



República Federativa do Brasil  
Ministério do Desenvolvimento, Indústria  
e do Comércio Exterior  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

(21) PI0709786-7 A2



(51) Int.CI.:  
H05B 3/10 2006.01

(22) Data de Depósito: 09/05/2007  
(43) Data da Publicação: 26/07/2011  
(RPI 2116)

(54) Título: ELEMENTOS DE AQUECIMENTO CERÂMICOS

(30) Prioridade Unionista: 09/05/2006 US 60/799,218

(73) Titular(es): Saint-Gobain Ceramics & Plastics, INC

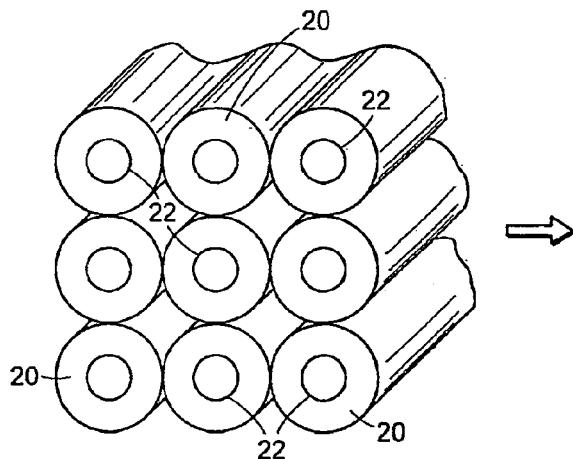
(72) Inventor(es): Craig A. Willkens

(74) Procurador(es): Dannemann, Siemsen, Bigler & Ipanema Moreira

(86) Pedido Internacional: PCT US2007011296 de 09/05/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2007/133629de 22/11/2007

(57) Resumo: ELEMENTOS DE AQUECIMENTO CERÂMICOS Em um aspecto, elementos de aquecimento resistivos cerâmicos são proporcionados, que compreendem três ou mais zonas condutoras eletricamente segregadas. Em outro aspecto, elementos de aquecimento cerâmicos são proporcionados, que compreendem uma pluralidade de zonas condutoras, em que apenas em uma parte há passagem de corrente, durante uso do elemento de aquecimento. Em um outro aspecto, os elementos de aquecimento da invenção podem ser facilmente modificados, para operar em várias voltagens. As zonas condutoras múltiplas podem proporcionar tempos de vida operacional dos elementos de aquecimento mais longos.



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**ELEMENTOS DE AQUECIMENTO CERÂMICOS**".

O presente pedido de patente reivindica os benefícios do pedido de patente provisório U.S. 60/799.218, depositado em 9 de maio de 2006, 5 que é incorporado por referência na sua totalidade no presente relatório descritivo.

**ANTECEDENTES**

**1. CAMPO DA INVENÇÃO**

Em um aspecto, a invenção proporciona novos elementos de aquecimento cerâmicos resistivo, que compreendem múltiplas zonas condutoras, particularmente, três ou mais zonas ou vias condutoras. Em outro aspecto, os elementos de aquecimento cerâmicos são proporcionados, que compreendem uma pluralidade de zonas condutoras, em que apenas uma parte das zonas condutoras passa corrente, durante uso do elemento de aquecimento. Os elementos de aquecimento preferidos da invenção também podem ser facilmente modificados para operar em várias voltagens.

**2. ANTECEDENTES**

Os materiais cerâmicos têm gozado de um grande sucesso como inflamadores em, por exemplo, fornos de queima de gás, fogões e seca-20 dores de roupa. A produção de inflamadores cerâmicos inclui a construção de um circuito elétrico por um componente cerâmico, uma parte do qual é altamente resistiva e aumenta em temperatura, quando eletrificado por um fio de ligação. Consultar, por exemplo, as Patentes U.S. 6.028.292, 5.801.361, 5.405.237 e 5.191.508.

25 Os inflamadores típicos têm sido geralmente elementos em forma de pino de cabelo, com uma "zona quente" altamente resistiva na ponta do inflamador, com uma ou mais "zonas frias" condutoras proporcionadas na zona quente da extremidade do inflamador oposta. Um inflamador atualmente disponível, o Mini-Igniter®, disponível da Norton Igniter Products de Mil-30 ford, N. H., é projetado para aplicações de 12 a 120 volts e tem uma composição compreendendo nitreto de alumínio ("AIN"), dissilicíeto de molibdênio ("MoSi<sub>2</sub>"), e carboneto de silício ("SiC").

Várias propriedades de desempenho são necessárias de sistemas cerâmicos inflamadores, incluindo alta velocidade e um tempo curto para atingir a temperatura (isto é, o tempo para aquecer da temperatura ambiente à dispositivo de projeto para ignição) e uma robustez suficiente para 5 operar por longos períodos sem substituição. Muitos inflamadores convencionais, no entanto, não satisfazem consistentemente esses requisitos. Por exemplo, os inflamadores cerâmicos atuais também têm sofrido de falha elétrica durante uso.

10 Seria desejável, desse modo, buscar outros elementos de aquecimento.

### SUMÁRIO DA INVENÇÃO

Vão ser proporcionados elementos de aquecimento cerâmicos, que incluem novas configurações de regiões de diferentes resistividades. Os elementos de aquecimento preferidos da invenção são capazes de aumentar 15 os tempos operacionais e a robustez. Os elementos de aquecimento da invenção são úteis para várias aplicações, incluindo como elementos de inflamação para combustíveis secos e úmidos.

Mais particularmente, em um aspecto, outros elementos de aquecimento cerâmicos resistivos são proporcionados, que compreendem 20 três ou mais zonas condutoras. Os elementos de aquecimento preferidos da invenção vão ter um maior número de zonas condutoras. Nos sistemas preferidos, as vias condutoras múltiplas podem funcionar como uma pluralidade de fios condutores estendendo-se pelo elemento de aquecimento.

Em outro aspecto, os elementos de aquecimento cerâmicos são 25 proporcionados, que compreendem uma pluralidade de zonas condutoras, em que apenas uma parte das zonas condutoras passa corrente, durante uso do elemento de aquecimento.

Em mais um outro aspecto, elementos de aquecimento cerâmicos são proporcionados, que compreendem uma pluralidade de zonas condutoras, em que duas ou mais das vias condutoras têm diferentes coeficientes 30 de temperatura de resistência.

Em particular, uma ou mais das vias condutoras podem ter um

coeficiente de temperatura de resistência positivo (PTCR), e uma ou mais das vias condutoras podem ter um coeficiente de temperatura de resistência negativo (NTCR). Desse modo, por exemplo, as vias condutoras de diferentes coeficientes de temperatura de resistência podem ser misturadas em um 5 único elemento de aquecimento, para proporcionar o desempenho de aquecimento desejado.

