(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第6807660号
(P6807660)

(45)発行日　令和3年1月6日(2021.1.6)　(24)登録日　令和2年12月10日(2020.12.10)

(51)Int.Cl.			F I		
H05B	3/14	(2006.01)	H05B	3/14	D
H05B	3/18	(2006.01)	H05B	3/18	
H05B	3/48	(2006.01)	H05B	3/48	
F23Q	7/00	(2006.01)	F23Q	7/00	V
F23Q	7/22	(2006.01)	F23Q	7/00	605Z

請求項の数 3　(全 15 頁)　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2016-110229 (P2016-110229)
(22)出願日　平成28年6月1日 (2016.6.1)
(65)公開番号　特開2017-216184 (P2017-216184A)
(43)公開日　平成29年12月7日 (2017.12.7)
審査請求日　平成31年4月9日 (2019.4.9)

(73)特許権者　000004547
日本特殊陶業株式会社
愛知県名古屋市瑞穂区高辻町１４番１８号
(74)代理人　110001058
特許業務法人鳳国際特許事務所
(72)発明者　菅　洋平
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
(72)発明者　井原　章夫
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

審査官　岩瀬　昌治

最終頁に続く

(54)【発明の名称】セラミックヒータ素子、および、セラミックグロープラグ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

発熱部と前記発熱部に接続されたリード部とを含む発熱抵抗体と、前記発熱抵抗体を埋設するセラミックからなる支持体と、を備えるセラミックヒータ素子であって、

前記発熱部は、窒化ケイ素と第１導電物質とを含み、

前記リード部は、窒化ケイ素と第２導電物質とを含み、

前記発熱部の断面上において１５μｍ×１５μｍの正方形の第１対象領域に少なくとも一部が含まれる前記窒化ケイ素の粒子の最大外径の平均値は、前記リード部の断面上において１５μｍ×１５μｍの正方形の第２対象領域に少なくとも一部が含まれる前記窒化ケイ素の粒子の最大外径の平均値よりも大きく、

前記発熱部の前記第１対象領域における前記第１導電物質の割合は、前記リード部の前記第２対象領域における前記第２導電物質の割合よりも、小さい、

セラミックヒータ素子。

【請求項２】

請求項１に記載のセラミックヒータ素子であって、

前記セラミックヒータ素子の形状は、軸線の方向に延びる棒状であり、

前記発熱部は、前記軸線の方向の先端側に配置されるとともに、前記リード部は、前記軸線の方向に沿って延びており、

前記発熱部と前記リード部とは、前記軸線の方向に垂直な方向に重なって接続されており、

前記リード部と前記発熱部との接合面は、前記軸線の方向に対して斜めに傾斜している部分を含む、
セラミックヒータ素子。
【請求項３】
請求項１または２に記載のセラミックヒータ素子と、
前記セラミックヒータ素子の後端部を収容する筒状の主体金具と、
を有するセラミックグロープラグ。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本明細書は、セラミックヒータ素子、および、セラミックグロープラグに関する。
【背景技術】
【０００２】
セラミックグロープラグ等に設けられるセラミックヒータ素子は、例えば、発熱抵抗体と、発熱抵抗体を埋設するセラミック（例えば、窒化ケイ素等）からなる支持体と、を備えている。また、発熱抵抗体は、発熱部と、発熱部に接続されたリード部と、を含んでいる。発熱部とリード部とは、例えば、窒化ケイ素と導電物質を含む材料で形成されている。通電時には、リード部を通じて発熱部に電力が供給され、発熱部の温度が高くなる。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００３】
【特許文献１】国際公開第２０１３／０４７８４９号
【特許文献２】国際公開第２０１４／００３０９３号
【特許文献３】特開２００６－１２７９９５号公報
【特許文献４】特開２０１０－２７７７０６号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００４】
通電時に発熱部の温度をより高くするために、発熱部の抵抗値がリード部の抵抗値よりも大きくなるように、発熱部とリード部とが構成される。例えば、発熱部とリード部との間で材料組成比（例えば、窒化ケイ素と導電物質のそれぞれの割合）を異ならせることによって、発熱部の抵抗値がリード部の抵抗値よりも大きくなる。ところが、発熱部とリード部との間で材料組成比が異なる場合、発熱部とリード部との接続部分の強度が低下する場合があった。
【０００５】
本明細書は、発熱部とリード部との間で材料組成比が異なる発熱抵抗体を有するセラミックヒータ素子において、発熱部とリード部との接合面での強度の低下を抑制できる技術を開示する。
【課題を解決するための手段】
【０００６】
本明細書は、例えば、以下の適用例を開示する。
【０００７】
［適用例１］
発熱部と前記発熱部に接続されたリード部とを含む発熱抵抗体と、前記発熱抵抗体を埋設するセラミックからなる支持体と、を備えるセラミックヒータ素子であって、
前記発熱部は、窒化ケイ素と第１導電物質とを含み、
前記リード部は、窒化ケイ素と第２導電物質とを含み、
前記発熱部の断面上において１５μｍ×１５μｍの正方形の第１対象領域に少なくとも一部が含まれる前記窒化ケイ素の粒子の最大外径の平均値は、前記リード部の断面上において１５μｍ×１５μｍの正方形の第２対象領域に少なくとも一部が含まれる前記窒化ケ

イ素の粒子の最大外径の平均値よりも大きく、
　前記発熱部の前記第１対象領域における前記第１導電物質の割合は、前記リード部の前記第２対象領域における前記第２導電物質の割合よりも、小さい、
　セラミックヒータ素子。
【０００８】
　このように、発熱部の第１対象領域における第１導電物質の割合が、リード部の第２対象領域における第２導電物質の割合よりも小さいと、発熱部の抵抗値をリード部の抵抗値よりも大きくすることができ、発熱部の温度を高くすることができる。
【０００９】
　しかしながら、発熱部とリード部との間で導電物質の割合を異ならせる（つまり発熱部とリード部との間で材料組成比を異ならせる）と、発熱部とリード部との接合面で強度が低下する場合がある。これに対し、本適用例の構成では、第１対象領域に少なくとも一部が含まれる窒化ケイ素の粒子の最大外径の平均値を、第２対象領域に少なくとも一部が含まれる窒化ケイ素の粒子の最大外径の平均値よりも大きくしている。これにより、発熱部とリード部との接合面での強度の低下を抑制できる。
【００１０】
　発明者らは、発熱部とリード部との接合面での強度の低下を抑制できる理由として、以下の理由を推定している。つまり、接合面の付近では、発熱部とリード部との熱膨張差に起因した亀裂が発生しやすいが、外径が長い窒化ケイ素の粒子が接合面の付近により多く存在すると、この亀裂が接合面の付近に発生したとしても亀裂の進行を抑制でき、その結果、強度の低下を抑制できると考えている。
　そして、窒化ケイ素がより多く含まれる発熱部（例えば、第１導電物質の割合をより少なくすることで、窒化ケイ素の割合がより多くなる）の第１対象領域に少なくとも一部が含まれる窒化ケイ素の粒子の最大外径の平均値を、窒化ケイ素が相対的に少なく含まれるリード部（例えば、第２導電物質の割合を相対的に多くすることで、窒化ケイ素の割合が相対的に少なくなる）の第２対象領域に少なくとも一部が含まれる窒化ケイ素の粒子の最大外径の平均値よりも大きくすることで、この接合面の付近に外径が長い窒化ケイ素の粒子を多く存在させることができると考えている。
【００１１】
［適用例２］
　適用例１に記載のセラミックヒータ素子であって、
　前記セラミックヒータ素子の形状は、軸線の方向に延びる棒状であり、
　前記発熱部は、前記軸線の方向の先端側に配置されるとともに、前記リード部は、前記軸線の方向に沿って延びており、
　前記発熱部と前記リード部とは、前記軸線の方向に垂直な方向に重なって接続されており、
　前記リード部と前記発熱部との接合面は、前記軸線の方向に対して斜めに傾斜している部分を含む、
　セラミックヒータ素子。
【００１２】
　このように、リード部と発熱部との接合面は、軸線の方向に対して斜めに傾斜している部分を含んでいる。この構成によれば、接合面の全体が軸線の方向に垂直である場合と比べて接合面の面積が大きくなるので、外径が長い窒化ケイ素の粒子が接合面の付近により多く存在することができ、リード部と発熱部との接合面で強度の低下をより抑制できる。
【００１３】
［適用例３］
　適用例１または２に記載のセラミックヒータ素子と、
　前記セラミックヒータ素子の後端部を収容する筒状の主体金具と、
　を有するセラミックグロープラグ。
【００１４】

