

PATENTOVÝ SPIS

(11) Číslo dokumentu:

299 656

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl.

F23Q 7/22 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky **2001-1987**
(22) Přihlášeno **14.12.1999**
(30) Právo přednosti **21.12.1998 US 1998/217793**
(40) Zveřejněno **17.07.2002**
(Věstník č. 7/2002)
(47) Uděleno **27.08.2008**
(24) Oznamení o udělení ve Věstníku **08.10.2008**
(Věstník č. 41/2008)
(86) PCT číslo: **PCT/US1999/029622**
(87) PCT číslo zveřejnění: **WO 2000/037856**

(56) Relevantní dokumenty:

DE 3918964 A; EP 180928 A; US 5233166; US 5786565; US 5801361

(73) Májitel patentu:

SAINT-GOBAIN CERAMICS AND PLASTICS, INC.,
Worcester, MA, US

(72) Původce:

Willkens Craig A., Sterling, MA, US
Bateman Linda S., Spencer, MA, US
Lin Roger, Shrewsbury, MA, US

(74) Zástupce:

Ing. Václav Herman, Hlavní 43, Prácheň, 25243

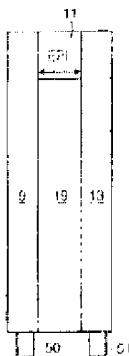
(54) Název vynálezu:

**Keramická zapalovací svíčka se zlepšenou
odolností proti oxidaci, způsob jejího použití a
keramický materiál její podpěrné zóny**

(57) Anotace:

Keramická zapalovací svíčka zahrnuje dvojici keramických konců (9, 13) a horkou zónu (11) mezi nimi, která je uspořádaná na podpěrné zóně (19), která zahrnuje mezi 50 až 80 % objemovými nitridu hliníku (AlN) a mezi 2 až 40 % objemovými karbidu křemíku (SiC). Zhuštěný materiál podpěrné zóny (19) přitom obsahuje mezi 50 až 80 % objemovými nitridu hliníku (AlN), mezi 25 až 35 % objemovými karbidu křemíku (SiC) a mezi 8 až 15 % objemovými oxidu hlinitého (Al₂O₃). Zapalovací svíčka se provozuje tak, že se mezi vodivé keramické konce (9, 13) přivede elektrické napětí, které způsobí odporové ohřátí horké zóny (11) a vytvoření ochranné vrstvy mullitu na povrchu podpěrné zóny (19).

CZ 299656 B6



Keramická zapalovací svíčka se zlepšenou odolností proti oxidaci, způsob jejího použití a keramický materiál její podpěrné zóny

5 Oblast techniky

Předložený vynález se týká keramické zapalovací svíčky se zlepšenou odolností proti oxidaci, způsobu jejího použití a keramického materiálu pro její podpěrnou zónu. Keramické materiály
 10 zažívají velký úspěch jako zapalovací svíčky u topenišť vytápěných plynem, pecí a sušiček oděvů. Keramická zapalovací svíčka má typicky tvar jako vlásenka nebo tvar U, který obsahuje vodivé koncové části a vysoce odporovou střední část. Když se konce zapalovací svíčky připojí k napájecím elektrickým vodičům, teplota vysoce odporové střední části, takzvané horké zóny se zvyšuje.

15 Dosavadní stav techniky

Technika keramických zapalovacích svíček má dlouho známé zapalovací svíčky vytvarované jako vlásenka, které dále mají elektricky nevodivou keramickou vložku uspořádanou pro podepření mezi jejich elektricky odporovými rameny. Dokument JP-A 02-094 282 výslovně zveřejňuje keramickou zapalovací svíčku, která má odporová ramena SiC/ZrB_2 a izolační vložku AlN resp. podpěrnou zónu uspořádanou mezi těmito odporovými rameny. Dokument JP-A 02-094 282 dále informuje o přidávání BN k vložce z AlN , aby se vyrovnaly koeficienty tepelné roztažnosti (CTE) těchto dvou oblastí. Podobně Axelsonův patent US 5 191 508 zveřejňuje
 20 keramickou zapalovací svíčku ve tvaru vlásenky, která má „elektricky nevodivou vložku“, a informuje, že vložka by měla být zhotovená z jediného materiálu, jako je oxid hlinitý, nitrid hliníku, oxid beryllnatý, z nichž každý je elektricky izolující materiál. Itoův patent US 4 634 837 zveřejňuje keramickou zapalovací svíčku, která má horkou zónu na bázi $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{MoSi}_2$ a vložku $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{Al}_2\text{O}_3$.

Tento stav techniky také odhaluje keramické zapalovací svíčky, u kterých jsou vodivá vlákna uložena v izolačních keramických materiálech. Například Tatemasuův patent US 4 912 305 zveřejňuje wolframový drát uložený v keramickém tělese $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Y}_2\text{O}_3$. Okudaův patent US 4 804 823 popisuje keramickou zapalovací svíčku, u které je vodivá keramická vrstva TiN nebo WC , která také obsahuje Si_3N_4 , umístěná uvnitř keramického substrátu buď z AlN nebo Si_3N_4 . Okuda také zveřejňuje to, že substrát může dále obsahovat slinovací pomocný prostředek, jako nějaký oxid, nitrid nebo oxynitrid ze Skupin IIa nebo IIIa periodické tabulky nebo hliník. Viz sloupec 7, řádky 50 až 55.

Ačkoliv je materiál vložky u zapalovacích svíček ve tvaru vlásenky obecně vysoce elektricky izolační, jsou případy, u kterých stav techniky zveřejnil vložky, které mají některé elektricky vodivé složky jako MoSi_2 a/nebo polovodivé složky jako SiC . Například JP-A 02 000086 poskytuje jednu takovou informaci, kde je hlavní složka vložky karbid křemíku. Průzkum však ukázal, že měrné odpory za vysokých teplot prvního materiálu zahrnujícího SiC a vodivý materiál, jako je hliník, a druhého materiálu zahrnujícího více než 99 % SiC mají tendenci se za vysokých teplot vyrovnat. Když se tedy měly tyto materiály příslušně použít jako horká zóna a vložka u
 45 téže zapalovací svíčky, pravděpodobně by zde nastaly přes materiál vložky elektrické zkraty. Podle dalšího příkladu zveřejňuje Maedaův patent US 5 233 166 zapalovací svíčku, která má horkou zónu uloženou v keramickém substrátu, který se skládá z nitridu křemíku, 8 až 19 % oxidu vzácné zeminy, 2 až 7 % oxidu křemičitého a 7 až 20 % MoSi_2 . Maeda doporučuje vyhnout se vytvoření skelné fáze, která má oxid hlinitý v množství větším než 1 % hmotnosti.