Por conseguinte, por esses projetos, as propriedades de desempenho do elemento de aquecimento podem ser proporcionadas seletivamente, por exemplo, as vias condutoras PTCR podem permitir características de 10 tempo curto para a temperatura de ignição de um elemento de aquecimento, enquanto as vias condutoras NTCR podem permitir a operação do elemento de aquecimento por uma ampla faixa de voltagens, incluindo altas voltagens excedendo 100 ou 200 volts.

Os elementos de aquecimento da invenção podem apresentar 15 tempos operacionais otimizados, pois a pluralidade de vias ou zonas condutoras proporcionam redundância no elemento, isto é, se uma única via condutora do elemento falha, outras vias condutoras podem continuar a proporcionar um circuito completo pelo elemento de aquecimento.

Em particular, os atuais elementos de aquecimento cerâmicos 20 podem falhar, devido ao envelhecimento oxidante ou outra degradação de uma via condutora do elemento de aquecimento. Nos sistemas de uma ou mais das vias condutoras múltiplas, pode haver a compensação para qualquer zona condutora falha.

Desse modo, em certos projetos preferidos, fios elétricos (forne- 25 cendo energia a um elemento de aquecimento) podem ser deslocados, por exemplo, por torção de um alojamento de fio elétrico em comunicação com um elemento de aquecimento, para, desse modo, acoplar as vias condutoras alternativas, como pode ser necessário para funcionamento ótimo do elemento de aquecimento.

30 Em outro aspecto, elementos de aquecimento são proporcionados, que podem ser facilmente modulados para operar efetivamente em várias voltagens, incluindo, por exemplo, 6, 8, 10, 12, 24, 120, 220, 230 ou 240

volts.

Nesse aspecto, uma área selecionada da extremidade proximal do elemento de aquecimento pode ficar em comunicação com uma fonte de energia (por exemplo, fio elétrico). A área da extremidade proximal selecionada vai ocupar uma área correspondente de vias condutoras pelo elemento de aquecimento, e, desse modo, proporcionar a voltagem operacional desejada.

Os elementos de aquecimento podem ser fabricados por várias abordagens.

Por exemplo, em um processo preferido, materiais de diferentes resistividades podem ser formados em configurações desejadas, por exemplo, elementos em forma de bastão, e esses elementos moldados podem ser atados e compactados, tal como por um processo de extrusão, para proporcionar um elemento de aquecimento tendo uma pluralidade de vias condutoras. Isto é, três ou mais dos elementos condutores em forma de bastão podem ser segregados por atamento deles, com interposição de elementos isolantes em forma de bastão e elementos associados, depois reduzidos na dimensão de seção transversal, tal como por extrusão, para proporcionar um elemento de aquecimento integral. Um fio resistivo ou outro elemento resistivo (tal como uma zona cerâmica resistiva) pode ser atado com os elementos condutores e isolantes, em comunicação elétrica com as zonas condutoras.

Um projeto de elemento de aquecimento coaxial também pode ser preferido para pelo menos algumas aplicações, por exemplo, nas quais o elemento contém uma região interna, que compreende uma pluralidade de vias condutoras, que transmitem energia para uma zona resistiva (de ignição) distal, na qual a corrente escoa para uma região de elemento externo, que compreende vias condutoras.

Um processo de fabricação preferido pode incluir uma seqüência de microrréplica. Fotolitografia também pode ser empregada para construir seqüencialmente a estrutura cerâmica de vias condutoras múltiplas.

Em um aspecto, os elementos de aquecimento preferidos da invenção têm uma forma de seção transversal redonda ao longo de pelo

menos uma parte do comprimento do elemento de aquecimento (por exemplo, o comprimento que se estende de onde um fio elétrico é fixado no elemento de aquecimento a uma zona resistiva quente). Mais particularmente, os elementos de aquecimento preferidos podem ter uma forma de seção transversal substancialmente oval, circular ou outra redonda, por pelo menos uma parte do comprimento do elemento de aquecimento, por exemplo, pelo menos cerca de 10 por cento, 40 por cento, 60 por cento, 80 por cento, 90 por cento do comprimento do elemento de aquecimento, ou por todo o elemento de aquecimento. Uma forma de seção transversal substancialmente circular, que proporciona um elemento de aquecimento em forma de bastão, é particularmente preferida.

A invenção também proporciona elementos de aquecimento, que têm formas de seção transversal não redondas ou não circulares, por pelo menos uma parte do comprimento do elemento de aquecimento.

Os elementos de aquecimento da invenção também podem incluir funções adicionais, tal como um circuito de termopar, que pode operar como um sensor de chama ou um retificador de chama.

O aquecimento cerâmico da invenção pode ser empregado em uma ampla faixa de voltagens nominais, incluindo as voltagens nominais de 6, 8, 10, 12, 24, 120, 220, 230 e 240 volts.

Os elementos de aquecimento da invenção são úteis para ignição em vários dispositivos e elementos de aquecimento. Mais particularmente, sistemas de aquecimento são proporcionados, que compreendem um elemento de aquecimento cerâmico sinterizado, como descrito no presente relatório descritivo. Os sistemas de aquecimento específicos incluem unidades de cozimento a gás, unidades de aquecimento para prédios comerciais e residenciais. Os elementos de aquecimento da invenção também podem ser úteis como velas de incandescência, por exemplo, para uso em um motor de combustão.

Como referido no presente relatório descritivo, o termo coeficiente de temperatura de resistência positivo (ou "PTCR") indica que o material em questão (por exemplo, via condutora de um elemento de aquecimento)

tem uma menor resistência a temperaturas elevadas, por exemplo, quando a 25°C, a resistência do material em questão (de novo, por exemplo, a via condutora de um elemento de aquecimento) é adequadamente inferior a cerca de 0,2 vezes a resistência do material em questão (via condutora) na 5 temperatura operacional do dispositivo, particularmente, a temperatura de ignição do elemento de aquecimento, que pode ser, por exemplo, 700°C, 800°C, 900°C, 1.000°C, 1.100°C, 1.200°C ou 1.300°C, ou mais, dependendo do projeto e da aplicação particulares do elemento de aquecimento.

Como aqui referido, o termo coeficiente de temperatura de resistência negativo (ou "NTCR") indica que o material em questão (por exemplo, uma via condutora de um elemento de aquecimento) tem uma menor resistência às temperaturas elevadas, por exemplo, quando a postura do material em questão (de novo, por exemplo, a via condutora de um elemento de aquecimento) a 25°C é adequadamente pelo menos 2 vezes, de preferência, 10 pelo menos cerca de 5 vezes a resistência do material em questão (via condutora) na temperatura operacional do dispositivo, particularmente, a temperatura de ignição do elemento de aquecimento, que pode ser, por exemplo, 700°C, 800°C, 900°C, 1.000°C, 1.100°C, 1.200°C ou 1.300°C, ou mais, dependendo do projeto e da aplicação particulares do elemento de aquecimento- 15 20

Outros aspectos da invenção são descritos abaixo.

#### BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A figura 1 mostra um sistema de elemento de aquecimento preferido da invenção em uma vista em espectro.

