



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

**(21) BR 112019011897-7 A2**



**(22) Data do Depósito:** 30/01/2018

**(43) Data da Publicação Nacional:** 02/08/2018

**(54) Título:** ARRANJO SEMICONDUTOR

**(51) Int. Cl.:** H01L 23/44; H01L 25/11; H01L 23/367.

**(30) Prioridade Unionista:** 30/01/2017 GB 1701487.9.

**(71) Depositante(es):** YASA LIMITED.

**(72) Inventor(es):** SIMON DAVID HART; TIM WOOLMER; CHIRSTOPHER STUART MALAM; TOM HILLMAN; RICHARD PHILLIPS.

**(86) Pedido PCT:** PCT GB2018050258 de 30/01/2018

**(87) Publicação PCT:** WO 2018/138530 de 02/08/2018

**(85) Data da Fase Nacional:** 12/06/2019

**(57) Resumo:** A presente invenção refere-se a um arranjo semicondutor e um inversor incorporando o arranjo semicondutor, em particular a um inversor para uso com as unidades de potência de tração, por exemplo, para veículos dentro e fora de estrada (on e off road) e inversão de potência estacionária, que são descritos. No arranjo, os dispositivos semicondutores são acoplados termicamente e eletricamente a um dissipador de calor como um módulo. O dissipador de calor é configurado como uma barra de barramento para conectar eletricamente um ou mais dispositivos semicondutores juntos para transmitir potência entre um ou mais dispositivos semicondutores. Os dispositivos semicondutores podem ser arrefecidos usando a estrutura à qual estão associados e também imersos em um meio de arrefecimento para aumentar ainda mais o arrefecimento do dispositivo.



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"ARRANJO SEMICONDUTOR"**.

CAMPO TÉCNICO

[0001] A presente invenção refere-se a um arranjo semicondutor e um inversor que incorpora o arranjo semicondutor, em particular a um inversor para uso com unidades de potência de tração, por exemplo, para veículos dentro e fora de estrada (on e off road) e inversão de potência estacionária.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

[0002] As máquinas elétricas se desenvolveram significativamente nas últimas duas décadas, impulsionadas por uma tendência mundial de "mais elétrica", com melhorias sendo mostradas na densidade de potência e torque e também nas saídas de potência máximas e contínuas, ou seja, as máquinas elétricas ficaram menores e/ou suas saídas de potência aumentaram.

[0003] As instâncias de máquinas elétricas encontram-se, por exemplo, em veículos híbridos de vários tipos, veículos elétricos cheios, impulsores de hélice encontrados em embarcações anfíbias e aéreas e geradores móveis e estacionários, em aplicações terrestres, marítimas e aéreas. Há muitos outros casos em que máquinas elétricas já estão em uso ou estão encontrando novas aplicações.

[0004] Existe uma vantagem particular dos inversores de alta densidade de potência e tamanho de pacote pequeno em algumas aplicações em que a tecnologia atual do motor de combustão interna (ICE) está sendo hibridizada e o espaço é limitado. Aumentar o espaço para acomodar a tecnologia elétrica juntamente com o ICE, onde os componentes do motor já estão bem empacotados, pode causar impacto nos painéis e partes de componentes e modificar o espaço disponível com frequência requer novas ferramentas com custos frequentemente proibitivos concomitantes.

[0005] Em muitos casos, as tecnologias de inversores de potência estão atrasadas em relação aos avanços da máquina elétrica e isso levou a situações em que inversores de potência de tamanho adequado não estão disponíveis para as melhores máquinas elétricas da classe, ou seja, inversores de fornecimento de potência são desproporcionalmente grandes em comparação com as máquinas elétricas do estado-da-técnica.

[0006] Os inversores em tais casos convertem corrente contínua tipicamente derivada de baterias ou outras fontes para corrente alternada frequentemente, mas nem sempre em formato trifásico para prover potência a máquinas elétricas.

[0007] Além da baixa densidade de potência, o superaquecimento do inversor pode ocorrer quando a potência máxima ou, em alguns casos, até mesmo a potência nominal contínua for obtida por máquinas elétricas avançadas.

