ◎ | ○ | ○ | ◎ |

[0149] [表4]

| No. | | 組成（質量%） | | | | 耐久性試験時の評価 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Pt | Cu | Rh | Pd | 耐消耗性 | 耐チップ割れ性 | 耐剥離性 | 総合評価 |
| 38 | 実施例 | 80.0 | 20.0 | | | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 70 | | 70.0 | 20.0 | | 10.0 | ○ | ○ | ◎ | ◎ |
| 71 | | 60.0 | 20.0 | | 20.0 | ○ | ○ | ◎ | ◎ |
| 72 | 比較例 | 50.0 | 20.0 | | 30.0 | × | ○ | ◎ | × |

[0150] [表5]

| No. | | 組成（質量%） | | | | | | | | | | | 耐久性試験時の評価 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Pt | Cu | Rh | Ir | Ni | Co | Mn | Hf | Ti | Y | La | 耐消耗性 | 耐チップ割れ性 | 耐剥離性 | 総合評価 |
| 35 | 実施例 | 95.0 | 5.0 | | | | | | | | | | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 73 | | 90.0 | 5.0 | | | 5.0 | | | | | | | ○ | ◎ | ◎ | ☆ |
| 74 | | 90.0 | 5.0 | | | | 5.0 | | | | | | ○ | ◎ | ◎ | ☆ |
| 75 | | 90.0 | 5.0 | | | | | 5.0 | | | | | ○ | ◎ | ◎ | ☆ |
| 76 | 比較例 | 89.0 | 5.0 | | | 6.0 | | | | | | | × | ○ | ◎ | × |
| 46 | 実施例 | 85.0 | 7.0 | 8.0 | | | | | | | | | ☆ | ○ | ○ | ◎ |
| 77 | | 83.5 | 7.0 | 8.0 | | | | | 1.5 | | | | ☆ | ◎ | ○ | ☆ |
| 78 | | 83.5 | 7.0 | 8.0 | | | | | | 1.5 | | | ☆ | ◎ | ○ | ☆ |
| 79 | | 83.5 | 7.0 | 8.0 | | | | | | | 1.5 | | ☆ | ◎ | ○ | ☆ |
| 80 | | 83.0 | 7.0 | 8.0 | | | | | | 2.0 | | | ◎ | ◎ | ○ | ☆ |
| 81 | | 83.0 | 7.0 | 8.0 | | | | | | | 2.0 | | ◎ | ◎ | ○ | ☆ |
| 36 | | 90.0 | 10.0 | | | | | | | | | | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 82 | | 85.0 | 10.0 | | | 3.5 | | | | | | 1.5 | ○ | ◎ | ◎ | ☆ |
| 83 | 比較例 | 84.5 | 10.0 | | | 3.5 | | | | | | 2.0 | × | × | ◎ | × |

[0151] [表6]

| No. | | 組成 （質量%） | | | | 評価 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Pt | Cu | Rh | Ir | 硬度 | 耐変形性 |
| 84 | 比較例 | 80.0 | | 20.0 | | 210 | × |
| 85 | 実施例 | 95.0 | 5.0 | | | 135 | ○ |
| 86 | | 95.0 | 5.0 | | | 140 | ◎ |
| 87 | | 90.0 | 10.0 | | | 100 | ○ |
| 88 | | 90.0 | 10.0 | | | 140 | ◎ |
| 89 | | 89.5 | 10.0 | 0.5 | | 130 | ○ |
| 90 | | 89.5 | 10.0 | 0.5 | | 140 | ◎ |
| 91 | | 89.5 | 10.0 | 0.5 | | 200 | ☆ |
| 92 | | 85.0 | 10.0 | 5.0 | | 185 | ◎ |
| 93 | | 85.0 | 10.0 | 5.0 | | 200 | ☆ |
| 94 | | 85.0 | 10.0 | | 5.0 | 210 | ☆ |

[0152] [表7]

| No. | | 組成 （質量%） | | | | 抵抗値 | 評価 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Pt | Cu | Rh | Ni | （kΩ） | 耐消耗性 |
| 1 | 比較例 | 80.0 | | | 20.0 | 5 | × |
| 95 | | 80.0 | | | 20.0 | 10 | × |
| 96 | | 80.0 | | | 20.0 | 15 | ○ |
| 35 | 実施例 | 95.0 | 5.0 | | | 5 | ○ |
| 97 | | 95.0 | 5.0 | | | 10 | ○ |
| 98 | | 95.0 | 5.0 | | | 15 | ◎ |
| 50 | | 85.0 | 10.0 | 5.0 | | 5 | ☆ |
| 99 | | 85.0 | 10.0 | 5.0 | | 10 | ☆ |
| 100 | | 85.0 | 10.0 | 5.0 | | 15 | ☆ |

[0153] 第１の発明の範囲に含まれる貴金属チップを備えたスパークプラグは、表２～表７に示されるように、耐消耗性、耐剥離性、及び耐チップ割れ性に優れていた。

[0154] 一方、第１の発明の範囲外にある貴金属チップを備えたスパークプラグは、表１及び表４～７に示されるように、耐消耗性、耐剥離性、及び耐チップ割れ性の少なくとも１つの特性が劣っていた。

[0155] 表３に示されるように、貴金属チップがＲｈ、Ｉｒ、Ｒｕ、Ｒｅ、及びWのうちのいずれの元素を含有していても、同様の性能を有する貴金属チップが

得られた。表４に示されるように、ＰｔとＣｕとを含有する貴金属チップを備えたスパークプラグ（Ｎｏ．３８）に比べて、ＰｔとＣｕとＰｄとを含有する貴金属チップを備えたスパークプラグ（Ｎｏ．７０、７１）は、耐剥離性に優れていた。表５に示されるように、Ｎｉ、Ｃｏ、Ｍｎの少なくとも１つを含有するスパークプラグ（Ｎｏ．７３～７５、８２）は、これらの元素を含有しないスパークプラグ（Ｎｏ．３５、３６）に比べて耐剥離性及び耐チップ割れ性により一層優れていた。また、Ｈｆ、Ｔｉ、Ｙ、Ｌａのいずれかを含有するスパークプラグ（Ｎｏ．７７～８２）は、これらの元素を含有しないスパークプラグ（Ｎｏ．３５、４６、３６）に比べて、耐チップ割れ性により一層優れていた。

[0156] 表６に示されるように、この発明の範囲に含まれる貴金属チップを備えたスパークプラグは、貴金属チップの硬度が１４０Ｈｖ以上、特に２００Ｈｖ以上であると耐変形性により一層優れていた。表７に示されるように、この発明の範囲に含まれる貴金属チップを備えてなるスパークプラグは、抵抗体の抵抗値が１０ｋΩ以下であっても耐消耗性に優れていた。

[0157] （第２の発明）＜耐消耗性及び耐チップ割れ性を評価するためのスパークプラグ試験体Ｅの作製＞　表８～１２に示す組成を有する貴金属チップにおいて、接地電極チップのチップ出寸法Ｈが１．２ｍｍ、チップ／溶接部間距離ｈが０．８ｍｍであったこと以外は、前記スパークプラグ試験体Ａと同様にしてスパークプラグ試験体Ｅを製造した。このスパークプラグ試験体Ｅの貴金属チップの形状は円柱形状Ｉである。

[0158] また、中心電極チップと接地電極チップの硬度を前述した方法で測定したところ、いずれも１４０Ｈｖ以上であった。中心電極と端子金具との間に設けられている抵抗体の抵抗値は、５ｋΩであった。

[0159] ＜耐剥離性を評価するためのスパークプラグ試験体Ｆの作製＞　表８～１２に示す組成を有する貴金属チップにおいて、接地電極チップの溶接面積Ｓが５ｍｍ$^2$、かぶり寸法Ｌが０．０３ｍｍ、チップ断面積Ａが５ｍｍ$^2$であったこと以外は、前記スパークプラグ試験体Ｂと同様にしてスパークプラグ試験

体Ｆを製造した。このスパークプラグ試験体Ｆの
中心電極チップの形状は円柱形状Ｉ、接地電極チップの形状は円柱形状IIである。

[0160] ＜スパークプラグ試験体Ｇの作製＞　表１３に示す組成を有する貴金属チップにおいて、接地電極チップの径及び高さを変えることにより、溶接面積$S_g$及びチップ出寸法$H_g$を変化させたこと以外は、スパークプラグ試験体Ｅと同様にしてスパークプラグ試験体Ｇを製造した。このスパークプラグ試験体Ｇの接地電極チップの形状は円柱形状Ｉである。　なお、表１３においてＰｔ－１８Ｃｕ－５Ｒｈで示される記号は、貴金属チップがＰｔを７７質量%、Ｃｕを１８質量%、Ｒｈを５質量%含有することを示す。以下において示される同様の記号も同様の意味である。

[0161] ＜スパークプラグ試験体Ｈの作製＞　表１４に示す組成を有する貴金属チップにおいて、接地電極チップの溶接面積$S_g$及びチップ出寸法$H_g$を固定したまま、接地電極チップの形状を変化させたこと以外は、スパークプラグ試験体Ｅと同様にしてスパークプラグ試験体Ｈを製造した。　なお、表１４に示される貴金属チップの形状について、突出形状は図６及び７に示される接地電極チップと同様の形状であり、角チップ形状は図８に示される接地電極チップと同様の形状であり、半球形状は図９に示される接地電極チップと同様の形状である。

[0162] ＜スパークプラグ試験体Ｉの作製＞　表１５に示す組成を有する接地電極チップにおいて、接地電極チップの径及び溶接条件を変えることにより、溶接面積$S_g$を変化させたこと以外は、スパークプラグ試験体Ｆと同様にしてスパークプラグ試験体Ｉを製造した。なお、かぶり寸法Ｌは０ｍｍ、チップ／溶接部間距離$h_g$は０．１ｍｍであった。

[0163] ＜スパークプラグ試験体Ｊの作製＞　表１６に示す組成を有する接地電極チップにおいて、接地電極チップの径及び溶接条件を変えることにより、かぶり寸法Ｌ、チップ／溶接部間距離$h_g$を変化させたこと以外は、スパークプラグ試験体Ｆと同様にしてスパークプラグ試験体Ｉを製造した。

[0164] ＜スパークプラグ試験体Ｋの作製＞　表１７に示す組成を有する接地電極チップにおいて、溶接面積$S_g$、かぶり寸法Ｌ及びチップ／溶接部間距離$h_g$を固定したまま、接地電極チップの形状を変化させたこと以外は、スパークプラグ試験体Ｆと同様にしてスパークプラグ試験体Ｈを製造した。

[0165] ＜耐変形性を評価するためのスパークプラグ試験体Ｌの作製＞　表１８に示す組成を有する接地電極チップを成形する際の加工率及び加工温度などの加工条件、及び貴金属チップを接地電極に溶接する際の溶接条件を変えて、硬度の異なる接地電極チップを形成し、その接地電極チップの溶接面積$S_g$が０．４$mm^2$、チップ出寸法$H_g$が１ｍｍ、チップ／溶接部間距離$h_g$が０．６ｍｍ、チップ断面積$A_g$が０．４$mm^2$の円柱体であったたこと以外はスパークプラグ試験体Ｅと同様にして、接地電極チップの硬度の異なるスパークプラグ試験体Ｌを製造した。このスパークプラグ試験体Ｌの接地電極チップの形状は円柱形状Ｉである。

[0166] ＜抵抗体の抵抗値による影響を評価するためのスパークプラグ試験体Ｍの作製＞　スパークプラグ試験体Ｅのうち２つについて、抵抗体の原料の混合割合等を変化させて、抵抗体の抵抗値を１０ｋΩ又は１５ｋΩにしたスパークプラグ試験体Ｍを製造した。

[0167] ＜評価方法＞　前述のように製造したスパークプラグ試験体について、第１の発明における評価方法と同様にして試験を行い、評価した。また、スパークプラグ試験体の耐久性試験の結果を示す表８～１２における総合評価もまた、第１の発明において記載した基準にしたがって評価した。結果を表８～１９及び図１３に示す。

