



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0918825-8 B1



(22) Data do Depósito: 23/09/2009

(45) Data de Concessão: 13/08/2019

(54) Título: GERADOR TÉRMICO COM MATERIAL MAGNETOCALÓRICO

(51) Int.Cl.: F25B 21/00; H01L 37/04.

(52) CPC: F25B 21/00; H01L 37/04; F25B 2321/0022.

(30) Prioridade Unionista: 25/09/2008 FR 08/05278.

(73) Titular(es): COOLTECH APPLICATIONS S.A.S..

(72) Inventor(es): JEAN-CLAUDE HEITZLER; CHRISTIAN MULLER.

(57) Resumo: GERADOR TÉRMICO COM MATERIAL MAGNETOCALÓRICO A presente invenção refere-se a um gerador térmico (1) que compreende pelo menos uma unidade de geração de fluxo térmico (2) dotado de pelo menos um módulo térmico (3) cada contendo um elemento magnetocalórico (4) através do qual um refrigerante flui, um arranjo magnético (9) acionado para submeter alternativamente cada elemento magnetocalórico (4) a uma variação de campo magnético, o movimento alternado do refrigerante sendo sincronizado com a variação de campo magnético, em que o gerador térmico é caracterizado pelo fato de que o elemento magnetocalórico (4) é integrado em um circuito de fluxo fechado (6) conectando as duas extremidades opostas (7) do elemento magnetocalórico (4) e em que o circuito fechado inclui um meio único (5) para mover o refrigerante através do elemento magnetocalórico (4).

“GERADOR TÉRMICO COM MATERIAL MAGNETOCALÓRICO”

ESCOPO TÉCNICO

A presente invenção refere-se a um gerador de calor com material magnetocalórico que compreende pelo menos uma unidade de geração de fluxo térmico dotada pelo menos de um módulo térmico contendo um elemento magnetocalórico, atravessado por um fluido de transferência de calor circulado de acordo com um movimento alternado nos dois lados do elemento magnetocalórico, o gerador de calor compreendendo também um arranjo magnético colocado em movimento para submeter alternadamente o elemento magnetocalórico a uma variação de campo magnético e criar alternadamente no elemento magnetocalórico um ciclo de aquecimento e um ciclo de resfriamento, gerando a criação de e então mantendo um gradiente de temperatura entre as duas extremidades opostas do elemento magnetocalórico, o deslocamento alternado do fluido de transferência de calor sendo sincronizado com a variação de campo magnético, o elemento magnetocalórico sendo integrado em um circuito de circulação de fluido de transferência de calor fechado conectando as duas extremidades opostas do elemento magnetocalórico e referido circuito fechado compreendendo um único meio de deslocamento do fluido de transferência de calor através do elemento magnetocalórico em ambas as direções de deslocamento.

Técnica anterior

Tecnologia de refrigeração magnética em temperatura ambiente é conhecida há mais de vinte anos e as vantagens que fornece em termos de ecologia e desenvolvimento sustentável são amplamente reconhecidas. Seus limites em termos de sua saída calorífica útil e sua eficiência são também bem conhecidos. Conseqüentemente, toda a pesquisa empreendida nesse campo tende a aperfeiçoar os desempenhos de tal gerador, por ajustar os vários parâmetros, como a potência de magnetização, os desempenhos do elemento magnetocalórico, a superfície de permuta de calor entre o fluido de transferência de calor e os elementos magnetocalóricos, os desempenhos dos permutadores de calor, etc.

Uma das dificuldades na realização de geradores que utilizam um ou mais elementos magnetocalóricos situa-se na permuta de energia térmica entre esses elementos magnetocalóricos e o(s) circuito(s) que utilizam, consomem ou permutam a energia térmica com o gerador, e que são conectados com o último. Uma solução que permite executar essa permuta consiste em fazer um fluido de transferência de calor, líquido ou não, circular através dos elementos magnetocalóricos, em sincronização com a variação do campo magnético ao qual os elementos magnetocalóricos são submetidos e executar então uma permuta térmica entre o fluido de transferência de calor e circuitos. A publicação WO 03/016794 fornece um exemplo de implementação no qual os elementos magnetocalóricos estão em um circuito de fluido fechado incluindo uma bomba de circulação para o fluido de transferência de calor, localizado fora do módulo térmico e exigindo meio de conexão e controle específico.

Em seu pedido de patente francesa número 07/07612, o requerente apresenta um gerador de calor com material magnetocalórico no qual o fluido de transferência de calor é circulado entre os elementos magnetocalóricos e duas câmaras de permuta denominadas câmara quente e câmara fria. Essa circulação é realizada por meio de dois conjuntos de pistões posicionados opostos aos elementos magnetocalóricos e acionados por um came de controle conectado a um acionador.

Esse gerador tem, não obstante, uma desvantagem ligada à necessidade de dois comes para acionar os dois conjuntos de pistões posicionados opostos a cada elemento magnetocalórico. Isso leva a um aumento do número de partes que compõem o gerador, e mais especificamente do número de partes móveis e desse modo a um aumento do risco de defeito, a um risco mais elevado de desgaste devido ao contato permanente entre o came e os pistões, e a uma degradação da eficiência do gerador. Além disso, o número elevado de partes também aumenta a exigência de espaço do gerador e desse modo limita sua capacidade de integração em ambientes nos quais o local disponível é reduzido e limitado.

Descrição da invenção

A presente invenção tem como objetivo superar essas desvantagens por oferecer um gerador de calor no qual o número de elementos móveis é reduzido e cuja configuração permite uma redução importante da exigência de espaço do gerador.

Para essa finalidade, a invenção se refere a um gerador de calor do tipo definido no preâmbulo, caracterizado pelo fato de que a unidade de geração de fluxo térmico compreende um dispositivo de fechamento de campo disposto para loop o fluxo magnético pelo arranjo magnético e em que o dispositivo de fechamento de campo é dotado de um dispositivo de controle do meio de deslocamento.

O circuito fechado pode ser feito de um ou vários condutos ou canais que conectam as extremidades opostas do elemento magnetocalórico.

A integração de um único meio de deslocamento permite limitar o número de partes do gerador de calor e desse modo reduzir seu custo de produção. De modo semelhante, o uso de um dispositivo necessário para a operação do gerador como dispositivo que permite acionar o meio de deslocamento do fluido de transferência de calor permite até mesmo reduzir o número de partes que compõem o gerador e, além disso, reduzir sua exigência de espaço.

O meio de deslocamento pode ser um pistão que move em uma camisa formada no circuito fechado correspondente.

Vantajosamente, o dispositivo de fechamento de campo pode ser feito de um material magnetizável e ser acoplado magneticamente ao arranjo magnético móvel.

Em uma primeira variante de modalidade, o dispositivo de controle pode ser um perfil de came com um formato aproximadamente senoidal cuja amplitude determina o curso

dos pistões e cuja fase senoidal corresponde globalmente a um ciclo de aquecimento e a um ciclo de resfriamento dos elementos magnetocalóricos.

Para essa finalidade, o pistão pode compreender um entalhe no qual o perfil de came circula.

5 Em uma segunda variante de modalidade, o pistão pode incluir uma zona fora de material magnetizável e ser acoplado magneticamente ao dispositivo de fechamento de campo que compõe o dispositivo de controle.