なお、本明細書に開示の技術は、種々の態様で実現することが可能であり、例えば、セラミックヒータ素子、セラミックヒータ素子の製造方法、セラミックヒータ素子とセラミックヒータ素子を保持する金属外筒とを有するセラミックヒータモジュール、セラミックヒータ素子と主体金具とを有するセラミックグロープラグ、等の態様で実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【００１５】

【図１】実施形態のセラミックグロープラグの一例の概略図である。

【図２】セラミックヒータ素子４０の先端部分の拡大断面図である。

【図３】走査型電子顕微鏡（ＳＥＭ）による抵抗体２２０の断面画像の例である。

【図４】評価試験の結果を示す表である。

【図５】曲げ試験における３個の支持具Ｓ１、Ｓ２、Ｓ３の配置を示す説明図である。

【発明を実施するための形態】

【００１６】

Ａ．実施形態：

Ａ１．セラミックグロープラグの構成：

図１は、実施形態のセラミックグロープラグの一例の概略図である。図１（Ａ）は、セラミックグロープラグ１０（以下、単に「グロープラグ１０」とも呼ぶ）の断面図であり、図１（Ｂ）は、グロープラグ１０のうちのセラミックヒータ素子４０を含む部分を示す拡大断面図である。図示されたラインＣＬは、グロープラグ１０の中心軸を示している。図示された断面は、中心軸ＣＬを含む平らな断面である。以下、中心軸ＣＬのことを「軸線ＣＬ」とも呼び、中心軸ＣＬに平行な方向を「軸線方向」とも呼ぶ。中心軸ＣＬを中心とする円の径方向を、単に「径方向」とも呼び、中心軸ＣＬを中心とする円の円周方向を「周方向」とも呼ぶ。中心軸ＣＬと平行な方向のうち、図１における下方向を第１方向Ｄ１と呼ぶ。第１方向Ｄ１は、後述する端子部材８０からセラミックヒータ素子４０に向かう方向である。図中の第２方向Ｄ２と第３方向Ｄ３とは、互いに垂直な方向であり、いずれも、第１方向Ｄ１と垂直な方向である。以下、第１方向Ｄ１を、先端方向Ｄ１とも呼び、第１方向Ｄ１の反対方向を、後端方向Ｄ１ｒとも呼ぶ。また、図１における先端方向Ｄ１側をグロープラグ１０の先端側と呼び、図１における後端方向Ｄ１ｒ側をグロープラグ１０の後端側と呼ぶ。

【００１７】

グロープラグ１０は、主体金具２０と、中軸３０と、セラミックヒータ素子４０（以下、単に「ヒータ素子４０」とも呼ぶ）と、Ｏリング５０と、絶縁部材６０と、金属外筒７０（以下、単に「外筒７０」とも呼ぶ）と、端子部材８０と、接続部材９０と、を含んでいる。主体金具２０は、中心軸ＣＬに沿って延びる貫通孔２０ｘを有する筒状の部材である。また、主体金具２０は、後端方向Ｄ１ｒ側の端部に形成された工具係合部２８と、工具係合部２８よりも先端方向Ｄ１側に設けられた雄ネジ部２２と、を含んでいる。工具係合部２８は、グロープラグ１０の脱着時に、図示しない工具と係合する部分である。雄ネジ部２２は、図示しない内燃機関の取付孔の雌ネジに螺合するためのネジ山を含んでいる。主体金具２０は、導電性材料（例えば、炭素鋼等の金属）で形成されている。

【００１８】

主体金具２０の貫通孔２０ｘには、中軸３０が収容されている。中軸３０は、丸棒状の部材である。中軸３０は、導電材料（例えば、ステンレス鋼）で形成されている。中軸３０の後端方向Ｄ１ｒ側の端部である後端部３９は、主体金具２０の後端方向Ｄ１ｒ側の開口ＯＰｂから後端方向Ｄ１ｒに向かって突出している。

【００１９】

開口ＯＰｂの近傍において、中軸３０の外面と、主体金具２０の貫通孔２０ｘの内面と、の間には、Ｏリング５０が設けられている。Ｏリング５０は、弾性材料（例えば、ゴム）で形成されている。さらに、主体金具２０の開口ＯＰｂには、リング状の絶縁部材６０が装着されている。絶縁部材６０は、筒状部６２と、筒状部６２の後端方向Ｄ１ｒ側に設

けられたフランジ部６８と、を含んでいる。筒状部６２は、中軸３０の外面と、主体金具２０の開口ＯＰｂを形成する部分の内面と、の間に挟まれている。絶縁部材６０は、例えば、樹脂で形成されている。主体金具２０は、これらの部材５０、６０を介して、中軸３０を支持している。

【００２０】

絶縁部材６０の後端方向Ｄ１ｒ側には、端子部材８０が配置されている。端子部材８０は、キャップ状の部材であり、導電材料（例えば、ニッケル等の金属）で形成されている。端子部材８０と主体金具２０との間には、絶縁部材６０のフランジ部６８が挟まれている。端子部材８０には、中軸３０の後端部３９が挿入されている。端子部材８０が加締められることによって、端子部材８０が後端部３９に固定されている。これにより、端子部材８０は、中軸３０に、電気的に接続される。

【００２１】

主体金具２０の先端方向Ｄ１側の開口ＯＰａには、外筒７０が固定されている（例えば、圧入や溶接）。外筒７０は、中心軸ＣＬに沿って延びる貫通孔７０ｘを有する筒状の部材である。外筒７０は、導電性材料（例えば、ステンレス鋼）で形成されている。

【００２２】

外筒７０の貫通孔７０ｘには、通電によって発熱するヒータ素子４０が挿入されている。ヒータ素子４０は、中心軸ＣＬに沿って延びるように配置された棒状の部材である。外筒７０は、ヒータ素子４０の先端部４１が露出した状態で、ヒータ素子４０の中央部分の外周面を、保持している。ヒータ素子４０の後端部４９は、主体金具２０の貫通孔２０ｘに収容されている。以下、ヒータ素子４０と金属外筒７０との全体を、「ヒータモジュール４９０」とも呼ぶ。

