

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2007年9月27日 (27.09.2007)

PCT

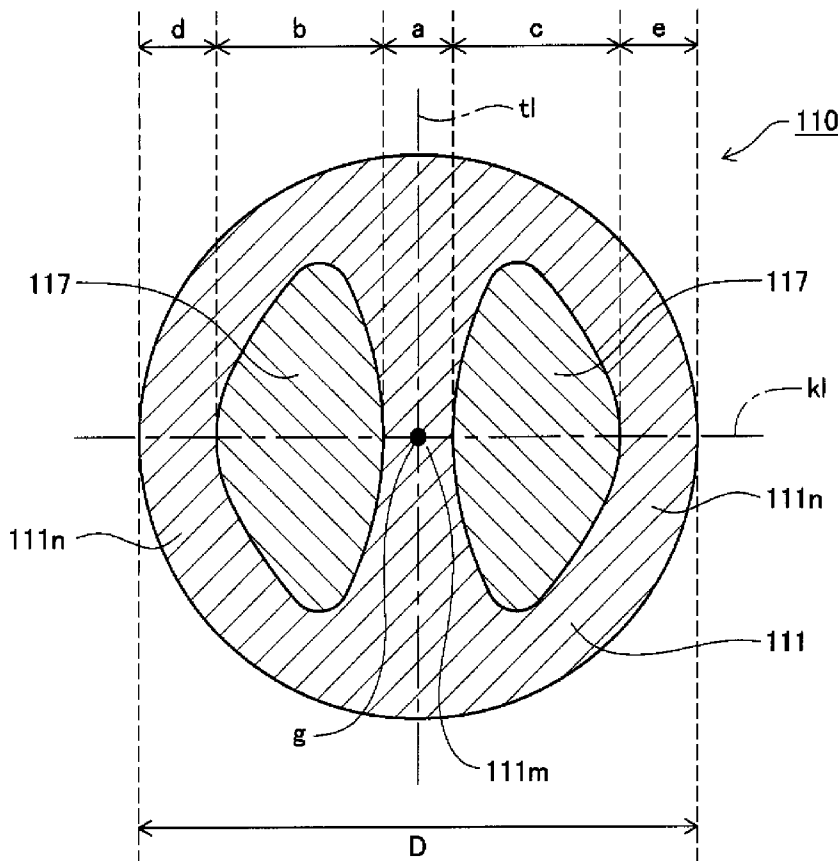
(10) 国際公開番号  
WO 2007/108491 A1

- (51) 国際特許分類:  
*H05B 3/03* (2006.01)      *H05B 3/14* (2006.01)  
*F23Q 7/00* (2006.01)      *H05B 3/18* (2006.01)  
*H05B 3/10* (2006.01)      *H05B 3/48* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2007/055754
- (22) 国際出願日: 2007年3月20日 (20.03.2007)
- (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2006-077867 2006年3月21日 (21.03.2006) 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): 黒野 啓一 (KURONO, Hirokazu) [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). 西原 寛 (NISHIHARA, Hiroshi) [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). 松井 和也 (MATSUI, Kazuya) [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). 小西 雅弘 (KONISHI, Masahiro)

[続葉有]

(54) Title: CERAMIC HEATER AND GLOW PLUG

(54) 発明の名称: セラミックヒータ及びグロープラグ



(57) Abstract: A ceramic heater in which a defect that a gap is formed at the interface between an insulating base and a heating resistor hardly occurs in the production process and in use and a glow plug using the ceramic heater are provided. The ceramic heater (110) comprises the insulating base (111) extending in the axial direction AX and the heating resistor (115) buried in the insulating base and having a heating part (116), lead parts (117, 117), and lead-out parts (118a, 118b). The ceramic heater (110) meets an expression  $S1 \leq 0.34Sa$  where the area of the cross section of the ceramic heater (110) perpendicular to the axial direction AX is  $Sa$  and the total of the cross sectional areas of the pair of lead parts (117, 117) is  $S1$ .

(57) 要約: 製造過程や使用過程で、絶縁基体と発熱抵抗体との界面で隙間が生じる等の不具合が起こりにくいセラミックヒータ及びこれを用いたグロープラグを提供すること。

と。セラミックヒータ110は、軸線AX方向に延びる絶縁基体111と、これに埋設され、発熱部116、リード部117、117及

[続葉有]

WO 2007/108491 A1



[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: 特許業務法人コスモス特許事務所 (COSMOS  
PATENT OFFICE); 〒4600003 愛知県名古屋市中区錦  
二丁目2番22号 名古屋センタービル別館2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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH,  
BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,  
DM, 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, MG,  
MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM,  
PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL,

SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,  
VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可  
能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD,  
SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY,  
KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG,  
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE,  
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK,  
TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW,  
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される  
各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語  
のガイダンスノート」を参照。

びリード取出部118a, 118bを有する発熱抵抗体115とを備える。そして、このセラミックヒータ110は、  
軸線AX方向に直交するセラミックヒータ110の断面において、セラミックヒータ110の断面積をSaとし、  
一対のリード部117, 117の断面積の合計をS1としたときに、式  $S1 \leq 0.34 Sa$  を満たしてなる。

## 明 細 書

### セラミックヒータ及びグロープラグ

#### 技術分野

[0001] 本発明は、グロープラグ等の着火源等に用いられるセラミックヒータ、及び、これを用いたグロープラグに関する。

#### 背景技術

[0002] ディーゼルエンジンの予熱用に使用されるグロープラグは、近年、特に急速昇温可能なものの需要が増加している。例えば、11Vの印加で2～3秒程度で1000℃に到達する程の昇温性能が求められている。このような要求を満たすために、例えば特許文献1～3では、導電性のセラミックである窒化珪素－炭化タングステン複合焼結体により、先端部(発熱部)が高抵抗で、リード部が低抵抗な発熱抵抗体を形成している。

[0003] 特許文献1:特開2002－203665号公報

特許文献2:特開2002－220285号公報

特許文献3:特開2002－289327号公報

#### 発明の開示

##### 発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、例えば特許文献2に記載されているように、低抵抗化のために炭化タングステンの含有量を増加させると、それに比例して窒化珪素－炭化タングステン複合焼結体からなる発熱抵抗体の熱膨張係数も大きくなるため、窒化珪素質焼結体からなる絶縁基体との熱膨張係数の差も大きくなる。このため、その製造過程や使用過程において、大きな熱応力を受けることとなり、発熱抵抗体と絶縁基体との界面で両者間に隙間が生じる等の不具合が起りやすくなる。

[0005] また、急速昇温を実現するために、発熱抵抗体は、先端の発熱部を細くし、リード部を太くする構造としている。それ故、径大化されたリード部では、製造過程や使用過程で掛かる熱応力も大きくなるため、発熱抵抗体と絶縁基体との界面で隙間が生じる等の不具合が起りやすい。また、リード部を導電性セラミックで構成するオール

セラミックヒータは、タングステンリード線の代替としてリード部が導電性セラミックで形成されるため、タングステンリード線を使用するヒータに比して発熱抵抗体の全長が長くなる。このために、製造過程や使用過程でこの発熱抵抗体に掛かる熱応力も大きくなりがちである。

[0006] 本発明は、かかる現状に鑑みてなされたものであって、製造過程や使用過程において発熱抵抗体と絶縁基体との界面で両者間に隙間が生じる等の不具合が起こりにくいセラミックヒータ及びこれを用いた信頼性の高いグロープラグを提供することを目的とする。

#### 課題を解決するための手段

[0007] その解決手段は、軸線方向に延びる形態をなし、通電により自身の先端部が発熱するセラミックヒータであって、絶縁性のセラミックからなり、前記軸線方向に延びる形態をなす絶縁基体と、導電性のセラミックからなり、前記絶縁基体に埋設されてなる発熱抵抗体と、を備え、前記発熱抵抗体は、前記絶縁基体の先端部に埋設され、基端側から先端側に延び、方向転換した後、再び基端側に延びる形態をなし、通電により発熱する発熱部と、この発熱部の基端にそれぞれ接続し、前記軸線方向の基端側に延びる形態をなす一对のリード部と、この一对のリード部にそれぞれ接続すると共に、径方向外側に延びて外部に露出してなる一对のリード取出部と、を含み、前記軸線方向に直交する前記セラミックヒータの断面のうち、前記リード部が存在する任意の断面において、前記セラミックヒータの断面積を $S_a$ とし、一对の前記リード部の断面積の合計を $S_1$ としたときに、式  $S_1 \leq 0.34S_a$  を満たしてなるセラミックヒータである。

[0008] 絶縁性のセラミックからなる絶縁基体と導電性のセラミックからなる発熱抵抗体とでは、熱膨張係数が異なるため、セラミックヒータの製造過程や使用過程において熱応力が掛かることにより、絶縁基体と発熱抵抗体との界面で両者間に隙間が生じる等の不具合が発生しやすい。

[0009] これに対し、本発明では、セラミックヒータの断面積を $S_a$ とし、一对のリード部の断面積の合計を $S_1$ としたときに、式  $S_1 \leq 0.34S_a$  を満たすように、リード部の断面積 $S_1$ を小さくしている。リード部の断面積 $S_1$ がこのような関係を満たすことにより、製造

過程や使用過程で絶縁基体と発熱抵抗体(リード部)との界面に掛かる応力が小さくなる。従って、絶縁基体とリード部との界面において、従来よりも両者間に隙間が生じる等の不具合が起こりにくくなる。

[0010] 「発熱抵抗体」は、導電性セラミックからなるものであればよく、例えば導電成分と絶縁成分とから構成される導電性のセラミックが挙げられる。導電成分としては、W、Ta、Nb、Ti、Mo、Zr、Hf、V、Cr等から選ばれる1種類以上の金属元素の珪化物、炭化物、窒化物等が挙げられる。また、絶縁成分としては、例えば窒化珪素が挙げられる。

また、「絶縁基体」は、絶縁性のセラミックからなるものであればよく、例えば窒化珪素質焼結体が挙げられる。この窒化珪素質焼成体としては、窒化珪素のみからなるものでもよいし、窒化珪素を主成分とし、これに少量の窒化アルミニウム、アルミナ等が含有されるものでもよい。

[0011] 更に、上記のセラミックヒータであって、式  $S1 \leq 0.25Sa$  を満たしてなるセラミックヒータとすると良い。

[0012] 本発明では、式  $S1 \leq 0.25Sa$  を満たすように、更にリード部の断面積S1を小さくしている。リード部の断面積S1がこのような関係を満たすことにより、製造過程や使用過程で絶縁基体と発熱抵抗体(リード部)との界面に掛かる応力が特に小さくなる。従って、絶縁基体とリード部との界面で両者間に隙間が生じる等の不具合を、特に効果的に防止できる。

[0013] 更に、上記のいずれか一項に記載のセラミックヒータであって、更に、式  $S1 \geq 0.15Sa$  を満たしてなるセラミックヒータとすると良い。

[0014] 絶縁基体と発熱抵抗体との界面に掛かる応力を小さくするためには、上述の通りS1を小さく、具体的には0.34Sa以下、更には0.25Sa以下とすることが望ましい。

一方、本発明では、S1を0.15Sa以上としている。S1が0.15Sa未満となると、発熱抵抗体のリード部が細くなりすぎるために、発熱抵抗体(リード部)自身の強度が低下し、クラック等が発生するおそれが増大するからである。

[0015] 更に、上記のいずれかに記載のセラミックヒータであって、前記軸線方向に直交する前記セラミックヒータの断面のうち、前記発熱部が存在する少なくともいずれかの断

面において、前記セラミックヒータの断面積を $S_b$ とし、前記発熱部の断面積を $S_2$ としたときに、式  $S_2 \leq 0.16S_b$  を満たしてなるセラミックヒータとすると良い。

[0016] 本発明によれば、セラミックヒータの少なくともいずれかの断面において、発熱部の断面積 $S_2$ を、式  $S_2 \leq 0.16S_b$  を満たすように小さくしている。このように発熱部の断面積 $S_2$ を小さくすることにより、発熱部の抵抗が大きくなるので、急速昇温が可能な高性能なセラミックヒータとすることができる。

[0017] 更に、上記のセラミックヒータであって、式  $S_2 \leq 0.08S_b$  を満たしてなるセラミックヒータとすると良い。

[0018] 本発明では、式  $S_2 \leq 0.08S_b$  を満たすように、更に発熱部の断面積 $S_2$ を小さくしている。このように発熱部の断面積 $S_2$ を小さくすることにより、発熱部の抵抗が更に大きくなるので、より急速昇温が可能な高性能なセラミックヒータとすることができる。

[0019] 更に、上記のいずれかに記載のセラミックヒータであって、前記軸線方向に直交する前記セラミックヒータの断面が円状、楕円状または長円状を有する形態をなし、前記断面のうち、前記リード部が存在する任意の断面において、この断面の中心を通る仮想直線のうち、この仮想直線に沿って測った一对の前記リード部同士の間隙が最小となる線分を含む仮想直線を最小仮想直線として、この最小仮想直線と一方の前記リード部の周縁とが交わる点のうち前記中心側の点をA点とし、この最小仮想直線と他方の前記リード部の周縁とが交わる点のうち前記中心側の点をE点とし、この断面の中心を中心とし、この断面の長径の2分の1の直径を有する仮想円を描いて、この仮想円と一方の前記リード部の周縁とが交わる点をB点及びC点とし、この仮想円と他方の前記リード部の周縁とが交わる点をF点及びG点としたときに、線分ABと線分ACとのなす角 $\alpha$ 及び線分EFと線分EGとのなす角 $\beta$ が、共に160度以上175度以下であるセラミックヒータとすると良い。