[0168] また、表８及び表９に示す組成を有する接地電極チップのＰｔ、Ｃｕ、Ｒｈの質量比を図１０に示した。図１０では、表８及び表９における総合評価が「×」のときの質量比を「▲」、「◎」のときの質量比を「◆」、「☆」及び「☆☆」のときの質量比を「●」で示した。なお、図１０におけるＭｐがＰｔに、ＭがＲｈに対応する。

[0169]

[表8]

| No. | | 組成（質量%） | | | | | 耐久性試験時の評価 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Pt | Cu | Rh | Ni | Ir | 耐消耗性 | 耐チップ割れ性 | 耐剥離性 | 総合評価 |
| 100 | 比較例 | 80.0 | 0.0 | 0.0 | 20.0 | − | × | ○ | ◎ | × |
| 101 | | 80.0 | 0.0 | 20.0 | − | − | ☆ | × | × | × |
| 102 | | 80.0 | 0.0 | 0.0 | − | 20.0 | ◎ | × | × | × |
| 103 | | 98.0 | 2.0 | 0.0 | − | − | ◎ | ○ | × | × |
| 104 | | 93.0 | 2.0 | 5.0 | − | − | ☆ | ○ | × | × |
| 105 | | 88.0 | 2.0 | 10.0 | − | − | ☆ | ○ | × | × |
| 106 | | 83.0 | 2.0 | 15.0 | − | − | ☆ | ○ | × | × |
| 107 | | 79.0 | 3.0 | 18.0 | − | − | ☆ | × | × | × |
| 108 | | 75.0 | 5.0 | 20.0 | − | − | ☆ | × | × | × |
| 109 | | 77.0 | 7.0 | 16.0 | − | − | ☆ | × | × | × |
| 110 | | 76.0 | 14.0 | 10.0 | − | − | × | × | ○ | × |
| 111 | | 75.0 | 20.0 | 5.0 | − | − | × | × | ○ | × |
| 112 | | 73.0 | 27.0 | 0.0 | − | − | × | × | ○ | × |

[0170]

[表9]

| No. | | 組成（質量%） | | | | | 耐久性試験時の評価 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Pt | Cu | Rh | Ni | Ir | 耐消耗性 | 耐チップ割れ性 | 耐剥離性 | 総合評価 |
| 113 | 実施例 | 97.0 | 3.0 | 0.0 | – | – | ◎ | ○ | ○ | ◎ |
| 114 | | 92.0 | 3.0 | 5.0 | – | – | ☆ | ○ | ○ | ◎ |
| 115 | | 85.0 | 3.0 | 12.0 | – | – | ☆ | ○ | ○ | ◎ |
| 116 | | 82.0 | 3.0 | 15.0 | – | – | ☆ | ○ | ○ | ◎ |
| 117 | | 80.0 | 3.0 | 17.0 | – | – | ☆ | ○ | ○ | ◎ |
| 118 | | 96.0 | 4.0 | 0.0 | – | – | ◎ | ○ | ○ | ◎ |
| 119 | | 93.0 | 4.0 | 3.0 | – | – | ☆ | ○ | ○ | ◎ |
| 120 | | 88.0 | 4.0 | 8.0 | – | – | ☆ | ○ | ○ | ◎ |
| 121 | | 85.0 | 5.0 | 10.0 | – | – | ☆ | ○ | ○ | ◎ |
| 122 | | 80.0 | 5.0 | 15.0 | – | – | ☆ | ○ | ○ | ◎ |
| 123 | | 83.0 | 7.0 | 10.0 | – | – | ☆ | ○ | ○ | ◎ |
| 124 | | 80.0 | 7.0 | 13.0 | – | – | ☆ | ○ | ○ | ◎ |
| 125 | | 80.0 | 10.0 | 10.0 | – | – | ☆ | ○ | ○ | ◎ |
| 126 | | 78.0 | 12.0 | 10.0 | – | – | ☆ | ○ | ○ | ◎ |
| 127 | | 78.0 | 15.0 | 7.0 | – | – | ☆ | ○ | ○ | ◎ |
| 128 | | 79.0 | 16.0 | 5.0 | – | – | ☆ | ○ | ○ | ◎ |
| 129 | | 79.0 | 18.0 | 3.0 | – | – | ☆ | ○ | ○ | ◎ |
| 130 | | 77.0 | 18.0 | 5.0 | – | – | ☆ | ○ | ○ | ◎ |
| 131 | | 76.0 | 22.0 | 2.0 | – | – | ☆ | ○ | ○ | ◎ |
| 132 | | 77.0 | 23.0 | 0.0 | – | – | ◎ | ○ | ○ | ◎ |
| 133 | | 75.0 | 25.0 | 0.0 | – | – | ◎ | ○ | ○ | ◎ |
| 134 | | 95.0 | 5.0 | 0.0 | – | – | ◎ | ○ | ◎ | ☆ |
| 135 | | 90.0 | 10.0 | 0.0 | – | – | ◎ | ○ | ◎ | ☆ |
| 136 | | 85.0 | 15.0 | 0.0 | – | – | ◎ | ○ | ◎ | ☆ |
| 137 | | 80.0 | 20.0 | 0.0 | – | – | ◎ | ○ | ◎ | ☆ |
| 138 | | 94.5 | 5.0 | 0.5 | – | – | ☆ | ◎ | ◎ | ☆☆ |
| 139 | | 92.0 | 5.0 | 3.0 | – | – | ☆ | ◎ | ◎ | ☆☆ |
| 140 | | 90.0 | 5.0 | 5.0 | – | – | ☆ | ◎ | ◎ | ☆☆ |
| 141 | | 87.0 | 5.0 | 8.0 | – | – | ☆ | ◎ | ◎ | ☆☆ |
| 142 | | 92.5 | 7.0 | 0.5 | – | – | ☆ | ◎ | ◎ | ☆☆ |
| 143 | | 90.0 | 7.0 | 3.0 | – | – | ☆ | ◎ | ◎ | ☆☆ |
| 144 | | 88.0 | 7.0 | 5.0 | – | – | ☆ | ◎ | ◎ | ☆☆ |
| 145 | | 85.0 | 7.0 | 8.0 | – | – | ☆ | ◎ | ◎ | ☆☆ |
| 146 | | 83.0 | 9.0 | 8.0 | – | – | ☆ | ◎ | ◎ | ☆☆ |
| 147 | | 89.5 | 10.0 | 0.5 | – | – | ☆ | ◎ | ◎ | ☆☆ |
| 148 | | 87.0 | 10.0 | 3.0 | – | – | ☆ | ◎ | ◎ | ☆☆ |
| 149 | | 85.0 | 10.0 | 5.0 | – | – | ☆ | ◎ | ◎ | ☆☆ |
| 150 | | 82.0 | 10.0 | 8.0 | – | – | ☆ | ◎ | ◎ | ☆☆ |
| 151 | | 87.5 | 12.0 | 0.5 | – | – | ☆ | ◎ | ◎ | ☆☆ |
| 152 | | 85.0 | 12.0 | 3.0 | – | – | ☆ | ◎ | ◎ | ☆☆ |
| 153 | | 80.0 | 12.0 | 8.0 | – | – | ☆ | ◎ | ◎ | ☆☆ |
| 154 | | 80.0 | 14.0 | 6.0 | – | – | ☆ | ◎ | ◎ | ☆☆ |
| 155 | | 84.5 | 15.0 | 0.5 | – | – | ☆ | ◎ | ◎ | ☆☆ |
| 156 | | 82.0 | 15.0 | 3.0 | – | – | ☆ | ◎ | ◎ | ☆☆ |
| 157 | | 80.0 | 15.0 | 5.0 | – | – | ☆ | ◎ | ◎ | ☆☆ |
| 158 | | 80.0 | 17.0 | 3.0 | – | – | ☆ | ◎ | ◎ | ☆☆ |
| 159 | | 80.0 | 18.0 | 2.0 | – | – | ☆ | ◎ | ◎ | ☆☆ |
| 160 | | 79.5 | 20.0 | 0.5 | – | – | ☆ | ◎ | ◎ | ☆☆ |

[0171] [表10]

| | | 組成（質量%） | | | | | 耐久性試験時の評価 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Pt | Cu | Rh | Ir | Ru | 耐消耗性 | 耐チップ割れ性 | 耐剥離性 | 総合評価 |
| 114 | 実施例 | 92.0 | 3.0 | 5.0 | | | ☆ | ○ | ○ | ◎ |
| 161 | | 92.0 | 3.0 | | 5.0 | | ◎ | ○ | ○ | ◎ |
| 162 | | 90.0 | 5.0 | 2.0 | 3.0 | | ◎ | ○ | ○ | ◎ |
| 140 | | 90.0 | 5.0 | 5.0 | | | ☆ | ◎ | ◎ | ☆☆ |
| 163 | | 90.0 | 5.0 | | 2.0 | 3.0 | ◎ | ◎ | ◎ | ☆☆ |

[0172] [表11]

| No. | | 組成（質量%） | | | | 耐久性試験時の評価 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Pt | Cu | Rh | Pd | 耐消耗性 | 耐チップ割れ性 | 耐剥離性 | 総合評価 |
| 121 | 実施例 | 85.0 | 5.0 | 10.0 | | ☆ | ○ | ○ | ◎ |
| 164 | | 65.0 | 5.0 | 10.0 | 20.0 | ☆ | ○ | ◎ | ☆ |

[0173] [表12]

| No. | | 組成（質量%） | | | | | | | 耐久性試験時の評価 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Pt | Cu | Rh | Ni | Co | Ti | La | 耐消耗性 | 耐チップ割れ性 | 耐剥離性 | 総合評価 |
| 127 | 実施例 | 78.0 | 15.0 | 7.0 | | | | | ☆ | ○ | ○ | ◎ |
| 165 | | 73.0 | 15.0 | 7.0 | | 5.0 | | | ☆ | ○ | ◎ | ☆ |
| 166 | 比較例 | 72.0 | 15.0 | 7.0 | | 6.0 | | | ◎ | × | ○ | × |
| 114 | 実施例 | 92.0 | 3.0 | 5.0 | | | | | ☆ | ○ | ○ | ◎ |
| 167 | | 90.5 | 3.0 | 5.0 | | | 1.5 | | ☆ | ◎ | ○ | ☆ |
| 168 | | 90.0 | 3.0 | 5.0 | | | 2.0 | | ◎ | ○ | ○ | ◎ |
| 120 | | 88.0 | 4.0 | 8.0 | | | | | ☆ | ○ | ○ | ◎ |
| 169 | | 83.0 | 4.0 | 8.0 | 3.5 | | | 1.5 | ☆ | ◎ | ◎ | ☆☆ |
| 170 | 比較例 | 82.5 | 4.0 | 8.0 | 3.5 | | | 2.0 | × | ○ | ○ | × |

[0174]

[表13]

| No. | | 組成（質量%） | | Pt-18Cu-5Rh | | Pt-20Cu | | Pt-20Cu-0.5Rh | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | S ($mm^2$) | H (mm) | 耐久性試験時の評価 | | | | | |
| | | | | 耐消耗性 | 耐チップ割れ性 | 耐消耗性 | 耐チップ割れ性 | 耐消耗性 | 耐チップ割れ性 |
| 180 | 実施例 | 0.2 | 0.15 | ☆ | ○ | ◎ | ○ | ☆ | ◎ |
| 181 | | 0.2 | 1.20 | ☆ | ○ | ◎ | ○ | ☆ | ◎ |
| 182 | 比較例 | 0.2 | 1.40 | ◎ | × | ○ | ○ | ☆ | ○ |
| 183 | 実施例 | 0.8 | 0.20 | ☆ | ○ | ◎ | ○ | ☆ | ◎ |
| 184 | 比較例 | 0.8 | 1.50 | ◎ | × | ○ | ○ | ☆ | ○ |
| 185 | 実施例 | 1.4 | 1.30 | ☆ | ○ | ◎ | ○ | ☆ | ◎ |
| 186 | 比較例 | 2.1 | 1.70 | ◎ | × | ○ | ○ | ☆ | ○ |
| 187 | | 2.8 | 0.20 | ☆ | ○ | ◎ | ○ | ☆ | ◎ |
| 188 | 実施例 | 2.8 | 1.00 | ☆ | ○ | ◎ | ○ | ☆ | ◎ |
| 189 | | 2.8 | 1.50 | ☆ | ○ | ◎ | ○ | ☆ | ◎ |
| 190 | 比較例 | 2.8 | 1.80 | ◎ | × | ○ | ○ | ☆ | ○ |
| 191 | 実施例 | 4.0 | 1.60 | ☆ | ○ | ◎ | ○ | ☆ | ◎ |
| 192 | 比較例 | 5.0 | 2.10 | ◎ | × | ○ | ○ | ☆ | ○ |
| 193 | | 5.0 | 0.20 | ☆ | ○ | ◎ | ○ | ☆ | ◎ |
| 194 | 実施例 | 5.0 | 1.00 | ☆ | ○ | ◎ | ○ | ☆ | ◎ |
| 195 | | 5.0 | 1.80 | ☆ | ○ | ◎ | ○ | ☆ | ◎ |