【００２３】

ヒータ素子４０の後端部４９には、接続部材９０が固定されている。接続部材９０は、中心軸ＣＬに沿って延びる貫通孔を有する円筒状の部材であり、導電性材料（例えば、ステンレス鋼）で形成されている。接続部材９０の先端方向Ｄ１側の部分には、ヒータ素子４０の後端部４９が圧入されている。接続部材９０の後端方向Ｄ１ｒ側の部分には、中軸３０の先端方向Ｄ１側の端部である先端部３１が圧入されている。これにより、中軸３０は、接続部材９０に電気的に接続される。なお、中軸３０の先端部３１と接続部材９０とは、溶接されてもよい。

【００２４】

次に、ヒータモジュール４９０の詳細について、説明する。図１（Ｂ）には、金属外筒７０と接続部材９０とヒータ素子４０とのより詳細な断面図が示されている。ヒータ素子４０は、軸線ＣＬに沿って延びる丸棒状の基体２１０と、基体２１０の内部に埋設された、略Ｕ字状の発熱抵抗体２２０（以下、単に「抵抗体２２０」と呼ぶ）と、を含んでいる。基体２１０は、絶縁性セラミック材料で形成されている（詳細は後述）。抵抗体２２０は、導電性セラミック材料で形成されている（詳細は後述）。基体２１０は、抵抗体２２０を覆った状態で、抵抗体２２０を支持している（基体２１０は、特許請求の範囲の「支持体」の例である）。ヒータ素子４０は、材料を焼成することによって、形成される。基体２１０の先端部（すなわち、ヒータ素子４０の先端部４１）は、丸められている。抵抗体２２０の電気伝導率は、基体２１０の電気伝導率よりも、高い。抵抗体２２０は、通電によって、発熱する。

【００２５】

抵抗体２２０は、２本のリード部２２１、２２２と、それらのリード部２２１、２２２に接続された発熱部２２３と、電極取出部２８１、２８２と、を含んでいる。各リード部２２１、２２２は、ヒータ素子４０の後端部４９から先端部４１の近傍まで軸線ＣＬの延びる方向に沿って（ここでは、軸線ＣＬに平行に）延びている。第１リード部２２１と第２リード部２２２とは、中心軸ＣＬを挟んでおおよそ対称な位置に、配置されている。第３方向Ｄ３は、第２リード部２２２から第１リード部２２１へ向かう方向である。

【００２６】

発熱部２２３は、ヒータ素子４０の先端部４１に埋設され、第１リード部２２１の先端方向Ｄ１側の端と第２リード部２２２の先端方向Ｄ１側の端とを接続する。すなわち、リード部２２１、２２２は、発熱部２２３の後端方向Ｄ１ｒ側に接続されている。発熱部２２３の形状は、ヒータ素子４０の先端部４１の丸い形状に沿って湾曲する略Ｕ字状である。発熱部２２３の断面積は、リード部２２１、２２２のそれぞれの断面積よりも、小さい。また、発熱部２２３の単位長さ当たりの電気抵抗は、リード部２２１、２２２の単位長さ当たりの電気抵抗よりも、大きい。この結果、通電時には、発熱部２２３の温度が、リード部２２１、２２２の温度と比べて、急速に上昇する。

【００２７】

第１リード部２２１の後端方向Ｄ１ｒ側の部分には、第１電極取出部２８１が接続されている。第１電極取出部２８１は、径方向に沿って延びている。第１電極取出部２８１の内側の端部は第１リード部２２１に接続され、第１電極取出部２８１の外側の端部は、ヒータ素子４０の外面に露出する。第１電極取出部２８１の露出部分は、外筒７０の内周面に接触している。これにより、外筒７０と第１リード部２２１とが、電気的に接続される。

【００２８】

第２リード部２２２の後端方向Ｄ１ｒ側の部分には、第２電極取出部２８２が接続されている。第２電極取出部２８２は、径方向に沿って延びており、第１電極取出部２８１よりも、後端方向Ｄ１ｒ側に配置されている。第２電極取出部２８２の内側の端部は、第２リード部２２２に接続され、第２電極取出部２８２の外側の端部は、ヒータ素子４０の外面に露出する。第２電極取出部２８２の露出部分は、接続部材９０の内周面に接触している。これにより、接続部材９０と第２リード部２２２とが、電気的に接続される。

【００２９】

グロープラグ１０の使用時には、主体金具２０と端子部材８０との間に、電圧が印加される。上述したように、第１リード部２２１は、第２電極取出部２８２と金属外筒７０とを介して、主体金具２０に電気的に接続されている。第２リード部２２２は、第２電極取出部２８２と接続部材９０と中軸３０とを介して、端子部材８０に電気的に接続されている。従って、主体金具２０と端子部材８０とを通じて供給された電力は、リード部２２１、２２２を通じて、発熱部２２３に供給される。これにより、発熱部２２３が発熱する。

【００３０】

図２は、ヒータ素子４０の先端部分の拡大断面図である。図中には、軸線ＣＬを含む平らな断面が示されている。図中では、図を見やすくするために、ヒータ素子４０の各要素２１０、２２１、２２２、２２３のそれぞれのハッチングが省略されている。図中の第１接合面２４１は、第１リード部２２１と発熱部２２３との接合面を示し、第２接合面２４２は、第２リード部２２２と発熱部２２３との接合面を示している。図示するように、本実施形態では、これらの接合面２４１、２４２は、それぞれ、軸線ＣＬに対して斜めに傾斜している傾斜部分２４１ｘ、２４２ｘを含んでいる。すなわち、発熱部２２３とリード部２２１、２２２とは、軸線ＣＬに垂直な方向に沿って重なった状態で、接続されている。従って、第１接合面２４１の全体が軸線ＣＬに垂直である場合と比べて、第１接合面２４１の面積が広くなる。この結果、後述する、外径が長い窒化ケイ素の粒子が第１接合面２４１の付近により多く存在することができ、第１リード部２２１と発熱部２２３との第１接合面２４１での強度の低下をより抑制できる。同様に、第２接合面２４２の全体が軸線ＣＬに垂直である場合と比べて、第２接合面２４２の面積が広くなる。この結果、後述する、外径が長い窒化ケイ素の粒子が第２接合面２４２の付近により多く存在することができ、第２リード部２２２と発熱部２２３との第２接合面２４２での強度の低下をより抑制できる。なお、本実施形態では、内周側から外周側に向かって（すなわち、軸線ＣＬから離れる方向に向かって）延びる傾斜部分２４１ｘ、２４２ｘは、後端側（後端方向Ｄ１ｒ側）に向かって傾斜している。

【００３１】

本実施形態では、基体２１０は、窒化ケイ素を含む絶縁性セラミック材料で、形成され

ている。また、リード部２２１、２２２と、発熱部２２３とは、それぞれ、窒化ケイ素と導電物質とを含む導電性セラミック材料で形成されている。導電物質としては、例えば、炭化タングステンが用いられる。なお、発熱部２２３の導電性セラミック材料とリード部２２１、２２２の導電性セラミック材料との間では、窒化ケイ素と導電物質との材料組成比が異なっている。