10 Em uma primeira modalidade a unidade de geração de fluxo térmico pode ser dotada de vários módulos térmicos e ter uma estrutura circular na qual os elementos magnetocalóricos são dispostos em um círculo em torno de um eixo geométrico central, o arranjo magnético pode ser girado em torno do eixo geométrico central e os elementos magnetocalóricos podem ser dispostos entre o arranjo magnético e o dispositivo de fechamento de campo.

15 Nessa configuração, o dispositivo de fechamento de campo pode ser acoplado magneticamente ao arranjo magnético e o circuito fechado e a camisa do pistão podem ser feitos de duas partes circulares destinadas a serem montadas, as partes circulares podem ser aproximadamente simétricas com relação ao seu plano de montagem, e compreendem cada pelo menos um recesso que forma uma parte da camisa de um pistão e um entalhe com extremidades abertas e formando um canal de conexão entre o recesso e o elemento magnetocalórico correspondente.

20 De acordo com uma segunda modalidade, a unidade de geração de fluxo térmico pode ter uma estrutura linear na qual os elementos magnetocalóricos são alinhados e o arranjo magnético pode ser acionado em translação de movimento alternativo ao longo dos elementos magnetocalóricos.

25 Nessa modalidade, o dispositivo de fechamento de campo pode ter um perfil no formato de forquilha cujas pernas são dotadas, em suas faces internas, de ímãs permanentes com polaridades opostas e compondo o arranjo magnético e o dispositivo de controle pode ter o formato de um pino de acionamento alojado em um entalhe correspondente de cada pistão.

30 Como variante, o dispositivo de fechamento de campo pode ter também um perfil no formato de forquilha cujas pernas são dotadas, em suas faces internas, de ímãs permanentes com polaridades opostas e compondo o arranjo magnético, o dispositivo de controle pode não obstante compreender dois ímãs permanentes com polaridades diferentes localizados a uma distância e opostos entre si e o pistão pode compreender um ímã disposto com relação aos ímãs permanentes do dispositivo de controle de modo a ser empurrado para
35 trás por cada dos últimos, e desse modo segue seu deslocamento. O movimento do dispositivo de controle conduz desse modo àquele do pistão, sem contato entre os mesmos, separado do arranjo magnético. Para essa finalidade, o pistão pode ser localizado aproximada-

mente entre os dois ímãs permanentes do dispositivo de controle e preferivelmente acima dos mesmos.

Para certificar-se de que a permuta de calor entre o elemento magnetocalórico e o fluido de transferência de calor ocorre após uma mudança de fase do elemento magnetocalórico, o gerador pode compreender também, em sua versão linear, um meio de descentramento apropriado para antecipar e/ou retardar o movimento do pistão com relação àquele do arranjo magnético.

Breve descrição dos desenhos

A presente invenção e suas vantagens serão reveladas de forma melhor na seguinte descrição de uma modalidade dada como exemplo não limitador, em referência aos desenhos em apêndice, nos quais:

A figura 1 é uma vista detalhada de um gerador de calor com uma configuração circular, de acordo com uma primeira modalidade da invenção,

A figura 2 é uma vista frontal transparente do módulo térmico do gerador da figura 1,

A figura 3 é uma vista em seção ao longo do plano III-III da figura 2,

A figura 4 é uma vista do detalhe B da figura 3,

A figura 5 é uma vista detalhada de uma variante de modalidade de um gerador de calor circular,

A figura 6 é uma vista em seção longitudinal do gerador representado na figura 5,

As figuras 7A e 7B são vistas em perspectiva de um gerador de calor com uma configuração linear, de acordo com uma segunda modalidade da invenção, em duas posições do arranjo magnético, e

A figura 8 é uma vista em seção parcial da figura 7A.

Vários modos de realizar a invenção:

Nos exemplos de implementação mostrados, as partes idênticas ou seções têm as mesmas referências numéricas.

As figuras 1 a 6 representam um gerador de calor 1 de acordo com uma primeira modalidade da invenção, na qual a estrutura do gerador 1 é circular.

O gerador de calor 1 representado nas figuras 1 a 4 compreende somente uma unidade de geração de fluxo térmico 2. Essa unidade é dotada de vários módulos térmicos 3 que compreendem cada, um elemento magnetocalórico 4 atravessado por um fluido de transferência de calor circulado por um meio de deslocamento 5 na forma de um pistão. Por motivos de simplificação, somente um pistão 5 é representado na figura 1. Os elementos magnetocalóricos 4 são dispostos em um círculo em torno de um eixo geométrico central A e um arranjo magnético 9 gira em torno do eixo geométrico central A para submeter os elementos magnetocalóricos 4 a um campo magnético variável que permite executar alterna-

damente um ciclo de aquecimento e um ciclo de resfriamento no último.

Os elementos magnetocalóricos 4 são permeáveis ao fluido de transferência de calor e podem ser feitos de um ou vários materiais magnetocalóricos. Compreendem passagens de fluido abertas que podem ser feitas dos poros de um material prosa, dos canais mini ou micro usinados em um bloco total ou obtidos por montagem, por exemplo, de placas entalhadas sobrepostas.

O fluido de transferência de calor é movido em cada módulo térmico 3 em um movimento de movimento alternativo através do elemento magnetocalórico 4, em cada lado do último. Para essa finalidade, o módulo térmico 3 também compreende um circuito fechado 6 para a circulação do fluido de transferência de calor. Esse circuito é feito de canais que conectam as duas extremidades opostas 7 e 8 do elemento eletromagnético 4 e compreende um meio de deslocamento 5 que move o fluido de transferência de calor em um movimento de movimento alternativo. Nos exemplos representados, o meio de deslocamento 5, 50, 60 é um pistão. Pode ser, não obstante realizado em qualquer outra forma, como uma membrana, por exemplo, apropriada para fornecer um movimento de movimento alternativo ao fluido de transferência de calor.

Todas as modalidades descritas mostram que o fato de conectar de forma fluida as duas extremidades 7 e 8 do elemento magnetocalórico 4 permite utilizar somente um meio de deslocamento 5, 50, 60 para circular o fluido de transferência de calor em ambas as direções através do elemento magnetocalórico 4. Isso torna a construção do gerador de calor de acordo com a invenção mais fácil e também limita sua exigência de espaço uma vez que, por um lado, somente um meio de deslocamento 5, 50, 60 é necessário para a circulação do fluido de transferência de calor em cada módulo térmico e, por outro lado, isso envolve a instalação somente de um dispositivo de controle do meio de deslocamento.

O gerador de calor 1 também compreende um arranjo magnético 9 colocado em movimento para submeter alternadamente cada elemento magnetocalórico 4 a uma variação de campo magnético e criar alternadamente no elemento magnetocalórico 4 um ciclo de aquecimento e um ciclo de resfriamento, gerando a criação de e então mantendo, um gradiente de temperatura entre as duas extremidades opostas 7 e 8 do elemento magnetocalórico 4 e o movimento de movimento alternativo do fluido de transferência de calor é sincronizado com a variação do campo magnético.