[0008] Como é bem conhecido, as máquinas elétricas produzem perdas por aquecimento por joule ( $I^2R$ ) através da passagem de corrente nas conexões de fiação elétrica, operação e indução de componentes passivos e ativos e esforços para minimizar essas perdas que aumentaram as densidades de potência através de invenções como WO2010092400 onde as ditas perdas de aquecimento por joule são geridas e removidas da máquina, permitindo que sejam trabalhadas com mais força e, assim, melhoraram drasticamente as densidades de potência / torque.

[0009] Trabalhar máquinas elétricas com mais força requer que os inversores de fornecimento de potência trabalhem de maneira similar no fornecimento de potência CA frequentemente derivada de uma fonte CC. Essa assim chamada “inversão de potência” é realizada por vários componentes eletrônicos dispostos para manipular; alta tensão, comu-

tação rápida e armazenamento temporário de potência. É bem conhecido que os dispositivos elétricos e eletrônicos também geram aquecimento por joules proporcional à passagem de corrente e um aumento na temperatura de dispositivos eletrônicos passivos e ativos pode levar à redução da eficiência do inversor e, na pior das hipóteses, à falha prematura dos componentes do inversor. Por conseguinte, são necessários mecanismos de dissipação de calor do inversor.

[0010] Várias abordagens foram feitas para lidar com o aumento da temperatura de aquecimento por joule em módulos elétricos. WO2016/008509 descreve componentes eletrônicos dispostos em contato mecânico / térmico com uma pluralidade de dissipadores de calor com componentes eletrônicos e dissipadores de calor submersos em meio refrigerante no qual os próprios dissipadores de calor são dispostos para guiar o meio de arrefecimento em um fluxo em formato de zigzag do meio de arrefecimento de um componente eletrônico para outro a partir da entrada do invólucro para sua saída.

[0011] Uma desvantagem dessa abordagem é que os componentes eletrônicos são isolados eletricamente dos dissipadores de calor e aumentam a resistência térmica causada pelo isolamento, reduzem a dissipação de potência nos componentes eletrônicos e a densidade de empacotamento dos componentes não é compacta, aumentando o tamanho do módulo eletrônico e efetivamente diminuindo sua densidade de potência.

[0012] Uma abordagem alternativa é oferecida pelo documento WO2005/048672 que ensina um dispositivo elétrico ou eletrônico de paredes duplas no qual o calor gerado por componentes elétricos e eletrônicos é dissipado pela montagem dos referidos componentes em uma parede interna da referida carcaça de parede dupla em que a parede interna provê uma superfície de absorção de calor e a parede externa provê um duto de ar através do qual o ar impulsionado pelo ventilador

transfere o calor da carcaça interna para o ar forçado do ventilador que é canalizado para fora.

[0013] Uma desvantagem desta abordagem é também a resistência térmica entre componentes elétricos e eletrônicos que estão termicamente, mas não eletricamente conectados à carcaça interna e, portanto, a dissipação de potência nos referidos componentes é menor do que poderia ser alcançada e dispositivos eletrônicos / elétricos montados usando essa abordagem de carcaça de parede dupla são assim maiores.

[0014] O documento US2014355212 ensina um conjunto de controlador de motor submerso em um líquido de arrefecimento de fluorocarbono não condutor. O referido controlador de motor incluindo módulo de placa de potência e comutadores semicondutores de MOSFETS. Cada comutador possui um dissipador de calor de encaixe individual para aumentar a área de superfície disponível para o líquido de arrefecimento.

[0015] Embora a US2014355212 melhore significativamente o arrefecimento em virtude da capacidade de arrefecimento do refrigerante líquido de fluorocarbono, a montagem de dissipadores de calor em componentes comutadores individuais diminui a densidade de empacotamento do componente, o que impacta diretamente no tamanho de um controlador de motor.

[0016] É geralmente desejável melhorar o contato térmico entre os componentes elétricos / eletrônicos geradores de calor e substratos de dissipação / espalhamento de calor e tirar vantagem da transferência e arrefecimento de calor melhorados para empacotar intimamente os referidos componentes de modo a miniaturizar os conjuntos e colocar os referidos componentes em arranjos eletricamente benéficos.

[0017] Por isso, apreciamos a necessidade de um arranjo semicondutor melhorado e um inversor que incorpore esse arranjo semicondutor.

## SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[0018] A presente invenção provê, portanto, um arranjo semicondutor, compreendendo: um módulo possuindo um ou mais dispositivos semicondutores acoplados termicamente e eletricamente a um dissipador de calor, o dissipador de calor sendo configurado como uma barra de barramento para conectar eletricamente o um ou mais dispositivos semicondutores juntos para transmitir potência entre o um ou mais dispositivos semicondutores e o dissipador de calor compreendendo um ou mais elementos de permutação de calor para transferir o calor do dissipador de calor para o ambiente circundante, em que o arranjo semicondutor é imerso em um meio de arrefecimento para arrefecer o arranjo semicondutor.

[0019] O arranjo semicondutor pode ser constituído por um ou mais dispositivos semicondutores que são dispositivos semicondutores de potência que compreendem: transistores bipolares com porta isolada (IGBTs), dispositivos semicondutores de comutação de carboneto de silício (SiC), transistores de efeito de campo metal-óxido semicondutor (MOSFETs), diodos de potência e dispositivos semelhantes.

[0020] Os dispositivos semicondutores de potência podem ser presos mecanicamente ou ligados a um dissipador de calor de condução elétrica e térmica. Os elementos de permutação de calor podem compreender: aletas, orifícios para pinos, orifícios ou partições de perfis regulares ou irregulares.

[0021] A presente invenção também provê um inversor para converter CC para CA, compreendendo: uma ou mais entradas para receber uma ou mais tensões CC; uma ou mais saídas para emitir uma ou mais tensões CA; e uma pluralidade de módulos de arranjo semicondutor como descrito acima, a pluralidade de módulos de arranjo semicondutor sendo acoplados a uma ou mais entradas e uma ou mais saídas, os módulos de arranjo semicondutores sendo montados em uma placa

de circuito impresso (PCB), a PCB provendo conexões elétricas entre os dispositivos semicondutores, a uma ou mais entradas e a uma ou mais saídas, e um alojamento para alojar a pluralidade de módulos de arranjo semicondutor em uma câmara dentro do alojamento, o alojamento compreendendo portas de entrada e de saída em comunicação fluida com a câmara respectivamente para receber e emitir um meio de arrefecimento, em que a câmara é inundada com um meio de arrefecimento para arrefecer o inversor.

[0022] Neste inversor, as tensões CC de entrada podem compreender uma tensão de entrada +CC e/ou uma tensão de entrada -CC, e em que a saída CA pode compreender uma tensão de saída de fase CA.

[0023] Cada um da pluralidade de módulos de arranjo semicondutor tem um eixo longitudinal, e em que cada módulo pode ser montado na PCB de tal modo que os eixos longitudinais dos módulos são paralelos um ao outro. Os módulos podem ser dispostos na PCB de modo a serem simétricos em pelo menos um eixo.

[0024] Os módulos podem ser dispostos eletricamente para prover uma topologia de três níveis do tipo T ou uma topologia de dois níveis.

[0025] Quando configurada como uma topologia de três níveis tipo T, o inversor pode compreender uma segunda saída CC a uma tensão  $CC / 2$ .

[0026] O arranjo elétrico entre os módulos pode ser configurável através de uma ou mais barras conectoras, cada de uma ou mais barras conectoras conectando as barras de barramento de dissipadores de calor de dois módulos em conjunto para prover a topologia de três níveis tipo T ou a topologia de dois níveis.

[0027] O inversor pode compreender quatro módulos dispostos em uma configuração de três níveis tipo T, e em que as barras de barramento do dissipador de calor de dois dos quatro módulos são conectadas eletricamente juntas usando uma barra conectora. Neste arranjo, as

barras de barramento do dissipador de calor do segundo e terceiro módulos, localizadas na placa de circuito impresso entre o primeiro e o quarto módulos, podem ser conectadas eletricamente usando a barra conectora.

[0028] O inversor pode compreender quatro módulos dispostos em uma configuração de dois níveis, e em que as barras de barramento do dissipador de calor de um primeiro grupo de dois módulos são conectadas eletricamente usando uma primeira barra conectora, e em que as barras de barramento do dissipador de calor de um segundo grupo de dois módulos são eletricamente conectadas juntas usando uma segunda barra conectora. Neste arranjo, os segundo e terceiro dos módulos podem estar localizados na PCB entre os primeiro e quarto módulos e em que as barras de barramento do dissipador de calor dos primeiro e terceiro módulos são conectadas eletricamente em conjunto utilizando a primeira barra conectora e em que as barras de barramento do dissipador de calor dos segundo e quarto módulos são eletricamente conectadas juntas usando a segunda barra conectora.