【００３２】

ヒータ素子４０は、例えば以下のように、製造される。まず、基体２１０の絶縁性セラミック材料と、リード部２２１、２２２の導電性セラミック材料と、発熱部２２３の導電性セラミック材料と、が準備される。基体２１０の絶縁性セラミック材料は、例えば以下のように、準備される。窒化ケイ素の粉末を含むスラリーから、スプレードライによって、粉末が生成される。生成された粉末とバインダとを混練することによって、基体２１０の絶縁性セラミック材料としての混合物が生成される。リード部２２１、２２２の導電性セラミック材料は、例えば以下のように、準備される。窒化ケイ素の粉末と導電物質の粉末とを含むスラリーから、スプレードライによって、粉末が生成される。生成された粉末とバインダとを混練することによって、リード部２２１、２２２の導電性セラミック材料としての混合物が生成される。発熱部２２３の導電性セラミック材料は、リード部２２１、２２２の導電性セラミック材料と同じ方法で、準備される。ただし、本実施形態では、発熱部２２３の導電性セラミック材料に含まれる窒化ケイ素の粉末の粒径は、リード部２２１、２２２の導電性セラミック材料に含まれる窒化ケイ素の粉末の粒径よりも、大きい。また、発熱部２２３の導電性セラミック材料に含まれる導電物質の割合（例えば、重量パーセント）は、リード部２２１、２２２の導電性セラミック材料に含まれる導電物質の割合よりも、低い。

【００３３】

次に、未焼成の抵抗体２２０を、例えば以下のように、成形する。まず、未焼成のリード部２２１、２２２を、リード部２２１、２２２の材料を用いた射出成形によって成形する。そして、発熱部２２３用の成形型の中の所定の位置に未焼成のリード部２２１、２２２を配置した状態で、発熱部２２３を、発熱部２２３の材料を用いた射出成形によって成形する。これにより、互いに接続された未焼成のリード部２２１、２２２と発熱部２２３と、すなわち、未焼成の抵抗体２２０が、成形される。なお、先に未焼成の発熱部２２３を射出成形し、リード部２２１、２２２用の成形型の中の所定の位置に未焼成の発熱部２２３を配置した状態で、リード部２２１、２２２を、射出成形によって成形してもよい。

【００３４】

次に、基体２１０を、例えば以下のように、成形する。ヒータ素子４０用の成形型の中の所定の位置に未焼成の抵抗体２２０を配置した状態で、射出成形によって、基体２１０の材料を、未焼成の抵抗体２２０を覆うように、成形する。以上により、未焼成の基体２１０、ひいては、未焼成のヒータ素子４０が、成形される。

【００３５】

次に、未焼成のヒータ素子４０を焼成する。そして、焼成された部材（焼成体とも呼ぶ）の外形を研磨によって整えることによって、ヒータ素子４０が完成する。

【００３６】

図３は、走査型電子顕微鏡（ＳＥＭ）による抵抗体２２０の断面画像の例である。この断面画像ＩＭは、図２に示すヒータ素子４０の断面を鏡面研磨し、鏡面研磨された断面を、走査型電子顕微鏡（ＳＥＭ）によって撮影して得られた画像である（倍率は３０００倍）。断面画像ＩＭ中の明るい色の部分は、導電物質（ここでは、炭化タングステン）の部分を示している。断面画像ＩＭ中の暗い色の部分は、窒化ケイ素の粒子を示している。濃い色の部分を仕切る薄い色の線は、粒界を示している。断面画像ＩＭに示された白色の点線は、１つの窒化ケイ素の粒子Ｇの輪郭を示している。図示するように、窒化ケイ素の粒子の形状は、細長い棒状である（針状粒子とも呼ばれる）。抵抗体２２０では、窒化ケイ素の多数の粒子が形成されている。このような窒化ケイ素の粒子は、焼成時に、形成される。

【００３７】
断面画像ＩＭの下部には、窒化ケイ素の１つの粒子Ｇの長軸長Ｌが示されている。長軸長Ｌは、断面画像ＩＭにおける粒子の最大外径を示している。図示するように、粒子Ｇの外径は、方向に応じて異なる。長軸長Ｌは、方向に応じて異なる外径のうちの最大の外径である。長軸長Ｌは、後述する評価試験で、用いられる。
【００３８】
Ａ２．ヒータ素子の評価試験：
図４は、評価試験の結果を示す表である。評価試験では、ヒータ素子４０のサンプルを用いて、ヒータ素子４０の靱性と曲げ強度とが評価された。図４の表は、サンプルの番号と、発熱部２２３における長軸長Ｌの平均値Ｌ１（第１平均長軸長Ｌ１と呼ぶ）と、リード部２２２における長軸長Ｌの平均値Ｌ２（第２平均長軸長Ｌ２と呼ぶ）と、比率Ｌ１／Ｌ２と、発熱部２２３における導電物質割合Ｒ１と、リード部２２２における導電物質割合Ｒ２と、靱性値と、曲げ強度と、を示している。
【００３９】
平均長軸長Ｌ１、Ｌ２は、図３で説明した長軸長Ｌの平均値である。図３で説明したように、ヒータ素子４０のサンプルの軸線ＣＬを含む断面を鏡面研磨した。そして、鏡面研磨した断面を、査型電子顕微鏡（ＳＥＭ）で、３０００倍の倍率で、撮影した。撮影によって得られた画像（ＳＥＭ画像とも呼ぶ）を解析することによって、平均長軸長Ｌ１、Ｌ２を算出した。平均長軸長Ｌ１、Ｌ２は、いずれも、ＳＥＭ画像中の１５μｍ×１５μｍの正方形の対象領域に少なくとも一部が含まれる粒子の長軸長Ｌの平均値である。粒子の一部分が対象領域の外に位置し、粒子の残りの部分が対象領域の内に位置する場合、その粒子の長軸長Ｌは、平均長軸長Ｌ１、Ｌ２の算出に用いられた。図２に示す第１対象領域Ａ１は、発熱部２２３の第１平均長軸長Ｌ１の算出のための対象領域を示し、第２対象領域Ａ２は、リード部２２２の第２平均長軸長Ｌ２の算出のための対象領域を示している。図示するように、第１対象領域Ａ１は、発熱部２２３上の接合面２４１、２４２から離れた位置に配置されている。また、第２対象領域Ａ２は、リード部２２２上の接合面２４２から離れた位置に配置されている。
【００４０】
第１導電物質割合Ｒ１は、上記のＳＥＭ画像上の第１対象領域Ａ１の面積に対する、第１対象領域Ａ１内の導電物質（ここでは、炭化タングステン）を表す部分の面積の割合である。第２導電物質割合Ｒ２は、上記のＳＥＭ画像上の第２対象領域Ａ２の面積に対する、第２対象領域Ａ２内の導電物質を表す部分の面積の割合である。
【００４１】
靱性値は、ＪＩＳ　Ｒ１６０７で規定されたＩＦ法に準じて、以下のように特定された。ヒータ素子４０のサンプルの軸線ＣＬを含む断面（図２）を鏡面研磨し、サンプルの断面に、ビッカース硬度計を用いて圧痕を形成した。図２の圧痕ＶＩは、この評価試験で形成される圧痕ＶＩの概要を示している。図２では、ヒータ素子４０断面の下部に、圧痕ＶＩを含む部分の拡大図が示されている。ビッカース硬度計は、矩形の圧痕をサンプルに形成する。ここで、圧痕ＶＩの２個の対角Ｃ１、Ｃ２が、接合面２４２上に位置するように、ビッカース硬度計の圧子に対するサンプルの相対位置が調整された。圧痕ＶＩの形成は、荷重が５ｋｇｆであり、その荷重の保持時間が１５秒である、という条件下で行われた。このような荷重の印加によって、圧痕ＶＩの角Ｃ１、Ｃ２から、接合面２４２に沿って、亀裂ＣＲ１、ＣＲ２が生じた。
【００４２】
亀裂長Ｃは、第１角Ｃ１から延びる第１亀裂ＣＲ１の端（角Ｃ１とは反対側の端）と、第２角Ｃ２から延びる第２亀裂ＣＲ２の端（角Ｃ２とは反対側の端）と、の間の直線距離２Ｃの半分である。圧痕長ｋは、圧痕ＶＩの２個の対角Ｃ１、Ｃ２の間の直線距離２ｋの半分である。このような亀裂長Ｃと圧痕長ｋとを用いて、靱性値Ｋｃを、以下の計算式に従って、算出した。