Willkensův patent US 5 801 361 zveřejňuje keramickou zapalovací svíčku navrženou pro použití u vysokonapěťových aplikací, tj. 220 až 240 V, u kterých je běžná horká zóna ve tvaru vlásenky
 55 podepřená keramickým materiálem jak mezi svými rameny, tak i zevně svých ramen podpěrnými

zónami. Willkensův patent také informuje o tom, že tento materiál podpěrné zóny musí být elektricky izolační, to jest má mít elektrický měrný odpor alespoň 10^6 ohm.cm a má s výhodou zahrnovat alespoň 90 % objemu alespoň jednoho z nitridu hliníku, nitridu bóru a nitridu křemíku. Willkensův patent dále odhaluje, že tento materiál podpěrné zóny by neměl mít pouze charakteristiky tepelného rozpinání a zhuštění, které by byly kompatibilní s horkou zónou, ale měl by také pomáhat chránit horkou zónu před oxidací, to jest méně než 10 % pokles proudové intenzity po 30.000 cyklech. U WIPO zveřejnění odpovídajícího Willkensově patentu je navržený elektrický měrný odpor materiálu podpěrné zóny 10^8 ohm.cm.

Ačkoliv však dosahuje zapalovací svíčka podle Willkensova patentu požadované výkonové technické podmínky pro napěťové aplikace, odhalilo pokračující používání této zapalovací svíčky značné poruchy z dlouhodobého použití v jedné podpěrné zóně sestávající v podstatě z nitridu hliníku (AlN). To jest, odpor této zapalovací svíčky značně rostl během zkoušek prodlouženého použití. Během výroby se, pravděpodobně následkem nesprávného spojení od rozpinání teplem, dále vyskytly problémy zhuštění s těmito podpěrnými zónami. Nakonec Willkensův patent pozoroval, že v jednom příkladu došlo k rozžhavení doutnavý výboj horké zóny, která měla při teplotě místnosti měrný odpor kolem 0,3 ohm.cm, měl sklon putovat dolů, a předpokládal, že toto tečení bylo způsobeno běžným proudem přes vložku na bázi nitridu hliníku.

Willkensův patent US 5 786 565 uveřejňuje další keramickou zapalovací svíčku, která má podpěrnou zónu nebo vložku umístěnou mezi dvěma rovnoběžnými rameny zapalovací svíčky.

Podle Willkensova patentu se na tuto vložku odkazuje jako na elektricky izolační tepelnou jímku nebo jako na elektricky nevodivou tepelnou jímku a s výhodou má měrný odpor alespoň kolem 10^4 ohm.cm. Kompozice této zapalovací svíčky s výhodou zahrnuje alespoň 90 % objemu alespoň jednoho z nitridu hliníku, nitridu bóru a nitridu křemíku, avšak výhodněji sestává v podstatě alespoň z jednoho z nitridu hliníku, nitridu bóru a nitridu křemíku.

Nieméně, ačkoliv byly tyto zapalovací svíčky podle Willkensova patentu, shledány jako svíčky, které mají imponující rychlost, mělo jejich dlouhodobé používání při teplotách kolem 1300 °C opět za následek značné procento poruch.

Existuje tedy potřeba podpěrné zóny na bázi nitridu hliníku, která by neměnila elektrické charakteristiky zapalovací svíčky, nevytvářela během používání problémy s oxidací a nekladla během výroby ani problémy se zhuštěním ani s obráběním. Zejména existuje potřeba podpěrné zóny, která by řešila tyto problémy pro zapalovací svíčku zveřejněnou ve Willkensově patentu US 5 786 565.

Ve snaze objevit důvod nepřijatelné oxidace materiálu podpěrné zóny nebo vložky na bázi AlN podnikli stávající vynálezci rozsáhlá zkoumání a na povrchu AlN zjistili značnou a nesouvislou vrstvu oxidu hlinitého. Protože má oxid hlinitý mnohem vyšší CTE než AlN a oxidace AlN také vytváří 6 % expanzi objemu, má se za to, že oxidace materiálu vložky AlN, to jest vytváření oxidu hlinitého, způsobuje tvorbu trhlin v materiálu vložky a je příčinou poruch při dlouhodobém používání.

Stávající vynálezci souběžně také zkoumali běžné zapalovací svíčky, které mají běžná složení horké zóny AlN-SiC-Mo-Si₂, které netrpěly podobnými závadami souvisejícími s dlouhodobou oxidací. Bylo zjištěno, že po dlouhodobém použití měly tyto běžné horké zóny souvislou povrchovou vrstvu obsahující podstatné množství mullitu, který má složení 3Al₂O₃-2SiO₂. Na rozdíl od oxidu hlinitého má mullit CTE, který je mnohem více slučitelný s AlN a vytváří pouze malou volumetrickou změnu, když je vytvářena AlN. Aniž je tedy žádoucí, aby to bylo spojováno s nějakou teorií, má se za to, že vytváření mullitové povrchové vrstvy je kritické pro úspěch materiálu vložky na bázi AlN.

Ve světle výše uvedeného zjištění se mělo za to, že by se požadovaná mullitová vrstva mohla vytvořit přidáním mezi 2 až 40 objemovými % karbidu křemíku k vložce na bázi AlN. Následné zpracování a testování této směsi potvrdilo přítomnost požadované koherentní mullitové vrstvy. Má se tak za to, že problémy s oxidací u vložek na bázi AlN se mohou značně zlepšit přidáním dostatečného množství karbidu křemíku pro vytvoření koherentní vrstvy mullitu na horní části vložky AlN.

Nalezení vhodnosti materiálu vložky AlN-SiC je překvapivé ve světle vědomostí stavu techniky, které respektují známé charakteristiky běžných izolátorových systémů. Pokud jde o AlN, bylo podle Willkensova 361 známo, že v podstatě AlN izolátor vytvářel nepřijatelnou oxidaci. Pokud jde o SiC, bylo známo, že v podstatě SiC podpěrná zóna vytvářela při vysokých teplotách nepřijatelný elektrický zkrat. Podle toho existoval vážný zájem, aby nějaká směs obsahující značná množství obou směsí vytvářela buď nepřijatelnou oxidaci nebo zkrat nebo obojí. Místo toho bylo zjištěno, že tato nová podpěrná zóna poskytuje přijatelnou odolnost proti oxidaci a přitom žádné zkratování.