[0020] 線分ABと線分ACとのなす角 $\alpha$ または線分EFと線分EGとのなす角 $\beta$ が、160度未満である場合、製造過程や使用過程で、絶縁基体と発熱抵抗体(リード部)との界面のうち、特にA点、E点付近に応力が集中しやすくなる。このため、A点、E点付近において、発熱抵抗体と絶縁基体との界面で両者間に隙間が生じる等の不具合が起りやすくなる。

一方、線分ABと線分ACとのなす角 $\alpha$ または線分EFと線分EGとのなす角 $\beta$ が、175度を超える場合、焼成前の発熱抵抗体を射出成形する際、発熱抵抗体の型抜きが困難になるおそれがある。

[0021] これに対し、本発明では、線分ABと線分ACとのなす角 $\alpha$ 及び線分EFと線分EGとのなす角 $\beta$ を160度以上としているので、A点、E点付近に応力が集中することを抑制できる。従って、絶縁基体とリード部との界面、特にA点、E点付近において隙間が生じる等の不具合を、効果的に防止できる。

また、線分ABと線分ACとのなす角 $\alpha$ 及び線分EFと線分EGとのなす角 $\beta$ を175度以下としているので、焼成前の発熱抵抗体を射出成形する際に、発熱抵抗体の型抜きを確実に行うことができる。

[0022] 更に、上記のいずれかに記載のセラミックヒータであって、前記発熱抵抗体の前記軸線方向の全長Lが、30mm以上であるセラミックヒータとすると良い。

[0023] 前述したように、リード部を導電性セラミックで構成するオールセラミックヒータでは、タングステンリード線を使用するヒータに比して、発熱抵抗体の全長Lが長くなる傾向がある。このため、その製造過程や使用過程で絶縁基体と発熱抵抗体との軸線方向についての熱膨張差が大きくなるので、製造過程や使用過程で掛かる熱応力も大きくなりがちである。従って、絶縁基体と発熱抵抗体との界面で両者間に隙間が生じる等の不具合が生じやすい。このような不具合は、特に、発熱抵抗体の全長Lが30mm以上の場合に生じやすい。

これに対し、本発明では、前述したように、リード部の断面積S1を、式  $S1 \leq 0.34 Sa$  を満たすように小さくし、製造過程や使用過程で絶縁基体とリード部との界面に掛かる応力を小さくしている。このため、発熱抵抗体の全長Lが30mm以上であるにも拘わらず、絶縁基体とリード部との界面で両者間に隙間が生じる等の不具合が起こりにくくなる。

[0024] 更に、上記のいずれかに記載のセラミックヒータであって、一對の前記リード取出部同士は、前記軸線方向について、互いに5mm以上の間隙Kを介して配置されてなるセラミックヒータとすると良い。

[0025] 導電性セラミックからなるリード取出部同士が互いに近くに配置されていると、このリ

ード取出部近傍では、導電性セラミックの割合が大きくなるので、製造過程や使用過程において掛かる熱応力が大きくなる。このため、このリード取出部近傍において、絶縁基体と発熱抵抗体との界面で両者間に隙間が生じる等の不具合が起こりやすい。

これに対し、本発明では、リード取出部同士を、互いに5mm以上の間隙Kを介して配置しているので、製造過程や使用過程において、リード取出部近傍に掛かる熱応力が小さくなる。従って、絶縁基体と発熱抵抗体との界面で両者間に隙間が生じる等の不具合を抑制できる。

[0026] 更に、上記のいずれかに記載のセラミックヒータであって、前記絶縁基体は、窒化珪素質焼結体からなり、前記発熱抵抗体は、窒化珪素－炭化タングステン複合焼結体からなるセラミックヒータとすると良い。

[0027] 窒化珪素質焼結体からなる絶縁基体と窒化珪素－炭化タングステン複合焼結体からなる発熱抵抗体とでは、熱膨張係数が大きく異なるため、セラミックヒータの製造過程や使用過程において熱応力が掛かることにより、絶縁基体と発熱抵抗体との界面で両者間に隙間が生じる等の不具合が、特に発生しやすい。

[0028] これに対し、本発明では、前述したように、リード部の断面積 $S1$ を、式  $S1 \leq 0.34 Sa$  を満たすように小さくし、製造過程や使用過程で絶縁基体とリード部との界面に掛かる応力を小さくしている。このため、絶縁基体が窒化珪素質焼結体からなり、発熱抵抗体が窒化珪素－炭化タングステン複合焼結体からなるにも拘わらず、絶縁基体と発熱抵抗体との界面で両者間に隙間が生じる等の不具合が起こりにくくなる。

なお、「窒化珪素質焼結体」としては、窒化珪素のみからなるものでもよいし、窒化珪素を主成分とし、これに少量の窒化アルミニウム、アルミナ等が含有されるものでもよい。

[0029] 更に、上記のセラミックヒータであって、前記発熱抵抗体に含まれる窒化珪素粒子の平均粒径が、 $0.5 \mu m$ 以上 $0.8 \mu m$ 以下であるセラミックヒータとすると良い。

[0030] 本発明によれば、発熱抵抗体に含まれる窒化珪素粒子の平均粒径を $0.5 \mu m$ 以上 $0.8 \mu m$ 以下としている。この窒化珪素粒子は、針状形状の結晶を構成しており、いわば細長い結晶粒子である。この粒子の平均粒径がある程度大きく、即ち細長い

方が、粒子同士の重なり合いが増え、機械的強度の向上が望める。このため、平均粒径は $0.5\mu\text{m}$ 以上であることが望ましい。 $0.5\mu\text{m}$ 未満であると、この機械的強度が十分に得られないおそれがあるからである。一方、平均粒径は $0.8\mu\text{m}$ 以下であることが望ましい。粒径が大きすぎる場合、例えば $0.8\mu\text{m}$ を超えて大きくなると、窒化珪素粒子同士の結合力が低下し、やはり十分な強度が得られないおそれがあるからである。従って、平均粒径を $0.5\mu\text{m}$ 以上 $0.8\mu\text{m}$ 以下とすることで、絶縁基体と発熱抵抗体との界面で両者間に隙間が生じる等の不具合を更に抑制できる。

なお、本発明における「平均粒径」は、次のようにして求める。即ち、セラミックヒータの断面を鏡面研磨し、エッチングする。その後、5000倍のSEM画像(約 $16\mu\text{m}\times$ 約 $26\mu\text{m}$ の視野)を撮り、この画像に20本程度の直線を引き、一本の直線に交わる窒化珪素粒子の数を調べる。そして、(直線の長さ)/(粒子の数)=(平均粒径)として、「平均粒径」を求める。

[0031] また、上記のような不具合は、特に、絶縁基体と発熱抵抗体との室温における熱膨張係数の差が $0.6\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 以上である場合に生じやすく、また、リード部の断面積が増加するに従って生じやすい傾向にある。

[0032] 更に、上記のいずれかに記載のセラミックヒータであって、前記軸線方向に直交する前記セラミックヒータの断面のうち、前記リード部が存在する任意の断面において、この断面の中心を通る仮想直線のうち、この仮想直線に沿って測った一对の前記リード部同士の間隙 $a$ が最小となる線分を含む仮想直線を最小仮想直線とし、この最小仮想直線上における一对の前記リード部のそれぞれの寸法を $b$ 、 $c$ としたときに、式 $a\geq 0.15(b+c)$ を満たしてなるセラミックヒータとすると良い。

[0033] 前述したように、絶縁性のセラミックと導電性のセラミックとでは、熱膨張係数が異なるため、セラミックヒータの製造過程や使用過程において熱応力が掛かることにより、発熱抵抗体と絶縁基体との界面で両者間に隙間が生じる等の不具合が発生しやすい。このような不具合は、絶縁基体のうち一对のリード部間に挟まれた部分と、リード部との界面において、特に生じやすい。その理由は、リード部の熱膨張係数は、絶縁基体の熱膨張係数よりも大きいいため、各リード部は、焼成後や使用後の温度が下がるときに絶縁基体よりも大きく縮む。そのとき、絶縁基体のうちリード部間に挟まれた

部分は、リード部により両側に引っ張られることになり、他の部分よりも大きな応力が掛かるためと考えられる。

[0034] これに対し、本発明では、セラミックヒータの断面の中心を通る仮想直線のうち、この仮想直線に沿って測った一对のリード部同士の間隙 $a$ が最小となる線分を含む仮想直線を最小仮想直線とし、この最小仮想直線上における一对のリード部のそれぞれの寸法を $b$ ,  $c$ とする。そして、この間隙 $a$ を、式  $a \geq 0.15(b+c)$  を満たすように大きくしている。リード部同士の間隙 $a$ がこのような関係を満たすことにより、製造過程や使用過程で絶縁基体のうちリード部間に挟まれた部分に掛かる応力が小さくなる。従って、絶縁基体のうちリード部間に挟まれた部分と、リード部との界面において、従来よりも両者間に隙間が生じる等の不具合が起こりにくくなる。

[0035] ここで、「一对のリード部」は、発熱部の基端にそれぞれ接続し、軸線方向の基端側に延びる形態であればよいが、軸線方向に直交するセラミックヒータの断面において、セラミックヒータ(絶縁基体)の中心を含む直線に対して互いに対向する対称形とするのが好ましい。発生する応力が対称的になるので、セラミックヒータに変形等の歪みが生じにくくなるからである。また、「一对のリード部」は、軸線方向に直交するセラミックヒータの断面において、上記最小仮想直線上における各リード部の寸法 $b$ ,  $c$ が、この最小仮想直線に直交する方向についての各リード部の寸法よりも小さくなる形状とするのが好ましい。リード部の軸線方向に直交する断面の具体的な形状としては、短径が上記寸法 $b$ ,  $c$ に相当する楕円形状や長円形状、弦が互いに対向するように配置した弓形形状などが挙げられる。

[0036] 更に、上記のいずれかに記載のセラミックヒータであって、前記軸線方向に直交する前記セラミックヒータの断面が円状を有する形態をなし、前記断面のうち、前記リード部が存在する任意の断面において、この断面の直径を $D$ (mm)とし、この断面の中心を通る仮想直線のうち、この仮想直線に沿って測った一对の前記リード部同士の間隙 $a$ (mm)が最小となる線分を含む仮想直線を最小仮想直線とし、この最小仮想直線上における一对の前記リード部のそれぞれの寸法を $b$ (mm),  $c$ (mm)としたときに、 $2 \leq D \leq 10$ を満たし、かつ、式  $a \leq D - (b+c) - 0.2$  を満たしてなるセラミックヒータとすると良い。

[0037] 前述したように、絶縁性のセラミックと導電性のセラミックとでは、熱膨張係数が異なるため、セラミックヒータの製造過程や使用過程において熱応力が掛かることにより、発熱抵抗体と絶縁基体との間で隙間が生じる等の不具合が起こりやすい。このような不具合は、絶縁基体のうちリード部よりも径方向外側に位置してリード部を覆う部分と、リード部との界面においても、生じやすい。このため、絶縁基体のうちリード部を覆う部分の肉厚を十分に確保して、割れ等の不具合が生じるのを抑制する必要がある。具体的には、軸線方向に直交する断面が円状で絶縁基体の直径Dが2mm以上10mm以下のセラミックヒータにおいては、一对のリード部の外側にそれぞれ0.1mm以上(両側合わせて0.2mm以上)の肉厚を確保する必要がある。

[0038] これに対し、本発明では、絶縁基体の直径をD(mm)とし、セラミックヒータの断面の中心を通る仮想直線のうち、この仮想直線に沿って測った一对のリード部同士の間隙a(mm)が最小となる仮想直線を最小仮想直線とし、この最小仮想直線上における一对のリード部のそれぞれの寸法をb(mm)、c(mm)とする。そして、この間隙aを、式  $a \leq D - (b + c) - 0.2$  を満たすように小さくしている。リード部同士の間隙aがこのような関係を満たすことにより、一对のリード部の外側にそれぞれ0.1mm以上(両側合わせて0.2mm以上)の肉厚の絶縁基体を確保できる。このため、製造過程や使用過程において、絶縁基体のうちリード部を覆う部分と、リード部との界面に、従来よりも両者間に隙間が生じる等の不具合が生じにくくなる。

[0039] 更に、上記のセラミックヒータであって、更に、式  $a \geq 0.15(b + c)$  を満たしてなるセラミックヒータとすると良い。

[0040] 前述したように、セラミックヒータの製造過程や使用過程においては、絶縁基体のうち一对のリード部間に挟まれた部分と、リード部との界面においても、両者間に隙間が生じる等の不具合が生じやすい。