$$Kc = 0.026 \times E^{1/2} \times P^{1/2} \times k / (C^{3/2})$$

ここで、Ｅは、抵抗体２２０の弾性率である。リード部２２２と発熱部２２３との間で弾性率は同じであったので、その同じ弾性率を、抵抗体２２０の弾性率Ｅとして採用した（ここでは、Ｅ＝４００ＧＰａ）。Ｐは、荷重である（ここでは、Ｐ＝５ｋｇｆ）。

【００４３】

曲げ強度は、ヒータ素子４０のサンプルを用いた３点支持の曲げ試験を行い、サンプルが折れた時の最大曲げ応力を示している。図５は、曲げ試験における３個の支持具Ｓ１、Ｓ２、Ｓ３の配置を示す説明図である。図中には、図２と同じヒータ素子４０の断面が示されている。図示するように、第１支持具Ｓ１は、ヒータ素子４０の外周面のうち接合面２４２の近傍の位置である第１位置Ｐ１で、ヒータ素子４０のサンプルを支持する。第２支持具Ｓ２は、ヒータ素子４０の外周面のうち、第１位置Ｐ１の反対側、かつ、第１位置Ｐ１よりも先端方向Ｄ１側の第２位置Ｐ２で、ヒータ素子４０のサンプルを支持する。第３支持具Ｓ３は、ヒータ素子４０の外周面のうち、第１位置Ｐ１の反対側、かつ、第１位置Ｐ１よりも後端方向Ｄ１ｒ側の第３位置Ｐ３で、ヒータ素子４０のサンプルを支持する。第２位置Ｐ２と第３位置Ｐ３との間の距離は、サンプルの種類によらず、同じであった。そして、第１支持具Ｓ１は、軸線ＣＬに垂直に他の支持具Ｓ２、Ｓ３に向かう方向の荷重を、ヒータ素子４０のサンプルに印加する。支持具Ｓ２、Ｓ３は、軸線ＣＬに垂直に第１支持具Ｓ１に向かう方向の荷重を、ヒータ素子４０のサンプルに印加する。そして、サンプルが折れるまで、荷重を徐々に強くした。

【００４４】

なお、本評価試験では、基体２１０の外周面と、接合面２４１、２４２との間の距離Ｔ（すなわち、基体２１０の外周面と、リード部２２１、２２２と、の間の距離）が、０．２ｍｍとなるように、ヒータ素子４０のサンプルの外周面が研磨された。そして、曲げ試験では、サンプルの破壊の起源が接合面２４１、２４２のいずれかであるサンプルの最大曲げ応力が採用された。破壊の起源が接合面２４１、２４２のいずれでもない場合（例えば、接合面２４１、２４２は割れずに他の部分が割れた場合）、そのサンプルの曲げ応力を採用しなかった。そして、同じ構成の別のサンプルを用いて、サンプルの破壊の起源が接合面２４１、２４２のいずれかとなるまで、曲げ試験を繰り返した。

【００４５】

図４の表に示すように、１番、２番、３番の３種類のサンプルが評価された。これらのサンプルの間では、発熱部２２３の第１平均長軸長Ｌ１と発熱部２２３の第１導電物質割合Ｒ１との少なくとも１つが、互いに異なっている。第１平均長軸長Ｌ１と第１導電物質割合Ｒ１との変更は、発熱部２２３の導電性セラミック材料（具体的には、窒化ケイ素の材料粒子の粒径と、導電物質の含有率（例えば、重量パーセント））を変更することによって、実現された。ヒータ素子４０の他の部分の構成は、３種類のサンプルの間で共通であった。例えば、リード部２２１、２２２の導電性セラミック材料は、３種類のサンプルの間で、共通であった。また、基体２１０の絶縁性セラミック材料は、３種類のサンプルの間で、共通であった。また、ヒータ素子４０の形状、ヒータ素子４０の外径、発熱部２２３の形状、第１リード部２２１の形状、第２リード部２２２の形状、これらの要素４０、２２１、２２２、２２３のそれぞれの大きさは、３種類のサンプルの間で共通であった。

【００４６】

第１平均長軸長Ｌ１の変更は、発熱部２２３の材料に含まれる窒化ケイ素の材料粒子の粒径を変えることによって、実現された。窒化ケイ素の材料粒子の粒径が大きいほど、焼成後の第１平均長軸長Ｌ１が長くなった。具体的には、第１平均長軸長Ｌ１は、１番、２番、３番の順に、１．３ｍｍ、１．８ｍｍ、２．２ｍｍであった。リード部２２２の第２平均長軸長Ｌ２は、３種類のサンプルの間でおおよそ同じであり、具体的には、１番、２番、３番の順に、１．８μｍ、１．７μｍ、１．７μｍであった。なお、３種類のサンプルの間の第２平均長軸長Ｌ２の違い（０．１μｍ）は、製造ばらつきによる誤差である。比率Ｌ１／Ｌ２は、１番、２番、３番の順に、０．７、１．１、１．３であった。このように、１番のサンプルでは、発熱部２２３の第１平均長軸長Ｌ１は、リード部２２２の第

２平均長軸長Ｌ２よりも小さかった。２番と３番のサンプルでは、発熱部２２３の第１平均長軸長Ｌ１は、第２リード部２２２の第２平均長軸長Ｌ２よりも大きかった。なお、第１リード部２２１の平均長軸長は、第２リード部２２２の第１平均長軸長Ｌ１と、おおよそ同じである。