25 A figura 2 mostra outro elemento de aquecimento preferido da invenção em vista em espectro.

As figuras 3A e 3B ilustram estágios de processamento para proporcionar um elemento de aquecimento preferido da invenção.

30 A figura 4 mostra um outro elemento de aquecimento preferido da invenção em uma vista em corte.

A figura 5 mostra um outro elemento de aquecimento preferido da invenção tendo uma configuração coaxial.

## DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

Como discutido acima, sistemas de elementos de aquecimento cerâmicos são proporcionados, que incluem uma pluralidade de regiões condutoras, particularmente, três ou mais zonas condutoras. Os elementos de aquecimento da invenção são particularmente úteis como elementos de ignição (inflamadores) resistivos para combustíveis secos e úmidos.

Em outro aspecto, elementos de aquecimento cerâmicos são proporcionados, que compreendem uma pluralidade de zonas condutoras, em que apenas uma parte das zonas condutoras passa corrente, durante uso do elemento de aquecimento.

Em mais outros aspectos, os elementos de aquecimento cerâmicos, que compreendem uma pluralidade de zonas condutoras, em que duas ou mais das vias condutoras têm diferentes coeficientes de temperatura de resistência. Em particular, uma ou mais das vias condutoras podem ter um coeficiente de temperatura de resistência positivo (PTCR) e uma ou mais das vias condutoras podem ter um coeficiente de temperatura de resistência negativo (NTCR).

Em geral, as zonas condutoras de elementos de aquecimento da invenção vão apresentar uma menor resistência em uma direção desejada e, desse modo, proporcionar uma via condutora por um elemento de aquecimento.

Nos projetos preferidos, as vias condutoras múltiplas podem ser de pequena dimensão de seção transversal e podem ser vistas como fios cerâmicos estendendo-se por um elemento de aquecimento, tal como pelo comprimento do elemento de aquecimento, para proporcionar múltiplas vias condutoras. Em uso, corrente pode escoar pelos múltiplos fios cerâmicos para uma zona resistiva do elemento de aquecimento, que pode atingir as temperaturas de ignição do combustível.

Como também discutido acima, em um outro aspecto, elementos de aquecimento são proporcionados tendo uma pluralidade de zonas condutoras ou fios cerâmicos, e uma área selecionada da extremidade proximal do elemento de aquecimento pode estar em comunicação com uma fonte de

energia, tais como um ou mais cabos elétricos. A área da extremidade proximal selecionada vai acoplar uma área correspondente de vias condutoras pelo elemento de aquecimento e, desse modo, proporcionar a voltagem operacional desejada.

5 Desse modo, nesse aspecto, um único elemento de aquecimento produzido pode ser operado efetivamente em uma ampla gama de voltagens distintas simplesmente por uso de cabos elétricos distintos.

A invenção inclui, desse modo, processos para proporcionar energia (por exemplo, corrente) a um elemento de aquecimento, que incluem:

10 proporcionar um elemento de aquecimento cerâmico resistivo, compreendendo pelo menos três zonas condutoras segregadas eletricamente; e acoplar uma ou mais conexões elétricas com relação ao elemento de aquecimento, para proporcionar energia para uma ou mais zonas condutoras selecionadas. A uma ou mais conexões elétricas podem acoplar um número selecionado de zonas condutoras, nas quais o inflamador opera a uma voltagem especificada. Como discutido acima, uma ou mais conexões elétricas também podem ser deslocadas durante um tempo operacional do elemento de aquecimento, para proporcionar energia a uma ou mais zonas condutoras alternativas, isto é, proporcionar energia a uma ou mais zonas condutoras,

15 que não passam corrente antes do deslocamento da uma ou mais conexões elétricas.

20

Com referência agora aos desenhos, a figura 1 mostra um elemento de aquecimento 10 preferido em uma vista em espetro parcial, na qual várias regiões condutoras ou fios cerâmicos condutores 12 são segregados eletricamente por regiões isolantes 14 interpostas. O elemento de aquecimento 10 inclui ainda um elemento chapéu condutor 16, que propicia um circuito completo pelo elemento de aquecimento, bem como pela região resistiva 18, que pode ser adequadamente um fio resistivo embutido dentro das partes distais do elemento de aquecimento e em conexão elétrica com as regiões condutoras 12, como mostrado genericamente na figura 2. Em vez de com um fio resistivo implantado, a região resistiva 18 pode ser proporcionada por outras abordagens, incluindo uma região cerâmica resistiva.

Deve-se também considerar que o elemento chapéu 16 pode proporcionar aquecimento resistivo, particularmente, se for desejado que o elemento de aquecimento tenha aquecimento de ponta, isto é, aquecimento à temperatura de ignição do combustível (por exemplo, 800 a 1.400°C), localizado em 5 torno de uma parte de extremidade do elemento.

A via elétrica do elemento de aquecimento pode ser também vista com clareza na figura 2, na qual a energia elétrica entra no sistema de elemento de aquecimento 10 pela extremidade proximal do elemento de aquecimento 10a. As extremidades proximais 12a das regiões condutoras 12 10 podem ser fixadas tal como por brasagem em um cabo elétrico (não mostrado), que fornece energia ao elemento de aquecimento, durante uso.

A voltagem ou resistência operacional do elemento de aquecimento 10 pode ser estabelecida como desejado por seleção da área da seção transversal (ilustrada como 12b na figura 2) das regiões condutoras 12. 15 Desse modo, quanto maior a área da seção transversal condutora 12b de um elemento de aquecimento, maior a voltagem ou resistência operacional que o elemento de aquecimento pode apresentar.

A extremidade proximal do elemento de aquecimento 10a pode ser montada adequadamente dentro de vários encaixes, tal como quando 20 um material vedante ceramoplástico encaixa a extremidade proximal do elemento condutor 12a, como descrito na Patente U.S. 6933471.

Como discutido acima, em certos projetos preferidos, os cabos elétricos que fornecem energia a um dispensador podem ser deslocados, por exemplo, por torção do alojamento de cabos em comunicação com um 25 elemento de aquecimento, para, desse modo, acoplarem as vias condutoras alternativas, como pode ser necessário para o funcionamento ótimo do elemento de aquecimento. Por exemplo, se uma ou mais vias condutoras falham, o alojamento de cabos pode ser deslocado, para, desse modo, acoplar e fornecer corrente por vias condutoras operacionais, alternativas do elemento de aquecimento. 30

Em uma certo sistema de elemento de aquecimento preferido da invenção, o elemento de aquecimento formado pode ser configurado para

que tenha um diâmetro (dimensão a na figura 2) de 0,254 cm; uma área da seção transversal (área na mesma dimensão) de 0,506 cm<sup>2</sup>; e um comprimento (dimensão b na figura 2) de 3 cm. As várias regiões condutoras ou fios cerâmicos condutores podem ter uma dimensão de seção transversal de 5 cerca de 10 µm cada (dimensão 12b na figura 2).