これに対し、本発明では、 $a \geq 0.15(b + c)$  を満たすように、リード部同士の間隙aを大きくしている。このような関係を満たすことにより、製造過程や使用過程で絶縁基体のうちリード部間に挟まれた部分に掛かる応力が小さくなる。従って、上述の絶縁基体のうちリード部を覆う部分と、リード部との界面だけでなく、絶縁基体のうちリード部間に挟まれた部分と、リード部との界面においても、従来よりも隙間が生じる等の不具

合が生じにくくなる。

[0041] また、他の解決手段は、上記のいずれかに記載のセラミックヒータを備えるグローブプラグである。

[0042] 本発明のグローブプラグでは、前述したように使用過程で絶縁基体と発熱抵抗体との界面に隙間が生じる等の不具合が起こりにくいセラミックヒータを用いるので、信頼性の高いグローブプラグとすることができる。

#### 図面の簡単な説明

[0043] [図1]実施形態1に係るグローブプラグの縦断面図である。

[図2]実施形態1に係るセラミックヒータの縦断面図である。

[図3]実施形態1に係るセラミックヒータのうち、図2のA-A断面図である。

[図4]実施形態1に係るセラミックヒータのうち、図2のB-B断面図である。

[図5]実施形態1に係るセラミックヒータのうち、線分ABと線分ACとのなす角 $\alpha$ 及び線分EFと線分EGとのなす角 $\beta$ について示す、図2のB-B断面図である。

[図6]実施形態2に係るセラミックヒータのうち、図4に相当する断面図である。

#### 符号の説明

- [0044] 100, 200 グローブプラグ  
110, 210 セラミックヒータ  
110s (セラミックヒータの)先端部  
110k (セラミックヒータの)基端部  
111, 211 絶縁基体  
111s (絶縁基体の)先端部  
115 発熱抵抗体  
116 発熱部  
116k (発熱部の)基端  
117, 217 リード部  
118a, 118b リード取出部  
120 固定筒  
150 主体金具

151 通電端子

AX 軸線

L (発熱抵抗体の軸線方向の)全長

K (リード取出部同士の軸線方向の)間隙

D 絶縁基体の直径

g 中心

kl 最小仮想直線

a (リード部同士の)間隙

b, c (リード部の並び方向における、リード部の)寸法

d, e (絶縁基体のうちリード部を覆う部分の)肉厚

発明を実施するための最良の形態

[0045] (実施形態1)

以下、本発明の実施の形態を、図面を参照しつつ説明する。図1に本実施形態1のグローブプラグ100の縦断面図を示す。また、図2に本実施形態1のセラミックヒータ110の縦断面図を示す。更に、図3にセラミックヒータ110の軸線AX方向に直交する断面のうち、発熱部116が存在する部分の断面(図2のA-A断面)を示す。また、図4及び図5にセラミックヒータ110の軸線AX方向に直交する断面のうち、リード部117, 117が存在する部分の断面(図2のB-B断面)を示す。

[0046] このグローブプラグ100は、軸線AX方向に延びる形態をなし、セラミックからなるセラミックヒータ110と、このセラミックヒータ110の基端側を覆って保持する筒状の主体金具150とを備える。セラミックヒータ110は、後述するように、使用過程で発熱抵抗体115と絶縁基体111との界面に隙間が生じる等の不具合が起こりにくくされているので、このグローブプラグ100は信頼性が高い。

[0047] セラミックヒータ110は、固定筒120を介して主体金具150の貫通孔150h内に保持されると共に、通電により発熱する先端部110s側が主体金具150の先端部150sから突出している。セラミックヒータ110は、図2に示すように、軸線AX方向に延びる円柱状で先端(図2中、下端)が半球状に丸められた絶縁基体111と、この絶縁基体111の内部に軸線AX方向に沿って埋設された発熱抵抗体115とを有する。

絶縁基体111は、絶縁性のセラミックである窒化珪素質焼結体により形成されており、直径Dが3.3mm、軸線AX方向の長さが42mmである。また、この絶縁基体111の室温における熱膨張係数は3.2ppm/°Cである。

[0048] 発熱抵抗体115は、導電性のセラミックである窒化珪素-炭化タングステン複合焼結体により形成されており、発熱部116と一对のリード部117、117と一对のリード取出部118a、118bとからなる。この発熱抵抗体115の軸線AX方向の全長Lは30mm以上である(具体的には全長Lは40.0mm)。また、この発熱抵抗体115に含まれる窒化珪素粒子の平均粒径は、0.5μm以上0.8μm以下である(具体的には0.6μm)。また、この発熱抵抗体115の室温における熱膨張係数は3.8ppm/°Cである。このため、絶縁基体111と発熱抵抗体115との室温における熱膨張係数の差は、0.6ppm/°C以上である(具体的には0.6ppm/°C)。

[0049] 発熱抵抗体115の発熱部116は、絶縁基体111の先端部111sに埋設され、基端側(図2中、上方)から先端側(図2中、下方)に延び、方向転換した後、再び基端側に延びる形態をなす。この発熱部116は、後述するリード部117、117と接続する基端116k、116k近傍の部分のみがそれぞれ太く(断面積が大きく)形成されているが、それ以外の部分は、高抵抗とするため、同じ太さでリード部117、117よりも細く(断面積が小さく)形成されている。図3に示す、図2におけるA-A断面(軸線AX方向に直交する断面)から判るように、発熱部116のうち、軸線AX方向に延びる部分の断面は、略楕円形状であり、絶縁基体111の中心gを含む仮想の直線t1に対して、互いに対向する対称形をなす。なお、発熱部116は、高抵抗とするために、発熱抵抗体115のうち、後述するリード部117、117よりも細く(断面積が小さく)形成された部分であり、図2に破線BLよりも先端側の部分である。

[0050] 図3に示すセラミックヒータ110の断面全体の面積Sbは、8.55mm<sup>2</sup>である。一方、発熱部116の合計断面積S2は、0.67mm<sup>2</sup>である。従って、このセラミックヒータ110は、 $S2=0.078Sb$ であるから、式  $S2 \leq 0.16Sb$  を満たし、更には、式  $S2 \leq 0.08Sb$  を満たしている。発熱部116の断面積S2をこのように小さくすることにより、発熱部116の抵抗が大きくなる。従って、セラミックヒータ110を急速昇温が可能な高性能なものとすることができる。

- [0051] 次に、リード部117, 117について説明する。リード部117, 117は、発熱部116の基端116k, 116kにそれぞれ接続し、軸線AX方向の基端側に同じ太さ(同じ断面積)で延びる形態をなす。リード部117, 117は、低抵抗とするため、発熱部116よりも太く形成されている。図4に示す、図2におけるB-B断面(軸線AX方向に直交する断面)から判るように、リード部117, 117も、その断面は概略楕円形状であり、絶縁基体111の中心gを含む仮想の直線tlに対して、互いに対向する対称形をなす。
- [0052] このセラミックヒータ110の断面全体の面積 $S_a$ は、 $8.55\text{mm}^2$ である。一方、リード部117, 117の合計断面積 $S_1$ は、 $1.68\text{mm}^2$ である。従って、このセラミックヒータ110は、 $S_1=0.20S_a$ であるから、式  $S_1 \leq 0.34S_a$ を満たし、更には、式  $S_1 \leq 0.25S_a$ を満たしている。一方、このセラミックヒータ110は、式  $S_1 \geq 0.15S_a$ も満たしている。
- [0053] 前述したように、絶縁基体111(熱膨張係数 $3.2\text{ppm}/^\circ\text{C}$ )と発熱抵抗体115(熱膨張係数 $3.8\text{ppm}/^\circ\text{C}$ )とでは、室温における熱膨張係数の差が $0.6\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 以上であるため、セラミックヒータ110の製造過程や使用過程において熱応力が掛かることにより、絶縁基体111と発熱抵抗体115との界面で両者間に隙間が生じる等の不具合が発生しやすい。また、発熱抵抗体115の全長L(図2参照)が $30\text{mm}$ 以上(具体的には $40.0\text{mm}$ )と長いため、その製造過程や使用過程で絶縁基体111と発熱抵抗体115との軸線方向についての熱膨張差が大きくなる。従って、製造過程や使用過程においてそれだけ大きな熱応力が掛かるので、上記の不具合が特に発生しやすい。
- [0054] しかし、本実施形態1では、リード部117, 117の合計断面積 $S_1$ を、式  $S_1 \leq 0.34S_a$ 、更には、式  $S_1 \leq 0.25S_a$ を満たすように小さくしている。このようにリード部117, 117の断面積 $S_1$ を小さくすることにより、製造過程や使用過程で絶縁基体111とリード部117, 117との界面に掛かる応力が小さくなる。従って、絶縁基体111とリード部117, 117との界面において、従来よりも両者間に隙間が生じる等の不具合が起こりにくくなる。
- その一方で、本実施形態1では、リード部117, 117の合計断面積 $S_1$ を、式  $S_1 \geq 0.15S_a$ を満たすようにしているので、製造過程や使用過程で発熱抵抗体115(リー

ド部117) 自体にクラック等が発生してしまうことを抑制でき、良好な発熱抵抗体とすることができる。

[0055] 更に、本実施形態1では、前述したように、発熱抵抗体115に含まれる窒化珪素粒子の平均粒径を $0.5\mu\text{m}$ 以上 $0.8\mu\text{m}$ 以下(具体的には $0.6\mu\text{m}$ )としている。このようにすることで、発熱抵抗体115と絶縁基体111との界面で両者間に隙間が生じる等の不具合を更に抑制することができる。

[0056] また、図4に示すように、リード部117, 117が通るセラミックヒータ110の断面において、この断面の中心gを通る仮想直線のうち、この仮想直線に沿って測った一对のリード部117, 117同士の間隙が最小となる線分を含む仮想直線を最小仮想直線klとする。そして、この最小仮想直線kl上における、一对のリード部117, 117同士の間隙をa、一对のリード部117, 117のそれぞれの寸法をb, cとする。本実施形態1では、この間隙a(絶縁基体111のうちリード部117, 117に挟まれた部分111mの最小厚み)は、 $0.43\text{mm}$ である( $a=0.43\text{mm}$ )。また、各リード部117, 117の寸法b, cは、共に $1.00\text{mm}$ である( $b=c=1.00\text{mm}$ )。また、絶縁基体111のうち、リード部117, 117の径方向外側に位置してリード部117, 117を覆う部分111n, 111nの肉厚(最小仮想直線kl上における肉厚)d, eは、共に $0.435\text{mm}$ である( $d=e=0.435\text{mm}$ )。従って、このセラミックヒータ110は、式  $a \geq 0.15(b+c)$  を満たしている。しかも、式  $a \leq D - (b+c) - 0.2$  も満たしている。

[0057] 前述したように、絶縁基体111と発熱抵抗体115とでは、室温における熱膨張係数の差が $0.6\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 以上であるため、セラミックヒータ110の製造過程や使用過程において熱応力が掛かることにより、絶縁基体111と発熱抵抗体115との界面で両者間に隙間が生じる等の不具合が起こりやすい。このような不具合は、絶縁基体111のうちリード部117, 117間に挟まれた部分111mと、リード部117, 117との界面において、特に生じやすい。

[0058] しかし、本実施形態1では、リード部117, 117同士の間隙aを、式  $a \geq 0.15(b+c)$  を満たすように大きくしている。このようにすることにより、製造過程や使用過程で絶縁基体111のうちリード部117, 117間に挟まれた部分111mに掛かる応力が小さくなる。従って、絶縁基体111のうちリード部117, 117間に挟まれた部分111mと、リ

ード部117, 117との界面において、従来よりも両者間に隙間が生じる等の不具合が起りにくくなる。

[0059] また、発熱抵抗体115と絶縁基体111との間で隙間が生じる等の不具合は、絶縁基体111のうちリード部117, 117よりも径方向外側に位置してリード部117, 117を覆う部分111n, 111nと、リード部117, 117との界面においても、起りやすい。このため、絶縁基体111のうちリード部117, 117を覆う部分111n, 111nの肉厚を十分に確保して、隙間が生じる等の不具合を抑制する必要がある。

[0060] これに対し、本実施形態1では、リード部117, 117同士の間隙 $a$ を、式  $a \leq D - (b + c) - 0.2$  を満たすように小さくしている。このようにすることにより、リード部117, 117の外側にそれぞれ0.1mm以上(具体的にはそれぞれ0.435mm)の肉厚の絶縁基体111(111n)を確保できる。このため、製造過程や使用過程において、絶縁基体111のうちリード部117, 117を覆う部分111n, 111nと、リード部117, 117との界面に、従来よりも両者間に隙間が生じる等の不具合が起りにくくなる。