【００４７】

第１導電物質割合Ｒ１の変更は、発熱部２２３の材料に含まれる導電物質の割合を変えることによって、実現された。材料に含まれる導電物質の割合（例えば、重量パーセント）が高いほど、第１導電物質割合Ｒ１が高くなった。具体的には、第１導電物質割合Ｒ１は、１番、２番、３番の順に、２６％、２９％、２６％であった。１番と３番との間では、第１導電物質割合Ｒ１は同じであった。リード部２２２の第２導電物質割合Ｒ２は、３種類のサンプルの間で同じ４２％であった。このように、発熱部２２３の第１導電物質割合Ｒ１は、リード部２２２の第２導電物質割合Ｒ２よりも低い（なお、第１リード部２２１の導電物質割合は、第２リード部２２２の第２導電物質割合Ｒ２とおおよそ同じである）。従って、発熱部２２３の電気抵抗値は、リード部２２１、２２２の電気抵抗値よりも大きい。この結果、通電時には、発熱部２２３の温度をより高くすることができる。

【００４８】

図４に示すように、靱性値は、１番、２番、３番の順に、４．７、５．１、６．６であった（単位は、ＭＰａ・ｍ$^{0.5}$）。このように、靱性値は、比率Ｌ１／Ｌ２が高いほど、良好であった。特に、発熱部２２３の第１平均長軸長Ｌ１がリード部２２２の第２平均長軸長Ｌ２よりも小さい１番の靱性値は、５未満であったが、発熱部２２３の第１平均長軸長Ｌ１がリード部２２２の第２平均長軸長Ｌ２よりも大きい２番、３番のそれぞれの靱性値は、５を超えた。このように、発熱部２２３の第１平均長軸長Ｌ１が、リード部２２２の第２平均長軸長Ｌ２よりも長い場合に靱性値が向上する理由は、発熱部２２３とリード部２２１、２２２との接合面２４１、２４２の付近において、外径が長い窒化ケイ素の粒子を多く存在させることができ、その結果、接合面の付近に亀裂が発生したとしても、亀裂の進行を抑制するからだと推定される。

【００４９】

また、第１平均長軸長Ｌ１が第２平均長軸長Ｌ２とおおよそ同じである２番の靱性値（ここでは、５．１）と比べて、第１平均長軸長Ｌ１が更に長い３番の靱性値は、６．６と、大幅に向上した。このように、第１平均長軸長Ｌ１がより長いほど、靱性値をより向上できる。

【００５０】

曲げ強度は、１番、３番の順に、１０２７、１０８４であった（単位は、ＭＰａ。２番のサンプルについては、曲げ強度は測定されなかった）。このように、曲げ強度は、比率Ｌ１／Ｌ２が高いほど、良好であった。特に、発熱部２２３の第１平均長軸長Ｌ１がリード部２２２の第２平均長軸長Ｌ２よりも小さい１番の靱性値は、１０３０ＭＰａ未満であったが、発熱部２２３の第１平均長軸長Ｌ１がリード部２２２の第２平均長軸長Ｌ２よりも大きい３番の靱性値は、１０８０ＭＰａを超えた。このように、発熱部２２３の第１平均長軸長Ｌ１がリード部２２２の第２平均長軸長Ｌ２よりも長い場合に曲げ強度が向上する理由は、発熱部２２３とリード部２２１、２２２との接合面２４１、２４２の付近において、外径が長い窒化ケイ素の粒子を多く存在させることができ、その結果、接合面の付近に亀裂が発生したとしても、窒化ケイ素の長い粒子が、亀裂の進行を抑制する、ひいては、接合面２４１、２４２での強度の低下を抑制するからだと推定される。

【００５１】

なお、リード部２２１、２２２と、発熱部２２３とは、それぞれ、窒化ケイ素に加えて、導電物質を含んでいる。焼成時の窒化ケイ素の粒子の成長は、窒化ケイ素の粒子の周りに存在する導電物質によって抑制される。導電物質の含有率が高いほど、窒化ケイ素の粒子は成長しにくい。また、通電時に発熱部２２３の温度をより高くするために、リード部２２１、２２２での第２導電物質割合Ｒ２（すなわち、導電物質の含有率）は、発熱部２２３での第１導電物質割合Ｒ１（すなわち、導電物質の含有率）よりも、高い。従って、

焼成時に、リード部２２１、２２２では、発熱部２２３と比べて、窒化ケイ素の粒子は成長しにくい。このような条件下において、発熱部２２３とリード部２２１、２２２との間で、窒化ケイ素の粒子の長軸長Ｌのバランスが不均等になることを許容し、窒化ケイ素の粒子が比較的成長しやすい発熱部２２３での第１平均長軸長Ｌ１を、リード部２２２での第２平均長軸長Ｌ２よりも長くすることによって、靱性値と曲げ強度とを向上できた。

【００５２】

さらに、図２で説明したように、リード部２２１、２２２と発熱部２２３との接合面２４１、２４２は、軸線方向に対して斜めに傾斜している傾斜部分２４１ｘ、２４２ｘを含んでいる。従って、接合面２４１、２４２が軸線ＣＬに垂直である場合と比べて、接合面２４１、２４２の面積を増大できる。この結果、仮に図２の亀裂ＣＲ１、ＣＲ２のような亀裂が接合面（接合面２４１、または、接合面２４２）に生じる場合であっても、外径が長い窒化ケイ素の粒子が接合面の付近により多く存在することができ、接合面の全面積に対する亀裂の面積の割合を小さくできるので、接合面での強度の低下を抑制できる。

【００５３】

Ｂ．変形例：

（１）発熱抵抗体２２０の構成としては、上記の構成に代えて、他の種々の構成を採用可能である。例えば、リード部２２１、２２２と発熱部２２３とに含まれる導電物質としては、炭化タングステンに限らず、種々の導電物質を採用可能である。例えば、タングステンを採用してもよく、タングステンを含む化合物（例えば、タングステンの炭化物、タングステンの珪化物、タングステンの窒化物など）を採用してもよい。また、モリブデンを採用してもよく、モリブデンを含む化合物（例えば、モリブデンの炭化物、モリブデンの珪化物、モリブデンの窒化物など）を採用してもよい。一般的には、導電物質としては、タングステンとモリブデンとのうちの少なくとも１種の金属成分を含む種々の物質を採用可能である。例えば、タングステン、タングステンを含む上記の３種の化合物、モリブデン、モリブデンを含む上記の３種の化合物、のうちの少なくとも１つを採用してよい。なお、発熱部２２３に含まれる導電物質（第１導電物質と呼ぶ）は、第１リード部２２１に含まれる導電物質（第２導電物質と呼ぶ）と異なっていてもよく、第２導電物質と同じであってもよい。発熱部２２３に含まれる第１導電物質は、第２リード部２２２に含まれる導電物質（第３導電物質と呼ぶ）と異なっていてもよく、第３導電物質と同じであってもよい。第１リード部２２１に含まれる第２導電物質は、第２リード部２２２に含まれる第３導電物質と異なっていてもよく、第３導電物質と同じであってもよい。

【００５４】

なお、発熱部２２３の材料は、窒化ケイ素と導電物質とに加えて、種々の物質を含み得る。発熱部２２３の材料は、例えば、希土類元素の酸化物などの焼結助剤を含み得る。また、リード部２２１、２２１の材料も、同様に、窒化ケイ素と導電物質とに加えて、焼結助剤などの、種々の物質を含み得る。基体２１０の材料も、同様に、窒化ケイ素に加えて、焼結助剤などの、種々の物質を含み得る。