[0175] [表14]

| No. | 組成(質量%) | | | Pt−18Cu−5Rh | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 溶接方法 | | | 抵抗＋レーザー | | 抵抗 | | レーザー | | 抵抗 | | レーザー | | |
| | 接地電極チップの形状 | | | 円柱形状I | | 円柱形状II | | 突出形状 | | 角チップ形状 | | 半球形状 | | |
| | | S ($mm^2$) | H (mm) | 耐久性試験時の評価 | | | | | | | | | | |
| | | | | 耐消耗性 | 耐チップ割れ性 | 耐消耗性 | 耐チップ割れ性 | 耐消耗性 | 耐チップ割れ性 | 耐消耗性 | 耐チップ割れ性 | 耐消耗性 | 耐チップ割れ性 | 総合評価 |
| 196 | 実施例 | 0.2 | 1.20 | ☆ | ○ | ☆ | ○ | ☆ | ○ | ◎ | ○ | ◎ | ○ | ○ |
| 197 | 比較例 | 0.2 | 1.40 | ◎ | × | ◎ | × | ◎ | × | ○ | × | ○ | × | × |

[0176] [表15]

| No. | | 組成（質量%） | Pt-3Cu-17Rh | Pt-5Cu | Pt-5Cu-8Rh |
|---|---|---|---|---|---|
| | | S ($mm^2$) | 耐久性試験時の評価 | | |
| | | | 耐剥離性 | | |
| 198 | 実施例 | 0.3 | ○ | ◎ | ◎ |
| 199 | | 0.9 | ○ | ◎ | ◎ |
| 200 | | 2.5 | ○ | ◎ | ◎ |
| 201 | | 5.0 | ○ | ◎ | ◎ |
| 202 | 比較例 | 5.3 | × | ○ | ○ |

[0177]

[表16]

| No. | | 組成（質量%） | | Pt-3Cu-17Rh | Pt-5Cu | Pt-5Cu-8Rh |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | L (mm) | h (mm) | 耐久性試験時の評価 | | |
| | | | | 耐剥離性 | | |
| 203 | 実施例 | 0.05 | 0 | ○ | ◎ | ◎ |
| 204 | | 0.03 | 0 | ○ | ◎ | ◎ |
| 205 | 比較例 | 0 | 0 | × | ○ | ○ |
| 206 | 実施例 | 0 | 0.2 | ○ | ◎ | ◎ |
| 207 | | 0 | 0.1 | ○ | ◎ | ◎ |
| 208 | 比較例 | 0 | 0 | × | ○ | ○ |

[0178] [表17]

| No. | | 組成（質量%） | | | Pt-3Cu-17Rh | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 溶接方法 | | | 抵抗＋レーザー | 抵抗 | レーザー | 抵抗 | 抵抗＋レーザー |
| | | 接地電極チップの形状 | | | 円柱形状I | 円柱形状II | 突出形状 | 角チップ形状 | 半球形状 |
| | | S ($mm^2$) | L (mm) | h (mm) | 耐久性試験時の評価 | | | | |
| | | | | | 耐剥離性 | | | | |
| 209 | 実施例 | 5.0 | 0 | 0.1 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 210 | 比較例 | 5.0 | 0 | 0 | × | × | × | × | × |
| 211 | 実施例 | 5.0 | 0.03 | 0 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 212 | 比較例 | 5.2 | 0.03 | 0 | × | × | × | × | × |

[0179] [表18]

| No. | | 組成 （質量%） | | | 評価 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Pt | Cu | Rh | 硬度 | 耐変形性 |
| 213 | 比較例 | 80.0 | 0 | 20.0 | 210 | × |
| 214 | 実施例 | 92.0 | 3.0 | 5.0 | 120 | ○ |
| 215 | | 92.0 | 3.0 | 5.0 | 145 | ◎ |
| 216 | | 88.0 | 4.0 | 8.0 | 180 | ◎ |
| 217 | | 88.0 | 4.0 | 8.0 | 200 | ☆ |

[0180] [表19]

| No. | | 組成 （質量%） | | | | 抵抗値 (kΩ) | 耐久性試験時の評価 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Pt | Cu | Rh | Ni | | 耐消耗性 |
| 100 | 比較例 | 80.0 | 0 | 0 | 20.0 | 5 | × |
| 218 | | 80.0 | 0 | 0 | 20.0 | 10 | × |
| 219 | | 80.0 | 0 | 0 | 20.0 | 15 | ○ |
| 130 | 実施例 | 77.0 | 18.0 | 5.0 | 0 | 5 | ☆ |
| 220 | | 77.0 | 18.0 | 5.0 | 0 | 10 | ☆ |
| 221 | | 77.0 | 18.0 | 5.0 | 0 | 15 | ☆ |

[0181] 第２の発明の範囲に含まれる貴金属チップを備えたスパークプラグは、表９～表１９に示されるように、耐消耗性、耐剥離性、及び耐チップ割れ性に優れていた。

[0182] 一方、本願発明の範囲外にある貴金属チップを備えたスパークプラグは、表８、１２～１９に示されるように、耐消耗性、耐剥離性、及び耐チップ割れ性の少なくとも１つの特性が劣っていた。

[0183] 表１０に示されるように、貴金属チップがＲｈ、Ｉｒ、及びＲｕのうちのいずれの元素を含有していても、同様の性能を有する貴金属チップが得られた。表１１に示されるように、ＰｔとＣｕとＲｈとを含有する貴金属チップを備えたスパークプラグ（Ｎｏ．１２１）と、ＰｔとＣｕとＲｈとＰｄとを含有する貴金属チップを備えたスパークプラグ（Ｎｏ．１６４）とは、いずれも同様の性能を有する貴金属チップが得られた。表１２に示されるように、Ｎｉ、Ｃｏ、Ｔｉ、及びＬａの少なくとも１つを合計で５質量%以下含有するスパークプラグは、これらの元素を含有しないスパークプラグ及びこれらの元素を合計で５質量%を超えて含有するスパークプラグに比べて耐消耗性、耐剥離性及び耐チップ割れ性により一層優れていた。

[0184] 表１３において元素組成が、Ｐｔ－１８Ｃｕ－５Ｒｈである貴金属チップを備えたスパークプラグの評価結果を、縦軸をチップ出寸法Ｈ（ｍｍ）、横軸を溶接面積Ｓ（$mm^2$）として図１３に示した。図１３に示されるように、点（０．２，１．２）と点（５，１．８）とを結ぶ直線Ｈ＝０．１３Ｓ＋１．１８よりもＨが大きい接地電極チップを備えてなる第２の発明の範囲外にあるスパークプラグ（Ｎｏ．１８２、１８６、１９０、１９２）に比べて、第２の発明の範囲内にあるスパークプラグの耐消耗性及び耐チップ割れ性の評価結果が良好であった。表１４に示されるように、前記直線よりもチップ出寸法Ｈが小さい接地電極チップを備えてなるスパークプラグは、接地電極チップの形状が異なっても総合評価が良好であった。

[0185] 表１５に示されるように、溶接面積Ｓが５．０以下である接地電極チップを備えて成るスパークプラグは、耐剥離性の評価が良好であった。表１６に示

されるように、ｈが０．１（ｍｍ）以上又はＬが０．０３（ｍｍ）以上である接地電極チップを備えてなるスパークプラグは、耐剥離性の評価が優れていた。表１７に示されるように、溶接面積Ｓ（ｍｍ$^2$）が５．０以下かつｈが０．１（ｍｍ）以上又はＬが０．０３（ｍｍ）以上である接地電極チップを備えてなるスパークプラグは、接地電極チップの形状が異なっていても耐剥離性の評価が良好であった。

[0186] 表１８に示されるように、この発明の範囲に含まれる貴金属チップを備えたスパークプラグは、貴金属チップの硬度が１４０Ｈｖ以上、特に２００Ｈｖ以上であると耐変形性により一層優れていた。表１９に示されるように、この発明の範囲に含まれる貴金属チップを備えてなるスパークプラグは、抵抗体の抵抗値が１０ｋΩ以下であっても耐消耗性に優れていた。

## 符号の説明

[0187] １，１０１，１０２　スパークプラグ

２　主体金具

３　絶縁体

４　中心電極

５　抵抗体

６　端子金具

７　接地電極

８　接地電極チップ

９　中心電極チップ

１０　ネジ部

１１　タルク

１２　パッキン

１３　外材

１４　内材

１５　溶接部

１６　接合面

１７　境界線

１８　土台

２０　軸孔

２１　中心電極チップにおける溶接部

Ｇ　火花放電間隙

# 請求の範囲

[請求項1] 中心電極、及び前記中心電極との間に間隙を設けた接地電極を備え、前記中心電極及び前記接地電極の少なくとも一方に貴金属チップが設けられたスパークプラグにおいて、 前記貴金属チップは、Ｍｐ（Ｍｐは、Ｐｔ、又はＰｔとＰｄとからなる元素群であり、Ｐｄは貴金属チップの質量に対して２０質量%以下である。）、Ｃｕ、及びＭ（Ｍは、Ｒｈ、Ｉｒ、Ｒｕ、Ｒｅ、及びWからなる元素群から選ばれる少なくとも１種である。）を合計で９５質量%以上含有し、かつ、 前記Ｍｐ、Ｃｕ、Ｍの質量比（Ｍｐ，Ｃｕ，Ｍ）が各点Ｄ（95,5,0）、Ｅ（94.5,5,0.5）、Ｆ（87,5,8）、Ｇ（80,12,8）、Ｈ（79.5,20,0.5）、Ｉ（80,20,0）、Ｄ（95,5,0）をこの順に結ぶ線分で囲まれた領域内（線上を含む。）にあることを特徴とするスパークプラグ。

[請求項2] 前記貴金属チップは、質量比（Ｍｐ，Ｃｕ，Ｍ）が各点Ｅ（94.5,5,0.5）、Ｆ（87,5,8）、Ｇ（80,12,8）、Ｈ（79.5,20,0.5）、Ｅ（94.5,5,0.5）をこの順に結ぶ線分で囲まれた領域内（線上を含む。）にあることを特徴とする請求項１に記載のスパークプラグ。

[請求項3] 軸孔を有する絶縁体を備え、該軸孔に配設された中心電極、及び前記中心電極との間に間隙を設けた接地電極を備え、前記中心電極及び前記接地電極の少なくとも一方に貴金属チップが設けられたスパークプラグにおいて、 前記貴金属チップは、Ｍｐ（Ｍｐは、Ｐｔ、又はＰｔとＰｄとからなる元素群であり、Ｐｄは貴金属チップの質量に対して２０質量%以下である。）、Ｃｕ、及びＭ（Ｍは、Ｒｈ、Ｉｒ、Ｒｕ、Ｒｅ、及びWからなる元素群から選ばれる少なくとも１種である。）を合計で９５質量%以上含有し、かつ、 前記Ｍｐ、Ｃｕ、Ｍの質量比（Ｍｐ，Ｃｕ，Ｍ）が各点Ａ（97,3,0）、Ｂ（80,3,17）、Ｃ（75,25,0）、Ａ（97,3,0）をこの順に結ぶ線分で囲まれた領域内（線上を含む。）にあり、 以下に記載された、溶接面積Ｓ（$mm^2$）とチップ出寸法Ｈ（ｍｍ）、かぶり寸法Ｌ（ｍｍ）、チップ／溶接部