[0029] O inversor pode compreender três módulos dispostos em uma configuração de três níveis tipo T, em que o primeiro e o terceiro dos módulos estão localizados na PCB de cada lado do segundo módulo.

[0030] Em qualquer um dos anteriores, o inversor pode compreender duas ou mais pluralidades de módulos de arranjo semicondutor, cada uma das duas ou mais pluralidades de módulos de arranjo semicondutor que proveem uma fase de uma tensão CA de saída multifásica.

[0031] O meio de arrefecimento pode ser um meio de arrefecimento dielétrico, tal como um fluido dielétrico.

[0032] No inversor acima, a PCB e componentes elétricos e eletrônicos adicionais montados na PCB podem estar localizados dentro da câmara e imersos no meio de arrefecimento.



[0033] O fluido de arrefecimento pode ser bombeado de modo a fazer com que o meio flua entre a porta de entrada e a porta de saída.

[0034] A porta de entrada e a porta de saída do inversor podem ser acopladas a um circuito de arrefecimento que compreende um trocador de calor, o trocador de calor para a remoção de calor do meio de arrefecimento.

[0035] A saída do inversor pode ser configurada para alimentar um motor elétrico, e em que o circuito de arrefecimento está em comunicação fluida com um circuito de arrefecimento do motor elétrico.

[0036] A saída do inversor pode ser configurada para alimentar um motor elétrico.

#### DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[0037] A presente invenção será agora descrita, apenas a título de exemplo, e com referência aos desenhos anexos, nos quais:

[0038] figura 1 mostra um esquema do extensor de alcance híbrido completo;

[0039] figura 2 mostra semicondutores de potência ligados a dissipadores de calor;

[0040] figura 3 mostra um arranjo do dissipador de calor mostrando a função da barra de barramento;

[0041] figuras 4a, b, c mostram os arranjos da barra de barramento do dissipador de calor mostrando o circuito de função da barra de barramento;

[0042] figuras 5a, b mostram arranjos da barra de barramento do dissipador de calor para prover uma topologia de 3 níveis tipo T;

[0043] figuras 6a, b mostram os arranjos da barra de barramento do dissipador de calor para prover uma topologia de 2 níveis;

[0044] figura 7 mostra um módulo inversor com arranjo simétrico e caminhos de fluxo de fluido;

[0045] figura 8 mostra vários arranjos dos circuitos de refrigerante;

e

[0046] figuras 9a, b, c mostram os circuitos refrigerantes.

#### DESCRIÇÃO DETALHADA DAS MODALIDADES PREFERIDAS

[0047] Em resumo, a invenção utiliza um arranjo em que dispositivos semicondutores são acoplados termicamente e eletricamente a um dissipador de calor como um módulo. O dissipador de calor é configurado como uma barra de barramento para conectar eletricamente um ou mais dispositivos semicondutores para transmitir potência entre um ou mais dispositivos semicondutores. De um modo vantajoso, isto significa que os dispositivos semicondutores podem ser arrefecidos utilizando a estrutura à qual estão eletricamente e termicamente presos. Além disso, a invenção permite que esta estrutura modular seja usada em dispositivos maiores, tais como inversores, e também que estes módulos possam ser imersos em um meio de arrefecimento para aumentar ainda mais o arrefecimento dos dispositivos.

[0048] Com referência à figura 1 é mostrado um uso exemplar da presente invenção em um extensor de alcance híbrido completo em que um motor de combustão interna 100 ligado mecanicamente de modo a impulsionar um gerador de motor elétrico 110 é ainda conectado a um conjunto controlador / inversor 120 (emitindo uma tensão CC), que por sua vez está conectada a uma bateria 130, a referida bateria estando adicionalmente conectada a um segundo conjunto controlador / inversor 140 (emitindo uma tensão trifásica) que provê energia a uma segunda unidade de tração motor / gerador 150.