[0061] また、このセラミックヒータ110の断面において、別途図5に示すように、最小仮想直線 $kl$ と一方(図中、左側)のリード部117の周縁117yとが交わる点のうち中心 $g$ 側の点を $A$ 点とし、最小仮想直線 $kl$ と他方(図中、右側)のリード部117の周縁117yとが交わる点のうち中心 $g$ 側の点を $E$ 点とする。また、この断面において、この断面の中心 $g$ を中心とし、この断面の直径 $D$ (3.3mm)の2分の1の直径 $DK$ (1.65mm)を有する仮想円 $kc$ を描く。そして、この仮想円 $kc$ と一方(図中、左側)のリード部117の周縁117yとが交わる点を $B$ 点及び $C$ 点とし、この仮想円 $kc$ と他方(図中、右側)のリード部117の周縁117yとが交わる点を $F$ 点及び $G$ 点とする。更に、線分 $AB$ と線分 $AC$ とのなす角を $\alpha$ とし、線分 $EF$ と線分 $EG$ とのなす角を $\beta$ とする。本実施形態1のセラミックヒータ110では、線分 $AB$ と線分 $AC$ とのなす角 $\alpha$ 、及び、線分 $EF$ と線分 $EG$ とのなす角 $\beta$ は、共に160度以上175度以下(具体的にはそれぞれ170度)となる。

[0062] 線分 $AB$ と線分 $AC$ とのなす角 $\alpha$ または線分 $EF$ と線分 $EG$ とのなす角 $\beta$ が、160度未満である場合、製造過程や使用過程で、絶縁基体111とリード部117, 117との界面のうち、特に $A$ 点、 $E$ 点付近に応力が集中しやすくなる。このため、 $A$ 点、 $E$ 点付近において、絶縁基体111とリード部117, 117との界面で両者間に隙間が生じる等の

不具合が起こりやすくなる。一方、角 $\alpha$ または角 $\beta$ が、175度を超える場合、後述するように焼成前(未焼成)の発熱抵抗体115を射出成形する際、発熱抵抗体115の型抜きが困難になるおそれがある。

[0063] これに対し本実施形態1では、角 $\alpha$ 及び角 $\beta$ を160度以上としているので、A点、E点付近に応力が集中することを抑制できる。従って、絶縁基体111とリード部117、117との界面、特にA点、E点付近において隙間が生じる等の不具合を、効果的に防止できる。また、角 $\alpha$ 及び角 $\beta$ を175度以下としているので、後述するように焼成前の発熱抵抗体115を射出成形する際に、発熱抵抗体115の型抜きを確実に行うことができる。

[0064] 次に、リード取出部118a、118bについて説明する(図2参照)。リード取出部118a、118bは、一对のリード部117、117にそれぞれ接続すると共に、径方向外側に延びて外部に露出している。リード取出部118a、118b同士は、軸線AX方向に見て、互いに5mm以上(本実施形態1では5mm)の間隙Kをあけて配設されている。先端側(図1、図2中、下方)に位置する一方のリード取出部118aは、固定筒120を介して主体金具150に電氣的に接続している。一方、基端側(図1、図2中、上方)に位置する他方のリード取出部118bは、後述するように、リードコイル153を介して通電端子151に電氣的に接続している。

[0065] 前述したように、リード取出部118a、118b同士が互いに近くに配置されていると、このリード取出部118a、118b近傍では、導電性セラミックの割合が大きくなるので、セラミックヒータ110の製造過程や使用過程で掛かる熱応力が大きくなる。このため、このリード取出部118a、118b近傍で絶縁基体111と発熱抵抗体115との界面で両者間に隙間が生じる等の不具合が起こりやすい。

しかし、本実施形態1では、上記のように、リード取出部118a、118b同士を、互いに5mm以上の間隙Kを介して配置しているので、製造過程や使用過程で掛かる熱応力も小さい。従って、絶縁基体111と発熱抵抗体115との界面で両者間に隙間が生じる等の不具合を抑制できる。

[0066] 本実施形態1のセラミックヒータ110は、上述したように、絶縁基体111と発熱抵抗体115との界面で両者間に隙間が生じる等の不具合を抑制できる。具体的には、従

来形態のセラミックヒータでは、その製造過程において、100個中2個の製品に、絶縁基体と発熱抵抗体との界面で両者間に隙間が生じる等の不具合が見られた。これに対し、本実施形態1のセラミックヒータ110では、その製造過程において、100個中いずれの製品にも、絶縁基体と発熱抵抗体との界面で両者間に隙間が生じる等の不具合が見つからなかった。

[0067] (実施例1~12)

本実施形態1の効果を検証するために、本発明に係る実施例1~12として、リード部117、117の合計断面積 $S_1$ と、発熱部116の合計断面積 $S_2$ をそれぞれ異ならせて、12種類のセラミックヒータ110を製造した。具体的には、表1に示すように、リード部117、117の合計断面積 $S_1$ を、 $0.20S_a$ 、 $0.25S_a$ 、 $0.30S_a$ 、 $0.34S_a$ とした。また、発熱部116の合計断面積 $S_2$ を、 $0.05S_b$ 、 $0.08S_b$ 、 $0.16S_b$ 、 $0.18S_b$ とした。

[0068] 一方、比較例1~4として、リード部117、117の合計断面積 $S_1$ と、発熱部116の合計断面積 $S_2$ をそれぞれ異ならせて、4種類のセラミックヒータ110を製造した。具体的には、表1に示すように、リード部117、117の合計断面積 $S_1$ を、 $0.40S_a$ または $0.50S_a$ とした。また、発熱部116の合計断面積 $S_2$ を、 $0.05S_b$ または $0.18S_b$ とした。

なお、各々のセラミックヒータ110の断面積 $S_a$ 、 $S_b$ は、前述の値と同様で、共に $8.55\text{mm}^2$ とした。また、詳細は後述するが、線分ABと線分ACとのなす角 $\alpha$ 及び線分EFと線分EGとのなす角 $\beta$ は、前述の値と同様で、それぞれ170度とした。

[0069] そして、各々のセラミックヒータ110について、残留応力を測定した。具体的には、この残留応力は、断面位置における靱性値をJIS R1607 破壊じん性試験方法に定める手法にて取得し、この取得した靱性値をFEM解析により残留応力値へと換算し得たものである。

また、各々のセラミックヒータ110について、通電耐久試験を行った。具体的には、この通電耐久試験は、室温下において、直流電源をセラミックヒータ110に接続し、セラミックヒータ110の表面温度が2秒間で $1450^\circ\text{C}$ に達するように電圧を調整して印加・加熱し、その後、30秒間の空冷により室温まで冷却する。これを1サイクルとして

、発熱抵抗体115が破損するまでのサイクル数を測定した。

更に、各々のセラミックヒータ110について、11Vを印加したときの1000°Cまでの到達時間を測定した。

[0070] [表1]

	断面積S1	断面積S2	残留応力 (MPa)	通電耐久 (cycle)	通電耐久 の評価	1000°C到 達時間(s)	到達時間 の評価
実施例1	0. 20Sa	0. 05Sb	118	30000~	◎	1.70	◎
実施例2	0. 20Sa	0. 08Sb	126	30000~	◎	1.80	◎
実施例3	0. 20Sa	0. 16Sb	120	30000~	◎	2.00	○
実施例4	0. 20Sa	0. 18Sb	119	30000~	◎	3.00	△
実施例5	0. 25Sa	0. 08Sb	135	20000~	◎	1.70	◎
実施例6	0. 25Sa	0. 18Sb	137	20000~	◎	2.60	△
実施例7	0. 30Sa	0. 05Sb	156	10000~	○	1.60	◎
実施例8	0. 30Sa	0. 18Sb	149	10000~	○	2.50	△
実施例9	0. 34Sa	0. 05Sb	168	10000~	○	1.65	◎
実施例10	0. 34Sa	0. 08Sb	176	10000~	○	1.70	◎
実施例11	0. 34Sa	0. 16Sb	169	10000~	○	1.90	○
実施例12	0. 34Sa	0. 18Sb	175	10000~	○	2.00	△
比較例1	0. 40Sa	0. 05Sb	255	9036	×	—	—
比較例2	0. 40Sa	0. 18Sb	256	8639	×	—	—
比較例3	0. 50Sa	0. 05Sb	266	7596	×	—	—
比較例4	0. 50Sa	0. 18Sb	274	8023	×	—	—

[0071] その結果、リード部117, 117の合計断面積S1を、0. 20Saまたは0. 25Saとした実施例1~6では、残留応力が118MPa~137MPaと十分に小さく、また、通電耐久試験において20000サイクル未満では、絶縁基体111とリード部117, 117との界面で、両者間に隙間が生じる等の不具合が起こらなかった。なお、表1においては、

この通電耐久試験の結果を非常に良好なものと判断し、「◎」と表示した。

また、リード部117, 117の合計断面積 $S_1$ を、 $0.30S_a$ または $0.34S_a$ とした実施例7~12では、残留応力が149MPa~176MPaと比較的小さく、また、通電耐久試験においては、20000サイクルには達しないものの、10000サイクル未満では、絶縁基体111とリード部117, 117との界面で、両者間に隙間が生じる等の不具合が起こらなかった。なお、表1においては、この通電耐久試験の結果を比較的良好なものと判断し、「○」と表示した。

[0072] 一方、比較例1~4では、残留応力が255MPa~274MPaと比較的大きく、また、通電耐久試験を行ったときに、10000サイクルを下回る比較的早い段階(7596サイクル~9036サイクル)で、絶縁基体111とリード部117, 117との界面で、両者間に隙間が生じた。なお、表1においては、この通電耐久試験の結果を良好ではないものと判断し、「×」と表示した。

これらの結果より、リード部117, 117の合計断面積 $S_1$ を、 $S_1 \leq 0.34S_a$ とすることにより、更に好ましくは、 $S_1 \leq 0.25S_a$ とすることにより、通電耐久性試験において、絶縁基体111とリード部117, 117との界面で両者間に隙間が生じる等の不具合を効果的に抑制できることが判る。

[0073] 1000℃までの到達時間については、発熱部116の合計断面積 $S_2$ を、 $0.05S_b$ または $0.08S_b$ とした実施例1, 2, 5, 7, 9及び10では、到達時間が1.80s以内と非常に短かった。なお、表1においては、この到達時間の結果を非常に良好なものと判断し、「◎」と表示した。

また、発熱部116の合計断面積 $S_2$ を、 $0.16S_b$ とした実施例3及び11では、到達時間が1.80sを超えるものの、2.00s以内と比較的短かった。なお、表1においては、この到達時間の結果を比較的良好なものと判断し、「○」と表示した。

[0074] 一方、発熱部116の合計断面積 $S_2$ を、 $0.18S_b$ とした実施例4, 6, 8及び12では、到達時間が2.10s以上と比較的長かった。なお、表1においては、この到達時間の結果を許容できる良好なものと判断し、「△」と表示した。

これらの結果より、発熱部116の合計断面積 $S_2$ を、 $S_2 \leq 0.16S_b$ とすることにより、更に好ましくは、 $S_2 \leq 0.08S_b$ とすることにより、1000℃までの到達時間が十分に

短くできることが判る。なお、通電耐久試験の評価が「×」であった各比較例1～4については、1000°C到達時間の測定を行っていない。

[0075] (実施例13～23)

更に本実施形態1の効果を検証するために、本発明に係る実施例13～23として、リード部117, 117の合計断面積 $S1$ を $0.15Sa \sim 0.34Sa$ の範囲で異ならせると共に、線分ABと線分ACとのなす角 $\alpha$ 及び線分EFと線分EGとのなす角 $\beta$ を異ならせて、11種類のセラミックヒータ110を製造した。具体的には、表2に示すように、リード部117, 117の合計断面積 $S1$ を、 $0.15Sa$ 、 $0.25Sa$ 、 $0.30Sa$ 、 $0.34Sa$ (なお、 $Sa$ は前述の値と同様で $8.55\text{mm}^2$ )とした。また、角 $\alpha$ 及び角 $\beta$ を、140度、150度、160度、170度、175度とした。

[0076] 一方、比較例5～8として、リード部117, 117の合計断面積 $S1$ を異ならせると共に、線分ABと線分ACとのなす角 $\alpha$ 及び線分EFと線分EGとのなす角 $\beta$ を異ならせて、4種類のセラミックヒータ110を製造した。具体的には、表2に示すように、リード部117, 117の合計断面積 $S1$ を、 $0.10Sa$ 、 $0.40Sa$ 、 $0.50Sa$ とした。また、角 $\alpha$ 及び角 $\beta$ を、140度、160度、170度とした。

なお、各々のセラミックヒータ110のリード部117, 117同士の間隙 $a$ は $1.0\text{mm}$ とした。

そして、各々のセラミックヒータ110について、前述の通電耐久試験を、絶縁基体11とリード部117, 117との界面で両者間に隙間が生じるまで行い、その回数を測定した。

[0077] [表2]

	断面積S1	角 $\alpha, \beta$ (度)	通電耐久 (cycle)	通電耐久比
実施例13	0.15Sa	170	55128	1.00
実施例14	0.25Sa	140	16536	0.59
実施例15	0.25Sa	170	28056	1.00
実施例16	0.30Sa	140	13489	0.69
実施例17	0.30Sa	160	16049	0.82
実施例18	0.30Sa	170	19520	1.00
実施例19	0.34Sa	140	12280	0.70
実施例20	0.34Sa	150	13300	0.76
実施例21	0.34Sa	160	14026	0.80
実施例22	0.34Sa	170	17503	1.00
実施例23	0.34Sa	175	19087	1.09
比較例5	0.40Sa	140	7129	0.75
比較例6	0.50Sa	160	7801	0.82
比較例7	0.50Sa	170	9563	1.00