Nos projetos preferidos, o elemento de aquecimento pode ter mais de 1.000, 2.000 ou 3.000 regiões condutoras ou fios cerâmicos condutores. Em um projeto preferido exemplificativo, o elemento de aquecimento contém 3.225 fios cerâmicos condutores (que constituem cerca de 5 por cento da área da seção transversal do elemento de aquecimento) e em que 161 dessas 3.225 regiões passam corrente, durante uso do elemento de aquecimento. Em um projeto, esse elemento de aquecimento pode ter uma resistência total de 47,38 ohms, em que uma única via condutora tem um diâmetro de 10 mícrons e uma resistividade de 0,001 ohm-cm. Em outro sistema, 15 esse elemento de aquecimento pode ter uma resistência total de 142,16 ohms, em que uma única via condutora tem um diâmetro de 10 mícrons e uma resistividade de 0,003 ohm-cm. Nesses projetos exemplificativos, o elemento de aquecimento pode ter um comprimento de 3 cm e um diâmetro de 0,254 cm.

20 Nos elementos de aquecimento da invenção, que compreendem uma mistura de zonas condutoras de diferentes coeficientes de temperatura de resistência, as zonas condutoras PTCR e as zonas condutoras NTCR, disponíveis para passar corrente, vão estar presentes em quantidades suficientes para proporcionar um efeito desejado, por exemplo, um número suficiente de vias condutoras PTCR, para proporcionar um valor de temperatura em tempo curto, tal com menos de 5, 4, 3 ou 2 segundos, e/ou um número suficiente de vias condutoras NTCR, para propiciar uma operação segura a altas voltagens, tais como as voltagens excedendo 100 ou 200 volts. Nesses elementos de aquecimento, que compreendem uma mistura de vias condutoras PTCR e NTCR, adequadamente, pelo menos 5 ou 10 por cento das vias condutoras totais, disponíveis para passar corrente, vão ser PTCR ou NTCR, mais tipicamente pelo menos cerca de 15, 20 ou 25 por cento das

vias condutoras totais, disponíveis para passar corrente, vão ser PTCR ou NTCR.

Como referido no presente relatório descritivo, o termo "tempo para temperatura" ou termo similar se refere ao tempo para que uma zona 5 quente de elemento de aquecimento aumente da temperatura ambiente (aproximadamente, 25°C) a uma temperatura de ignição de combustível (por exemplo, gás) de cerca de 1.000°C. Um valor de tempo para temperatura para um elemento de aquecimento particular é determinado adequadamente por uso de um pirômetro infravermelho de duas cores.

10 Deve-se considerar que uma ampla gama de configurações pode ser adequada. Por exemplo, os fios cerâmicos condutores podem ter uma dimensão de seção transversal de cerca de 0,1 µm a cerca de 1.000 µm cada, particularmente, de cerca de 1 µm a cerca de 500 µm cada, especialmente, de cerca de 1 µm a cerca de 5, 10, 20, 50 ou 100 µm cada. Para muitas aplicações, pode ser preferido que um fio cerâmico tenha uma dimensão 15 de seção transversal de pelo menos cerca de 5 µm ou 10 µm.

Os fios cerâmicos também podem ocupar várias áreas de seção transversal de um elemento de aquecimento. Por exemplo, a pluralidade de fios cerâmicos, disponíveis para passar corrente, pode ocupar, adequadamente, de cerca de 0,001 por cento a cerca de 20 por cento da área da seção transversal do elemento de aquecimento, mais tipicamente, de cerca de 20 0,01, 0,1 ou 0,5 por cento a cerca de 15 por cento da área da seção transversal total do elemento de aquecimento, ainda mais tipicamente, de cerca de 1 a 5, 10 ou 15 por cento da área da seção transversal total do elemento de aquecimento. Para muitas aplicações, pode-se preferir que pelo menos cerca de 0,1 ou 1 por cento da área da seção transversal total do elemento de aquecimento seja compreendido de uma pluralidade de fios cerâmicos condutores.

Como discutido, um elemento de aquecimento pode, nos projetos 30 preferidos, ter, adequadamente, um número variável de distintos fios cerâmicos ou vias condutores (segregados eletricamente). Em um aspecto, um elemento de aquecimento tem três ou mais fios cerâmicos ou vias conduto-

- res (segregados eletricamente) distintos. Em certos aspectos preferidos, um elemento de aquecimento pode ter um número relativamente alto de fios cerâmicos ou vias condutores distintos, por exemplo, pelo menos 50, 100, 200, 300, 400, 500, 700, 1.000, 2.000, 3.000, 4.000 ou mesmo 5.000 ou mais fios
- 5 cerâmicos ou vias condutores distintos. Para certas concretizações preferidas, um elemento de aquecimento cerâmico vai compreender pelo menos 4, 5, 10, 20, 30 ou 40 fios cerâmicos ou vias condutores distintos. Como discutido acima, em uso de um elemento de aquecimento, apenas uma parte do número total de fios cerâmicos ou vias condutores distintos pode passar corrente, por exemplo, até cerca de 1, 2, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 ou 90 por cento de um total de fios cerâmicos ou vias condutores distintos disponíveis de um elemento de aquecimento podem, adequadamente, passar corrente, durante uso do elemento de aquecimento, em que o restante dos fios cerâmicos ou vias condutores disponíveis não passa corrente, durante uso.
- 10 Em geral, os elementos de aquecimento com um maior número de fios cerâmicos ou vias condutores disponíveis podem utilizar um menor percentual de vias durante uso do elemento de aquecimento.
- 15

Como discutido acima e exemplificado nas figura 1 e 2, de preferência, pelo menos uma parte substancial do comprimento do elemento de aquecimento tem uma forma de seção transversal redonda, ao longo de pelo menos uma parte do comprimento do elemento de aquecimento, tal como o comprimento mostrado na figura 2. As figuras 1 e 2 ilustram uma configuração particularmente preferida, na qual o elemento de aquecimento 10 tem uma forma de seção transversal substancialmente circular, por todo o comprimento do elemento de aquecimento, para proporcionar um elemento de aquecimento em forma de bastão. No entanto, como discutido acima, os sistemas preferidos também incluem aqueles nos quais apenas uma parte do elemento de aquecimento tem uma forma de seção transversal redonda, tal como quando até cerca de 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 ou 90 por cento do comprimento do elemento de aquecimento (como exemplificado pelo comprimento do elemento de aquecimento a na figura 2) têm uma forma de seção transversal redonda; nesses projetos, o restante do comprimento do e-

lemento de aquecimento pode ter um perfil com bordas externas. Por exemplo, os projetos de elementos de aquecimento adequados podem compreender aletas ou configurações de resfriamento, para otimizar a ignição.