【００５５】

（２）第１平均長軸長Ｌ１と第１導電物質割合Ｒ１との算出に用いられる第１対象領域Ａ１としては、発熱部２２３の断面上の種々の位置の１５μｍ×１５μｍの正方形の領域を採用可能である。同様に、第２平均長軸長Ｌ２と第２導電物質割合Ｒ２との算出に用いられる第２対象領域Ａ２としては、リード部２２１、２２２の断面上の種々の位置の１５μｍ×１５μｍの正方形の領域を採用可能である。例えば、断面は、軸線ＣＬに対して斜めに傾斜していてもよい。

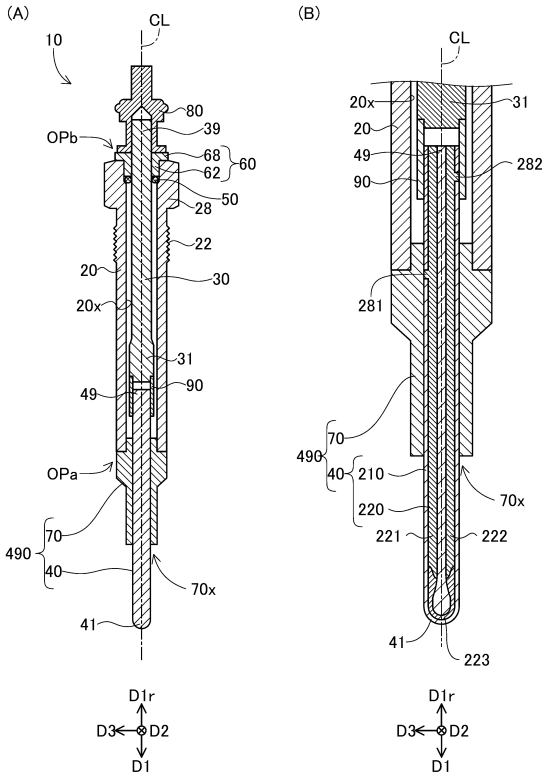
【００５６】

一般的には、第１対象領域Ａ１は、発熱部２２３のうちの接合面２４１、２４２を形成する部分とおおよそ同じ構造の部分に配置されることが好ましい。上記の実施形態のように、発熱部２２３の全体が同じ材料で形成される場合には、発熱部２２３の全体に亘って構造がおおよそ同じと推定されるので、第１対象領域Ａ１としては、発熱部２２３の種々の部分の領域を採用可能である。

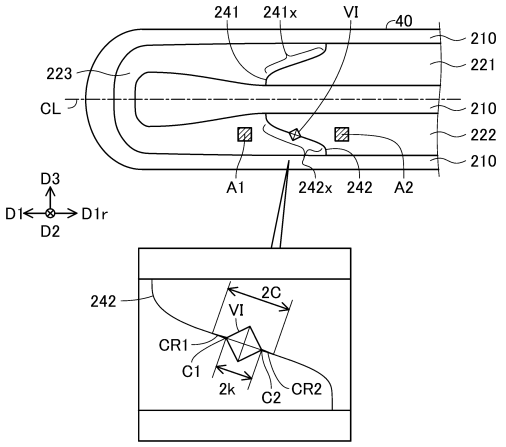
【００５７】
また、第２対象領域Ａ２は、リード部２２１、２２２のうちの接合面２４１、２４２を形成する部分とおおよそ同じ構造の部分に配置されることが好ましい。上記の実施形態のように、第１リード部２２１の全体が同じ材料で形成される場合には、第２対象領域Ａ２としては、第１リード部２２１の種々の部分の領域を採用可能である。また、上記の実施形態のように、第２リード部２２２の全体が同じ材料で形成される場合には、第２対象領域Ａ２としては、第２リード部２２２の種々の部分の領域を採用可能である。
【００５８】
発熱部２２３の断面上の少なくとも１つの第１対象領域Ａ１から算出された第１平均長軸長Ｌ１と第１導電物質割合Ｒ１と、第１リード部２２１の断面上の少なくとも１つの第２対象領域Ａ２から算出された第２平均長軸長Ｌ２と第２導電物質割合Ｒ２とが、「Ｌ１＞Ｌ２」という条件と「Ｒ１＜Ｒ２」という条件とを満たしている場合には、発熱部２２３と第１リード部２２１との組み合わせは、２つの条件を満たしているということができる。発熱部２２３と第２リード部２２２との組み合わせについても、同様である。ここで、第１リード部２２１と第２リード部２２２との間で、第２平均長軸長Ｌ２が異なっていてもよい。また、第１リード部２２１と第２リード部２２２との間で、第２導電物質割合Ｒ２が異なっていてもよい。いずれの場合も、発熱部２２３の後端側に接続された２つのリード部２２１、２２２のうちの少なくとも１つと、発熱部２２３とが、「Ｌ１＞Ｌ２」という条件と「Ｒ１＜Ｒ２」という条件とを満たしていることが好ましい。
【００５９】
なお、第１平均長軸長Ｌ１と第２平均長軸長Ｌ２と第１導電物質割合Ｒ１と第２導電物質割合Ｒ２とは、それぞれ、図４のサンプルの値に代えて、他の種々の値であってよい。一般的には、発熱部２２３の温度をより高くするためには、発熱部２２３の導電物質割合Ｒ１が、２つのリード部２２１、２２２のそれぞれの導電物質割合Ｒ２のいずれよりも小さいことが好ましい。さらに、ヒータ素子４０の強度を向上するためには、発熱部２２３の第１平均長軸長Ｌ１が、２つのリード部２２１、２２２のそれぞれの第２平均長軸長Ｌ２のいずれよりも大きいことが好ましい。
【００６０】
（３）発熱部２２３の第１平均長軸長Ｌ１を大きくする方法としては、発熱部２２３の材料に含まれる窒化ケイ素の粒子の粒径を大きくする方法に代えて、他の種々の方法を採用可能である。ヒータ素子４０の焼成時には、焼成温度が高い場合に、窒化ケイ素の粒子が成長しやすい。また、リード部２２１、２２２の導電物質の含有率は、発熱部２２３の導電物質の含有率よりも高いので、リード部２２１、２２２では、発熱部２２３と比べて、焼成時に、窒化ケイ素の粒子が成長しにくい。従って、焼成温度を高くすることによって、リード部２２１、２２２よりも発熱部２２３での窒化ケイ素の粒子の成長を促進できる、すなわち、第１平均長軸長Ｌ１が第２平均長軸長Ｌ２よりも大きくなり得る。なお、焼成温度が過剰に高くなると、窒化ケイ素の粒子が分解して小さくなる。適切な焼成温度は、発熱部２２３とリード部２２１、２２２とのそれぞれの材料に応じて異なる。焼成温度は、実験的に決定されることが好ましい。
【００６１】
（４）発熱部２２３とリード部２２１、２２２との接合面２４１、２４２の構成としては、図２で説明した構成に代えて、他の種々の構成を採用可能である。例えば、傾斜部分２４１ｘ、２４２ｘを内周側から外周側へ辿る場合に、傾斜部分２４１ｘ、２４２ｘは、後端側（後端方向Ｄ１ｒ側）に向かって傾斜する代わりに、先端側（先端方向Ｄ１側）に向かって傾斜してもよい。また、傾斜部分２４１ｘ、２４２ｘは、先端側に向かって傾斜する部分と後端側に向かって傾斜する部分との両方を含んでもよい。また、２つの接合面２４１、２４２の間で、形状が異なっていてもよい。また、２つの接合面２４１、２４２のうちの少なくとも一方から、傾斜部分２４１ｘ、２４２ｘが省略されてもよい。一般的には、２つの接合面２４１、２４２のうちの少なくとも一方が、軸線ＣＬに対して斜めに傾斜している部分を含むことが好ましい。