[0078] 前述の表1の通電耐久試験においては、角 $\alpha$ 及び角 $\beta$ をそれぞれ170度としていたが、断面積S1を0.20Sa~0.34Saとした各実施例1~12では、いずれも通電耐久性が良好であった。

同様に、この表2における通電耐久試験においても、角 $\alpha$ 及び角 $\beta$ をそれぞれ170度とした実施例13, 15, 18及び22では、断面積S1を0.15Sa~0.34Saの範囲で変更しているが(具体的には、実施例13ではS1=0.15Sa、実施例15ではS1=0.25Sa、実施例18ではS1=0.30Sa、実施例22ではS1=0.34Sa)、いずれも通電耐久性が良好であった。具体的には、通電耐久試験のサイクル数は、実施例1

3では55128サイクル、実施例15では28056サイクル、実施例18では19520サイクル、実施例22では17503サイクルであった。

[0079] なお、実施例13がとりわけ良好な結果を示していることは、断面積S1がこの4サンプル中、最も小さく残留応力が最も小さいためであると推測される。また、発熱抵抗体115の成形において容易に作成し得る範囲内で、角 $\alpha$ 及び角 $\beta$ の角度をそれぞれ175度と大きくした実施例23では、通電耐久試験のサイクル数が19087と、同じ断面積S1を有する実施例22に比して、更に良好な結果が得られた。

[0080] ここで、前述の表1における通電耐久試験の結果を評価基準、即ち、角 $\alpha$ 及び角 $\beta$ がそれぞれ170度である場合を基準とする。そして、それぞれ同一の断面積S1を有するサンプルにおいて、角 $\alpha$ 及び角 $\beta$ の角度が170度の場合に対し通電耐久性がどの程度であったかを示したものが、表2中の「通電耐久比」である。

この通電耐久比によると、角 $\alpha$ 及び角 $\beta$ をそれぞれ160度とした実施例17及び21では、基準(170度のもの)に対して8割程度の通電耐久性を保持していた。これに対し、角 $\alpha$ 及び角 $\beta$ をそれぞれ140度とした実施例14、16及び19、並びに、角 $\alpha$ 及び角 $\beta$ をそれぞれ150度とした実施例20では、基準に対して大幅に通電耐久性が低下してしまっている。このことから、角 $\alpha$ 及び角 $\beta$ は成形上問題のない範囲で大きくすることが好ましいが、その下限値は通電耐久性の観点から160度以上であると良いことが確認される。

なお、断面積S1が0.25Sa、角 $\alpha$ 及び角 $\beta$ がそれぞれ140度である実施例14が、実施例16及び19に比較して通電耐久比の低下度合いが著しいのは、この角 $\alpha$ 及び角 $\beta$ が通電耐久性に与える影響度が断面積S1の小さいものに対してより顕著である傾向を示すものである。

[0081] 断面積S1が0.34Saを超えた比較例6、7及び8についても同様の試験を行ったところ、類似の傾向が確認された。角 $\alpha$ 及び角 $\beta$ をそれぞれ140度とした比較例6の、比較例8に対する低下度合いが少ないが、これは、角 $\alpha$ 及び角 $\beta$ の角度が通電耐久性に与える影響が断面積S1が大きい、具体的には0.34Saを超える場合にはそれほど重要ではない、すなわち、断面積S1が0.34Sa以下である場合に重要であることを示すものに他ならないものである。

[0082] これらの結果から、リード部117, 117の合計断面積 $S_1$ を、 $S_1 \leq 0.34S_a$ とすることにより、更に好ましくは、 $S_1 \leq 0.25S_a$ とすることにより、通電耐久性試験において、絶縁基体111とリード部117, 117との界面で両者間に隙間が生じる等の不具合を効果的に抑制できることが判る。

また、角 $\alpha$ 及び角 $\beta$ を160度以上175度以下とすることにより、通電耐久性試験において、絶縁基体111とリード部117, 117との界面で両者間に隙間が生じる等の不具合を効果的に抑制できることが判る。

[0083] (実施例24~32)

更に本実施形態1の効果を検証するために、本発明に係る実施例24~32として、リード部117, 117の合計断面積 $S_1$ を異ならせると共に、リード部117, 117同士の間隙 $a$ 及び各リード部117, 117の幅方向(並び方向)の寸法 $b, c$ を異ならせて、9種類のセラミックヒータ110を製造した。具体的には、表3に示すように、リード部117, 117の合計断面積 $S_1$ を、 $0.30S_a$ または $0.34S_a$ とした。また、リード部117, 117同士の間隙 $a$ を、 $0.15\text{mm}$ 、 $0.20\text{mm}$ 、 $0.29\text{mm}$ 、 $0.70\text{mm}$ 、 $1.00\text{mm}$ 、 $1.20\text{mm}$ 、 $1.25\text{mm}$ 、 $1.50\text{mm}$ とし、各リード部117, 117の幅方向の寸法 $b, c$ を、 $0.82\text{mm}$  ( $b+c$ で $1.64\text{mm}$ )、または、 $0.94\text{mm}$  ( $b+c$ で $1.88\text{mm}$ )とした。

[0084] そして、各々のセラミックヒータ110について、前述の方法により、残留応力を測定し、また、通電耐久試験を行った。

また、各々のセラミックヒータ110について、抗折強度を測定した。具体的には、この抗折強度は、JIS R1601に準拠した次の抗折強度測定方法を実施した。各セラミックヒータ110単体をセラミックヒータ110の軸線AX方向中央を跨ぐ形で支持し(スパン間 $12\text{mm}$ )、クロスヘッド移動速度を $0.5\text{mm}/\text{min}$ として、セラミックヒータ110の前記中央に荷重を付加した。

[0085] [表3]

	断面積 S1	a(mm)	b+c (mm)	$a \geq 0.15(b+c)$	$a \leq D - (b+c) - 0.2$	残留応力 (MPa)	抗折強度 (MPa)	通電耐久 (cycle)
実施例24	0.30Sa	0.20	1.64	×	○	180	1005	16158
実施例25	0.30Sa	1.00	1.64	○	○	153	986	19503
実施例26	0.30Sa	1.50	1.64	○	×	125	692	35562
実施例27	0.34Sa	0.15	1.88	×	○	225	1255	12501
実施例28	0.34Sa	0.20	1.88	×	○	215	1165	13369
実施例29	0.34Sa	0.29	1.88	○	○	200	1265	14005
実施例30	0.34Sa	0.70	1.88	○	○	185	1045	15050
実施例31	0.34Sa	1.20	1.88	○	○	160	1036	17503
実施例32	0.34Sa	1.25	1.88	○	×	155	756	18569

[0086] その結果、リード部117, 117の合計断面積S1を0.30Saとした実施例24~26のうち、 $a \geq 0.15(b+c)$ を満たす(表3中に「○」で示す)実施例25及び26については、有効に残留応力の低減効果が得られた。また、断面積S1が他の実施例にも比較して小さいため、19503サイクル、35562サイクルと良好な通電耐久性を得ることができた。

一方、距離aを0.20mmとした実施例24では、セラミックヒータとしての完成品では問題なかったものの、発熱抵抗体115を射出成形により作製する際に発生するバリが短絡の原因となったり、このバリを取り除くための除去工程において精密な加工が要求されることから製造歩留まりが低下するという問題も生じ得る。

[0087] また、 $a \leq D - (b+c) - 0.2$ を満たす(表3中に「○」で示す)実施例24及び25については、抗折強度が1005MPa、986MPaと良好な結果を示した。

一方、距離aを1.5mmとした実施例26では、残留応力の低減による高い通電耐久性を得られるものの、抗折強度は800MPa以下の692MPaに留まる結果であった。この通電耐久性と抗折強度とはトレードオフの関係にあり、実施例25では共に高い性能を実現している。

[0088] 次いで、断面積 $S_1$ を $0.34Sa$ とした実施例27～32について説明する。これらの実施例も断面積 $S_1$ を $0.30Sa$ とした実施例24～26と同様の傾向を示している。具体的には、 $a \geq 0.15(b+c)$ を満たしていない実施例27及び28については、その他の実施例に比較して残留応力が高く、通電耐久性が比較的低い結果となっているものの、高い抗折強度が得られている。

逆に、 $a \leq D - (b+c) - 0.2$ を満たしていない実施例32では、残留応力の低減が実現でき、断面積 $S_1$ が比較的大きい割に優れた通電耐久性を得られているが、抗折強度の面では前述同様に800MPa以下の756MPaに留まっている。実施例29～31については、通電耐久性、抗折強度、共に高い性能を実現している。

[0089] (実施例33～35)

更に本実施形態1の効果を検証するために、本発明に係る実施例33～35として、発熱抵抗体115の軸線AX方向の全長 $L$ を異ならせて、3種類のセラミックヒータ110を製造した。具体的には、表4に示すように、リード部117, 117の合計断面積 $S_1$ を $0.34Sa$  ( $Sa = 8.55\text{mm}^2$ )として、発熱抵抗体115の軸線AX方向の全長 $L$ を、25mm、30mm、40mmとした。

一方、比較例8～10として、発熱抵抗体115の軸線AX方向の全長 $L$ を異ならせて、3種類のセラミックヒータ110を製造した。具体的には、表4に示すように、リード部117, 117の合計断面積 $S_1$ を $0.40Sa$  ( $Sa = 8.55\text{mm}^2$ )として、発熱抵抗体115の軸線AX方向の全長 $L$ を、25mm、30mm、40mmとした。

なお、各々のセラミックヒータ110のリード部117, 117同士の間隙 $a$ は1.0mmとした。

そして、各々のセラミックヒータ110について、前述の方法により、残留応力の測定と通電耐久試験を行った。なお、比較例8～10については、残留応力の測定のみを行った。

[0090] [表4]

	断面積S1	全長L(mm)	残留応力 (MPa)	通電耐久 (cycle)
実施例33	0. 34Sa	25	140	20069
実施例34	0. 34Sa	30	150	19865
実施例35	0. 34Sa	40	170	18634
比較例8	0. 40Sa	25	170	—
比較例9	0. 40Sa	30	190	—
比較例10	0. 40Sa	40	255	—

[0091] その結果、実施例33～35のいずれにおいても、高い通電耐久性を有していた。

実施例33と比較例8は、共に全長L=25mmであるが、両者を比較すると、断面積S1を0. 34Saとした実施例33は、断面積S1を0. 40Saとした比較例8に対して、残留応力の低減が認められる。従って、実施例33は、比較例8に対して通電耐久性が向上しているものと推測できる。

同様に、実施例34と比較例9は、共に全長L=30mmであるが、両者を比較すると、断面積S1を0. 34Saとした実施例34は、断面積S1を0. 40Saとした比較例9に対して、残留応力の低減が認められる。従って、実施例34は、比較例9に対して通電耐久性が向上しているものと推測できる。

また同様に、実施例35と比較例10は、共に全長L=40mmであるが、両者を比較すると、断面積S1を0. 34Saとした実施例35は、断面積S1を0. 40Saとした比較例10に対して、残留応力の低減が認められる。従って、実施例35は、比較例10に対して通電耐久性が向上しているものと推測できる。

[0092] また、実施例33～35同士、及び、比較例8～10同士で比較すると、全長Lが大きくなるほど、残留応力が大きくなることが認められる。

比較例8～10のうち、発熱抵抗体115の全長Lが短い(具体的には25mm)比較例8では、断面積S1が0. 34Saを超えるほど大きい(具体的には0. 40Sa)にも拘わらず、残留応力がある程度低減されている。これに対し、発熱抵抗体115の全長Lが長

い(具体的には30mm以上)の比較例9, 10では、残留応力が大きい。従って、断面積S1を小さくするという本発明は、発熱抵抗体115の軸線AX方向の全長Lが30mm以上であるものに適用することで、より顕著にその効果を得ることができる。

[0093] (実施例36~38)

更に本実施形態1の効果を検証するために、本発明に係る実施例36~38として、リード取出部118a, 118b同士の軸線AX方向の間隙Kを異ならせて、3種類のセラミックヒータ110を製造した。具体的には、表5に示すように、リード部117, 117の合計断面積S1を $0.34S_a$  ( $S_a = 8.55\text{mm}^2$ )として、リード取出部118a, 118b同士の間隙Kを、3.0mm、5.0mm、8.0mmとした。

なお、各々のセラミックヒータ110のリード部117, 117同士の間隙aは1.0mmとした。

そして、各々のセラミックヒータ110について、前述の方法により残留応力を測定した。

[0094] [表5]

	断面積S1	K(mm)	残留応力 (MPa)	残留応力の評価
実施例36	$0.34S_a$	3.0	198	○
実施例37	$0.34S_a$	5.0	170	◎
実施例38	$0.34S_a$	8.0	150	◎

[0095] その結果、リード取出部118a, 118b同士の間隙Kを5.0mmとした実施例37では、残留応力が170MPa、間隙Kを8.0mmとした実施例38では、残留応力が150MPaと十分に小さかった。なお、表5においては、この残留応力の結果を非常に良好なものと判断して、「◎」と表示した。

また、間隙Kを3.0mmとした実施例36では、残留応力が198MPaと実施例37, 38よりもやや大きかった。なお、表5においては、この残留応力の結果を比較的良好