Podstata vynálezu

Výše uvedené nedostatky stavu techniky prakticky odstraňuje a uvedené požadavky splňuje keramická zapalovací svíčka, která má dvojici vodivých keramických ramen, keramickou horkou zónu umístěnou mezi studenými vodivými keramickými rameny a podpěrnou zónu, na které je umístěná horká zóna, podle vynálezu, jehož podstata spočívá v tom, že podpěrná zóna zahrnuje asi mezi 50 a 80 objemovými % nitridu hliníku a asi mezi 2 a 40 objemovými % karbidu křemíku.

Podle vynálezu je výhodné, obsahuje-li podpěrná zóna asi mezi 2 až 20 obj. % keramické hmoty s vysokým koeficientem tepelné roztažnosti, např. oxid hlinitý.

Další výhodné provedení keramické zapalovací svíčky spočívá podle vynálezu v tom, že vodivá keramická ramena zahrnují asi mezi 15 a 60 obj. % nitridu hliníku, asi mezi 20 a 65 obj. % polovodivého materiálu, jako je např. SiC, BC či jejich směs, a asi mezi 15 a 50 obj. % kovového vodiče vybraného ze skupiny sestávající z dvojkřemičitanu molybdenu, dvojkřemičitanu wolframu, karbidu wolframu, nitridu titanu a jejich směsí.

Horká zóna svíčky podle vynálezu přitom s výhodou obsahuje přibližně mezi 50 a 75 obj. % nitridu hliníku, přibližně mezi 10 a 45 obj. % polovodivého materiálu jako ramena vodivé zóny a přibližně mezi 8,5 až 14 obj. % kovového vodiče jako ramena vodivé zóny.

Podstata způsobu použití keramické zapalovací svíčky podle vynálezu spočívá v tom, že se na konce vodivých keramických ramen přivede napětí, které vyvolá odporové ohřátí horké zóny, při kterém se na povrchu podpěrné zóny vytváří ochranná vrstva mullitu.

Zhuštěný polykrystalický keramický materiál pro podpěrnou zónu zapalovací svíčky podle vynálezu obsahuje s výhodou mezi 50 a 80 obj. % nitridu hliníku, mezi 10 a 35 obj. % karbidu křemíku a mezi 8 a 15 obj. % oxidu hlinitého.

Keramická zapalovací svíčka resp. keramický materiál pro podpěrnou zónu takové keramické zapalovací svíčky podle vynálezu poskytují zlepšenou odolnost svíčky proti oxidaci, svíčka během dlouhodobého provozu nemění své elektrické charakteristiky a je prakticky bez poruch vyvolaných nežádoucí oxidací, přičemž je navíc snadno vyrobitelná a obrobitelná.

Přehled obrázků na výkresech

Vynález bude v dalším popisu blíže objasněn za pomoci příkladného tělesného provedení svíčky znázorněné v nárysném pohledu na připojeném obrázku 1.

5

Příklady provedení vynálezu

Obrázek 1 je výhodné provedení, podle kterého má výhodná zapalovací svíčka tvar vlásenky zahrnující dvě vodivá ramena 9 a 13 umístěná v elektrickém spojení odporovou horkou zónou 11, přičemž ramena 9 a 13 vybíhají od horké zóny 11 v téměř směru a mezi těmito vodivými rameny 9 a 13 je umístěná vložka resp. podpěrná zóna 19.

Podpěrná zóna 19 obecně zahrnuje mezi 50 a 80 objemovými % nitridu hliníku jako izolační fázi. Pokud tato podpěra obsahuje méně než 50 objemových % AlN, pak může být tato podpěrná zóna 19. dále také podpěra nebo vložka, příliš vodivá a existuje zde nebezpečí zkratu. Pokud tato podpěra obsahuje více než 80 objemových % AlN, existuje zde typicky riziko zvýšené oxidace.

Podpěrná zóna 19 obecně dále zahrnuje mezi 2 a 40 objemovými % karbidu křemíku. Pokud tato podpěra obsahuje méně než 2 objemová % karbidu křemíku, pak je zde nedostatečná reagující složka pro vytvoření mullitu a podpěra je příliš náchylná k oxidaci. Pokud podpěra obsahuje více než 40 objemových % této fáze, pak je zde typicky riziko zkratu při vysokých teplotách, dokonce i tehdy, když je výsledná keramická podpěra vodivá pouze poměrně málo, to jest nějaký polovodič. Karbid křemíku má dostatečný obsah křemíku, aby vytvořil požadovaný mullitový povlak, a není tak vodivý, aby vyvolal zkrat ve výsledné kompozici materiálu vložky, když je přítomný v podpěrné zóně 19 v množstvích menších než asi 40 objemových %.

U některých výhodných provedení tvoří karbid křemíku mezi 10 a 40 objemovými % podpěrné zóny 19, s výhodou v množství asi od 20 do přibližně 40 objemových %.

30

U některých provedení, která jsou s výhodou používána s MIM konstrukcí zveřejněnou ve Willkensově patentu, obsahuje vložka mezi 20 a 35 objemovými % SiC, s výhodou mezi 25 a 35 objemovými % SiC.

U některých provedení, u kterých je materiál vložky podle tohoto vynálezu sdružený s vodivými (studenými) zónami a horkými zónami Washburnova typu, může být koeficient tepelné roztažnosti materiálu podpěrné zóny 19 příliš nízký. Například podle jednoho experimentu bylo zjištěno, že materiál vložky sestávající v podstatě z 70 % AlN a 30 % SiC praskal, když byl pořídně ve styku s vodivou zónou skládající se z 20 % AlN, 60 % SiC a 20 % MoSi₂. Má se za to, že tato porucha byla způsobena CTE nesprávným spojením mezi vložkou a vodivou zónou. Když bylo následně přidáno k vložce kolem 10 % oxidu hlinitého, bylo zhuštění úspěšné. Podle toho může u některých provedení podpěrná zóna 19 dále zahrnovat mezi 2 a 20 objemovými % vysoce CTE keramického materiálu, který má koeficient tepelné roztažnosti alespoň 6x10⁶/°C. S výhodou je tento keramický materiál s vysokým CTE oxid hlinitý. Při některých pokusech, při kterých byla vložka v řádném styku s vodivou zónou obsahující 20 % AlN, 20 % MoSi₂ a 60 % SiC, měl značný počet vložek obsahujících 5 % oxidu hlinitého stále ještě trhliny, zatímco v podstatě všechny vložky, které měly 10 % oxidu hlinitého, nevykazovaly žádné trhliny. U některých provedení tedy podpěrná zóna 19 s výhodou obsahuje mezi 5 a 15 % oxidu hlinitého, s výhodou mezi 8 a 15 objemovými % oxidu hlinitého. Zjištění, že oxid hlinitý může být prospěšný pro složení vložky, je překvapivé, protože Maeda informuje, že více než několik procent přidavku oxidu hlinitého k vložce způsobí nežádoucí skelnou fázi.