O pistão 5 é movido em uma camisa 11 por intermédio de um perfil de came 19 que forma um dispositivo de controle, fornecido no lado de um dispositivo de fechamento de campo 30 disposto para loop o fluxo magnético gerado pelo arranjo magnético 9. Esse dispositivo de fechamento de campo 30 é localizado oposto à camisa 11 do pistão 5. Para uma exigência de espaço mínima, todos os pistões 5, os elementos magnetocalóricos 4, o arranjo magnético 9 e o dispositivo de fechamento de campo 30 são dispostos concentricamente

em torno do eixo geométrico central A. a camisa 11 compreende uma abertura 17 para permitir posicionamento do perfil de came 19 em um entalhe correspondente 18 do pistão 5 para acionar o último. Para essa finalidade, o perfil de came 19 tem um formato aproximadamente senoidal, com uma amplitude que determina o curso dos pistões 5 e uma fase senoidal que corresponde globalmente a um ciclo de aquecimento e um ciclo de resfriamento dos elementos magnetocalóricos 4. Assim, a rotação do dispositivo de fechamento de campo 30, e desse modo do perfil de came 19, leva ao deslocamento dos pistões 5, de acordo com um movimento de movimento alternativo. Essa rotação é gerada através do intermédio da rotação do arranjo magnético 9, com o qual o dispositivo de fechamento de campo 30 é acoplado magneticamente.

Para essa finalidade, o arranjo magnético 9 é feito de uma montagem de partes magnetizadas 20 e partes não magnetizadas 21 e o dispositivo de fechamento de campo 30 é feito no formato de um anel de um material magnetizável, por exemplo, ferro, compreendendo ressaltos ou protuberâncias 22 localizadas opostas às partes magnetizadas 20 para permitir um acoplamento magnético com o arranjo magnético 9 e obter desse modo o acionamento rotacional do dispositivo de fechamento de campo 30 quando o arranjo magnético 9 gira. Embora o dispositivo de fechamento de campo 30 representado compreenda quatro ressaltos 22, somente um ressalto é suficiente para obter o acoplamento magnético.

O arranjo magnético 9 pode ser acoplado a um acionador (não representado) para ser móvel em rotação com relação aos elementos magnetocalóricos 4. O movimento simultâneo do arranjo magnético 9 e do dispositivo de fechamento de campo 30 permite em particular evitar a geração de correntes parasitas. Os elementos magnetocalóricos 4 são dispostos em torno do arranjo Magnético 9 e entre o último e o dispositivo de fechamento de campo 30. Desse modo, o deslocamento do arranjo magnético 9 submete os elementos magnetocalóricos 4 a uma variação de campo magnético e simultaneamente leva ao deslocamento do dispositivo de fechamento de campo 30.

O gerador de calor 1 representado nas figuras 1 a 4 tem uma configuração que favorece uma exigência de espaço limitado, em particular graças à estrutura concêntrica em torno do eixo geométrico central A e formado pelo arranjo magnético 9, o dispositivo de fechamento de campo 30 na forma de um anel, os elementos magnetocalóricos 4 também dispostos concetricamente em torno do eixo geométrico central A e finalmente os pistões 5 integrados nas camisas 11 fornecidas em duas partes circulares 12 e também concêntricas com os elementos acima mencionados. Tal gerador de calor 1 pode ter desse modo uma largura de alguns centímetros.

As duas partes circulares 12 são simétricas com relação a seu plano de montagem e compreendem recessos 15 que formam uma parte da camisa 11 dos pistões 5 e um entalhe 16 conectando de forma fluida cada recesso 15 ao elemento magnetocalórico corres-

pondente 4. As partes circulares 12 são dispostas de modo que o perfil de came 19 é posicionado no entalhe 18 de cada pistão 5. Os recessos 15 e os entalhes 16 das partes circulares 12 podem ser produzidos por perfuração, sondagem, moldagem ou qualquer outro processo similar e formam parte do circuito fechado 6 para a circulação do fluido de transferência de calor.

O gerador 1 também compreende duas tampas de proteção 23 que fecham apertadamente os entalhes 16 das partes circulares 12.

O gerador de calor 100 representado na figura 5 e 6 é feito de acordo com uma variante da modalidade na qual a estrutura do gerador 100 é circular e compreende uma unidade de geração de fluxo térmico circular 102. A configuração desse gerador é aproximadamente idêntica àquela do gerador 1 representado nas figuras 1 a 4 e oferece as mesmas vantagens, em particular em relação à exigência reduzida de espaço. Entretanto, o pistão 50 é acionado de forma diferente. Como anteriormente, o dispositivo de controle dos pistões 50 é composto do dispositivo de fechamento de campo 31. Porém os pistões 50 são dotados de um anel 51 de um material magnetizável que acopla magneticamente o dispositivo de fechamento de campo 31 e segue a rotação do último sem contato. O dispositivo de fechamento de campo 31 também pode compreender um perfil de came 19 como aquele do gerador de calor 1 das figuras 1 a 4. Entretanto, nesse exemplo, não é mais necessário fornecer um entalhe em cada pistão 50, uma vez que o dispositivo de fechamento de campo 31 aciona cada pistão 50 sem nenhum contato, por acoplamento magnético. Desse modo não há risco de desgaste entre o dispositivo de controle e os pistões 50. Os pistões 50 são preferivelmente aproximadamente cilíndricos e têm uma área de material magnetizável 51 na forma de um anel montado em um entalhe circular do pistão 50.

Qualquer outra forma de pistão também pode se adequar e pode ser determinada para minimizar as perdas de desnível.

As figuras 7A, 7B e 8 representam um gerador de calor 200 de acordo com uma segunda modalidade da invenção, em que a estrutura do gerador 200 é aproximadamente linear. A figura 8 representa mais especificamente no nível da seção cortada, o circuito de circulação de fluido de transferência de calor fechado 6, o elemento magnetocalórico 4 e o pistão 60.

A unidade de geração de fluxo térmico 202 é linear, os elementos magnetocalóricos 4 são alinhados. No exemplo representado, o gerador de calor 200 é composto de somente uma unidade 202 que compreende um módulo térmico 3. A invenção cobre, evidentemente, geradores de calor que compreendem várias unidades de geração de fluxo térmico. O número de unidades e de módulos térmicos será determinado em função da potência do gerador de calor.

O dispositivo de fechamento de campo 32 tem um perfil no formato de forquilha cu-

jas pernas são dotadas, em suas faces internas, de ímãs permanentes 24 com polaridades opostas e compondo o arranjo magnético 9. O movimento de translação de de movimento alternativo (de acordo com a seta F) do dispositivo de fechamento de campo 32 e do arranjo magnético 9 submete os elementos magnetocalóricos 4 alinhados entre os ímãs 24 a uma
 5 variação de campo magnético. Além disso, o dispositivo de fechamento de campo 32 compreende, para cada pistão 60, um pino de acionamento 192 para acionar o mesmo. O pino de acionamento assegura o acoplamento mecânico entre o dispositivo de fechamento de campo 32 e o meio de deslocamento de fluido de transferência de calor, aqui na forma de pistões 60. Desse modo, o movimento do arranjo magnético 32 leva, por um lado, a uma
 10 variação do campo magnético nos elementos magnetocalóricos 4, e desse modo a uma alternância de ciclos de aquecimento e resfriamento do último, e por outro lado, ao movimento simultâneo dos pinos de acionamento 192 que, por sua vez, movem o pistão 60 na camisa correspondente 11, e desse modo o fluido de transferência de calor no circuito fechado 6.