間距離ｈ（ｍｍ）とが、次の条件を満たすことを特徴とするスパークプラグ。（ａ）Ｈ≦０．１３Ｓ＋１．１８（ｂ）Ｓ≦５（ｃ）０．１≦ｈ、又は０．０３≦Ｌ　ただし、溶接面積Ｓは、　前記貴金属チップが前記中心電極及び／又は前記接地電極の先端面又は周側面に設けられ、　前記貴金属チップが該貴金属チップと設置金属体（ただし、設置金属体は、中心電極、接地電極、又はこれらの電極と前記貴金属チップとの間に設けられた土台をいう。）との溶融により形成されてなる溶接部を介して接合されている前記設置金属体の接合面に対して垂直な方向をＸ方向とし、該Ｘ方向から観察して、前記設置金属体と前記貴金属チップとを前記Ｘ方向に直交する面へ投影した場合における両投影領域が重なる領域の面積Ｓ（ただし、前記貴金属チップが設置金属体に該設置金属体における複数面で接合されている場合には、各面に対して垂直な方向をＹ方向とし、各Ｙ方向における重なる領域の合計面積をＳとする）であり、　チップ出寸法Ｈは、　前記貴金属チップと対向金属凸体（ただし、対向金属凸体は、貴金属チップ、中心電極の先端部が突出して形成されて成る中心電極凸部、又は接地電極の先端部が突出して形成されて成る接地電極凸部をいう。）とが対向する方向において、前記設置金属体の前記接合面から最も離れた前記貴金属チップの先端面との間の距離（ただし、前記設置金属体と前記貴金属チップとの間の全面に前記溶接部が設けられている場合には、前記貴金属チップの軸線ＰＸ方向における前記溶接部の厚みが最も薄い部位における厚みの１／２となる点から前記軸線ＰＸ方向に最も離れた前記貴金属チップの表面までの距離である。）であり、

かぶり寸法Ｌとチップ／溶接部間距離ｈについては、前記軸孔が延伸する方向を前記中心電極の軸線ＡＸ方向としたとき、（１）前記貴金属チップと前記対向金属凸体とが前記軸線ＡＸ方向に対向するように配置され、前記貴金属チップが前記設置金属体から前記軸線ＡＸに直交する方向へ突出していない場合には、　かぶり寸法Ｌは、前記軸

線ＡＸ方向から観察して、前記貴金属チップの最大径となる周側面上の点ｋ１を含む前記軸線ＡＸに平行な直線群と前記貴金属チップに対向する前記対向金属凸体の最大径となる周側面上の点ｋ２を含む前記軸線ＡＸに平行な直線群との間の最短距離であり、　チップ／溶接部間距離ｈは、前記貴金属チップにおいて、前記点ｋ１を含み前記軸線ＡＸに平行な面における前記貴金属チップの先端から前記溶接部との境界までの前記軸線ＡＸ方向距離であり、（２）前記貴金属チップが前記接地電極から前記軸線ＡＸに直交する方向へ突出するように前記接地電極に設けられ、前記対向金属凸体の先端面と前記貴金属チップとが前記軸線ＡＸ方向において対向するように配置されている場合には、　かぶり寸法Ｌは、前記軸線ＡＸ方向から観察して、前記対向金属凸体の先端面を前記軸線ＡＸ方向に垂直な仮想面へ投影した場合における投影面上の点ｋ３と、前記接地電極を該仮想面へ投影した場合における投影面の輪郭線及び前記貴金属チップを該仮想面へ投影した場合における投影面の輪郭線が交差することにより生じる交点ｋ４との最短距離であり、（ｉ）前記貴金属チップのチップ／溶接部間距離ｈは、前記貴金属チップにおいて、前記点ｋ４を含み前記軸線ＡＸに平行な面における前記貴金属チップの先端から前記溶接部との境界までの距離であり、（ｉｉ）前記対向金属凸体が中心電極に設けられた貴金属チップである場合には、前記対向金属凸体のチップ／溶接部間距離ｈは、前記点ｋ３を含み前記軸線ＡＸに平行な面における前記中心電極に設けられた貴金属チップの先端から前記溶接部との境界までの前記軸線ＡＸ方向の距離である。

[請求項4]　前記ＭｐはＰｔとＰｄとからなる元素群であることを特徴とする請求項１～３に記載のスパークプラグ。

[請求項5]　前記貴金属チップは、Ｎｉ、Ｃｏ、Ｆｅ、及びＭｎからなる元素群Ａ、及び／又は、Ｔｉ、Ｈｆ、Ｙ、及び希土類元素からなる元素群Ｂから選ばれるいずれか少なくとも１種を含み、前記元素群Ａの合計質量

が５質量%以下であり、前記元素群Ｂの合計質量が１．５質量%以下であり、かつ、前記元素群Ａ及び前記元素群Ｂの合計質量が５質量%以下であることを特徴とする請求項１～４のいずれか一項に記載のスパークプラグ。

[請求項6] 前記Ｍは、Ｒｈであることを特徴とする請求項１～４のいずれか一項に記載のスパークプラグ。

[請求項7] 軸孔を有する絶縁体を備え、該軸孔に配設された中心電極、及び前記中心電極との間に間隙を設けられた接地電極を備え、前記中心電極及び前記接地電極の少なくとも一方に貴金属チップが設けられたスパークプラグにおいて、 以下に記載された、溶接面積Ｓ（ｍｍ$^2$）とチップ出寸法Ｈ（ｍｍ）、かぶり寸法Ｌ（ｍｍ）、チップ／溶接部間距離ｈ（ｍｍ）とが、次の条件を満たすことを特徴とする請求項１又は２に記載のスパークプラグ。 （ａ）Ｈ≦０．１３Ｓ＋１．１８（ｂ）Ｓ≦５（ｃ）０．１≦ｈ、又は０．０３≦Ｌ ただし、溶接面積Ｓは、 前記貴金属チップが前記中心電極及び／又は前記接地電極の先端面又は周側面に設けられ、 前記貴金属チップが該貴金属チップと設置金属体（ただし、設置金属体は、中心電極、接地電極、又はこれらの電極と前記貴金属チップとの間に設けられた土台をいう。）との溶融により形成されてなる溶接部を介して接合されている前記設置金属体の接合面に対して垂直な方向をＸ方向とし、該Ｘ方向から観察して、前記設置金属体と前記貴金属チップとを前記Ｘ方向に直交する面へ投影した場合における両投影領域が重なる領域の面積Ｓ（ただし、前記貴金属チップが設置金属体に該設置金属体における複数面で接合されている場合には、各面に対して垂直な方向をＹ方向とし、各Ｙ方向における重なる領域の合計面積をＳとする）であり、 チップ出寸法Ｈは、 前記貴金属チップと対向金属凸体（ただし、対向金属凸体は、貴金属チップ、中心電極の先端部が突出して形成されて成る中心電極凸部、又は接地電極の先端部が突出して形成されて成る接地電

極凸部をいう。）とが対向する方向において、前記設置金属体の前記接合面から最も離れた前記貴金属チップの先端面との間の距離（ただし、前記設置金属体と前記貴金属チップとの間の全面に前記溶接部が設けられている場合には、前記貴金属チップの軸線ＰＸ方向における前記溶接部の厚みが最も薄い部位における厚みの１／２となる点から前記軸線ＰＸ方向に最も離れた前記貴金属チップの表面までの距離である。）であり、　かぶり寸法Ｌとチップ／溶接部間距離ｈについては、前記軸孔が延伸する方向を前記中心電極の軸線ＡＸ方向としたとき、（１）前記貴金属チップと前記対向金属凸体とが前記軸線ＡＸ方向に対向するように配置され、前記貴金属チップが前記設置金属体から前記軸線ＡＸに直交する方向へ突出していない場合には、　かぶり寸法Ｌは、前記軸線ＡＸ方向から観察して、前記貴金属チップの最大径となる周側面上の点ｋ１を含む前記軸線ＡＸに平行な直線群と前記貴金属チップに対向する前記対向金属凸体の最大径となる周側面上の点ｋ２を含む前記軸線ＡＸに平行な直線群との間の最短距離であり、　チップ／溶接部間距離ｈは、前記貴金属チップにおいて、前記点ｋ１を含み前記軸線ＡＸに平行な面における前記貴金属チップの先端から前記溶接部との境界までの前記軸線ＡＸ方向距離であり、（２）前記貴金属チップが前記接地電極から前記軸線ＡＸに直交する方向へ突出するように前記接地電極に設けられ、前記対向金属凸体の先端面と前記貴金属チップとが前記軸線ＡＸ方向において対向するように配置されている場合には、　かぶり寸法Ｌは、前記軸線ＡＸ方向から観察して、前記対向金属凸体の先端面を前記軸線ＡＸ方向に垂直な仮想面へ投影した場合における投影面上の点ｋ３と、前記接地電極を該仮想面へ投影した場合における投影面の輪郭線及び前記貴金属チップを該仮想面へ投影した場合における投影面の輪郭線が交差することにより生じる交点ｋ４との最短距離であり、（ｉ）前記貴金属チップのチップ／溶接部間距離ｈは、前記貴金属チップにおいて、前記点ｋ４を

含み前記軸線ＡＸに平行な面における前記貴金属チップの先端から前記溶接部との境界までの距離であり、（ｉｉ）前記対向金属凸体が中心電極に設けられた貴金属チップである場合には、前記対向金属凸体のチップ／溶接部間距離ｈは、前記点ｋ３を含み前記軸線ＡＸに平行な面における前記中心電極に設けられた貴金属チップの先端から前記溶接部との境界までの前記軸線ＡＸ方向の距離である。

[請求項8] 前記貴金属チップの硬度が、１４０Ｈｖ以上であることを特徴とする請求項１～７のいずれか一項に記載のスパークプラグ。

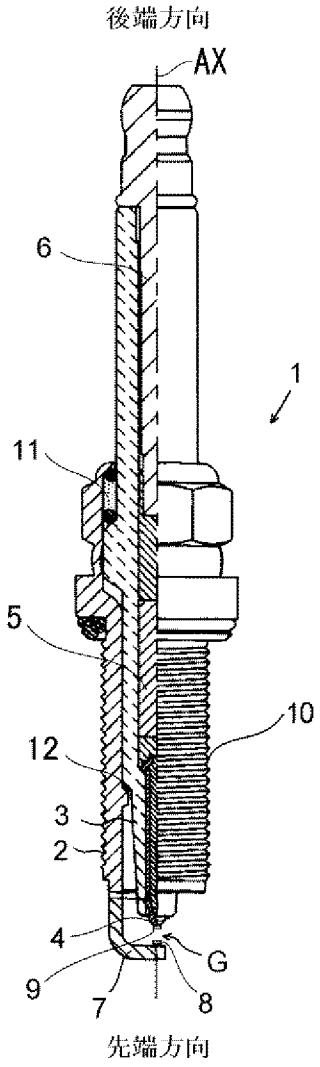
[請求項9] 前記貴金属チップの硬度が、２００Ｈｖ以上であることを特徴とする請求項１～８のいずれか一項に記載のスパークプラグ。

[請求項10] 前記中心電極が絶縁体の軸方向に形成された軸孔内にその一端部から露出するように固定され、端子金具が前記軸孔内の他端部から露出するように固定され、前記軸孔内における前記中心電極と前記端子金具との間に抵抗体が設けられ、前記抵抗体の抵抗値が１０ｋΩ以下であることを特徴とする請求項１～９のいずれか一項に記載のスパークプラグ。