U některých provedení u kterých je hladina SiC ve vložce relativně nízká, to jest méně než 25 objemových % SiC, bylo zjištěno, že další přidávání malého množství dvojkřemičitanu molybdenu (MoSi₂) k vložce pomohlo zvýšit odolnost proti oxidaci. U některých provedení tedy může

55

podpěrná zóna 19 dále zahrnovat mezi 1 a 4 objemovými % MoSi_2 , zejména tam, kde je obsah SiC relativně nízký. Kvůli požadovanému účinku, který má MoSi_2 na odolnost podpěrné zóny 19 vůči oxidaci, byla vyslovena hypotéza, že u některých provedení obsahujících mezi 1 až 4 objemovými % MoSi_2 , bude potřeba alespoň 10 objemových % SiC pro vytvoření požadované odolnosti proti oxidaci. U některých výhodných provedení zahrnuje tedy vložka mezi 10 a 25 objemovými % SiC, výhodněji mezi 10 a 20 objemovými %, a mezi 1 a 4 objemovými % MoSi_2 . Bylo také zjištěno, že přídavek MoSi_2 mění barvu vložky. Pokud se tedy požaduje rozlišující barva, je výhodné, nepoužívat pro to, aby se to udělalo, MoSi_2 .

Navíc bylo dále zjištěno, že použití dvojkřemičitanu molybdenu vytváří odlišný typ oxidové vrstvy. Zejména oxid vytvořený v podpěrných zónách obsahujících MoSi_2 obsahuje také mullit, ale je menší a více souvislý než oxidová vrstva vytvořená z podpěrných zón 19 $\text{AlN-SiC-Al}_2\text{O}_3$. Navíc se vrstva tvořená přídavkem MoSi_2 zdá být kvalitativně více podobná vrstvě tvořené běžnou Washburnovou horkou zónou.

Dále se má za to, že dvojkřemičitan wolframu může vykonávat tutéž funkci jako MoSi_2 . U některých provedení tedy podpěrná zóna 19 dále zahrnuje:

(c) mezi přibližně 1 a si 4 objemovými % kovového vodiče vybraného ze skupiny sestávající z dvojkřemičitanu molybdenu a dvojkřemičitanu wolframu a jejich směsí.

Dále se má za to, že některé z podpěrných zón 19 podle stávajícího vynálezu mohou tvořit nové kompozice. V souladu se stávajícím vynálezem se tedy také poskytuje zhuštěný polykrystalický keramický materiál, který zahrnuje a s výhodou sestává z:

a) mezi 50 a 80 objemovými % nitridu hliníku.

b) mezi 25 a 35 objemovými % SiC a

c) mezi 8 a 15 objemovými % oxidu hlinitého. V souladu se stávajícím vynálezem se také dále poskytuje zhuštěný polykrystalický keramický materiál zahrnující a s výhodou sestávající z:

a) mezi 50 a 80 objemovými % nitridu hliníku.

b) mezi 10 a 25 objemovými % SiC.

c) mezi 8 a 15 objemovými % oxidu hlinitého a

d) mezi 1 a 4 objemovými % dvojkřemičitanu molybdenu.

Vodivá keramická zóna a horká zóna 11 s výhodou definují vlásenku, která má dvojici vodivých ramen 9, 13 a mezi těmito rameny 9, 13 je umístěná podpěrná zóna 19, aby definovala kontaktní délku, kde se podpěrná zóna 19 stýká (i) s vodivou zónou v podstatě podél ramen 9, 13 a (ii) s horkou zónou 11 v podstatě u vrcholu. Toto je konstrukce objevená v podstatě ve Willkensově patentu US 5 786 565, jehož popis je sem zcela zahrnutý odkazem, a obecně se na ni odkazuje jako na konstrukci MIM. Obecně tvoří styk mezi podpěrnou a studenou zónou u této konstrukce MIM alespoň 80 % kontaktní délky.

Dále se má za to, že používání vlásenkové konstrukce MIM zapalovací svíčky také napomáhá zlepšit problémy s oxidací a zkratováním. U běžných systémů vlásenky s vložkou sahá horká zóna přes značnou část oblasti každého ramena vlásenky a má také relativně vysoký měrný odpor v porovnání s vložkou umístěnou mezi oblastmi horké zóny. Protože relativní měrné odpory těchto zón nebyly příliš vysoké (asi 10 násobné), tekla nějaká elektrická energie nepochybně z jedné horké zóny přes izolátor do druhé horké zóny. Naproti tomu u konstrukce MIM sahá vodivá oblast v podstatě přes každé celé rameno. Protože je relativní měrný odpor těchto oblastí typicky mnohem vyšší, asi 1000 násobné, teče přes izolátor nepochybně mnohem méně elektrické energie.

Protože je navíc horká zóna konstrukce MIM situovaná v podstatě jen u vrcholu vlásenky, je vysokým teplotám vystavená pouze relativně malá část vložky, čímž se redukuje šance, že se stane náchylná na oxidaci.

5 Aniž by bylo žádoucí, aby to bylo spojováno s nějakou teorií, má se za to, že použití složení stávající vložky v systémech, které mají provozní napětí, které je nižší než 24 V systém užívaný Willkensovým patentem, přispívalo k podstatné absenci zkratování přes vložku na bázi AlN.

10 Nízký úbytek napětí napříč elementem zapalovací svíčky napomáhá zabránit zkratu přes izolátor díky relativním měrným odporům izolátoru a horké zóny 11.

Horká zóna 11 poskytuje funkční ohřátí pro zažehnutí plynu. U výhodných provedení se používají dílčí frakce nitridu hliníku, dvojkřemičitanu molybdenu a karbidu křemíku uveřejněné v patentu US 5 045 237, jehož přesný popis je zde zcela zahrnutý jako odkaz. Jak je naznačeno v 15 patentu Washburna, je systém AlN-SiC-MoSi₂ flexibilní systém, který může vytvářet zapalovací svíčky, které mají měrné odpory sahající asi od 0,001 přibližně do 100 ohm.cm. Tyto horké zóny 11 mají obecně v teplotním rozsahu od 1000 do 1500 °C měrný odpor mezi 0,04 ohm. cm a 100 ohm. cm a s výhodou mezi 0,2 ohm.cm a 100 ohm.cm. Typicky tato horká zóna 11 sestává z:

- (a) asi mezi 50 a asi 75 objemových % nitridu hliníku
- 20 (b) asi mezi 10 a asi 45 objemových % polovodivého materiálu vybraného ze skupiny sestávající z karbidu křemíku a karbidu bóru a jejich směsí a
- (c) asi mezi 8,5 a asi 14 objemových % kovového vodiče vybraného ze skupiny sestávající z dvojkřemičitanu molybdenu, dvojkřemičitanu wolframu, karbidu wolframu, nitridu titanu a jejich směsí.