[0049] Este é apenas um exemplo das aplicações da tecnologia inversora e será entendido que existem muitas aplicações móveis para terra, água e ar onde os inversores encontram aplicação e similaridade para máquinas estacionárias.

[0050] Embora os exemplos da presente invenção sejam feitos com referência à inversão de potência CC para CA, os versados na técnica

verão que os inversores podem ser configurados para serem unidirecionais, isto é, inverter CC para CA ou CA para CC ou os inversores podem ser configurados para serem bidirecionais, isto é, CC para CA e CA para CC e a presente invenção é aplicável a todas essas configurações de inversão de potência.

[0051] As figuras 2a, b, c mostram um exemplo de arranjo semicondutor. Neste arranjo, um grupo de comutadores semicondutor de potência 10 é ligado diretamente ou ligado a dissipadores de calor 20 em agrupamentos relevantes para a aplicação de módulos elétricos finais. A ligação pode, por exemplo, ser um método de soldagem a alta temperatura (não descrito) realizado em um quadro de curto prazo, de modo a não afetar adversamente o funcionamento dos componentes semicondutores 10. O uso de ligação direta provê uma interface elétrica de baixa resistência elétrica e interface térmica correspondente de baixa resistência térmica.

[0052] As figuras 2a, b, c mostram três configurações diferentes da barra de barramento - dissipador de calor 20. Geralmente, é o coletor (em oposição ao emissor ou porta) que está preso eletricamente ao dissipador de calor 20 e ao paralelizar dispositivos semicondutores de comutação 10, tal como transistores bipolares de porta isolada (IGBTs) é possível aumentar correspondentemente as saídas atuais.

[0053] Os semicondutores de potência 10 são soldados diretamente a um dissipador de calor elétrico e termicamente condutor 20 para remover o calor dos dispositivos de comutação 10 que estão dispostos para prover um braço ativo de um inversor de fase 40.

[0054] As barras de barramentos do dissipador de calor são eletricamente condutores e têm correspondentemente alta condutividade térmica e são tipicamente feitos de materiais de alta condutividade elétrica e térmica, por exemplo, alumínio ou cobre que pode ser ligado a outros

elementos para melhorar as características de processamento / formação.

[0055] Pode ser visto nas figuras 2a, b, c que os comutadores de semicondutores 10 podem ser montados em proximidade e em formatos que são facilmente replicados para formar módulos 40 com grande precisão, otimizando assim o potencial de simetria mecânica, um forte contribuinte para a simetria elétrica desejada. O layout de semicondutores e componentes elétricos é projetado para minimizar a indutância entre componentes, que em parte é alcançada pela proximidade de componentes, e também provê caminhos simétricos para cada fase e particularmente comutadores de dispositivos semicondutores 10 dentro de cada fase.

[0056] Diferentes abordagens para espalhar calor a partir de dispositivos semicondutores e subsequente dissipação podem ser usadas na presente invenção, tais como dissipadores de calor com aletas comumente usadas, figuras 2a, c, um dissipador de calor de grade de pinos mais elaborado (não mostrado) ou um novo dissipador de calor com orifícios surpreendentemente eficiente 2b, onde em cada caso os dissipadores de calor também são componentes integrais do circuito elétrico, geralmente atuando como barras de barramentos de alta corrente.

[0057] A minimização da indutância nos caminhos de corrente dos componentes de potência é importante para melhorar a eficiência ao comutar a corrente alta. A minimização da indutância pode ser conseguida usando caminhos de condutores retos e não curvados e mantendo os referidos percursos de condutor tão curtos quanto possível.

[0058] A figura 3 mostra arranjo de módulo 40 de comutadores do dispositivo semicondutor 10 ligados eletricamente a uma barra de barramento do dissipador de calor 20, e ainda conectados eletricamente pela placa de circuito impresso 60 e ao condensador 70. A saída é através do conector 80.