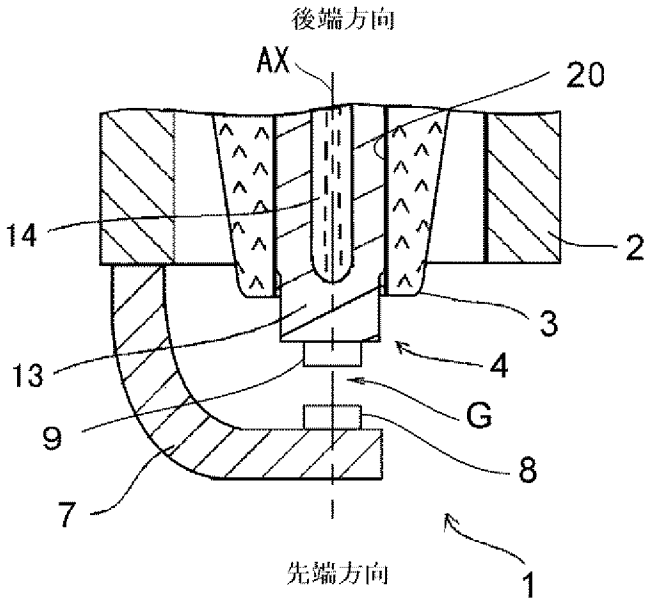
[請求項11] 前記貴金属チップは、前記接地電極のみに設けられて成ることを特徴とする請求項１～１０のいずれか一項に記載のスパークプラグ。

[図1]

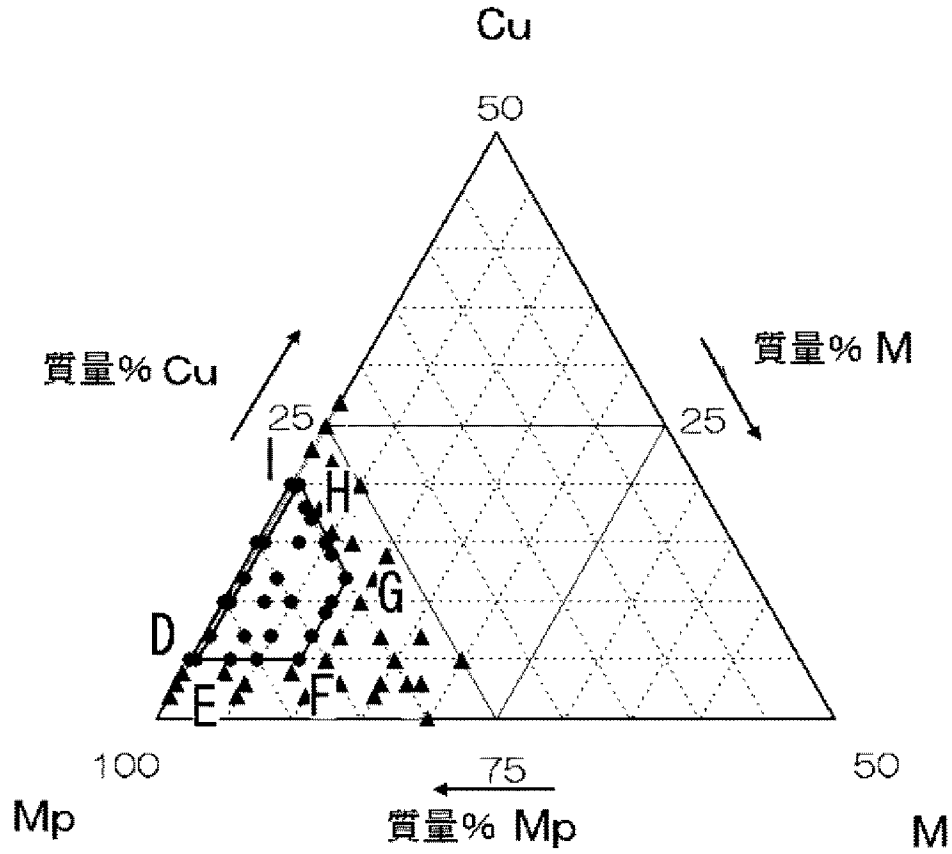
(a)


後端方向
AX
6
1
11
5
10
12
3
2
4
G
9
7
8
先端方向

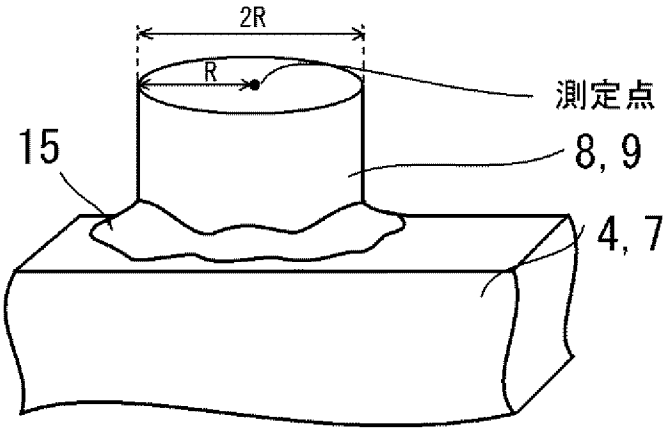
(b)


後端方向
AX
20
14
2
3
13
4
G
9
8
7
先端方向
1

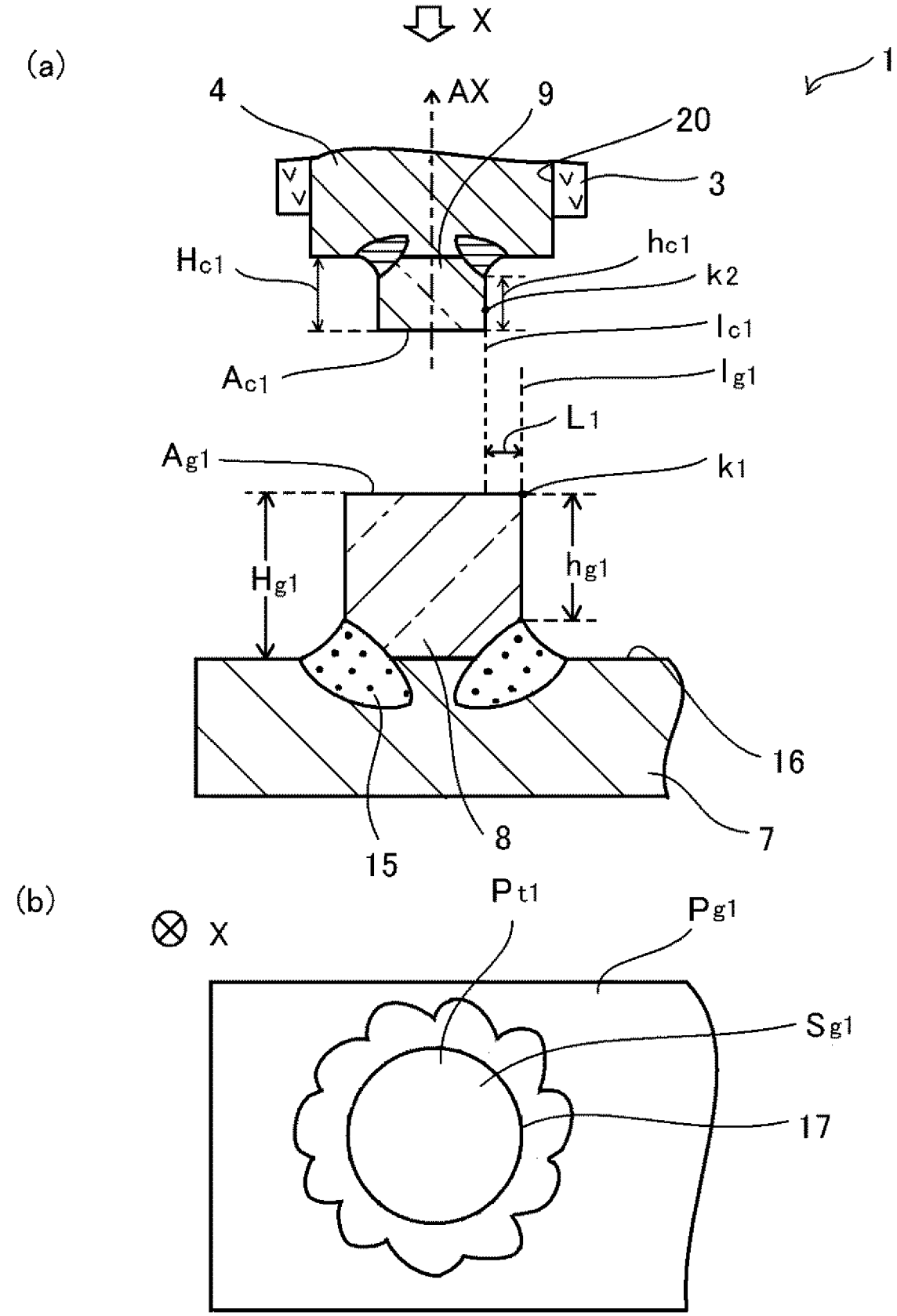
[図2]



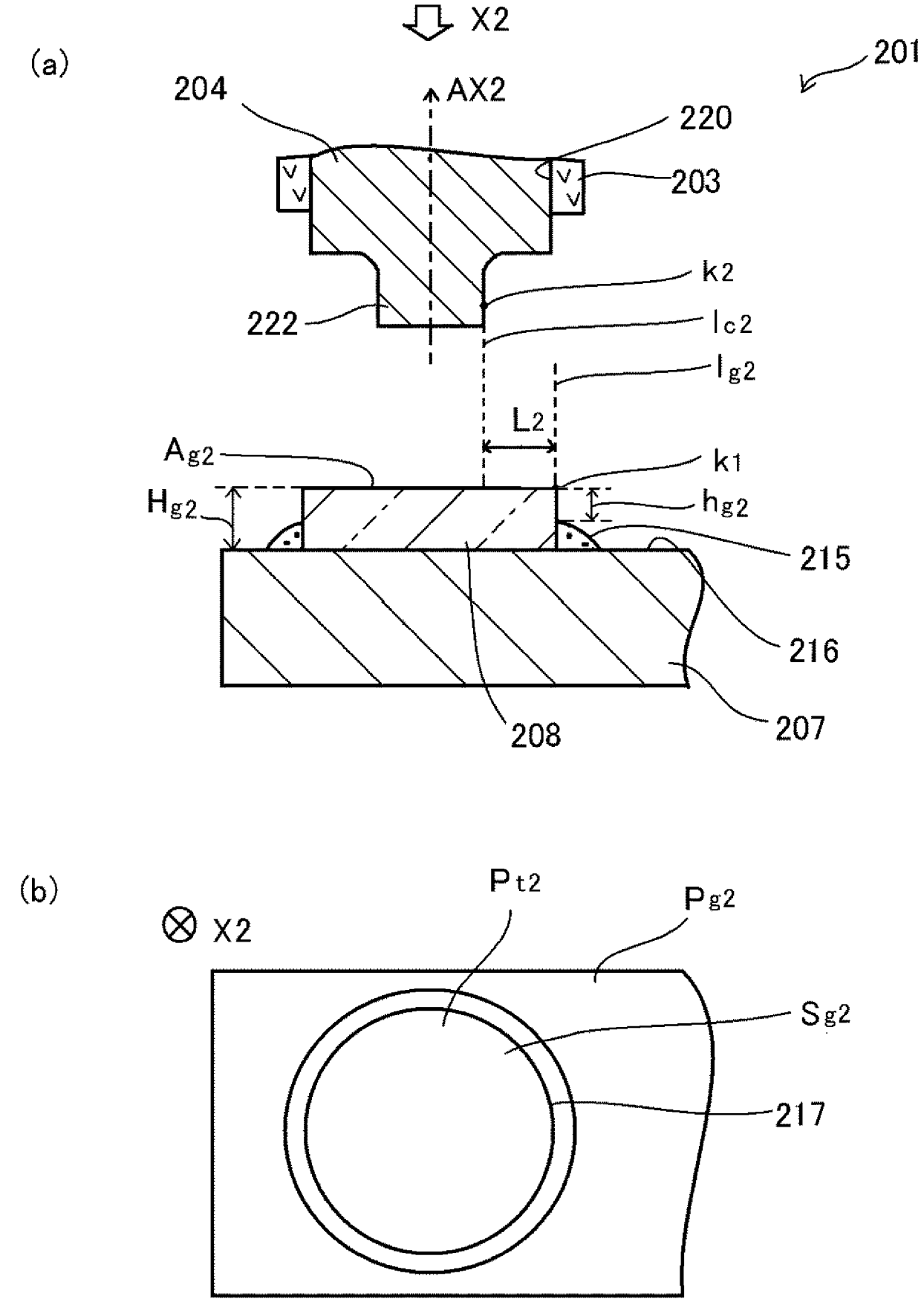

[図3]