25 U aplikací zahrnujících zapalovací svíčku MIM zveřejněnou ve Willkensově patentu zahrnuje horká zóna 11 nejlépe kolem 50 až 75 obj. % nitridu hliníku a kolem 8,5 až 14 obj. % MoSi₂ a 10 až 45 obj. % SiC a má příčný řez mezi 0,0015 a 0,0090 čtverečního palce, tj. asi 0,0096 až 0,0581 cm², a délku elektrické dráhy ne více než 0,5 cm. Výhodněji zahrnuje kolem 30 60 až 70 obj. % nitridu hliníku a asi 10 až 12 obj. % MoSi₂ a 20 až 25 obj. % SiC a má příčný průřez mezi 0,0030 a 0,0057 čtverečního palce, tj. asi 0,0193 až 0,0368 cm², a délku elektrické dráhy mezi 0,050 palce a 0,200 palce, tj. 0,127 a 0,508 cm. Nejvýhodněji pak zahrnuje kolem 64 obj. % AlN, 11 obj. % MoSi₂ a 25 obj. % SiC a má příčný průřez mezi 0,0045 a 0,0051 čtverečního palce, tj. asi mezi 0,029 a 0,033 cm² a délku elektrické dráhy mezi 0,075 palce a 0,125 35 palce, tj. asi 0,190 až 0,318 cm.

S výhodou jsou velikosti částic obou počátečních prášků a zrn ve zhuštěné horké zóně 11 podobné velikostem popsaným ve Washburnově patentu. U některých provedení je průměrná velikost zrna (d₅₀) složek horké zóny 11 ve zhuštěném tělese následující: a) elektricky izolační materiál (tj. AlN): mezi asi 2 a 10 mikrometry; b) polovodivý materiál (tj. SiC): asi mezi 1 a 10 mikro- 40 metry; c) a kovový vodič (tj. MoSi₂): asi mezi 1 a 10 mikrometry.

Vodivé konce resp. ramena 9 a 13 tvoří prostředky pro elektrické připojení k drátovým vodičům. S výhodou jsou také složené z AlN, SiC a MoSi₂, ale mají značně větší procentuální obsah vodi- 45 vých a polovodivých materiálů, tj. SiC a MoSi₂, než mají výhodné kompozice horké zóny 11. Podle toho typicky mají mnohem menší měrný odpor než horká zóna 11 a neohřívají se na teploty, jaké prodělává horká zóna 11. Tato vodivá keramická zóna s výhodou zahrnuje:

- (a) mezi asi 15 a asi 60 objemovými % nitridu hliníku,
- 50 (b) asi mezi 20 a asi 65 objemovými % polovodivého materiálu vybraného ze skupiny sestávající z karbidu křemíku a karbidu bóru a jejich směsí a
- (c) asi mezi 15 a asi 50 objemovými % kovového vodiče vybraného ze skupiny sestávající z dvojkřemičitanu molybdenu, dvojkřemičitanu wolframu, karbidu wolframu, nitridu titanu a jejich směsí.

Výhodněji zahrnuje vodivá keramická zóna kolem 20 objemových % nitridu hliníku, kolem 60 objemových % karbidu křemíku a asi 20 objemových % dvojkřemičitanu molybdenu. U výhodných provedení jsou rozměry vodivých ramen 9 a 13 0,05 cm (šířka) x 4,2 cm (hloubka) x 0,1 cm (tloušťka). U jiných provedení může být vodivý kov uložený na materiálu tepelné jímky i horké zóny 11, aby vytvořil vodivá ramena.

U některých provedení definují vodivá keramická zóna a horká zóna 11 vlásenku, která má dvojici ramen 9, 13, a podpěrná zóna 19 je umístěná mezi těmito rameny 9, 13, aby definovala kontaktní délku, kde se podpěrná zóna 19 stýká (i) s vodivou zónou v podstatě podél ramen 9, 13 a (ii) s horkou zónou 11 v podstatě u vrcholu. Styk mezi podpěrou a studenou zónou zahrnuje s výhodou alespoň 80 % styčné délky.

Délka elektrické dráhy horké zóny 11 představená na obrázku 1 jako EPL je menší než 0,5 cm. Vložený materiál je poskytnutý jako vložka, která spojovala horkou zónu 11 a v podstatě vyplňovala zbývající prostor mezi vodivými rameny 9, 13 táhnoucími se od horké zóny 11. Když jsou zdvojená vedení 50 a 51 připojena ke každému konci vodivých ramen 9 a 13 a je na ně přivedeno napětí, proud prochází z prvního vedení 50 na první vodivé rameno 9, přes horkou zónu 11, čímž způsobuje, že teplota horké zóny 11 roste, a pak přes druhé vodivé rameno 13, kde vystupuje přes druhé vedení 51.

U výhodných provedení jsou rozměry vložek 4,0 cm (hloubka) x 0,25 cm (šířka) x 0,1 cm (tloušťka).

Zpracování keramické složky, tj. podmínky zpracování a slinování surového tělesa, a příprava svíčky ze zhuštěného keramického materiálu se může udělat jakýmkoli běžným postupem. Typicky se takové postupy provádějí v podstatě podle Washburnova patentu. U výhodných provedení se surové vrstvené hmoty zhušťují horkým izostatickým lisováním ve skelném prostředí, jak je zveřejněno v patentu US 5 191 508 (Axelsonův patent). Zhuštění poskytuje keramické těleso, jehož horká zóna má hustotu alespoň 95 %, s výhodou alespoň kolem 99 % hustoty teoretické.

Zapalovací svíčky podle tohoto vynálezu mohou být používány u mnoha aplikací včetně aplikací zažehování plynné fáze paliva, jako jsou pece a varná zařízení, podlahová ohřívadla, boilers a kamnové nástavce. Obecně se zde poskytuje způsob použití keramické zapalovací svíčky s horkým povrchem, který zahrnuje kroky:

- a) opatření zapalovací svíčky podle tohoto vynálezu a
- b) dodání napětí mezi vodivé keramické konce zapalovací svíčky a tím vyvolání odporového ohřátí horké zóny 11 a vytvoření ochranné vrstvy mullitu na povrchu podpěrné zóny 19.