なものと判断して、「○」と表示した。

これらの結果から、リード取出部118a, 118b同士の間隙Kを5mm以上とすることにより、残留応力が小さくなることが判る。従って、製造時や使用時に、絶縁基体111とリード部117, 117との界面で両者間に隙間が生じる等の不具合を効果的に抑制できると考えられる。

[0096] (実施例39~42)

更に本実施形態1の効果を検証するために、本発明に係る実施例39~42として、発熱抵抗体115に含まれる窒化珪素粒子の平均粒径(以下、単に窒化珪素粒径とも言う)を異ならせて、4種類のセラミックヒータ110を製造した。具体的には、表6に示すように、リード部117, 117の合計断面積S1を $0.34S_a$  ( $S_a=8.55\text{mm}^2$ )として、窒化珪素粒径を $0.3\mu\text{m}$ 、 $0.5\mu\text{m}$ 、 $0.8\mu\text{m}$ 、 $1.0\mu\text{m}$ とした。

なお、各々のセラミックヒータ110のリード部117, 117同士の間隙aは1.0mmとした。

そして、各々のセラミックヒータ110について、前述の方法により残留応力を測定し、また、抗折強度を測定した。

[0097] [表6]

	断面積S1	窒化珪素粒径( $\mu\text{m}$ )	残留応力(MPa)	残留応力の評価	抗折強度(MPa)	抗折強度の評価
実施例39	$0.34S_a$	0.3	215	○	1243	◎
実施例40	$0.34S_a$	0.5	153	◎	1223	◎
実施例41	$0.34S_a$	0.8	140	◎	1173	◎
実施例42	$0.34S_a$	1.0	136	◎	735	○

[0098] その結果、窒化珪素粒径を $0.5\mu\text{m}$ ~ $1\mu\text{m}$ とした実施例40~42では、残留応力が136~153MPaと十分に小さかった。なお、表6においては、この残留応力の結果を非常に良好なものと判断し、「◎」と表示した。

また、窒化珪素粒径を $0.3\mu\text{m}$ とした実施例39では、残留応力が215MPaと実施

例40～42よりもやや大きかった。なお、表6においては、この残留応力の結果を比較的良好なものとして判断し、「○」と表示した。

これらの結果から、窒化珪素粒径を $0.5\mu\text{m}$ ～ $1\mu\text{m}$ とすることにより、残留応力が小さくなることが判る。従って、製造時や使用時に、絶縁基体111とリード部117, 117との界面で両者間に隙間が生じる等の不具合を効果的に抑制できると考えられる。

[0099] また、窒化珪素粒径を $0.3\mu\text{m}$ ～ $0.8\mu\text{m}$ とした実施例39～41では、抗折強度が $1173\text{MPa}$ ～ $1243\text{MPa}$ と十分に高かった。なお、表6においては、この抗折強度の結果を非常に良好なものとして判断し、「◎」と表示した。

また、窒化珪素粒径を $1\mu\text{m}$ とした実施例42では、抗折強度が $735\text{MPa}$ と実施例39～41よりもやや小さかった。なお、表6においては、この抗折強度の結果を比較的良好な結果として判断し、「○」と表示した。

これらの結果から、窒化珪素粒径を $0.3\mu\text{m}$ ～ $0.8\mu\text{m}$ とすることにより、抗折強度が小さくなることが判る。

また、前述の残留応力の結果と合わせて考えると、窒化珪素粒径を $0.5\mu\text{m}$ ～ $0.8\mu\text{m}$ とすることにより、残留応力及び抗折強度が共に良好なセラミックヒータ110となることが判る。

[0100] 次に、グロープラグ100のその他の部分について説明する(図1参照)。セラミックヒータ110の外周には、筒状の固定筒120が装着され、ロウ材により固着されている。そして、この固定筒120は、主体金具150の貫通孔150hに挿入されて、ロウ材により固着されている。

[0101] 筒状の主体金具150には、棒状の通電端子151が挿通されている。この通電端子151の先端部151sと、上述のセラミックヒータ110の基端部110kとは、リードコイル153を介して、電氣的に接続されている。具体的には、リードコイル153が、通電端子151の先端部151に巻き付いた状態で溶接されると共に、セラミックヒータ110の基端部110kに巻き付き、この基端部110kに設けられたリード取出部118b(図2参照)に接触した状態で、溶接されている。一方、通電端子151の基端側部分は、主体金具150内を通過して主体金具150の基端部150kから基端側(図中上側)に突出している。この突出した部分の外周には雄ネジが螺刻されて、雄ねじ部151nを形成して

いる。

[0102] 主体金具150の基端部150kは、グロープラグ100をディーゼルエンジンに取り付けるに際して、トルクレンチ等の工具を係合させるための六角断面形状の工具係合部150rとされている。また、そのすぐ先端側には、取付用ねじ部150tが形成されている。また、主体金具150の基端部150kには、貫通孔150hに座ぐり部150zが形成され、ここに通電端子151が挿通したゴム製のOリング161とナイロン製の絶縁ブッシュ163とがはめ込まれている。そして更にその基端側には、この絶縁ブッシュ163の脱落を防止するための押さえリング165が装着されている。この押さえリング165は、その外周に加締めることにより通電端子151に固定されている。また、通電端子151の押さえリング165に対応する部分は、加締め結合力を高めるため、その外周面にローレット加工が施されたローレット部151rとされている。押さえリング165の基端側には、ナット167が螺合されている。このナット167は、図示しない通電用のケーブルを通電端子151に固定するためのものである。

[0103] このようなグロープラグ100は、主体金具150の取付用ねじ部150tを利用して、図示しないディーゼルエンジンのシリンダヘッドに形成した取付孔に取り付けられる。これにより、セラミックヒータ110の先端部110s側が、エンジンの燃焼室内に配置される。この状態で、通電端子151に車載のバッテリーを電源として電圧を印加すると、通電端子151から、リードコイル153、一方のリード取出部118b、一方のリード部117、発熱部116、他方のリード部117、他方のリード取出部118a及び主体金具150を通じて電流が流れる。これにより、発熱部116が存在するセラミックヒータ110の先端部110sが急速に昇温する。セラミックヒータ110の先端側が所定の温度まで加熱された状態において、図示しない燃料噴霧装置のノズルから燃料を噴霧することで、燃料の着火が補助され、燃料の燃焼により、ディーゼルエンジンが始動する。

[0104] 上述したセラミックヒータ110及びグロープラグ100は、公知の手法により製造することができる。

セラミックヒータ110は、次のようにして製造する。即ち、窒化珪素原料粉末88質量部に、焼結助剤として $\text{Yb}_2\text{O}_3$  粉末10質量部及び $\text{SiO}_2$  粉末2質量部を配合して、絶縁成分用原料とする。この絶縁成分用原料40質量%と導電性セラミックであるWC粉

末60質量%とを72時間湿式混合した後、乾燥させ、混合粉末を得る。その後、この混合粉末とバインダとを混練機に投入し、4時間混練する。次に、得られた混練物を裁断してペレット状とする。次に、発熱抵抗体115に対応したU字形状のキャビティを有する射出成形用金型に対して、射出成形機により上記のペレット状とした混練物を射出し、導電性セラミックからなる未焼成発熱抵抗体を得る。

[0105] この際、前述したリード部117、117の断面における線分ABと線分ACとのなす角 $\alpha$ または線分EFと線分EGとのなす角 $\beta$  (図5参照)が、175度を超える場合、発熱抵抗体115の型抜きが困難になるおそれがある。しかし、本実施形態1では、角 $\alpha$ 及び角 $\beta$ を175度以下(具体的には170度)としているので、発熱抵抗体115の型抜きを確実に行うことができる。

[0106] また一方で、窒化珪素原料粉末86質量部に、焼結助剤として $Yb_2O_3$ 粉末11質量部、 $SiO_2$ 粉末3質量部及び $MoSi_2$ 粉末5質量部を配合し、40時間湿式混合したものをスプレードライヤ法によって造粒し、この造粒物を圧粉した2個の半割型を用意する。なお、この2個の半割型は、完成後の絶縁基体111を、その軸線AXと略平行な断面により2分割したときの、その各分割部に対応する形状に形成されており、各々その分割面に相当する部分に、上記未焼成発熱抵抗体に対応した形状の凹部が形成されている。そして、この凹部に未焼成発熱抵抗体を収容し、2個の半割型を型合わせすると共に、その状態で加圧して一体化し、未焼成のセラミックヒータを得る。

[0107] 次に、この未焼成のセラミックヒータを窒素雰囲気下、600°Cで仮焼して、射出成形による未焼成発熱抵抗体、絶縁基体となる未焼成体からバインダ等を除去し、仮焼体を得る。その後、この仮焼体を黒鉛製の加圧用ダイスにセットし、窒素雰囲気下、29.4MPaで加圧しながら1800°Cで1.5時間ホットプレス焼成し、焼成体を得る。そして、焼成体の表面(外面)にセンタレス研磨加工を施せば、セラミックヒータ110が完成する。

[0108] グロープラグ100は、次のようにして製造する。即ち、まず、上記のセラミックヒータ110と通電端子151とをリードコイル153を介して接続する。また、セラミックヒータ110に固定筒120を装着して、ロウ材により両者を固着する。その後、主体金具150を用意し、主体金具150貫通孔105h内にセラミックヒータ110、通電端子151及び固定

筒110を挿入し、主体金具150と固定筒120とをロウ材により固着する。その後は、主体金具150の基端部150kに形成された座ぐり部150zに、Oリング161をはめ込み、更に絶縁ブッシュ163をはめ込む。そして更に、押さえリング165を加締めて装着する。また、ナット167を所定位置に固定すれば、グロープラグ100が完成する。

[0109] (実施形態2)

次いで、第2の実施の形態について説明する。なお、上記実施形態1と同様な部分の説明は、省略または簡略化する。本実施形態2のセラミックヒータ210及びグロープラグ200では、絶縁基体211に埋設された一対のリード部217, 217の配置形態が、上記実施形態1のセラミックヒータ110及びグロープラグ100と異なる。それ以外は、上記実施形態1と同様であるので、同一の符号を付して、その説明を省略または簡略化する。

[0110] 図6にセラミックヒータ210の断面(実施形態1の図4に相当する断面)を示す。本実施形態2においても、リード部217, 217は、概略楕円形状であり、絶縁基体211の中心gを含む直線tlに対して互いに対向する対称形をなす。

セラミックヒータ210の断面において、この断面の中心gを通る仮想直線のうち、この仮想直線に沿って測った一対のリード部217, 217同士の間隙が最小となる線分を含む仮想直線を最小仮想直線klとする。そして、この最小仮想直線kl上における、一対のリード部217, 217同士の間隙をa、一対のリード部217, 217のそれぞれの寸法をb, cとする。そうすると、この間隙a(絶縁基体211のうちリード部217, 217に挟まれた部分211mの最小厚み)は、1.1mmである( $a=1.1\text{mm}$ )。また、各リード部217, 217の寸法b, cは、共に1.0mmである( $b=c=1.0\text{mm}$ )。また、絶縁基体211のうち、リード部217, 217の径方向外側に位置しリード部217, 217を覆う部分211n, 211nの肉厚(最小仮想直線kl上における肉厚)d, eは、共に0.1mmである( $d=e=0.1\text{mm}$ )。従って、このセラミックヒータ210も、式  $a \geq 0.15(b+c)$  を満たしている。しかも、式  $a \leq D - (b+c) - 0.2$  も満たしている。

[0111] このように本実施形態2でも、リード部217, 217同士の間隙aを、式  $a \geq 0.15(b+c)$  を満たすように大きくしているので、製造過程や使用過程で絶縁基体211のうちリード部217, 217間に挟まれた部分211mに掛かる応力が小さくなる。従って、絶縁

基体211のうちリード部217, 217間に挟まれた部分211mと、リード部217, 217との界面において、従来よりも両者間に隙間が生じる等の不具合が起りにくくなる。

[0112] 更に、リード部217, 217同士の間隙 $a$ を、式  $a \leq D - (b + c) - 0.2$  を満たすように小さくしているため、リード部217, 217の外側にそれぞれ0.1mm以上(本実施形態2ではそれぞれ0.1mm)の肉厚の絶縁基体211(211n)を確保できる。このため、製造過程や使用過程において、絶縁基体211のうちリード部217, 217を覆う部分211n, 211nと、リード部217, 217との界面に、従来よりも両者間に隙間が生じる等の不具合が起りにくくなる。

その他、上記実施形態1と同様な部分は、上記実施形態1と同様な作用効果を奏する。

[0113] 以上において、本発明を実施形態に即して説明したが、本発明は上述の実施形態1, 2に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で、適宜変更して適用できることはいうまでもない。