Além disso, o gerador representado 200 compreende um meio de descentragem 10
 15 que permite descentragem do movimento do pistão 60 com relação àquele do arranjo magnético 32. Esse meio é implementado na forma de dois batentes 13, 14 feitos em uma parte no formato de U que é montado no dispositivo de fechamento de campo 32. Esses dois batentes 13, 14 são dispostos embaixo do pistão 60 e cooperam com o pino de acionamento 192. O último é desse modo acionado por esses dois batentes 13, 14 quando o dispositivo
 20 de fechamento de campo 32 move de acordo com a seta F. permitem controlar o movimento do pistão 60 em sincronismo com o movimento do dispositivo de fechamento de campo 32.

Assim na figura 7A, quando o dispositivo de fechamento de campo 32 se move em direção à direita, aciona somente o pino de acionamento 192, e desse modo o pistão 60 associado ao último, quando o batente 14 entra em contato com o pino de acionamento 192,
 25 posição representada na figura 7B. Durante esse movimento, o elemento magnetocalórico 4 saiu do campo magnético dos ímãs 24 e foi submetido a um ciclo de resfriamento sem movimento do pistão 60. A permuta de calor entre o fluido de transferência de calor e o elemento magnetocalórico 4 ocorre desse modo quando o batente 14 chega, em contato com o pino de acionamento 192 e o dispositivo de fechamento de campo 32 se move adicional-
 30 mente em direção à direita na figura, desse modo movendo o pistão 60 no circuito fechado 6. O curso completo do dispositivo de fechamento de campo 32 não é transmitido totalmente para o pistão 60.

Inversamente, durante o movimento do dispositivo de fechamento de campo 32 em direção à esquerda na figura 7b, o elemento magnetocalórico 4 é submetido a um campo
 35 magnético e desse modo a um ciclo de aquecimento, sem qualquer movimento do pistão 60, e desse modo do fluido de transferência de calor. Quando o pino de acionamento 192 entra em contato com o batente 13, o último aciona o mesmo, o que induz um movimento do pis-

tão correspondente 60, e desse modo um movimento do fluido de transferência de calor no circuito fechado 6 e desse modo uma permuta de calor entre o último e o elemento magnetocalórico 4.

Tal meio de descentragem permite otimização da permuta de calor entre o fluido de transferência de calor e o elemento magnetocalórico 4 por executar o mesmo após uma mudança de fase do elemento magnetocalórico 4, e desse modo aumentar a eficiência do gerador 200.

Em uma variante não representada, o dispositivo de fechamento de campo pode ter um perfil no formato de forquilha cujas pernas são dotadas, em suas faces internas, de ímãs permanentes com polaridades opostas e compondo o arranjo magnético, o dispositivo de controle pode não obstante compreender dois ímãs permanentes com polaridades diferentes localizadas a uma distância e opostos entre si e o pistão pode compreender um ímã disposto com relação aos ímãs permanentes do dispositivo de controle de modo a ser empurrado para trás por cada dos últimos, e desse modo seguem seu deslocamento. O deslocamento do dispositivo de controle conduz desse modo àquele do pistão, sem contato entre o último além do arranjo magnético. Para essa finalidade, o pistão pode ser localizado aproximadamente entre os dois ímãs permanentes do dispositivo de controle e preferivelmente acima dos mesmos.

Embora todos os desenhos em anexo ilustrem geradores de calor 1, 100, 200 compreendendo somente uma unidade de geração de fluxo térmico 2, a invenção também provê a produção de um gerador de calor tendo uma estrutura escalonada com várias unidades de geração de fluxo térmico 2, 102, 202. Tal configuração permite aumentar a eficiência do gerador de calor de acordo com a invenção.

Possibilidades para aplicação industrial

Essa descrição mostra claramente que a invenção permite atingir os objetivos definidos, isto quer dizer oferecer um gerador de calor 1, 100, 200 com um desenho simples com uma exigência reduzida de espaço, limitando o número de elementos móveis para a circulação do fluido de transferência de calor nos módulos térmicos 3.

Tal gerador de calor 1, 100, 200 pode encontrar aplicação, tanto industrial como doméstica, na área de aquecimento, ar condicionado, têmpera, resfriamento ou outras, em custos competitivos e com exigências reduzidas de espaço.

Além disso, todas as partes que compõem esse gerador de calor 1, 100, 200 podem ser fabricadas de acordo com processos industriais reprodutíveis.

A presente invenção não é limitada ao exemplo da modalidade descrita, porém estende a qualquer modificação ou variante que seja óbvia a uma pessoa versada na técnica enquanto permanecer compreendida no escopo da proteção definida nas reivindicações em anexo.

REIVINDICAÇÕES

1. Gerador térmico com material magnetocalórico compreendendo pelo menos uma unidade de geração de fluxo térmico (2, 102, 202) fornecida com pelo menos um módulo térmico (3) contendo um elemento magnetocalórico (4), cruzado por um fluido de transferência de calor circulado de acordo com um movimento alternado em ambos os lados do dito elemento magnetocalórico (4), o dito gerador térmico (1) compreendendo também um arranjo magnético (9, 24) colocado em movimento para submeter alternadamente o dito elemento magnetocalórico (4) a uma variação de campo magnético e criar alternadamente no dito elemento magnetocalórico (4) um ciclo de aquecimento e um ciclo de refrigeração, gerando a criação de, e depois mantendo, um gradiente térmico entre as duas extremidades opostas (7 e 8) do dito elemento magnetocalórico (4), o deslocamento alternado do fluido de transferência de calor sendo sincronizado com a variação de campo magnético, a dita unidade de geração de fluxo térmico (2, 102, 202) compreendendo um dispositivo de fechamento de campo (30, 31, 32) disposto para iterar o fluxo magnético gerado pelo arranjo magnético (9, 24), o gerador sendo **CARACTERIZADO** pelo fato de que o dito elemento magnetocalórico (4) é integrado em um circuito fechado de circulação de fluido de transferência de calor (6) conectando as duas extremidades opostas (7 e 8) do dito elemento magnetocalórico (4), em que o dito circuito fechado (6) compreende meios simples de deslocamento (5, 50, 60) do fluido de transferência de calor através do dito elemento magnetocalórico (4) em ambas as direções de deslocamento, e em que o dito dispositivo de fechamento de campo (30, 31, 32) é móvel e compreende um dispositivo de controle (19, 192) para acionar os meios de deslocamento (5, 50, 60) do fluido de transferência de calor.

2. Gerador térmico, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o dito circuito fechado (6) é feito de um ou vários conduítes ou canais conectando as extremidades opostas (7, 8) do dito elemento magnetocalórico (4).

3. Gerador térmico, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que os ditos meios de deslocamento são um pistão (5, 50, 60) que se move em uma camisa (11) formada no circuito fechado correspondente (6).

4. Gerador térmico, de acordo com a reivindicação 3, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o dispositivo de fechamento de campo (30, 31) é feito de um material magnetizável e é magneticamente acoplado com o dito arranjo magnético móvel (9).

5. Gerador térmico, de acordo com a reivindicação 3, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o dispositivo de controle é um perfil de came (19) com uma forma aproximadamente senoidal cuja amplitude determina o curso dos ditos pistões (5) e cuja fase senoidal corresponde globalmente a um ciclo de aquecimento e um ciclo de refrigeração dos ditos elementos magnetocalóricos (4).