Příklad 1

Tento příklad prověřuje vhodnost různých směsí pro použití jako vložky podpěrné zóny 19.

Keramické směsi představené níže v Tabulce I byly vytvořené smícháním vybraných prášků ve vhodných poměrech a zhutněním této směsi na surové zkušební vzorky. Tyto vzorky pak byly izostatickým lisováním za horka zalité sklem zhuštěny na alespoň kolem 99 % teoretické hustoty a nakonec otryskané pískem.

Pro posuzování vhodností zde byla čtyři kritéria. První, elektrický měrný odpor byl měřen při 25 °C. Vložka, která má vysoký elektrický měrný odpor, je žádoucí aby zajistila, že elektrický proud procházející přes vlásenku neobtéká určenou trasu přes vodivé a odporové zóny. Když byl materiál tak odporový, že byl jeho měrný odpor alespoň 2 megaohmy při 25 °C, pak byl posuzován jako nejlepší. Pokud měl materiál menší měrný odpor ne více než 0,5 megaohmu při 25 °C,

byl posuzován jako špatný, protože jeho použití by pravděpodobně zvýšilo šanci spojení nakrátko.

5 Druhé kritérium, odolnost proti oxidaci, bylo měřeno testováním statické oxidace po 18 hodin při 1425 °C. Vložka, která měla film oxidu ne větší než 30 µm, byla posuzována jako nejlepší, zatímco vložka, která měla film oxidu alespoň 80 µm, byla posuzována jako špatná.

10 Třetí kritérium, koeficient tepelné roztažnosti, byl předběžně stanoven pro každý materiál výpočtem směšovacího pravidla. Materiál, který měl CTE mezi $5,3 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ a $5,5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$, byl posuzován jako dobrý, protože by pravděpodobně nepraskal při ochlazování ze zhušťování, když by se vyrovnával oproti typické „Washburnově“ vodivé zóně, která má CTE kolem $5,4 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$.

15 Čtvrté kritérium, vyrovnání barvy, bylo vyhodnoceno vizuální kontrolou, když se porovnávala s typickou Washburnovou odporovou zónou. U některých aplikací může být žádoucí porovnávat barvu vložky s barvou odporové zóny, zatímco u jiných může být žádoucí zajistit zřetelně kontrastní barvu.

Rozbor níže uvedené tabulky naznačuje počet výhodných rozsahů.

20 Zaprvé tabulka jasně ukazuje, že je potřebný značný přídavek oxidu hlinitého, aby se zajistilo správné vyrovnání CTE s vodivou zónou Washburnova typu. Porovnejte příklady 1-5 proti 6-10. Podle toho je výhodné, aby podpěrná zóna 19 zahrnovala mezi 2 a 20 objemovými % oxidu hlinitého, výhodněji mezi 8 a 15 objemovými % oxidu hlinitého.

25

Tabulka 1

AlN	Al ₂ O ₃	SiC	MoSi ₂	Měrný odpor	Oxidace	CTE (teor.)	Vyrovnávání barvy
80	5	15	0	nejlepší	slabá	dobry	ne
75	5	20	0	nejlepší	slabá	dobry	ne
70	5	25	0	nejlepší	akcept	dobry	ne
75	10	15	0	nejlepší	slabá	dobry	ne
70	10	20	0	nejlepší	dobrá	dobry	ne
80	0	20	0	nejlepší	slabá	špatny	ne
70	0	30	0	dobry	dobrá	špatny	ne
60	0	40	0	slabý	nejlepší	špatny	ne
78	0	20	2	dobry	nejlepší	špatny	ano
76	0	20	4	slabý	nejlepší	špatny	ano

30 Za druhé tabulka ukazuje, že přídavek dvojkřemičitanu molybdenu je dobrý nejen pro barvu, ale také pro dosažení nejlepší odolnosti proti oxidaci. Porovnej příklady 9-10 oproti 1-8. Je však také jasné, že přídavky více než 4 objemových % mohou nežádoucím způsobem zvýšit znak elektrické izolace vložky. U některých provedení je tedy výhodné, aby vložka měla mezi 1 a 4 objemovými % dvojkřemičitanu molybdenu.

35 S ohledem na SiC tabulka ukazuje kompromis mezi elektrickým měrným odporem a odolností proti oxidaci. Odolnost proti oxidaci vložky je obecně dobrá, když je zde alespoň 20 až 30 objemových % SiC (podněcuje schopnost SiC vytvářet mullit), avšak elektrický měrný odpor je obecně dobrý, když se použije méně než 40 % SiC. U většiny provedení je tedy žádoucí frakce SiC asi mezi 20 až 35 objemovými %, s výhodou mezi 25 a 35 objemovými, zejména když
40 vložka sestává v podstatě z těchto tří komponent.

Tabulka také ukazuje, že poskytnutí malého množství dvojkřemičitanu molybdenu má dramatický a užitečný účinek na odolnost vložky proti oxidaci a tím umožňuje, aby se úroveň SiC snížila na nižší úroveň a poskytlo se vložce žádoucí rozlišovací barva. U systémů obsahujících AlN-SiC-MoSi₂, kde není úroveň SiC vyšší než 25 %, s výhodou mezi 10 a 25 objemovými %, je tedy frakce MoSi₂ s výhodou mezi 1 a 3 objemovými %.

Příklad II

Tento příklad demonstruje mimořádnou odolnost svíčky podle tohoto vynálezu vůči oxidaci.

Surové vrstvené těleso bylo konstruováno v podstatě v souladu s návrhem představeným na obrázku 5 Willkensova patentu. Smíšený prášek zahrnující směs prášku horké zóny ze 70,8 obj. % AlN, 20 obj. % SiC a 9,2 obj. % MoSi₂ položený následně na elektricky izolující práškovou směs tepelné jímky z 60 obj. % AlN, 30 obj. % SiC a 10 obj. % Al₂O₃ byl slisovaný zatepla do formy špalíku, který byl pak rozřezán, aby se vytvořila surová destička 24 podle obrázku 5. Část horké zóny 11 surového tělesa slisovaného zahorka měla hustotu asi 65 % hustoty teoretické, zatímco část AlN měla hustotu kolem 65 % hustoty teoretické. Surové destičky reprezentující vodivé konce byly zhotovené lisováním práškových směsí obsahujících 20 obj. % AlN, 60 obj. % SiC a 20 obj. % MoSi₂ zatepla, aby se vytvořil špalík, který má hustotu kolem 63 % hustoty teoretické, z něhož se nařezaly destičky 21 a 32 podle obrázku 5. Tyto surové destičky byly navrstveny jako na obrázku 5 a pak byly ztuhněny izostatickým lisováním zahorka zalité sklem asi při 1800 °C asi po dobu 1 hodiny, aby vytvořily keramický blok, který měl druhou odporovou sekci vytvořenou in-situ. Tento blok se pak rozřezal na šířku, aby se vyrobila řada elementů horkého povrchu o rozměrech 1,5" x 0,150" x 0,030" (3,81 cm x 0,381 cm x 0,076 cm). Výsledná horká zóna 11 se skládala z první odporové sekce, která měla hloubku asi 0,125 cm, a druhé odporové sekce vytvořené in situ, která měla hloubku kolem 0,05 cm. Délka horké zóny (EPL) a tloušťka byly kolem 0,25 cm respektive 0,076 cm.