## 請求の範囲

- [1] 軸線方向に延びる形態をなし、通電により自身の先端部が発熱するセラミックヒータであって、
- 絶縁性のセラミックからなり、前記軸線方向に延びる形態をなす絶縁基体と、
- 導電性のセラミックからなり、前記絶縁基体に埋設されてなる発熱抵抗体と、
- を備え、
- 前記発熱抵抗体は、
- 前記絶縁基体の先端部に埋設され、基端側から先端側に延び、方向転換した後、再び基端側に延びる形態をなし、通電により発熱する発熱部と、
- この発熱部の基端にそれぞれ接続し、前記軸線方向の基端側に延びる形態をなす一対のリード部と、
- この一対のリード部にそれぞれ接続すると共に、径方向外側に延びて外部に露出してなる一対のリード取出部と、を含み、
- 前記軸線方向に直交する前記セラミックヒータの断面のうち、前記リード部が存在する任意の断面において、
- 前記セラミックヒータの断面積を $S_a$ とし、
- 一対の前記リード部の断面積の合計を $S_1$ としたときに、
- 式  $S_1 \leq 0.34S_a$  を満たしてなる
- セラミックヒータ。
- [2] 請求項1に記載のセラミックヒータであって、
- 式  $S_1 \leq 0.25S_a$  を満たしてなる
- セラミックヒータ。
- [3] 請求項1または請求項2に記載のセラミックヒータであって、
- 更に、式  $S_1 \geq 0.15S_a$  を満たしてなる
- セラミックヒータ。
- [4] 請求項1～請求項3にいずれかに記載のセラミックヒータであって、
- 前記軸線方向に直交する前記セラミックヒータの断面のうち、前記発熱部が存在する少なくともいずれかの断面において、

前記セラミックヒータの断面積を $S_b$ とし、  
前記発熱部の断面積を $S_2$ としたときに、  
式  $S_2 \leq 0.16S_b$ を満たしてなる

セラミックヒータ。

- [5] 請求項4に記載のセラミックヒータであって、

更に、式  $S_2 \leq 0.08S_b$ を満たしてなる

セラミックヒータ。

- [6] 請求項1～請求項5のいずれか一項に記載のセラミックヒータであって、

前記軸線方向に直交する前記セラミックヒータの断面が円状、楕円状または長円状を有する形態をなし、

前記断面のうち、前記リード部が存在する任意の断面において、

この断面の中心を通る仮想直線のうち、この仮想直線に沿って測った一對の前記リード部同士の間隙が最小となる線分を含む仮想直線を最小仮想直線として、

この最小仮想直線と一方の前記リード部の周縁とが交わる点のうち前記中心側の点をA点とし、

この最小仮想直線と他方の前記リード部の周縁とが交わる点のうち前記中心側の点をE点とし、

この断面の中心を中心とし、この断面の長径の2分の1の直径を有する仮想円を描いて、

この仮想円と一方の前記リード部の周縁とが交わる点をB点及びC点とし、

この仮想円と他方の前記リード部の周縁とが交わる点をF点及びG点としたときに

、

線分ABと線分ACとのなす角 $\alpha$ 及び線分EFと線分EGとのなす角 $\beta$ が、共に160度以上175度以下である

セラミックヒータ。

- [7] 請求項1～請求項6にいずれか一項に記載のセラミックヒータであって、

前記発熱抵抗体の前記軸線方向の全長 $L$ が、30mm以上である

セラミックヒータ。

- [8] 請求項1～請求項7のいずれか一項に記載のセラミックヒータであって、  
一対の前記リード取出部同士は、前記軸線方向について、互いに5mm以上の間隙Kを介して配置されてなる  
セラミックヒータ。
- [9] 請求項1～請求項8のいずれか一項に記載のセラミックヒータであって、  
前記絶縁基体は、窒化珪素質焼結体からなり、  
前記発熱抵抗体は、窒化珪素－炭化タングステン複合焼結体からなる  
セラミックヒータ。
- [10] 請求項9に記載のセラミックヒータであって、  
前記発熱抵抗体に含まれる窒化珪素粒子の平均粒径が、 $0.5\ \mu\text{m}$ 以上 $0.8\ \mu\text{m}$   
以下である  
セラミックヒータ。
- [11] 請求項1～請求項10のいずれか一項に記載のセラミックヒータであって、  
前記軸線方向に直交する前記セラミックヒータの断面のうち、前記リード部が存在  
する任意の断面において、  
この断面の中心を通る仮想直線のうち、この仮想直線に沿って測った一対の前記リ  
ード部同士の間隙aが最小となる線分を含む仮想直線を最小仮想直線とし、  
この最小仮想直線上における一対の前記リード部のそれぞれの寸法をb、cとしたと  
きに、  
式  $a \geq 0.15(b+c)$  を満たしてなる  
セラミックヒータ。
- [12] 請求項1～請求項10のいずれか一項に記載のセラミックヒータであって、  
前記軸線方向に直交する前記セラミックヒータの断面が円状を有する形態をなし、  
前記断面のうち、前記リード部が存在する任意の断面において、  
この断面の直径をD(mm)とし、  
この断面の中心を通る仮想直線のうち、この仮想直線に沿って測った一対の前記リ  
ード部同士の間隙a(mm)が最小となる線分を含む仮想直線を最小仮想直線とし、  
この最小仮想直線上における一対の前記リード部のそれぞれの寸法をb(mm)、c(

mm)としたときに、

$2 \leq D \leq 10$ を満たし、かつ、

式  $a \leq D - (b + c) - 0.2$ を満たしてなる

セラミックヒータ。

[13] 請求項12に記載のセラミックヒータであって、

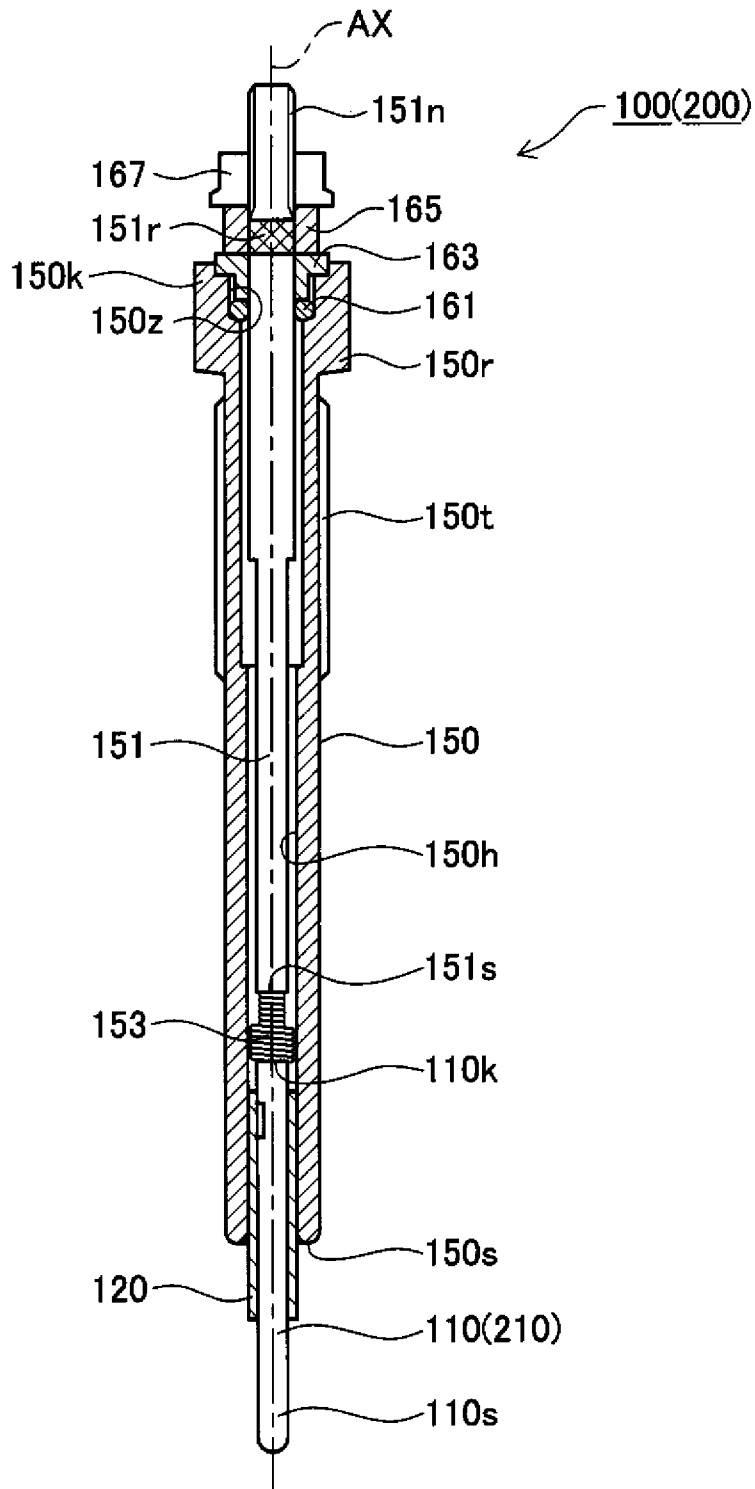
更に、式  $a \geq 0.15(b + c)$ を満たしてなる

セラミックヒータ。

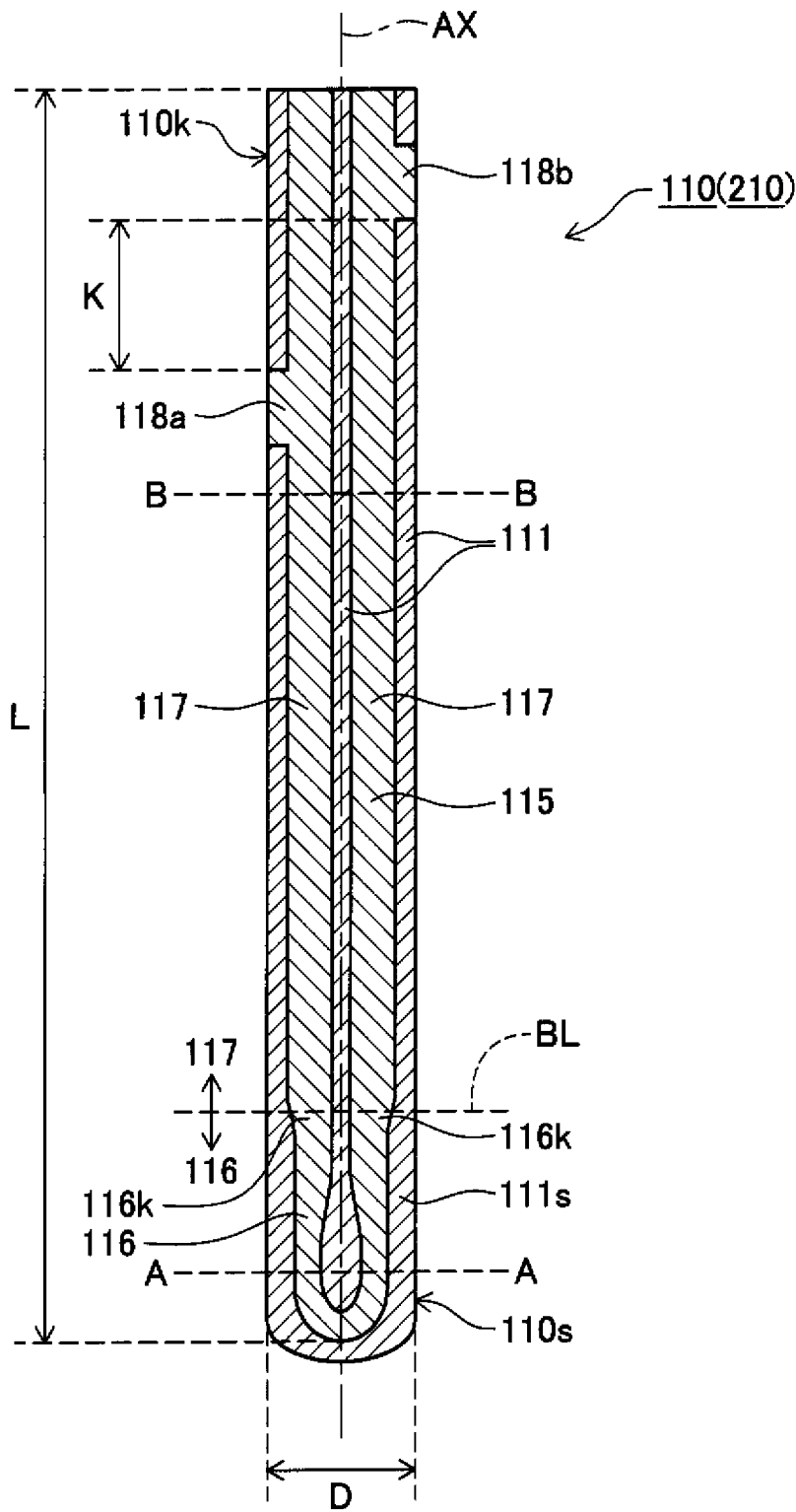
[14] 請求項1～請求項13のいずれか一項に記載のセラミックヒータを備えるグロープラグ