6. Gerador térmico, de acordo com a reivindicação 5, **CARACTERIZADO** pelo fato

de que o dito pistão (5) compreende um sulco (18) dentro do qual o dito perfil de came (19) circula.

7. Gerador térmico, de acordo com a reivindicação 3, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o dito pistão (50) compreende uma área fora de um material magnetizável (51) e é magneticamente acoplado com o dito dispositivo de fechamento de campo (31) formando o dispositivo de controle.

8. Gerador térmico, de acordo com a reivindicação 3, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a dita unidade de geração de fluxo térmico (2, 102) é equipada com vários módulos térmicos (3) e tem uma estrutura circular na qual os elementos magnetocalóricos (4) são dispostos em um círculo ao redor de um eixo geométrico central (A), o arranjo magnético (9) é girado ao redor do dito eixo geométrico central (A) e os ditos elementos magnetocalóricos (4) são dispostos entre o arranjo magnético (9) e o dispositivo de fechamento de campo (30, 31), em que o dispositivo de fechamento de campo (30, 31) é magneticamente acoplado com o dito arranjo magnético (9), em que o dito circuito fechado (6) e a camisa (11) do dito pistão são feitos em duas partes circulares (12) intencionadas para serem montadas, e em que as ditas partes circulares são aproximadamente simétricas com respeito a seu plano de montagem, e compreende cada uma pelo menos um rebaixo (15) formando uma parte da camisa do dito pistão (5) e um sulco (16) com extremidades abertas e formando um canal de conexão entre o dito rebaixo (15) e o elemento magnetocalórico correspondente (4).

9. Gerador térmico, de acordo com a reivindicação 3, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a dita unidade de geração de fluxo térmico (202) tem uma estrutura linear na qual os elementos magnetocalóricos (4) são alinhados e o arranjo magnético (9) é dirigido em translação recíproca ao longo dos ditos elementos magnetocalóricos (4), em que o dispositivo de fechamento de campo (32) tem um perfil em forma de estribo cujas duas ramificações são fornecidas, em suas faces internas, com ímãs permanentes (24) com polaridades opostas e compondo o arranjo magnético (9) e em que o dito dispositivo de controle (192) tem a forma de um pino motriz alojado em um sulco correspondente (25) de cada pistão (60).

10. Gerador térmico, de acordo com a reivindicação 3, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a dita unidade de geração de fluxo térmico tem uma estrutura linear na qual os elementos magnetocalóricos são alinhados e o arranjo magnético é dirigido em translação recíproca ao longo dos ditos elementos magnetocalórico, em que o dispositivo de fechamento de campo tem um perfil em forma de estribo cujas duas ramificações são fornecidas, em suas faces internas, com ímãs permanentes com polaridades opostas e compondo o arranjo magnético, em que o dito dispositivo de controle compreende dois ímãs permanentes com polaridades diferentes localizados em uma distância e opostos um ao outro e em que o pistão compreende um ímã disposto com respeito aos ímãs permanentes do dispositivo de controle para ser empurrado para trás por cada um do último.

11. Gerador térmico, de acordo a reivindicação 9 ou 10, **CARACTERIZADO** por compreender um meio de compensação (10) adequado para antecipar e/ou retardar o movimento do dito pistão (60) com respeito ao do arranjo magnético (9).