【００６２】
（５）ヒータ素子の構成は、図１、図２等で説明した構成に代えて、他の種々の構成であってよい。例えば、ヒータ素子には、第２リード部２２２に接続された端子が固定されてもよい。端子は、例えば、ヒータ素子４０の後端方向Ｄ１ｒ側の端面に固定されてよい。そして、その端子と、中軸３０とが、ワイヤで接続されてもよい。この場合、第２電極取出部２８２は省略される。
【００６３】
（６）グロープラグの構成は、図１で説明した構成に代えて、他の種々の構成であってよい。例えば、中軸３０の後端部３９の外周面には、雄ねじが形成され、端子部材８０には、雌ねじが形成され、端子部材８０を中軸３０の後端部３９にねじ込むことによって、中軸３０に端子部材８０が固定されてもよい。ここで、端子部材８０としては、キャップ状の部材に代えて、ナットを採用してもよい。また、ヒータ素子４０を主体金具２０に固定する方法としては、ヒータ素子４０を保持する外筒７０を主体金具２０に固定する方法に代えて、他の任意の方法を採用可能である。例えば、ヒータ素子４０の後端部４９が、直接的に、主体金具２０の貫通孔２０ｘ内に圧入されてもよい。いずれの場合も、筒状の主体金具２０は、ヒータ素子４０の後端部４９を収容することが好ましい。この構成によれば、主体金具２０がヒータ素子４０を保持する構成を、容易に実現できる。また、発熱部２２３は、ヒータ素子４０のうちの主体金具２０の貫通孔２０ｘの外に配置された部分に設けられていることが好ましい。この構成によれば、ヒータ素子４０は、適切に、過熱対象（例えば、燃焼室内のガス）を、過熱できる。
【００６４】
（７）上述したヒータは、内燃機関の始動補助のために利用されるグロープラグに限らず、種々のグロープラグに適用可能である。例えば、排気ガスを昇温するための排気ガスヒータ装置や、触媒やディーゼル粒子フィルタ（DPF: Diesel Particulate Filter）を再活性化するためのバーナーシステムや、冷却水を昇温するためのウォータヒータ装置等の種々の装置に利用されるグロープラグに、上記実施形態のヒータを適用可能である。
【００６５】
以上、実施形態、変形例に基づき本発明について説明してきたが、上記した発明の実施の形態は、本発明の理解を容易にするためのものであり、本発明を限定するものではない。本発明は、その趣旨並びに特許請求の範囲を逸脱することなく、変更、改良され得ると共に、本発明にはその等価物が含まれる。
【符号の説明】
【００６６】
１０...グロープラグ、２０...主体金具、２０ｘ...貫通孔、２２...雄ネジ部、２８...工具係合部、３０...中軸、３１...先端部、３９...後端部、４０...セラミックヒータ素子（ヒータ素子）、４１...先端部、４９...後端部、５０...Ｏリング、６０...絶縁部材、６２...筒状部、６８...フランジ部、７０...金属外筒（外筒）、７０ｘ...貫通孔、８０...端子部材、９０...接続部材、２１０...基体（支持体）、２２０...発熱抵抗体（抵抗体）、２２１...第１リード部、２２２...第２リード部、２２３...発熱部、２４１...第１接合面、２４２...第２接合面、２４１ｘ、２４２ｘ...傾斜部分、２８１...第１電極取出部、２８２...第２電極取出部、４９０...ヒータモジュール、Ｇ...粒子、Ｌ...長軸長、Ｃ...亀裂長、ｋ...圧痕長、Ｔ...距離、Ｒ１...第１導電物質割合、Ｒ２...第２導電物質割合、Ｌ１...第１平均長軸長、Ｌ２...第２平均長軸長、Ａ１...第１対象領域、Ａ２...第２対象領域、Ｃ１...第１角、Ｃ２...第２角、Ｓ１...第１支持具、Ｓ２...第２支持具、Ｓ３...第３支持具、Ｐ１...第１位置、Ｐ２...第２位置、Ｐ３...第３位置、Ｄ１...第１方向（先端方向）、Ｄ１ｒ...後端方向、Ｄ２...第２方向、Ｄ３...第３方向、ＶＩ...圧痕、ＣＬ...中心軸（軸線）、ＩＭ...断面画像、ＣＲ１...第１亀裂、ＣＲ２...第２亀裂、ＯＰａ...開口、ＯＰｂ...開口

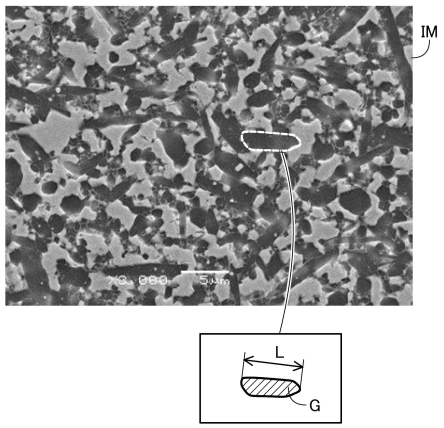
【図１】



【図２】



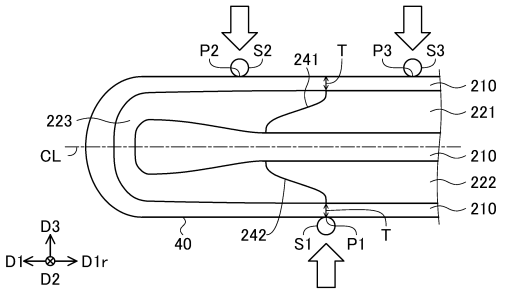
【図３】



【図４】

No.	平均長軸長（μm）			導電物質割合（%）		靭性値	強度（MPa）
	発熱部 L1	リード部 L2	比率 L1/L2	発熱部 R1	リード部 R2		
1	1.3	1.8	0.7	26	42	4.7	1027
2	1.8	1.7	1.1	29	42	5.1	–
3	2.2	1.7	1.3	26	42	6.6	1084

【図５】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. FI

Ｆ２３Ｑ	7/22	６１５Ａ
Ｆ２３Ｑ	7/22	６２０Ｃ

(56)参考文献 国際公開第２００３／０９２３３０（WO，Ａ１）
特開昭６３－０９６８８３（ＪＰ，Ａ）
特開２０１２－１６０２７２（ＪＰ，Ａ）
国際公開第２０１３／０４７８４９（WO，Ａ１）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)

Ｈ０５Ｂ	３／１４
Ｆ２３Ｑ	７／００
Ｆ２３Ｑ	７／２２
Ｈ０５Ｂ	３／１８
Ｈ０５Ｂ	３／４８