- As figuras 3A e 3B ilustram os estágios de processamento para
- 5 proporcionar um elemento de aquecimento preferido da invenção. Desse modo, na figura 3A, elementos ou fios condutores cerâmicos em forma de bastão 20 são atados conjuntamente com elementos em bastão isolantes 22 interpostos. Os elementos 20 e 22, como ilustrados geralmente na figura 3A, podem ser atados e compactados tal como por um processo de extrusão,
- 10 para proporcionar um elemento de aquecimento tendo uma pluralidade de vias condutoras, como mostrado na figura 3B. Um fio resistivo ou outro elemento resistivo (tal como uma zona cerâmica resistiva) pode ser atado com os elementos condutores e isolante em comunicação elétrica com as zonas condutoras.
- 15 A extrusão dos elementos de aquecimento pode ser conduzida adequadamente por formação de uma formulação fluida de uma composição cerâmica e avanço da formulação cerâmica por um elemento matriz, que proporciona o elemento de aquecimento de configuração desejada.

Por exemplo, uma composição em forma de lama ou de pasta

20 de pós cerâmicos pode ser preparada, tal como uma pasta proporcionada por mistura de um ou mais pós cerâmicos com uma solução aquosa, ou uma solução aquosa que contém um ou mais solventes orgânicos miscíveis, tais como álcoois e semelhantes. Uma composição de lama cerâmica preferida para extrusão pode ser preparada por mistura de um ou mais pós cerâmicos,

25 tais como  $\text{MoSi}_2$ ,  $\text{SiC}$ , nitreto de silício,  $\text{SiAlON}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e/ou  $\text{AlN}$  em uma composição fluida de água, opcionalmente em conjunto com um ou mais solventes orgânicos, tais como um ou mais solventes orgânicos miscíveis aquosos, tal como solvente de éter de celulose, um álcool, e assemelhados.

A lama cerâmica também pode conter outros materiais, por exemplo, um ou

30 mais compostos plastificantes orgânicos, opcionalmente conjuntamente com um ou mais aglutinantes poliméricos.

Uma ampla gama de elementos indutores ou formadores de

formas pode ser empregada para a formação de um elemento de aquecimento, com o elemento formador de forma de uma configuração correspondente à forma desejada do elemento de aquecimento extrudado. Por exemplo, para formar um elemento de aquecimento em forma de bastão, uma 5 pasta de pó cerâmico pode ser extrudada por um elemento de matriz cilíndrico. Para formar um elemento de aquecimento de forma retangular ou como estaca, uma matriz retangular pode ser empregada.

Após extrusão, o elemento de aquecimento moldado pode ser adequadamente seco, por exemplo, a uma temperatura excedendo 50 ou 10 60°C, por um tempo suficiente, para remover qualquer veículo solvente (aquecido e/ou orgânico).

O exemplo apresentado a seguir descreve os processos de extrusão preferidos para a formação de um elemento de aquecimento.

Após essa formação do elemento de aquecimento, o elemento 15 pode ser ainda tratado, como desejado.

Desse modo, por exemplo, uma ou mais camadas cerâmicas podem ser aplicadas a um elemento formado, tal como por um revestimento por imersão, revestimento por aspersão e assemelhados de uma lama de composição cerâmica.

20 Como mostrado em um exemplo apresentado a seguir, uma camada condutora pode ser aplicada a pelo menos uma parte da superfície externa do elemento de aquecimento formado. Esse revestimento externo pode funcionar como um sensor de chama no elemento de aquecimento formado.

25 O elemento de aquecimento 10 pode ser depois ainda processado como desejado. Por exemplo, o elemento de aquecimento 10 pode ser perfurado ou de outro modo trabalhado à máquina, para modificar as propriedades elétricas do elemento de aquecimento. Por exemplo, uma região vazia interna, que serve como um isolante, pode ser perfurada dentro de um 30 corpo de elemento de aquecimento formado.

Adicionalmente, como discutido acima, um elemento de aquecimento pode incluir outras funções, tal como um circuito de termopar, que

pode operar como o sensor de chama ou retificador de chama.

O elemento de aquecimento 10 formado é ainda adensado, tal como sob condições que incluem temperatura e pressão. Em particular, a-  
pós formação, um elemento de aquecimento pode ser sinterizado em um  
5 tratamento térmico de etapa única ou de múltiplas etapas.

Em um protocolo de etapas múltiplas, um elemento de aqueci-  
mento formado por um processo de extrusão e/ou revestimento por imersão  
pode ser submetido a um primeiro tratamento térmico, para remover vários  
materiais veículos orgânicos e inorgânicos, por exemplo, aquecimento a uma  
10 temperatura acima de 1.000°C em uma atmosfera inerte, tal como argônio,  
para remover aglutinantes e semelhantes. Depois, o elemento de aqueci-  
mento pode ser sinterizado a uma temperatura excedendo 1.600°C por 0,5  
hora ou mais, sob pressão, tal como sob as condições de uma prensa isos-  
tática quente de vidro.

15 Após tal adensamento, os elementos de aquecimento podem ser  
limpos, se desejado, e depois cabos elétricos são fixados na extremidade  
proximal do elemento, para suprir energia a ele.

Outras abordagens podem ser empregadas para produzir ele-  
mentos de aquecimento da invenção.

20 Por exemplo, um elemento de aquecimento pode ser formado,  
que é compreendido de composição cerâmica isolante com múltiplos fios ou  
fibras condutores estendendo-se por ele. O elemento de aquecimento volu-  
moso pode ser então sinterizado.

Um corpo de elemento de aquecimento isolante pode ser tam-  
25 bém produzido tal como por um processo de extrusão, no qual um elemento  
corpo cerâmico compreende uma matriz de base orgânica ou inorgânica (por  
exemplo, favo de mel), que pode ser enchido com uma composição cerâmi-  
ca tendo uma resistividade que difere da resistividade do elemento corpo  
cerâmico em contato com ela. Por exemplo, uma matriz em favo de mel po-  
30 de ser enchida com uma composição condutora, para definir vias condutoras  
dentro do elemento de aquecimento, ou a matriz pode ser enchida com ma-  
terial resistivo, para definir uma zona resistiva dentro do elemento de aque-

cimento. Essa matriz pode ser também enchida seletivamente com composições condutoras de diferentes coeficientes de temperatura de resistência, para proporcionar uma pluralidade de vias ou zonas condutoras de diferentes coeficientes de temperatura de resistência, tais como uma ou mais zonas condutoras PTCR e uma ou mais zonas NTCR.

5 Fotolitografia também pode ser empregada para produzir elementos de aquecimento da invenção, por exemplo, quando um material fototorresistente é empregado para definir as vias condutoras que podem ser enchidas com composições cerâmicas, como desejado. As vias condutoras múltiplas de um elemento de aquecimento podem ser fabricadas adequadamente em um tipo de abordagem seqüencial acumulada, em que as camadas seqüenciais de vias condutoras com linhas isolantes interpostas, para proporcionar segregação elétrica, são fabricadas por uso de máscaras fotoresistentes formadas em imagens.