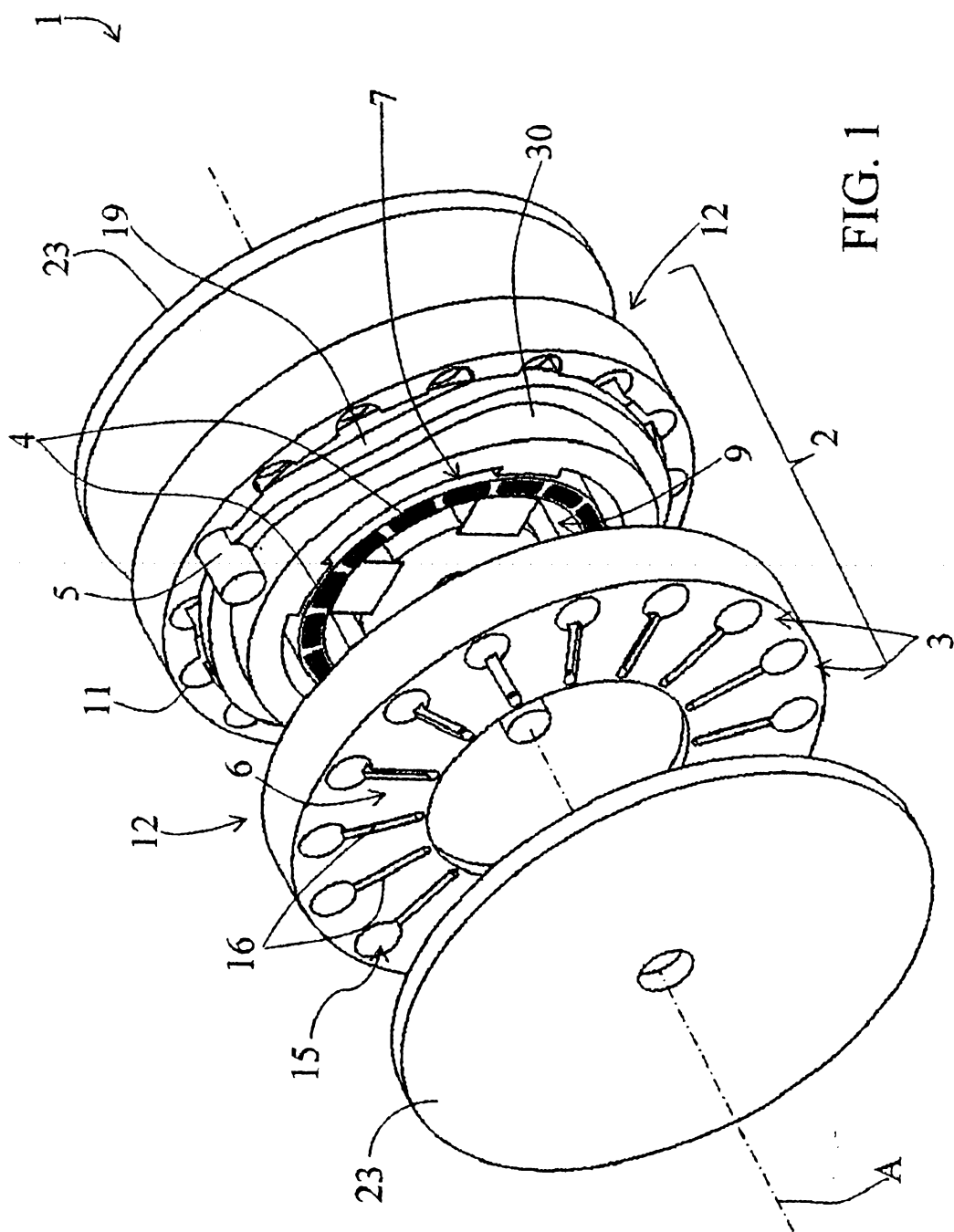


FIG. 1

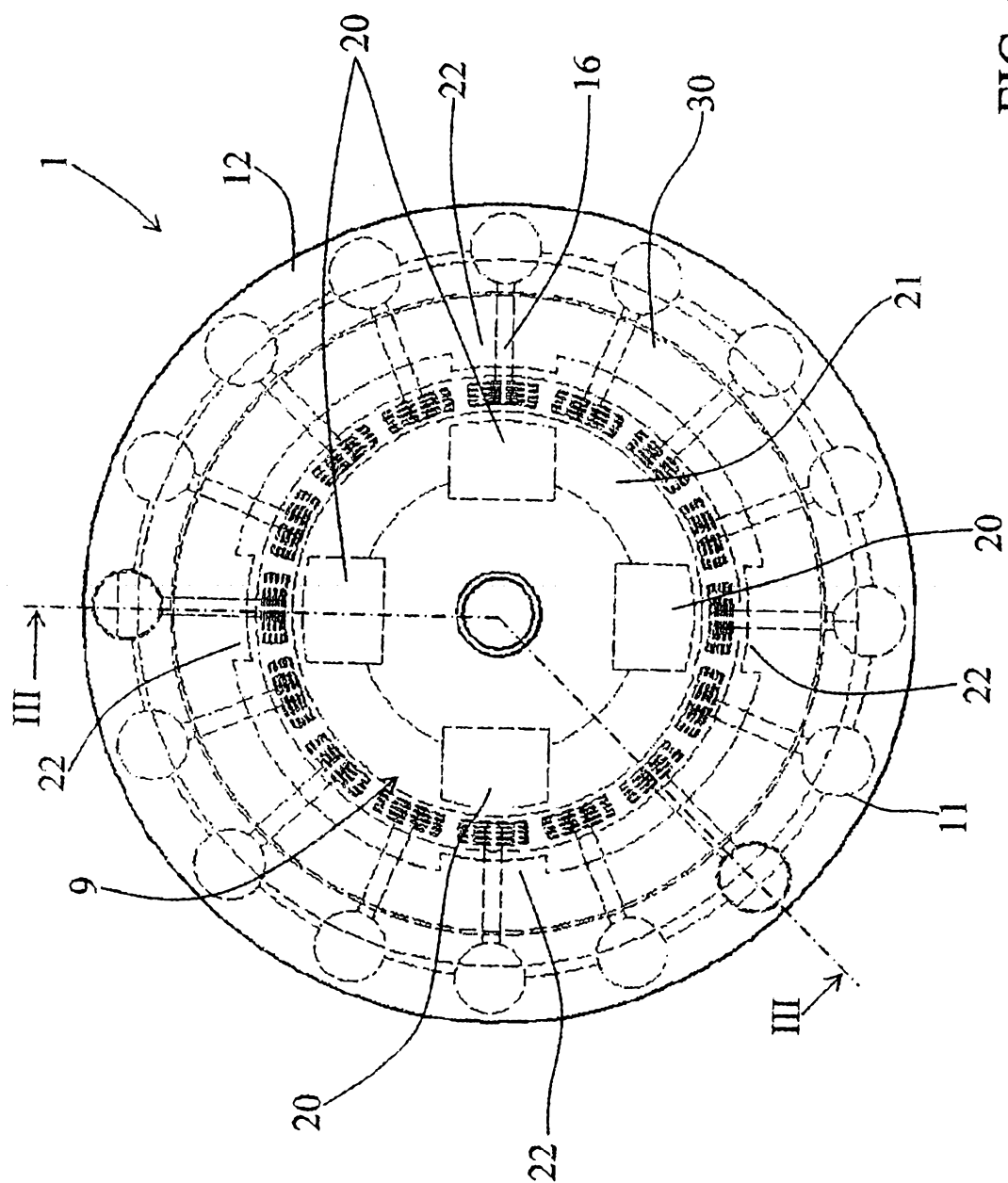


FIG. 2

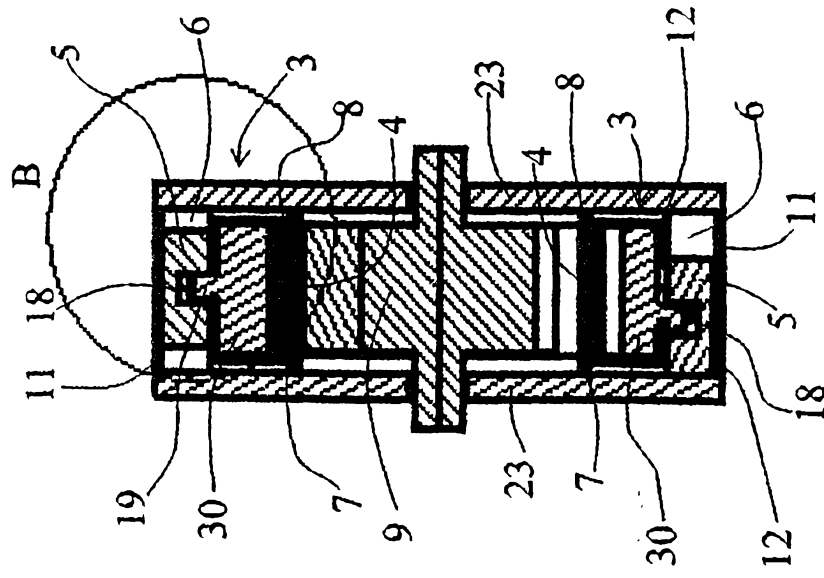