K vodivým částem elementu horkého povrchu byly připojeny vhodné vodiče a bylo aplikováno napětí kolem 30 V. Horká zóna 11 dosahovala teploty kolem 1300 °C během méně než dvou sekund.

Aby se vyzkoušela odolnost proti oxidaci této nové podpěrné zóny 19, byla zapalovací svíčka podrobena 20.000 cyklů 18 V energie, přičemž každý cyklus sestával z 30 sekund fáze „on“ (zapnuto) a 30 sekund fáze „off“ (vypnuto). Po této zkoušce byl povrch podpěrné zóny 19 analyzován na oxidaci měřením tloušťky oxidu. Bylo zjištěno, že tloušťka oxidu byla kolem 50 μm. To je asi 7 až 10 krát tenčí než tloušťka oxidu neměřená na podpěrné zóně zveřejněné ve Willkensově patentu.

Porovnávací příklad I

Byla připravena podpěrná zóna zahrnující kolem 9 objemových % nitridu křemíku, 10 objemových % oxidu hlinitého a 81 objemových % nitridu hliníku. Avšak destička zapalovací svíčky obsahující tuto zónu a sousední vodivá zóna během zhuštění praskají. Má se za to, že destička praská kvůli nevhodnému spojení CTE mezi podpěrnou zónou a sousední vodivou zónou. Protože nitrid křemíku má velmi nízký CTE (3,4 x 10⁻⁶/°C), bylo usuzováno, že jeho použití v podpěrné zóně snižuje celkový CTE podpěrné zóny na nežádoucí úroveň.

Porovnávací příklad II

Byla připravena podpěrná zóna zahrnující kolem 96 objemových % AlN a 4 objemová % oxidu hlinitého. Bylo však zjištěno, že tato zóna má nepřijatelnou odolnost proti oxidaci.

PATENTOVÉ NÁROKY

5

1. Keramická zapalovací svíčka, která zahrnuje dvojici vodivých keramických ramen (9, 13) a keramickou horkou zónu (11) umístěnou mezi vodivými keramickými rameny (9, 13) a podpěrnou zónu (19), na které je umístěná horká zóna (11), **vyznačující se tím**, že podpěrná zóna (19) zahrnuje (a) mezi 50 a 80 objemovými % nitridu hliníku a (b) mezi 2 a 40 objemovými % karbidu křemíku.

10

2. Keramická zapalovací svíčka podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že karbid křemíku tvoří mezi 10 a 40 objemovými % podpěrné zóny (19).

15

3. Keramická zapalovací svíčka podle nároku 2, **vyznačující se tím**, že karbid křemíku tvoří mezi 20 a 40 objemovými % podpěrné zóny (19).

4. Keramická zapalovací svíčka podle nároku 2, **vyznačující se tím**, že karbid křemíku tvoří 20 až 35 objemových % podpěrné zóny (19).

20

5. Keramická zapalovací svíčka podle nároku 2, **vyznačující se tím**, že podpěrná zóna (19) dále zahrnuje asi mezi 2 a 20 objemovými % keramické hmoty s vysokým CTE (koeficient tepelné roztažnosti), který má CTE alespoň $6 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$.

25

6. Keramická zapalovací svíčka podle nároku 5, **vyznačující se tím**, že keramická hmota s vysokým CTE je oxid hlinitý.

7. Keramická zapalovací svíčka podle nároku 6, **vyznačující se tím**, že oxid hlinitý tvoří 5 až 15 objemových % podpěrné zóny (19).

30

8. Keramická zapalovací svíčka podle nároku 6, **vyznačující se tím**, že oxid hlinitý tvoří 8 až 15 objemových % podpěrné zóny (19).

9. Keramická zapalovací svíčka podle nároku 6, **vyznačující se tím**, že vodivá keramická zóna a horká zóna (11) definují vlásenku, která má dvojici ramen (9, 13), a podpěrná zóna (19) je umístěná mezi těmito rameny (9, 13), takže definuje kontaktní délku, ve které se podpěrná zóna (19) stýká jednak s vodivou zónou v podstatě podél ramen (9, 13) a jednak s horkou zónou (11) v podstatě na vrcholu.

35

10. Keramická zapalovací svíčka podle nároku 9, **vyznačující se tím**, že spojení mezi podpěrou (19) a studenou zónou tvoří alespoň 80 % styčné délky.

40

11. Keramická zapalovací svíčka podle nároku 10, **vyznačující se tím**, že vodivá keramická zóna (9, 13) zahrnuje:

45

(a) mezi asi 15 a asi 60 objemovými % nitridu hliníku,

(b) asi mezi 20 a asi 65 objemovými % polovodivého materiálu vybraného ze skupiny sestávající z karbidu křemíku a karbidu bóru a jejich směsí a

(c) asi mezi 15 a asi 50 objemovými % kovového vodiče vybraného ze skupiny sestávající z dvojkřemičitanu molybdenu, dvojkřemičitanu wolframu, karbidu wolframu, nitridu titanu a jejich směsí.

50

12. Keramická zapalovací svíčka podle nároku 11, **vyznačující se tím**, že horká zóna (11) zahrnuje:

(a) mezi přibližně 50 a asi 75 objemovými % nitridu hliníku,

- (b) mezi přibližně 10 a asi 45 objemovými % polovodivého materiálu vybraného ze skupiny sestávající z karbidu křemíku a karbidu bóru a jejich směsí a
- (c) mezi přibližně 8,5 a asi 14 objemovými % kovového vodiče vybraného ze skupiny sestávající z dvojkřemičitanu molybdenu, dvojkřemičitanu wolframu, karbidu wolframu, nitridu titanu a jejich směsí.

13. Keramická zapalovací svíčka podle nároku 6, **vyznačující se tím**, že podpěrná zóna (19) dále zahrnuje mezi 1 a 4 objemovými % dvojkřemičitanu molybdenu.