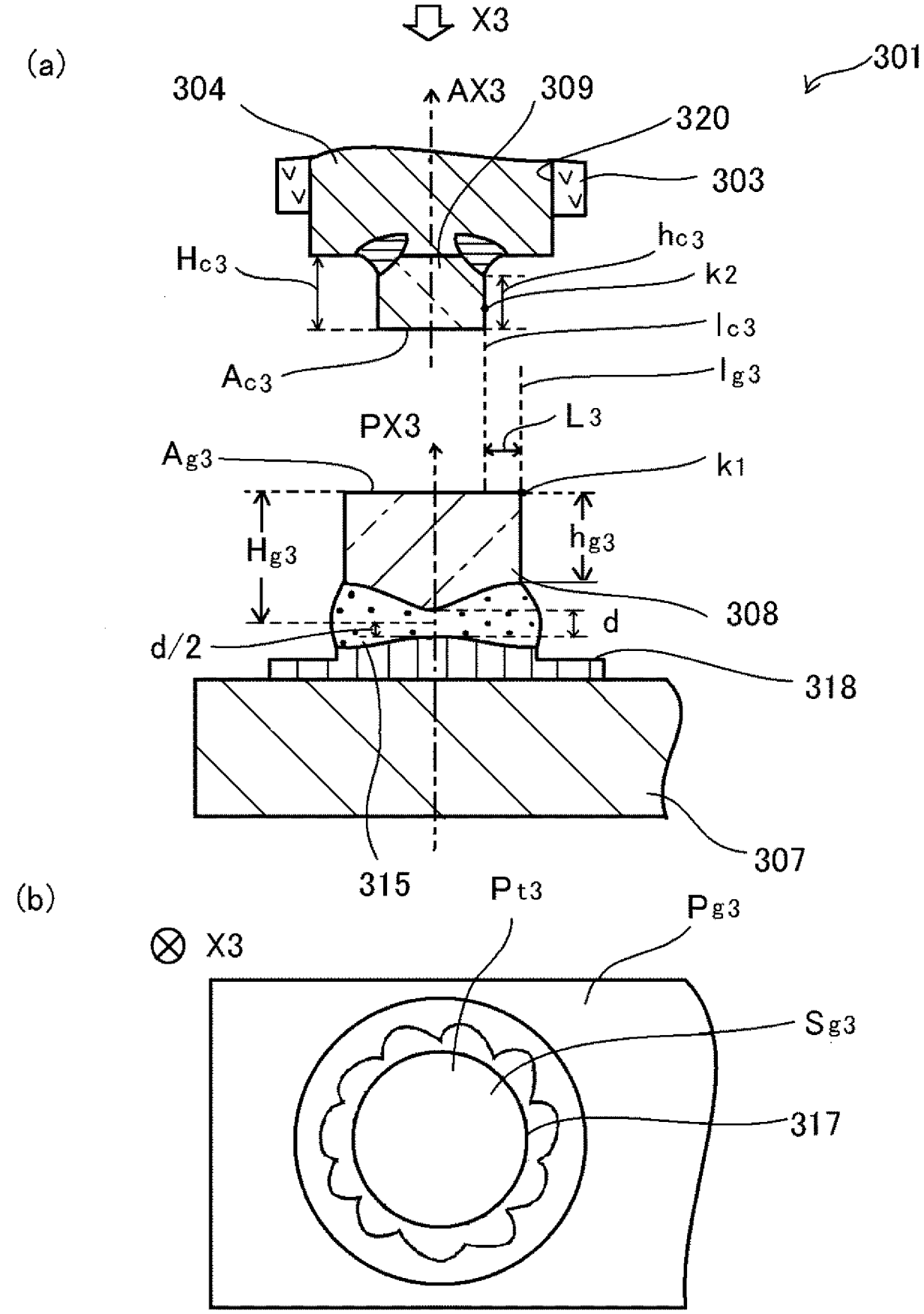
[図4]


X
(a)
1
4
AX
9
20
3
Hc1
hc1
k2
lc1
Ac1
lg1
L1
Ag1
k1
Hg1
hg1
16
7
8
15
(b)
X
Pt1
Pg1
Sg1
17

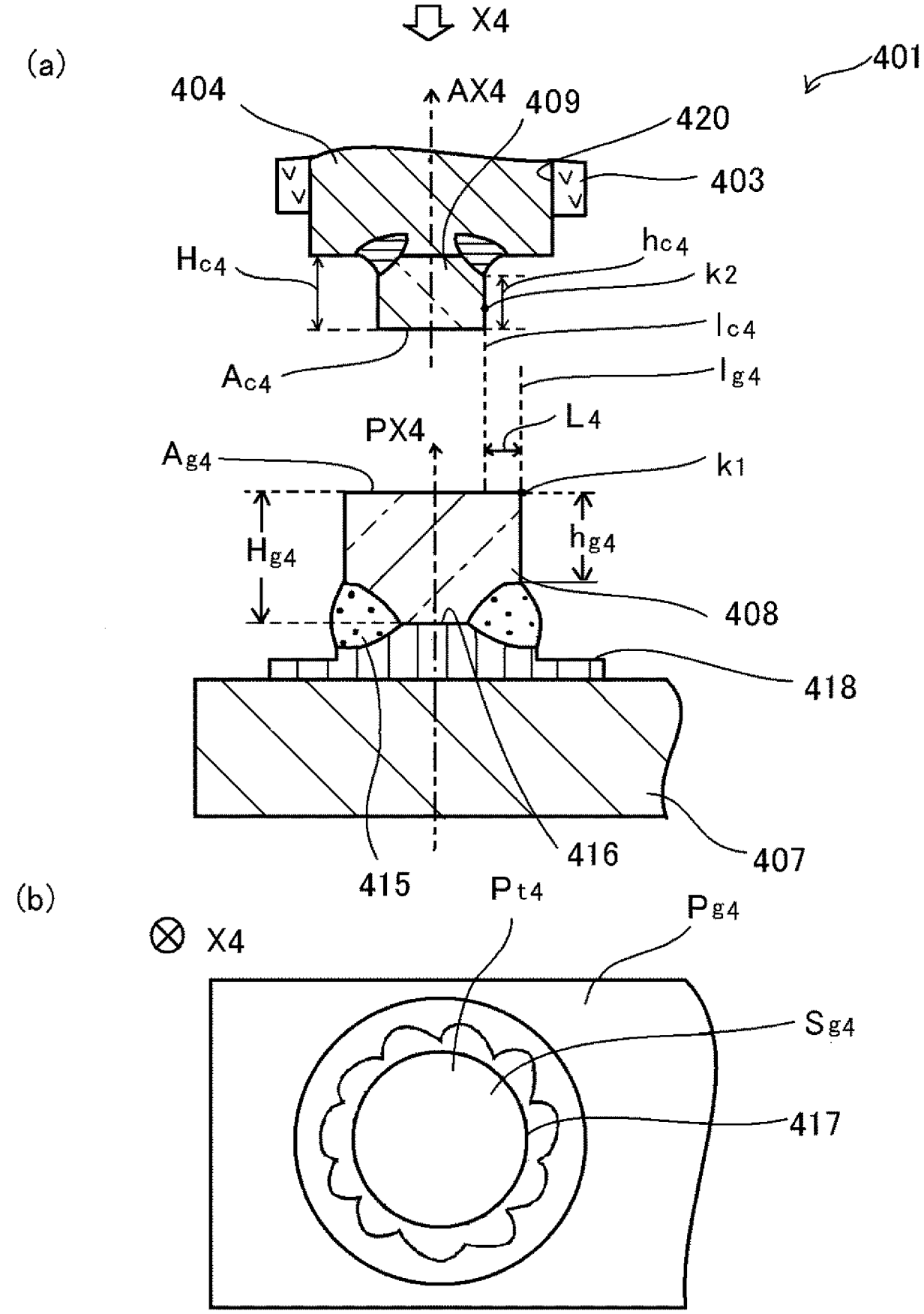
[図5]


(a)
X2
201
204
AX2
220
203
k2
222
lc2
lg2
L2
Ag2
k1
Hg2
hg2
215
216
208
207
(b)
Pt2
Pg2
X2
Sg2
217

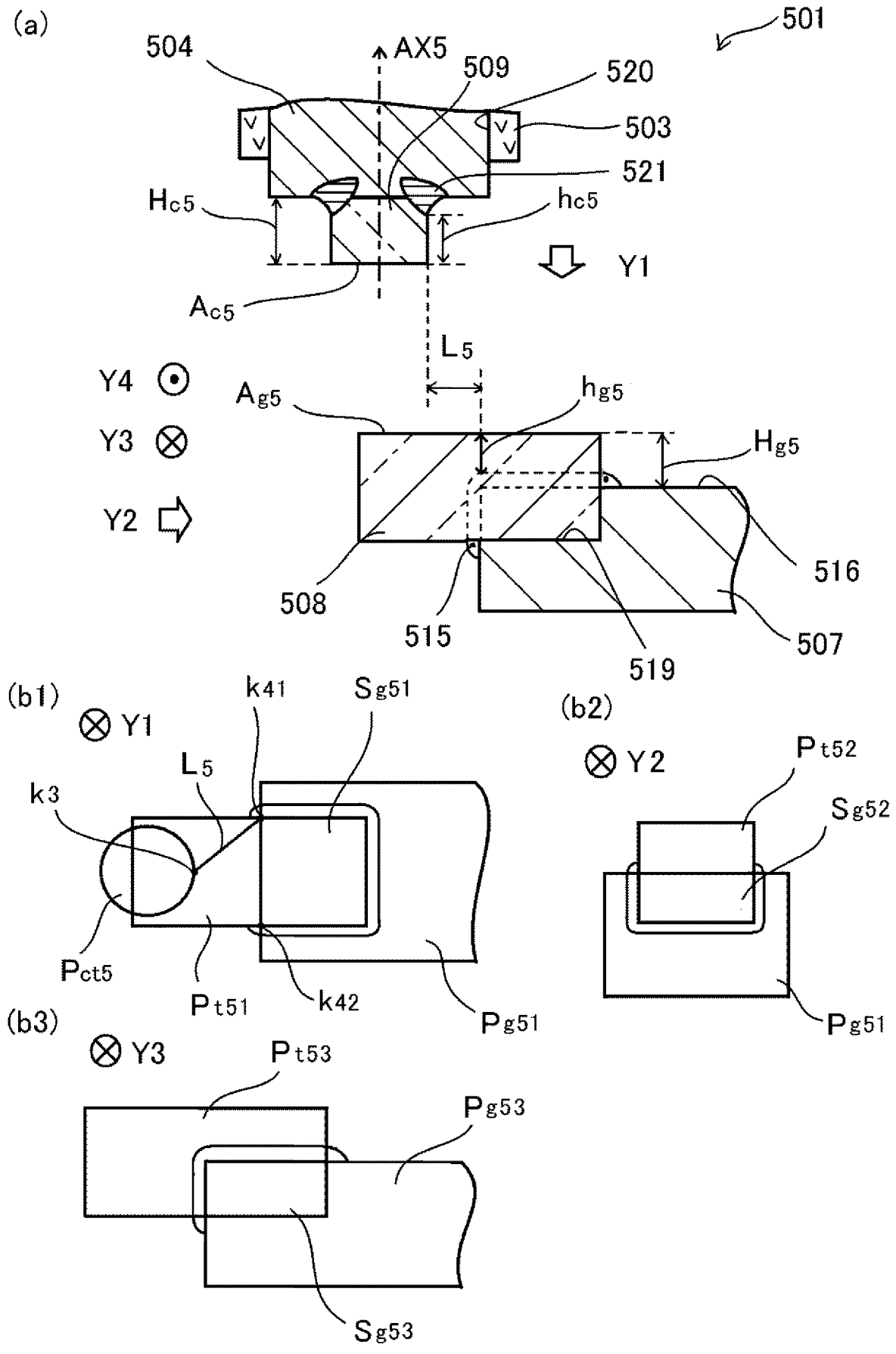
[図6]