FIG. 3

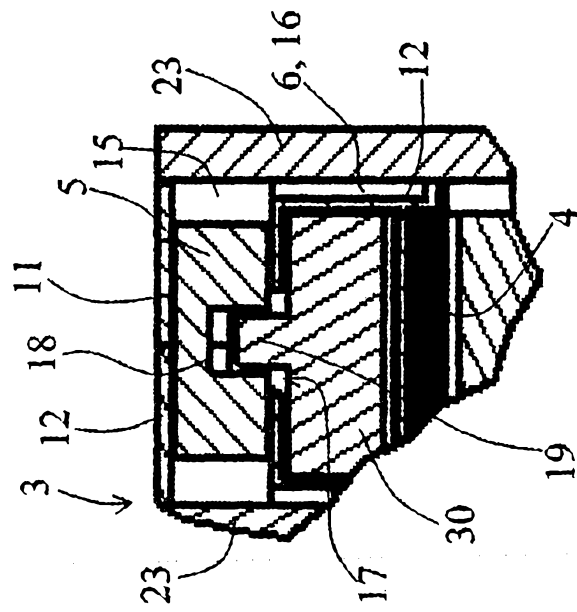


FIG. 4

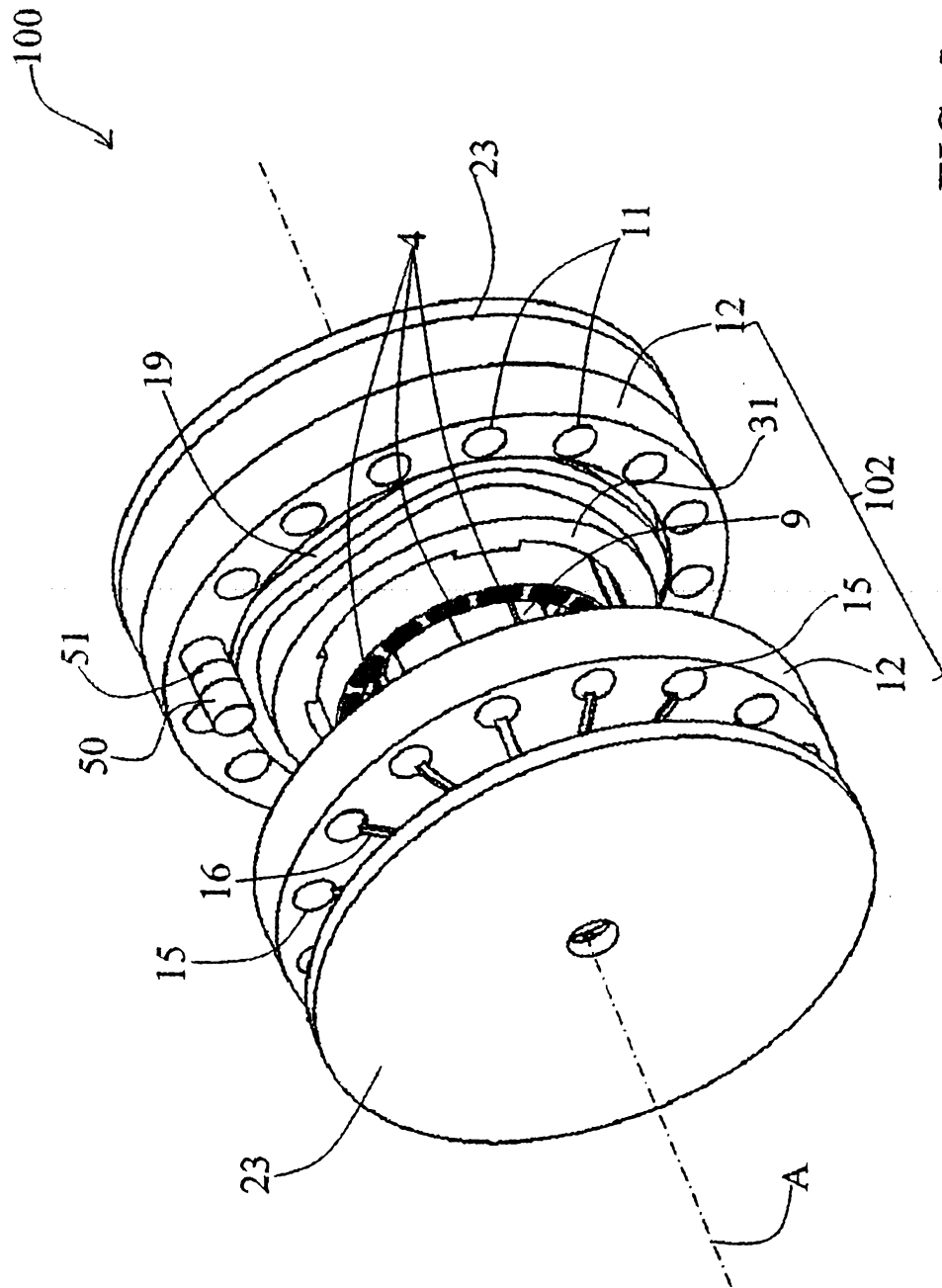


FIG. 5

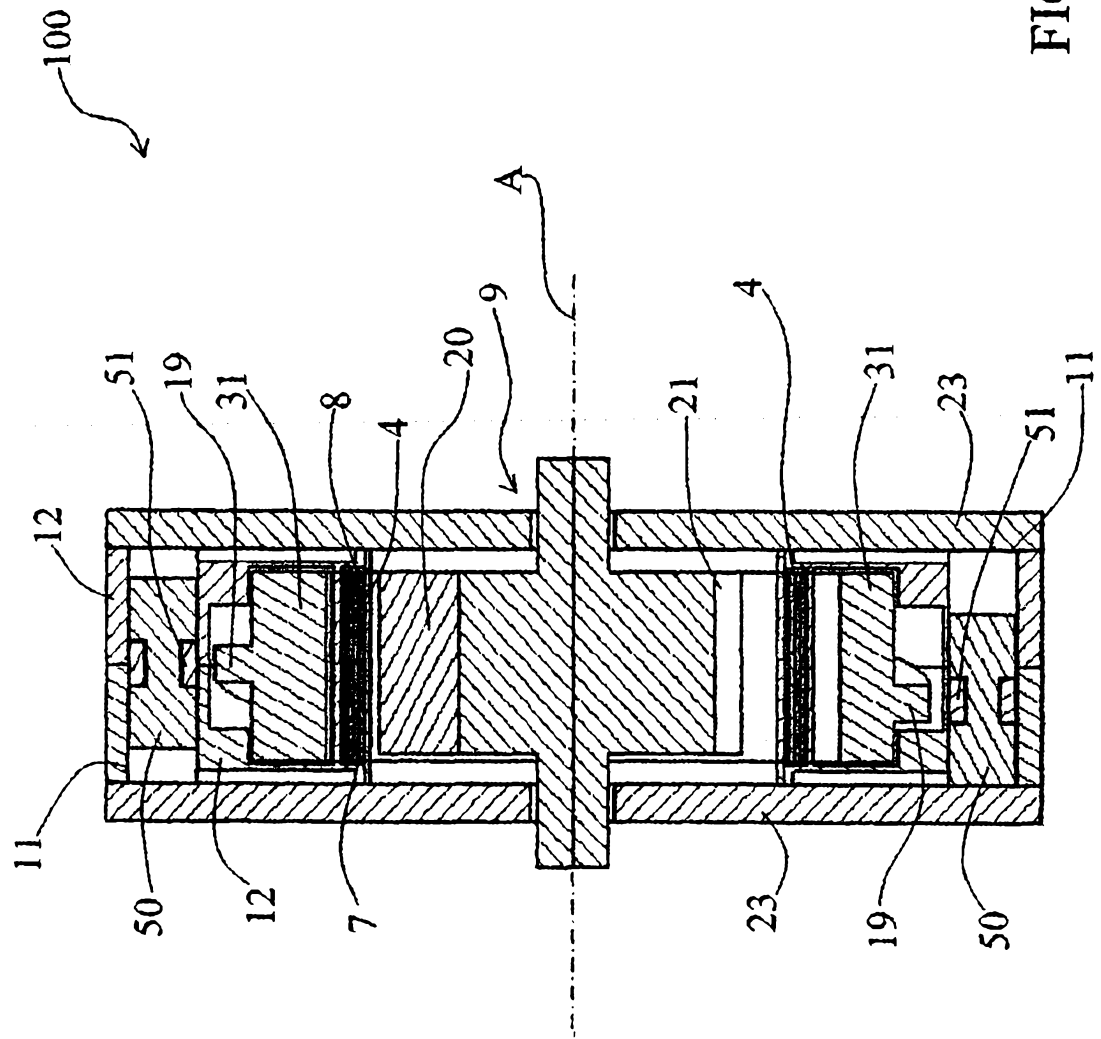