14. Keramická zapalovací svíčka podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že horká zóna (11) zahrnuje:

- (a) mezi přibližně 50 a asi 75 objemovými % nitridu hliníku,
- (b) mezi přibližně 10 a asi 45 objemovými % polovodivého materiálu vybraného ze skupiny sestávající z karbidu křemíku a karbidu bóru a jejich směsí a
- (c) přibližně mezi 8,5 a asi 14 objemovými % kovového vodiče vybraného ze skupiny sestávající z dvojkřemičitanu molybdenu, dvojkřemičitanu wolframu, karbidu wolframu, nitridu titanu a jejich směsí.

15. Keramická zapalovací svíčka podle nároku 14, **vyznačující se tím**, že horká zóna (11) zahrnuje:

- (a) mezi asi 50 a asi 75 objemovými % nitridu hliníku,
- (b) mezi přibližně 10 a asi 45 objemovými % karbidu křemíku a
- (c) mezi přibližně 8,5 a asi 14 objemovými % dvojkřemičitanu molybdenu.

16. Keramická zapalovací svíčka podle nároku 15, **vyznačující se tím**, že podpěrná zóna (19) zahrnuje mezi 10 a 40 objemovými % SiC.

17. Keramická zapalovací svíčka podle nároku 16, **vyznačující se tím**, že podpěrná zóna (19) dále obsahuje mezi asi 2 a asi 20 objemovými % keramického materiálu s vysokým CTE (koeficient tepelné roztažnosti), který má CTE alespoň $6 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$.

18. Keramická zapalovací svíčka podle nároku 17, **vyznačující se tím**, že keramický materiál s vysokým CTE je oxid hlinitý.

19. Keramická zapalovací svíčka podle nároku 18, **vyznačující se tím**, že oxid hlinitý tvoří mezi 8 a 15 objemovými % podpěrné zóny (19).

20. Keramická zapalovací svíčka podle nároku 2, **vyznačující se tím**, že podpěrná zóna (19) dále zahrnuje:

- (c) mezi přibližně 1 a asi 4 objemovými % kovového vodiče vybraného ze skupiny sestávající z dvojkřemičitanu molybdenu a dvojkřemičitanu wolframu a jejich směsí.

21. Keramická zapalovací svíčka podle nároku 20, **vyznačující se tím**, že kovový vodič podpěrné zóny (19) je dvojkřemičitan molybdenu v množství mezi 1 a 4 objemovými % podpěrné zóny.

22. Keramická zapalovací svíčka podle nároku 21, **vyznačující se tím**, že keramický materiál obsahující křemík zahrnuje karbid křemíku a tento karbid křemíku je přítomný v množství mezi 10 a 25 objemovými % podpěrné zóny (19).

23. Keramická zapalovací svíčka podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že vodivá keramická zóna ramen (9, 13) zahrnuje:

- (a) mezi přibližně 15 a asi 60 objemovými % nitridu hliníku,
 (b) mezi přibližně 20 a asi 65 objemovými % polovodivého materiálu vybraného ze skupiny sestávající z karbidu křemíku a karbidu bóru a jejich směsí a
 (c) mezi přibližně 15 a asi 50 objemovými % kovového vodiče vybraného ze skupiny sestávající z dvojkřemičitanu molybdenu, dvojkřemičitanu wolframu, karbidu wolframu, nitridu titanu a jejich směsí.

24. Keramická zapalovací svíčka podle nároku 23, **vyznačující se tím**, že zóna vodivého keramického materiálu ramen (9, 13) zahrnuje:

- (a) kolem 20 objemových % nitridu hliníku,
 (b) kolem 60 objemových % karbidu křemíku a
 (c) kolem 20 objemových % dvojkřemičitanu molybdenu.

25. Způsob použití keramické zapalovací svíčky s horkým povrchem podle nároků 1 až 24, která má dvojici vodivých keramických ramen (9, 13), keramickou horkou zónu (11) umístěnou mezi těmito vodivými keramickými rameny (9, 13) a podpěrnou zónu (19), na které je umístěná horká zóna (11), přičemž podpěrná zóna (19) má mezi 50 a 80 objemovými % nitridu hliníku a mezi 2 a 40 objemovými % karbidu křemíku, **vyznačující se tím**, že se mezi vodivá keramická ramena (9, 13) zapalovací svíčky přivede napětí, čímž se vyvolá odporové ohřátí horké zóny (11), při kterém se na povrchu podpěrné zóny (19) vytváří ochranná vrstva mullitu.

26. Zahuštěný polykrystalický keramický materiál pro podpěrnou zónu keramické zapalovací svíčky podle nároků 1 až 24, **vyznačující se tím**, že zahrnuje mezi 50 a 80 objemovými % nitridu hliníku, mezi 10 a 35 objemovými % SiC a mezi 8 a 15 objemovými % oxidu hlinitého.

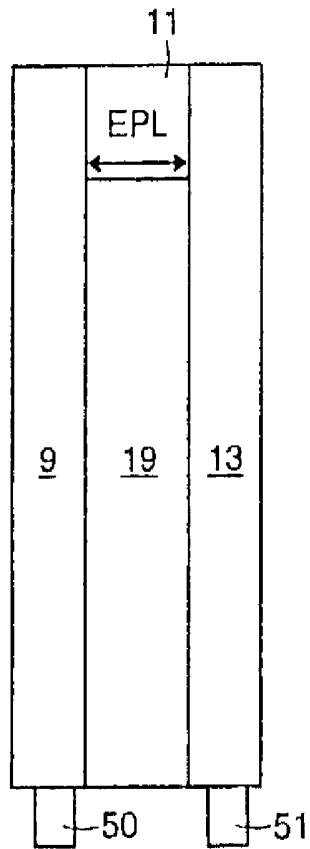
27. Keramický materiál podle nároku 26, **vyznačující se tím**, že sestává z:

- a) mezi 50 a 80 objemovými % nitridu hliníku,
 b) mezi 12 a 35 objemovými % SiC a
 c) mezi 8 a 15 objemovými % oxidu hlinitého.

28. Zahuštěný polykrystalický keramický materiál pro podpěrnou zónu keramické zapalovací svíčky podle nároků 1 až 24, **vyznačující se tím**, že zahrnuje mezi 50 a 80 objemovými % nitridu hliníku, mezi 10 a 25 objemovými % SiC, mezi 8 a 15 objemovými % oxidu hlinitého a mezi 1 a 4 objemovými % dvojkřemičitanu molybdenu.

40

I výkres



Obr . 1

Konec dokumentu