10 15 A figura 4 mostra um outro elemento de aquecimento 10 preferido em corte, em que a região 12 compreende uma pluralidade de vias segregadas eletricamente, que proporcionam energia à zona resistiva (de ignição) distal 14, e a região 16 compreende uma pluralidade de vias eletricamente segregadas para completar o circuito.

20 25 A figura 5 mostra em uma vista em corte esquemática um elemento de aquecimento 10 coaxial preferido, no qual a região interna 12 compreende uma pluralidade de vias eletricamente segregadas, que proporcionam energia à zona resistiva (de ignição) distal 14, e a região externa 16 compreende uma pluralidade de vias eletricamente segregadas para completar o circuito. A região interna 12 e a região externa 16 podem ser adequadamente separadas, tal como pela região isolante 18, que pode ser um espaço vazio ou compreender um material cerâmico isolante (dissipador térmico). Os cabos 22 podem proporcionar a transmissão de energia ao elemento 10.

30 As dimensões dos elementos de aquecimento da invenção podem variar bastante e podem ser selecionadas com base no uso intencionado do elemento de aquecimento. Por exemplo, o comprimento de um ele-

mento de aquecimento preferido (comprimento a na figura 2) pode ser adequadamente de cerca de 0,5 a cerca de 5 cm, particularmente, de cerca de 1 a cerca de 3 cm, e a largura da seção transversal do elemento de aquecimento pode ser adequadamente (comprimento b na figura 2) de cerca de 0,2 a cerca de 3 cm.

5 Nos sistemas preferidos, a zona quente ou resistiva de um elemento de aquecimento da invenção vai aquecer a uma temperatura máxima de menos de cerca de 1.450°C, na voltagem nominal; e uma temperatura máxima inferior a cerca de 1.550°C nas voltagens de linha da extremidade 10 alta, que são cerca de 110 por cento da voltagem nominal; e uma temperatura máxima inferior a cerca de 1.350°C, nas voltagens de linha de extremidade baixa, que são cerca de 85 por cento da voltagem nominal.

Uma variedade de composições pode ser empregada para formar um elemento de aquecimento da invenção. As composições cerâmicas 15 de diferentes resistividades podem ser empregadas, bem como sistemas híbridos, por exemplo, composições cerâmicas que compreendem, por exemplo, vias condutoras metálicas embutidas. As referências no presente relatório descritivo a elementos cerâmicos, fios ou vias condutores cerâmicos, e assemelhados são inclusivas de ambos esses sistemas, isto é, os 20 elementos que são compreendidos apenas de materiais cerâmicos, bem como de sistemas cerâmicos híbridos, tal como um elemento híbrido cerâmica/metal.

Em certas concretizações, se uma composição cerâmica é empregada para formar uma região de zona quente, de uma maneira geral, prefer-se que as composições da zona quente compreendam pelo menos três 25 componentes de: 1) material condutor; 2) material semicondutor; e 3) material isolante. As regiões condutora (fria) e isolante (dissipador térmico) podem ser compreendidas dos mesmos componentes, mas com os componentes presentes em diferentes proporções. Os materiais condutores típicos incluem, por exemplo, dissilicíeto de molibdênio, dissilicíeto de tungstênio, nitretos tal como nitreto de titânio, e carbonetos tal como carboneto de titânio. 30 Os semicondutores típicos incluem carbonetos, tais como carboneto de silício.

cio (dopado e não dopado) e carboneto de boro. Os materiais isolantes típicos incluem óxidos metálicos, tal como alumina ou um nitreto, tais como AlN e/ou  $\text{Si}_3\text{N}_4$ .

Como referido no presente relatório descritivo, o termo material eletricamente isolante indica um material tendo uma resistividade à temperatura ambiente de pelo menos cerca de  $10^{10}$  ohm-cm. O componente material eletricamente isolante de elementos de aquecimento da invenção pode ser compreendido apenas de um ou mais nitretos metálicos e/ou óxidos metálicos, ou, alternativamente, o componente isolante pode conter materiais além do ou dos óxidos metálicos ou do ou dos nitretos metálicos. Por exemplo, o componente material isolante pode conter, adicionalmente, um nitreto, tal como nitreto de alumínio (AlN), nitreto de silício, ou nitreto de borracha: um óxido de terra-rara (por exemplo, ítria), ou um oxinitreto de terra-rara.

Como referido no presente relatório descritivo, uma cerâmica semicondutora (ou um "semicondutor") é uma cerâmica tendo uma resistividade à temperatura ambiente entre cerca de 10 e  $10^8$  ohm-cm. Se o componente semicondutor estiver presente como mais de cerca de 45 v/o de uma composição de zona quente (quando a cerâmica condutora está na faixa de cerca de 6 - 10 v/o), a composição resultante fica muito condutora para aplicações de alta voltagem (devido à falta de isolante). Contrariamente, se o material semicondutor estiver presente como menos do que cerca de 10 v/o (quando a cerâmica condutora está na faixa de cerca de 6 - 10 v/o), a composição resultante fica muito resistiva (devido a isolante em demasia). De novo, nos níveis mais altos de condutor, misturas mais resistivas das frações de isolante e semicondutor são necessárias para atingimento da voltagem desejada. Tipicamente, o semicondutor é um carboneto do grupo consistindo em carboneto de silício (dopado e não dopado) e carboneto de boro.

Como referido no presente relatório descritivo, um material condutor é um que tem uma resistividade à temperatura ambiente inferior a cerca de  $10^{-2}$  ohm-cm. Se o componente condutor estiver presente em uma proporção superior a 35 v/o da composição da zona quente, a cerâmica resultante da composição da zona quente pode ficar muito condutora. Tipi-

mente, o condutor é selecionado do grupo consistindo em dissiliceto de molibdênio, dissiliceto de tungstênio, nitretos tal como nitreto de titânio, e carbonetos tal como carboneto de titânio. Dissiliceto de molibdênio é geralmente preferido.

5           Em geral, as composições da zona quente (resistiva) incluem: (a) entre cerca de 50 e cerca de 80 v/o de um material eletricamente isolante, tendo uma resistividade de pelo menos cerca de 1.010 ohm-cm; (b) entre cerca de 5 e cerca de 45 v/o de um material semicondutor tendo uma resistividade entre cerca de 10 e cerca de  $10^8$  ohm-cm; e (c) entre cerca de 5 e 10 cerca de 35 v/o de um condutor metálico tendo uma resistividade inferior a cerca de  $10^{-2}$  ohm-cm. De preferência, a zona quente compreende de 50 - 70 v/o de cerâmica eletricamente isolante, 10 - 45 v/o da cerâmica semicondutora e 6 - 16 v/o do material condutor.

15           As regiões da zona fria (condutoras) preferidas incluem aquelas que são compreendidas de, por exemplo, AlN e/ou  $Al_2O_3$  ou outro material isolante; SiC ou outro material semicondutor; e  $MoSi_2$  ou outro material condutor. No entanto, as regiões da zona fria vão ter um percentual significativamente mais alto dos materiais condutores e semicondutores (por exemplo, SiC e  $MoSi_2$ ) do que a zona quente.