FIG. 6

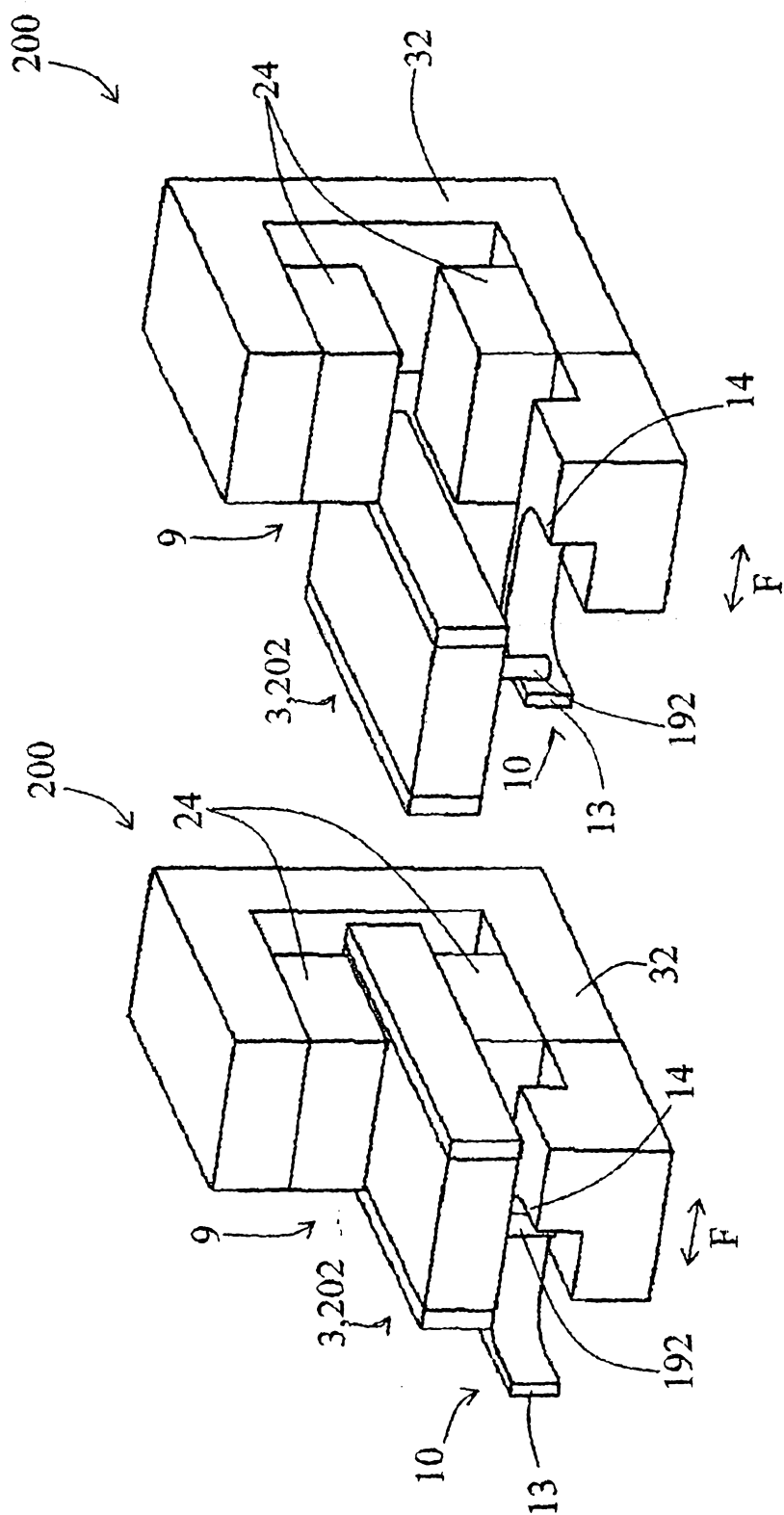


FIG. 7A

FIG. 7B

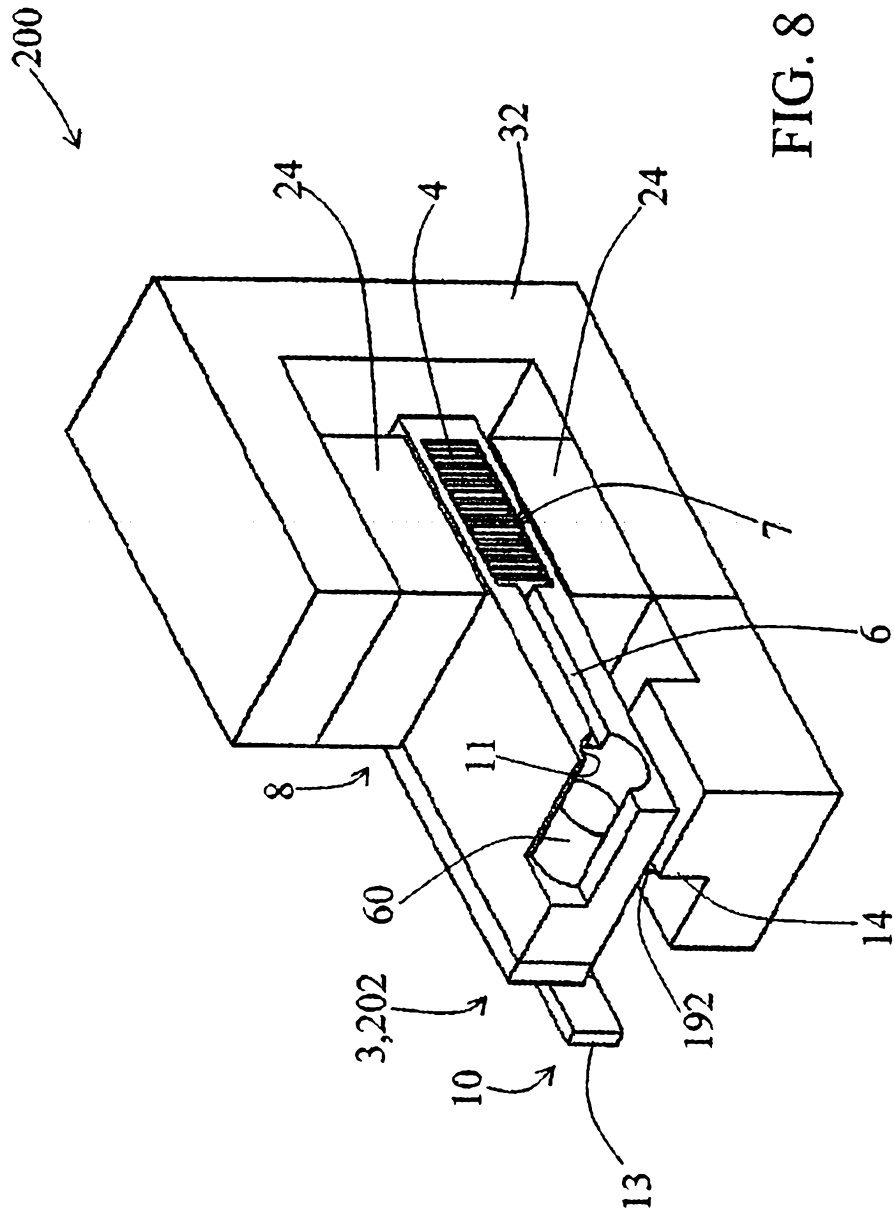


FIG. 8