。

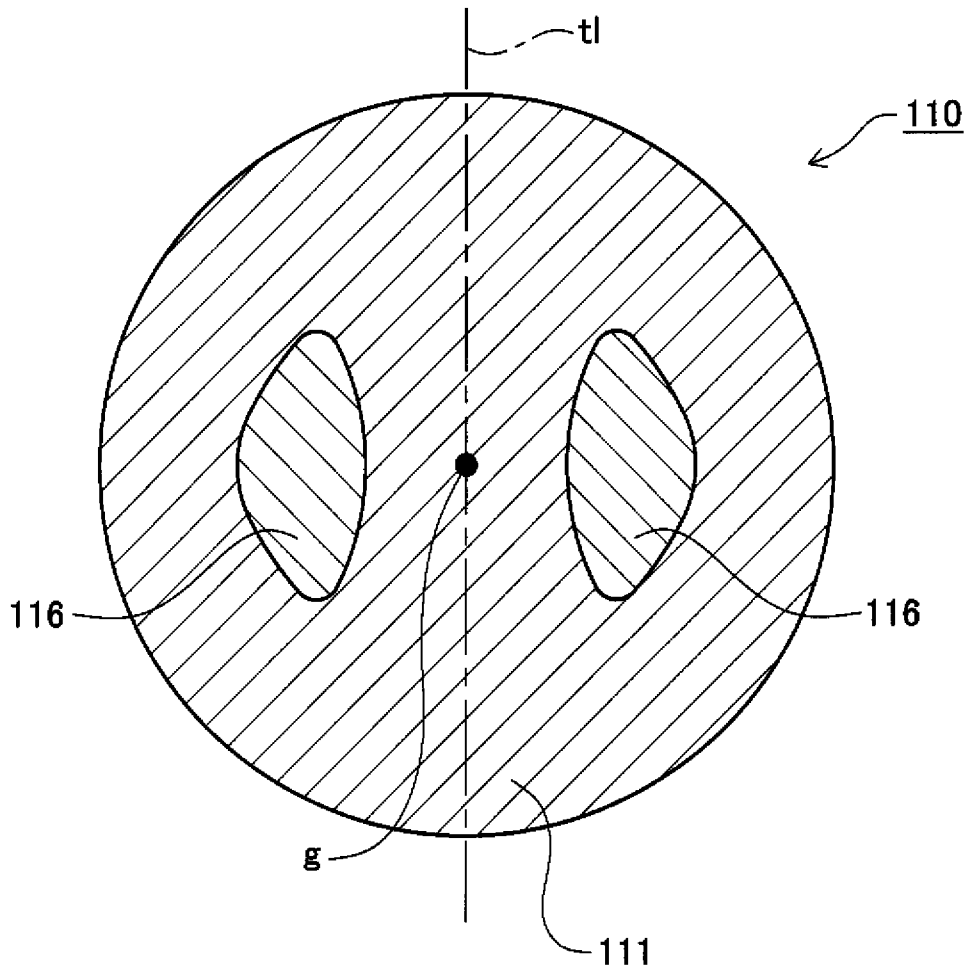
[図1]



[図2]

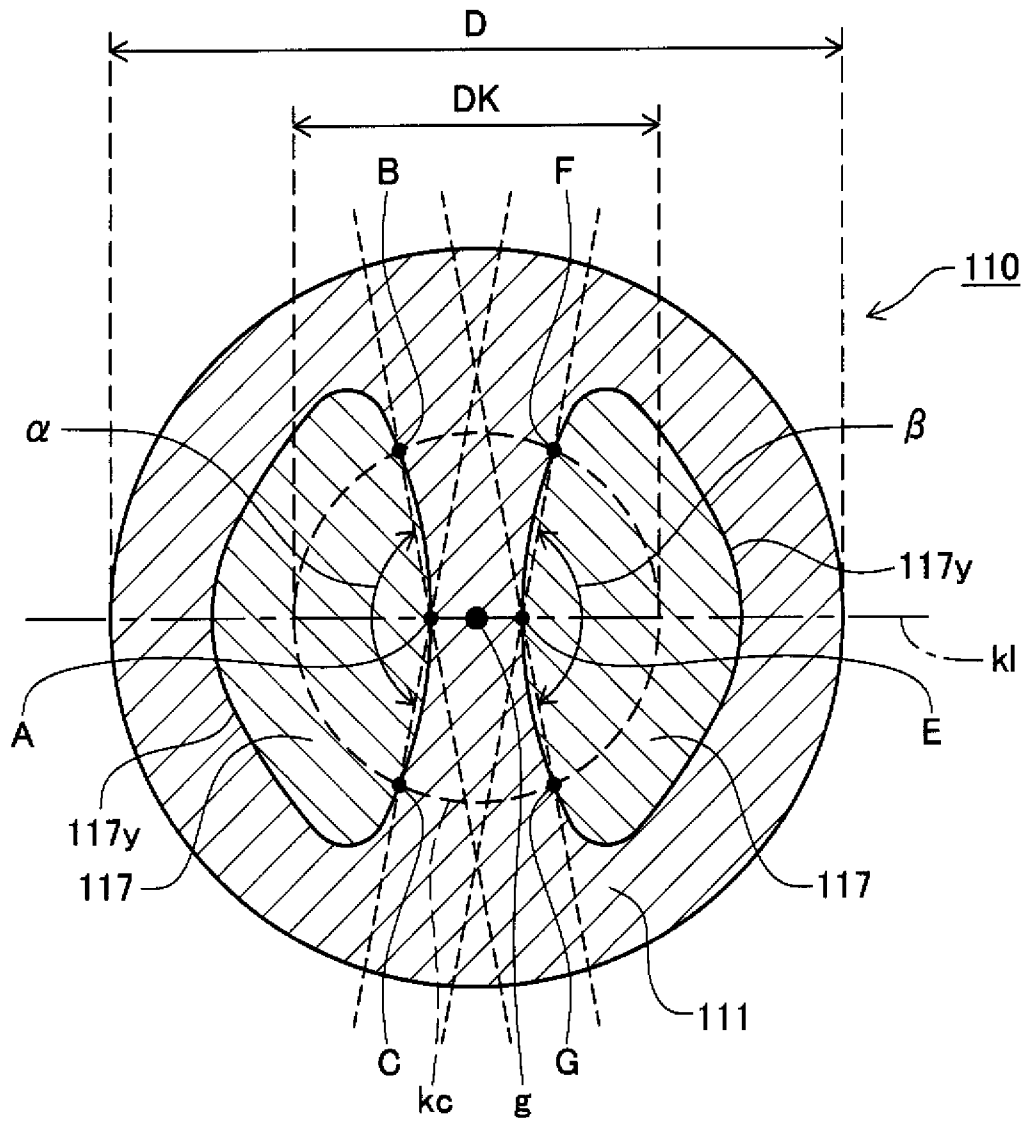


[図3]

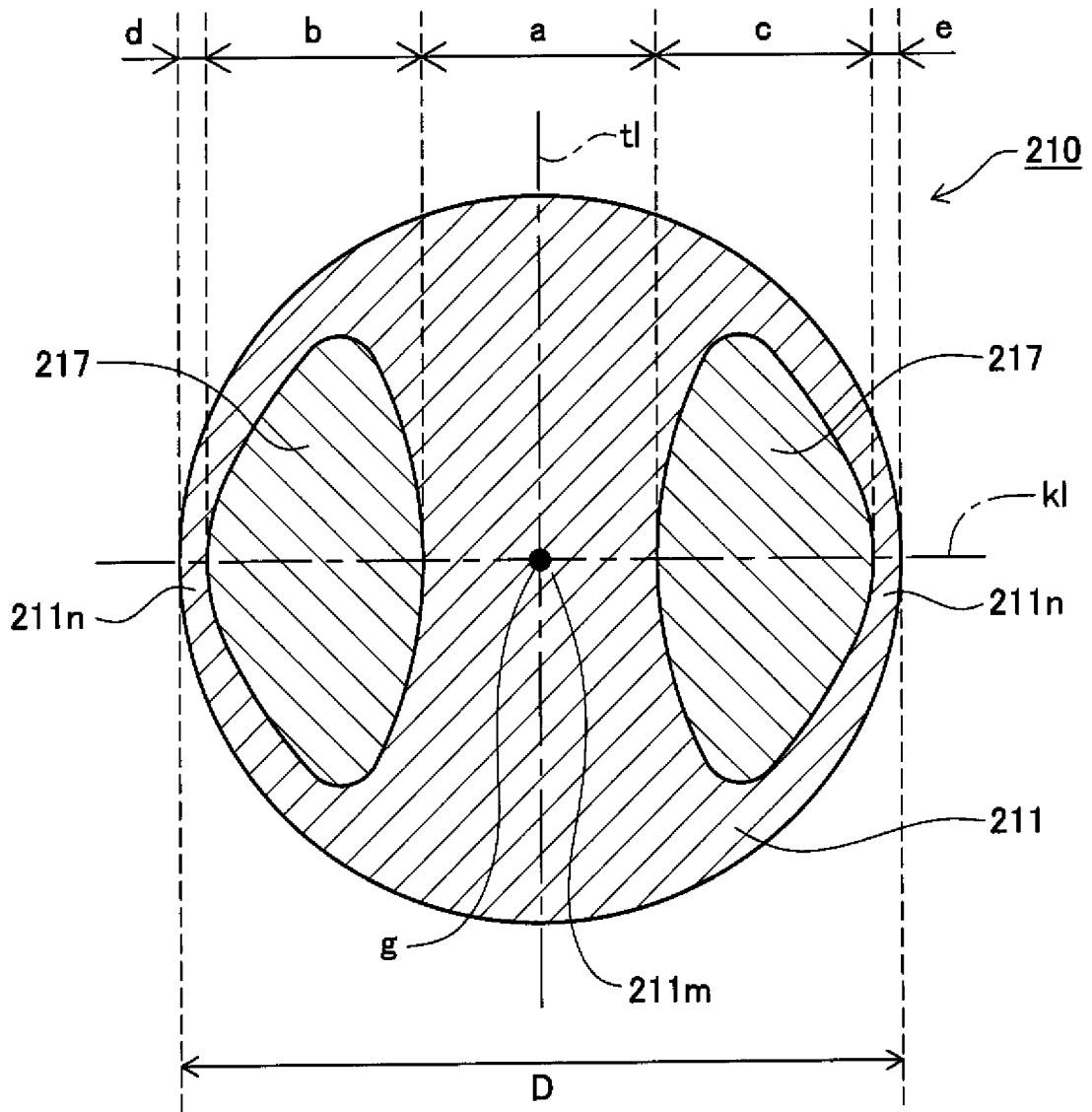




[図5]



[図6]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2007/055754

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

H05B3/03(2006.01)i, F23Q7/00(2006.01)i, H05B3/10(2006.01)i, H05B3/14(2006.01)i, H05B3/18(2006.01)i, H05B3/48(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)

H05B3/03, F23Q7/00, H05B3/10, H05B3/14, H05B3/18, H05B3/48

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	1996-2007
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2007	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2007

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

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 98603/1988 (Laid-open No. 20293/1990) (NGK Spark Plug Co., Ltd.), 09 February, 1990 (09.02.90), Full text; Figs. 1 to 5 (Family: none)	1-5, 7-14 6
Y A	JP 2006-024394 A (NGK Spark Plug Co., Ltd.), 26 January, 2006 (26.01.06), Full text; Figs. 1 to 12 & WO 2005/098317 A1	1-5, 7-14 6

Further documents are listed in the continuation of Box C.  See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search  
01 June, 2007 (01.06.07)

Date of mailing of the international search report  
12 June, 2007 (12.06.07)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2007/055754

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2005-300046 A (NGK Spark Plug Co., Ltd.), 27 October, 2005 (27.10.05), Full text; Figs. 1 to 11 & WO 2005/098317 A1	1-5,7-14 6
A	JP 2006-049279 A (NGK Spark Plug Co., Ltd.), 16 February, 2006 (16.02.06), Full text; Figs. 1 to 6 & US 2006-11602 A1 & EP 1612486 A2	1-14

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  
 Int.Cl. H05B3/03(2006.01)i, F23Q7/00(2006.01)i, H05B3/10(2006.01)i, H05B3/14(2006.01)i, H05B3/18(2006.01)i, H05B3/48(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. H05B3/03, F23Q7/00, H05B3/10, H05B3/14, H05B3/18, H05B3/48

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 1971-2007年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2007年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2007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 請求の範囲の番号
Y A	日本国実用新案登録出願 63-98603 号(日本国実用新案登録出願公開 02-20293 号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム (日本特殊陶業株式会社), 1990.02.09, 全文, 第 1-5 図 (ファミリーなし)	1-5, 7-14 6
Y A	JP 2006-024394 A(日本特殊陶業株式会社), 2006.01.26, 全文, 第 1-12 図 & WO 2005/098317 A1	1-5, 7-14 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	の日の後に公表された文献
「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	「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
「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	「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
「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)	「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
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 01.06.2007	国際調査報告の発送日 12.06.2007
--------------------------	--------------------------

国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号 100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号	特許庁審査官 (権限のある職員) 豊島 唯 電話番号 03-3581-1101 内線 3337	3L	9432
--	---	----	------

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 請求の範囲の番号
Y A	JP 2005-300046 A(日本特殊陶業株式会社), 2005.10.27, 全文, 第 1-11 図 & WO 2005/098317 A1	1-5, 7-14 6
A	JP 2006-049279 A(日本特殊陶業株式会社), 2006.02.16, 全文, 第 1-6 図 & US 2006-11602 A1 & EP 1612486 A2	1-14