20           Os elementos de aquecimento da presente invenção podem ser usados em muitas aplicações, incluindo aplicações de ignição de combustível em fase gasosa, tais como fornos e aparelhos de cozimento, aquecedores embutidos em rodapé, caldeiras e cúpulas de estufas. Em particular, um elemento de aquecimento da invenção pode ser usado como uma fonte de ignição para queimadores de gás de cúpulas de estufas, bem como fornos a gás.

25           Os elementos de aquecimento da invenção também são particularmente adequados para uso para ignição, em que combustíveis líquidos (úmidos) (por exemplo, querosene, gasolina) são evaporados e inflamados, por exemplo, em aquecedores de veículos (por exemplo, automóveis), que proporcionam aquecimento de antemão do veículo.

30           Os elementos de aquecimento da invenção são também empre-

gados adequadamente como velas de incandescência, por exemplo, como uma fonte de ignição em um veículo motorizado.

Os elementos de aquecimento da invenção vão ser úteis para aplicações específicas adicionais, incluindo um elemento de aquecimento de 5 um aquecedor infravermelho.

O exemplo não limitante apresentado a seguir é ilustrativo da invenção. Todos os documentos mencionados no presente relatório descritivo são incorporados nele por referência nas suas totalidades.

EXEMPLO 1: Fabricação de elemento de aquecimento.

10 Um elemento de aquecimento da invenção, da configuração geral apresentada na figura 2 dos desenhos, pode ser preparado como apresentado a seguir.

15 Pós de uma composição condutora (30% em volume de MoSi<sub>2</sub>, 20% em volume de SiC, restante Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) e uma composição isolante (20% em volume de SiC e 80% em volume de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) foram misturadas separadamente com cerca de 16% em peso de água e 5% em peso de metil celulose (Dow A4M), para formar duas pastas. As duas pastas são formadas em formas de bastão, com a pasta isolante formando cerca de 40 elementos de bastão, e a pasta resistiva formando cerca de 5 elementos, que são segregados pelos bastões isolantes. Eses bastões acondicionados são depois 20 extrudados e reduzidos por uma matriz de diâmetro de 0,78 cm (0,31 pol.) de diâmetro em uma extrusora de pistão Mohr, para proporcionar um elemento de aquecimento cilíndrico.

25 Após esse processo de réplica, os bastões condutores são reduzidos a um diâmetro de cerca de 0,127 cm (0,05 pol.), e dois dos bastões condutores podem formar um circuito com um chapéu condutor fixado na extremidade distal do elemento de aquecimento.

30 O elemento de aquecimento é depois revestido por imersão, para revestir pelo menos uma parte do comprimento do elemento de aquecimento externo com uma lama de composição condutora (30% em volume de MoSi<sub>2</sub>, 20% em volume de SiC, restante Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). A polpa contém adequadamente dispersantes e um fluido de base de baixa viscosidade contendo ál-

cool isopropílico, PEG 400 (emulsificante, produto de reação de ácido esteárico), SANTICIZER 160 (plastificante; butil benzila), BUTWAR B76 (Monsanto; poli (vinil butíral)), dispersante 111M (DARVAN). O revestimento externo pode funcionar como um sensor de chama no elemento de aquecimento

5 formado.

O elemento de aquecimento assim revestido é pré-sinterizado em atmosfera de argônio a 1.200°C, para queimar os aglutinantes, revestido com nitreto de boro e adensado a 1.750°C por 1 hora, sob uma prensa isostática quente de vidro. As partes adensadas são limpas por jatos de areia, e

10 os cabos elétricos são fixados na extremidade proximal do elemento, para fornecer energia a ele.

EXEMPLO 2: Elemento de aquecimento coaxial.

Um elemento de aquecimento correspondente à configuração da figura 5 dos desenhos é preparado pelos procedimentos gerais do Exemplo

15 1 acima.

A invenção foi descrita em detalhes com referência às suas concretizações particulares. No entanto, aqueles versados na técnica vão considerar que, considerando essa descrição, podem ser feitas modificações e aperfeiçoamentos dentro dos espírito e âmbito da invenção.

## REIVINDICAÇÕES

1. Elemento de aquecimento cerâmico resistivo compreendendo pelo menos três zonas condutoras eletricamente segregadas.
2. Elemento de aquecimento cerâmico resistivo compreendendo 5 uma pluralidade de zonas condutoras, em que apenas em uma parte das zonas condutoras há passagem de corrente, durante uso do elemento de aquecimento.
3. Elemento de aquecimento cerâmico resistivo compreendendo 10 uma pluralidade de zonas condutoras, em que duas ou mais das vias condutoras têm diferentes coeficientes de temperatura de resistência.
4. Elemento de aquecimento de acordo com a reivindicação 3, em que uma ou mais das zonas condutoras tem um PTCR e uma ou mais das zonas condutoras tem um NTCR.
5. Elemento de aquecimento de acordo com qualquer uma das 15 reivindicações de 1 a 3, em que o elemento de aquecimento compreende pelo menos dez zonas condutoras eletricamente segregadas.
6. Elemento de aquecimento de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 3, em que o elemento de aquecimento compreende 20 pelo menos cem zonas condutoras eletricamente segregadas.
7. Elemento de aquecimento de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 3, em que o elemento de aquecimento compreende pelo menos mil zonas condutoras eletricamente segregadas.
8. Elemento de aquecimento de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 3, em que o elemento de aquecimento compreende 25 uma ou mais zonas condutoras tendo uma dimensão de seção transversal de cerca de 500 mícrons ou menos.
9. Elemento de aquecimento de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 3, em que em até cerca de 70 por cento do número total há passagem de corrente, durante uso do elemento de aquecimento.
- 30 10. Elemento de aquecimento de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 3, em que uma ou mais zonas isolantes são interpostas entre as zonas condutoras.

11. Elemento de aquecimento de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 3, em que o elemento de aquecimento compreende um elemento chapéu condutor.
12. Elemento de aquecimento de acordo com qualquer uma das 5 reivindicações de 1 a 3, em que o elemento de aquecimento tem uma forma de seção transversal substancialmente circular.
13. Elemento de aquecimento de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 3, em que o elemento de aquecimento tem um projeto coaxial.
- 10 14. Processo de inflamação de combustível, compreendendo aplicar uma corrente elétrica por um elemento de aquecimento como definido em qualquer uma das reivindicações de 1 a 13.
- 15 15. Processo de acordo com a reivindicação 14, em que a corrente tem uma voltagem nominal de 6, 8, 10, 12, 24, 120, 220, 230 ou 240 volts.
16. Vela de incandescência, compreendendo um elemento de aquecimento como definido em qualquer uma das reivindicações de 1 a 13.
17. Aparelho de aquecimento, compreendendo um elemento de aquecimento como definido em qualquer uma das reivindicações de 1 a 13.
- 20 18. Processo para proporcionar energia a um elemento de aquecimento, compreendendo:
- proporcionar um elemento de aquecimento cerâmico resistivo compreendendo pelo menos três zonas condutoras eletricamente segregadas; e
- 25 acoplar uma ou mais conexões elétricas com relação ao elemento de aquecimento, para proporcionar energia a uma ou mais zonas condutoras selecionadas.
19. Processo de acordo com a reivindicação 18, em que a uma ou mais conexões elétricas são acopladas a um número selecionado de zonas condutoras, em que o inflamador opera a uma voltagem desejada.
- 30 20. Processo de acordo com a reivindicação 18, em que a uma ou mais conexões elétricas são deslocadas durante a vida operacional do

elemento de aquecimento, para proporcionar energia a uma ou mais zonas condutoras alternativas.