X3
(a)
301
304
AX3
309
320
303
Hc3
hc3
k2
lc3
Ac3
lg3
PX3
L3
Ag3
k1
Hg3
hg3
308
d
d/2
318
315
307
(b)
Pt3
Pg3
X3
Sg3
317

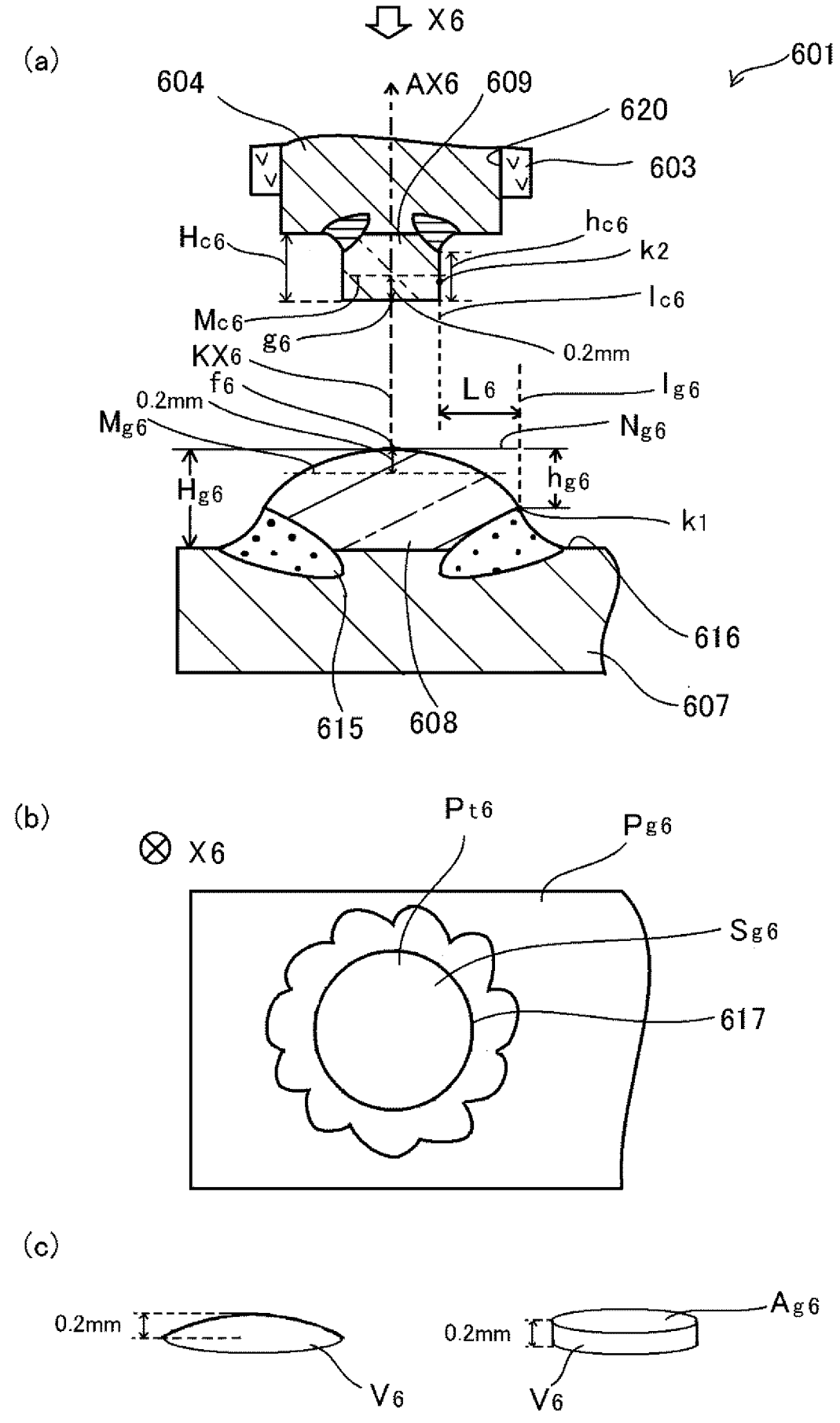
[図7]


X4
(a)
401
404
AX4
409
420
403
Hc4
hc4
k2
lc4
Ac4
lg4
PX4
L4
Ag4
k1
Hg4
hg4
408
418
415
416
407
(b)
Pt4
Pg4
X4
Sg4
417

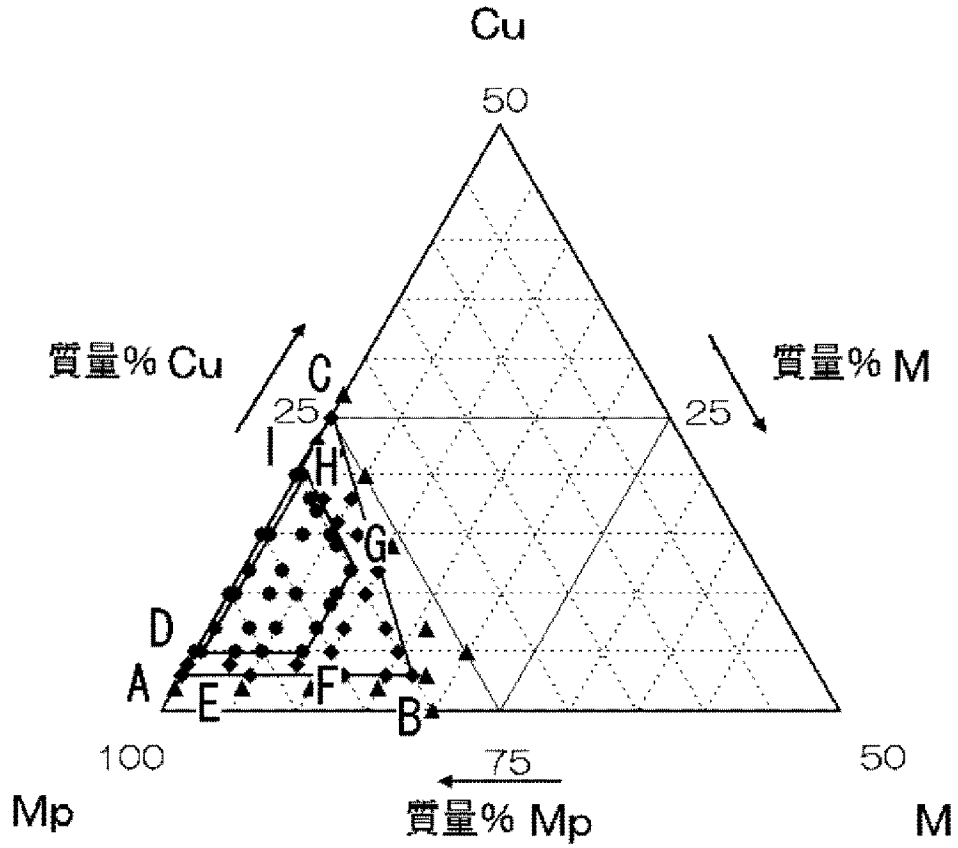
[図8]


(a)
501
504
AX5
509
520
503
521
Hc5
hc5
Y1
Ac5
L5
Y4
Y3
Y2
Ag5
hg5
Hg5
516
508
515
519
507
(b1)
Y1
k41
Sg51
L5
k3
Pct5
Pt51
k42
Pg51
(b2)
Y2
Pt52
Sg52
Pg51
(b3)
Y3
Pt53
Pg53
Sg53

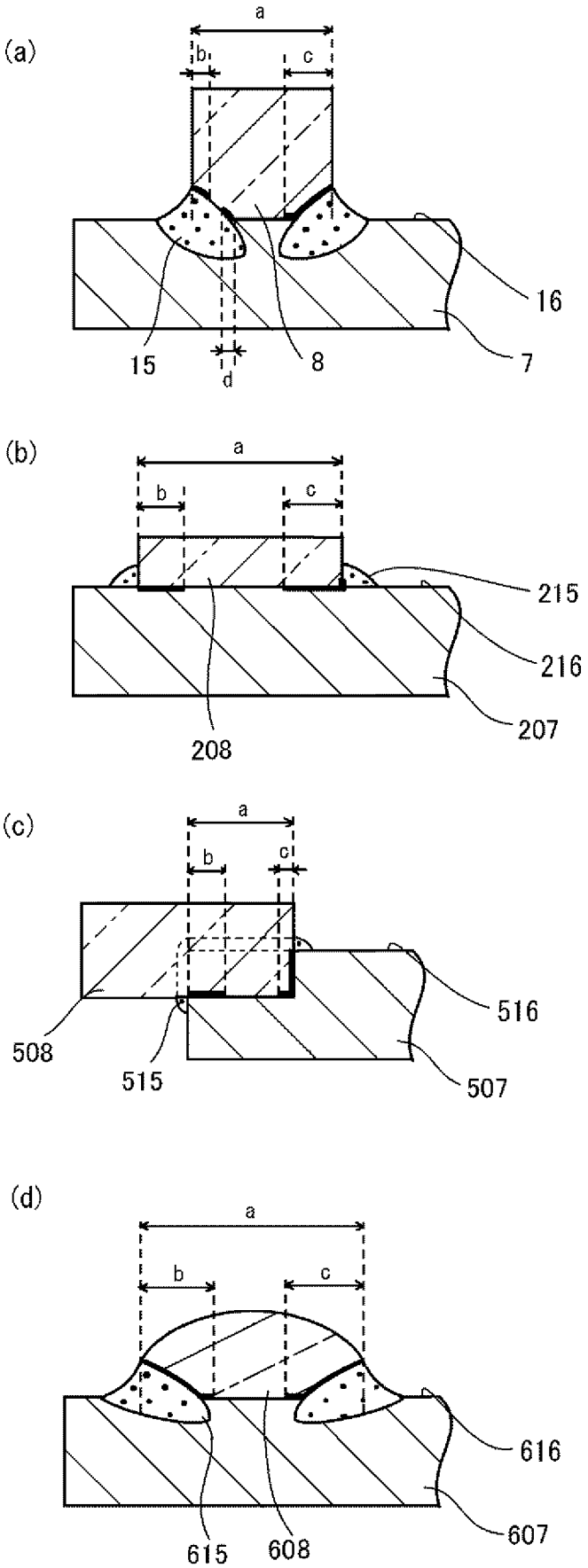
[図9]


(a)
X6
601
604
AX6
609
620
603
Hc6
hc6
k2
lc6
Mc6
g6
0.2mm
KX6
f6
L6
lg6
0.2mm
Mg6
Ng6
Hg6
hg6
k1
616
607
615
608
(b)
X6
Pt6
Pg6
Sg6
617
(c)
0.2mm
V6
0.2mm
Ag6
V6