1/3

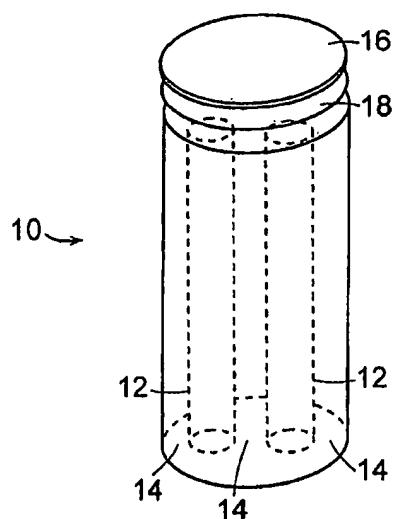


FIG. 1

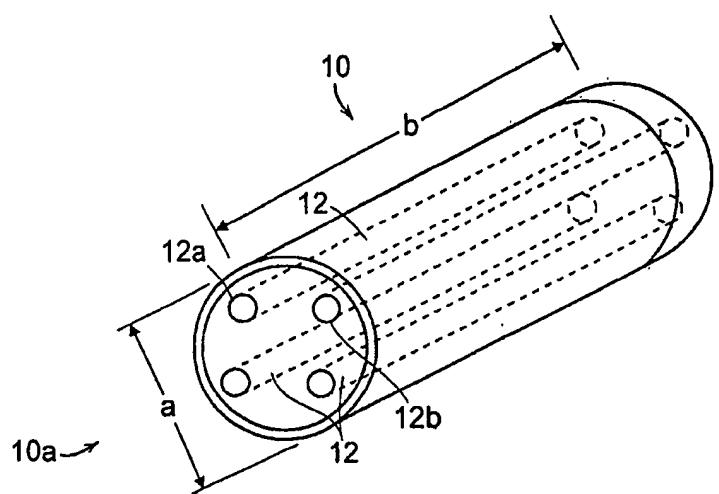


FIG. 2

2/3

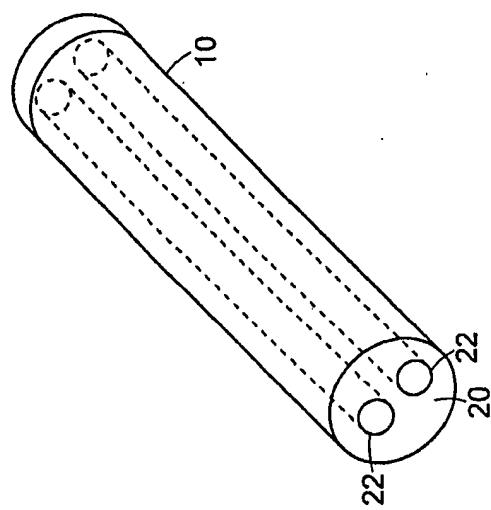


FIG. 3B

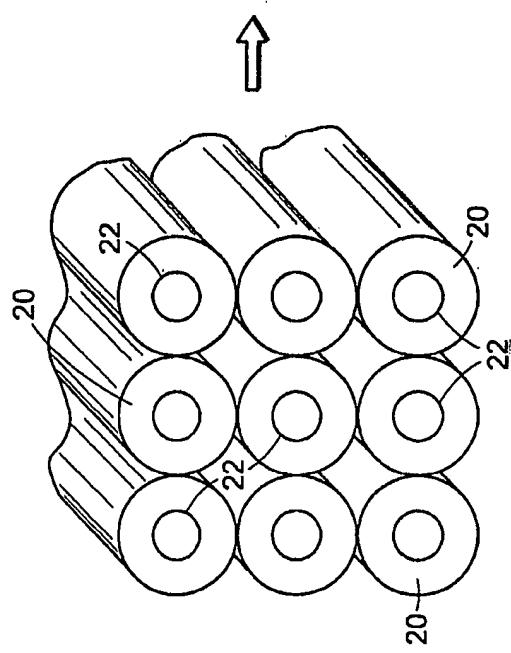
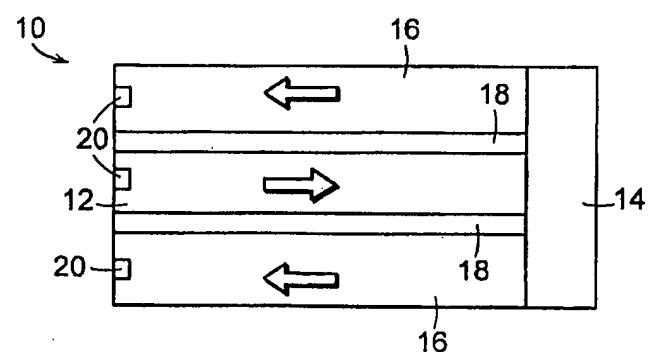
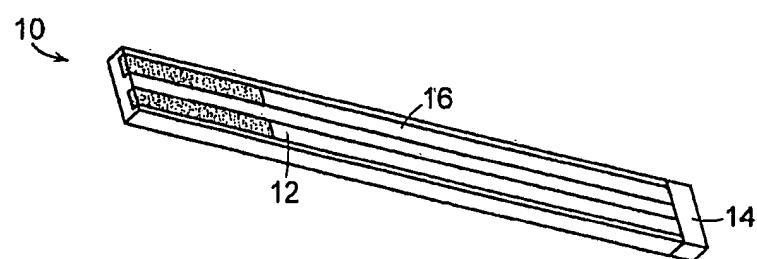


FIG. 3A

3/3



## RESUMO

Patente de Invenção: "**ELEMENTOS DE AQUECIMENTO CERÂMICOS**".

Em um aspecto, elementos de aquecimento resistivos cerâmicos são proporcionados, que compreendem três ou mais zonas condutoras eletricamente segregadas. Em outro aspecto, elementos de aquecimento cerâmicos são proporcionados, que compreendem uma pluralidade de zonas condutoras, em que apenas em uma parte há passagem de corrente, durante uso do elemento de aquecimento. Em um outro aspecto, os elementos de aquecimento da invenção podem ser facilmente modificados, para operar em várias voltagens. As zonas condutoras múltiplas podem proporcionar tempos de vida operacional dos elementos de aquecimento mais longos.