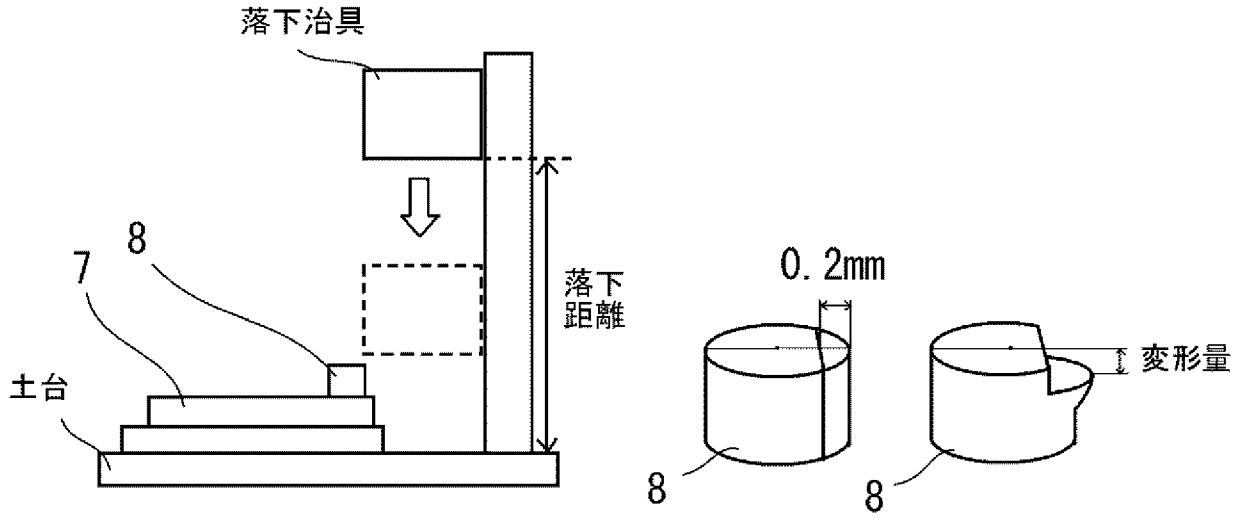
[図10]



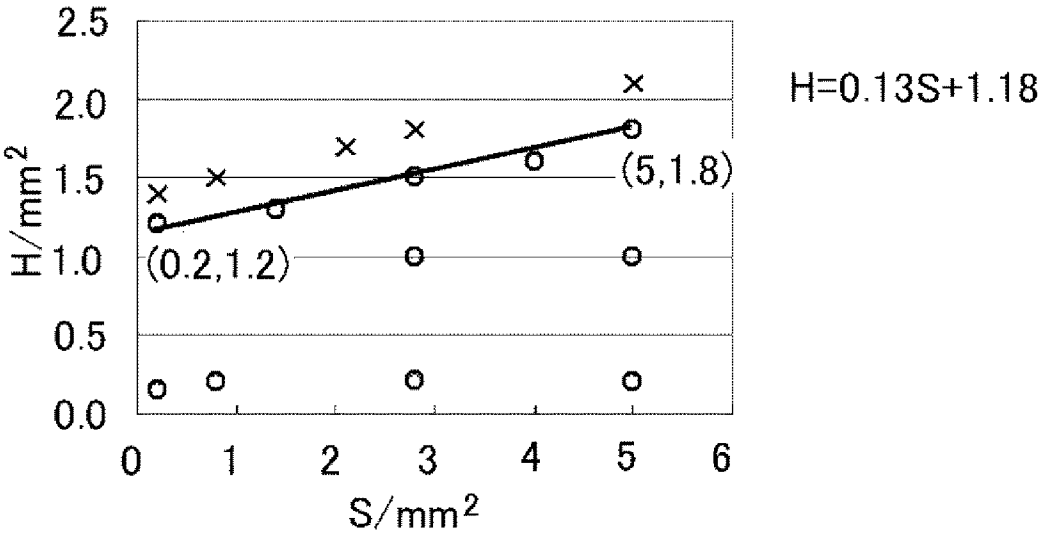
[図11]


(a)
a
b
c
16
15
d
8
7
(b)
a
b
c
215
216
208
207
(c)
a
b
c
516
508
515
507
(d)
a
b
c
616
615
608
607

[図12]


落下治具
8
7
落下
距離
土台
0.2mm
変形量
8
8

[図13]


2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
H/mm2
0
1
2
3
4
5
6
S/mm2
(5,1.8)
(0.2,1.2)
H=0.13S+1.18

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2011/000612

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
*H01T13/39*(2006.01)i, *C22C5/04*(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)
H01T13/39, C22C5/04, H01T13/20

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 | 1996-2011 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2011 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2011 |

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. |
|---|---|---|
| X<br>Y<br>A | JP 2004-165165 A (Robert Bosch GmbH),<br>10 June 2004 (10.06.2004),<br>entire text; all drawings<br>& US 2004/0140745 A1 & DE 10252736 A1 | 1,2<br>4,5,8-11<br>6 |
| Y<br>A | JP 2006-173141 A (NGK Spark Plug Co., Ltd.),<br>29 June 2006 (29.06.2006),<br>entire text; all drawings<br>(Family: none) | 4,5,8-11<br>6 |
| Y<br>A | WO 2009/081563 A1 (NGK Spark Plug Co., Ltd.),<br>02 July 2009 (02.07.2009),<br>paragraph [0032]<br>& US 2010/0264801 A1 & KR 10-2010-0094526 A | 8-11<br>6 |

☒ 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 |
|---|---|
| 20 April, 2011 (20.04.11) | 10 May, 2011 (10.05.11) |
| Name and mailing address of the ISA/<br>Japanese Patent Office<br><br>Facsimile No. | Authorized officer<br><br>Telephone No. |

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.
PCT/JP2011/000612

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|---|---|---|
| Y<br>A | JP 2010-123626 A (Denso Corp.),<br>03 June 2010 (03.06.2010),<br>paragraph [0054]<br>(Family: none) | 10,11<br>6 |
| Y<br>A | JP 2006-302867 A (NGK Spark Plug Co., Ltd.),<br>02 November 2006 (02.11.2006),<br>paragraph [0011]<br>& US 2006/0213474 A1 | 11<br>6 |

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.
PCT/JP2011/000612

**Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)**

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

**Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)**

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The technical feature common to the invention of claim 1 and the invention of claim 3 is that "A spark plug which is provided with a center electrode, and a ground electrode having a gap with the center electrode, and in which a noble metal tip is provided to at least one of the center electrode or the ground electrode, wherein the noble metal tip contains 95 mass% or more of Mp (the Mp is an element group consisting of Pt, or Pt and Pd, and the Pd is 20 mass% or less relative to the mass of the noble metal tip.), Cu, and M (M is at least one selected from the element group consisting of Rh, Ir, Ru, Re, and W.) in total, and wherein the mass ratio (MP, Cu, M) of the Mp, Cu, M is

(continued to extra sheet)

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.

2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.

3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

The inventions of claims 1, 2, the inventions of claims 4, 5, 6 that do not cite claim 3, and the inventions of claims 8-11 that do not cite claims 3, 7

**Remark on Protest**

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.

☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet(2)

within an area (including on the line) surrounded by a line segment connecting each point, A (97, 3, 0), B (80, 3, 17), C (75, 25, 0), and A (97, 3, 0) in this order.

However, the technical feature does not make a contribution over the prior art in the light of the disclosure of document 1; thus the technical feature is not a special technical feature.

Furthermore, there exist no other same or corresponding special technical features between these inventions.

Next, the invention of claim 1 and the inventions citing it are examined.

The inventions of claims 1, 2 are those that a person skilled in the art could have easily conceived on the basis of the invention of the cited document 1; thus there do not exist the same or corresponding special technical features among the inventions of claims 1, 2, and the inventions citing them.

Consequently, the claims involve the following two inventions (group).

Invention 1

The inventions of claims 1, 2, the inventions of claims 4, 5, 6 that do not cite claim 3, and the inventions of claims 8-11 that do not cite claims 3, 7.

Invention 2

The inventions of claims 3, 7, the inventions of claims 4-6 that cite claim 3, and the inventions of claims 8-11 that cite claims 3, 7.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１１／０００６１２

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01T13/39(2006.01)i, C22C5/04(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（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01T13/39, C22C5/04, H01T13/20

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 | １９７１－２０１１年 |
| 日本国実用新案登録公報 | １９９６－２０１１年 |
| 日本国登録実用新案公報 | １９９４－２０１１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 |
|---|---|---|
| X<br>Y<br>A | JP 2004-165165 A（ローベルト　ボツシユ　ゲゼルシヤフト　ミツト　ベシユレンクテル　ハフツング）2004.06.10,<br>全文，全図 & US 2004/0140745 A1 & DE 10252736 A1 | 1,2<br>4,5,8-11<br>6 |
| Y<br>A | JP 2006-173141 A（日本特殊陶業株式会社）2006.06.29,<br>全文，全図（ファミリーなし） | 4,5,8-11<br>6 |
| Y<br>A | WO 2009/081563 A1（日本特殊陶業株式会社）2009.07.02,<br>段落【００３２】 & US 2010/0264801 A1 & KR 10-2010-0094526 A | 8-11<br>6 |

☑　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>２０．０４．２０１１ | 国際調査報告の発送日<br>１０．０５．２０１１ |
| 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 |

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 2010-123626 A（株式会社デンソー）2010.06.03, | 10,11 |
| Ａ | 段落【００５４】（ファミリーなし） | 6 |
| Ｙ | JP 2006-302867 A（日本特殊陶業株式会社）2006.11.02, | 11 |
| Ａ | 段落【００１１】 & US 2006/0213474 A1 | 6 |

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１１／０００６１２

第Ⅱ欄　請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第１ページの２の続き）

法第8条第3項（ＰＣＴ17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

１．☐ 請求項＿＿＿＿＿＿＿＿は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、

２．☐ 請求項＿＿＿＿＿＿＿＿は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、

３．☐ 請求項＿＿＿＿＿＿＿＿は、従属請求の範囲であってＰＣＴ規則6.4(a)の第２文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄　発明の単一性が欠如しているときの意見（第１ページの３の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

請求項１に係る発明と、請求項３に係る発明とは、それぞれ、
「中心電極、及び前記中心電極との間に間隙を設けた接地電極を備え、前記中心電極及び前記接地電極の少なくとも一方に貴金属チップが設けられたスパークプラグにおいて、貴金属チップは、Ｍｐ（Ｍｐは、Ｐｔ、又はＰｔとＰｄとからなる元素群であり、Ｐｄは貴金属チップの質量に対して２０質量％以下である。）、Ｃｕ、及びＭ（Ｍは、Ｒｈ、Ｉｒ、Ｒｕ、Ｒｅ、及びＷからなる元素群から選ばれる少なくとも１種である。）を合計で９５質量％以上含有し、かつ、前記Ｍｐ、Ｃｕ、Ｍの質量比（Ｍｐ，Ｃｕ，Ｍ）が各点Ａ（97,3,0）、Ｂ（80,3,17）、Ｃ（75,25,0）、Ａ（97,3,0）をこの順に結ぶ線分で囲まれた領域内（線上を含む。）」にあるという共通の技術的特徴を有している。

１．☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。

２．☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。

３．☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。

４．☑ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

請求項１，２に係る発明、請求項３を引用しない請求項４，５，６に係る発明、及び、請求項３，７を引用しない請求項８－１１に係る発明

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。

☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。

☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。

第Ⅲ欄の続き

しかしながら、当該技術的特徴は、文献１の開示内容に照らして、先行技術に対する貢献をもたらすものではないから、当該技術的特徴は、特別な技術的特徴であるとはいえない。
また、これらの発明の間には、ほかに同一の又は対応する特別な技術的特徴は存在しない。

次に、請求項１に係る発明及びそれを引用する発明について検討する。
請求項１，２に係る発明は、引用文献１に係る発明に基づいて当業者が容易に想到し得たものであるから、請求項１，２に係る発明とそれらを引用する発明との間で同一の又は対応する特別な技術的特徴を有さない。

してみると、請求の範囲には以下に示す２の発明（群）が含まれる。

発明１
請求項１，２に係る発明、請求項３を引用しない請求項４，５，６に係る発明、及び、請求項３，７を引用しない請求項８－１１に係る発明。

発明２
請求項３，７に係る発明、請求項３を引用する請求項４－６に係る発明、及び、請求項３，７を引用する請求項８－１１に係る発明。