[0059] A indutância de dispersão nos caminhos de corrente leva a oscilações amortecidas, às vezes chamadas de “toque”, que acontecem após cada evento de comutação. Tais oscilações são sobrepostas acima da tensão de fornecimento, levando a dispositivos semicondutores e condensadores com tensões maiores que o fornecimento por curtos intervalos. Isso afeta a classificação e a vida útil dos dispositivos e aumenta a emissão de interferência eletromagnética (EMI) produzida pelo produto. Os picos de oscilação podem ser reduzidos aumentando o tempo que leva para que os dispositivos semicondutores mudem do estado de baixa impedância (“on”) para o estado de alta impedância (“off”). Infelizmente, a mudança do estado “on” para o estado “off” envolve dispositivos comutadores de semicondutores que se movem através de um modo linear, no qual a resistência gradualmente aumenta de muito baixa para muito alta. Durante esse tempo, o dispositivo dissipa a energia e aquece. Portanto, os dispositivos exigem mais arrefecimento ou a classificação de corrente do inversor deve ser reduzida. Portanto, em geral, velocidades de comutação mais altas são preferidas, mas isso requer baixa indutância perdida. Na prática, um compromisso na velocidade de comutação e dissipação de calor é alcançado.

[0060] A presente invenção provê uma valiosa vantagem nestes aspectos permitindo a proximidade (caminhos curtos de condução) como mostrado nas figuras 2 e 3 onde componentes semicondutores próximos 10 conectados por solda (alta via de dissipação térmica) entre si por meio de grandes dissipadores de indução de barramento de baixa indutância 20. Os comutadores de dispositivos semicondutores paralelos 10 aumentam a capacidade de corrente e a conexão em série permite o compartilhamento de tensão. Ambas as abordagens vêm com a fixação e a parada dos circuitos de gerenciamento associados para equalizar a corrente e a tensão, respectivamente. Uma vantagem vali-

osa oferecida pela presente invenção é que, com excelente simetria física, a tarefa desses circuitos equalizadores é direcionada principalmente para variações entre os componentes.

[0061] A provisão de fases dentro de um inversor com impedâncias correspondentes provê um design simétrico, o que significa que cada fase se comporta de maneira similar. As fases simétricas simplificam muito o controle de corrente / tensão e / ou reduzem ondulações de corrente e torque.

[0062] Como será compreendido, a presente invenção melhora grandemente a proximidade de dispositivos semicondutores de comutação em dissipadores de calor de barra de barramento maciço provendo prontamente simetria mecânica com excepcional dissipação de calor de componente.

[0063] Nas figuras 4a, b, c, os comutadores semicondutores de potência 10 de uma submontagem de inversor 40 são soldados ligados às barras de barramento de dissipadores de calor 22, 23, 24, 25 e são agrupados para permitir uma alteração simples durante a produção para prover um inversor de 2 níveis (figura 4a) ou uma topologia de inversor de 3 níveis tipo T (figura 4b).

[0064] A figura 4c mostra um esquema de divisão de tensão através dos comutadores de dispositivo de semicondutor 10 para um inversor de três níveis tipo T ligando os coletores de média tensão de comutação ao ponto médio do CC / 2 dos condensadores 11, 12. A saída 17 de tal submontagem de módulo para um inversor de 3 níveis tipo T é uma fase U, V ou W.

[0065] No caso de três inversores de tensão de nível T de tensão, os coletores de média tensão são comuns e conectados por serem soldados juntos nos dissipadores de calor 22, 24. Outros meios de ligação adequados incluem fixação mecânica, ligação de prata ou alumínio de

solda de silício eutético, conexão de metal líquido em temperatura ambiente, e em todos os casos, a ligação deve conseguir conexão mecânica e térmica e elétrica excelentes. O resultado são quatro barras de barramentos do dissipador de calor por fase de saída, cujos potenciais são: -

- + barramento CC 23
- Coletores de média comutação 24 no potencial do condensador 11
- Coletores intermediários 22 no potencial do condensador 12
- fase de saída 27

[0066] Para um inversor de três níveis de tensão tipo T, os coletores de média comutação 22 e 24 são conectados eletricamente por uma ponte elétrica de tamanho adequado 9.

[0067] Os versados na técnica verão que coletores de média comutação (barras de barramento dos dissipadores de calor) 22 e coletores de média comutação (barras de barramentos dos dissipadores de calor) 24 podem ser uma única barra de barramento dos dissipadores de calor se a capacidade de mudar para um inversor de dois níveis de tensão não for necessária. Isso resultaria em três barras de barramentos do dissipador de calor por fase de saída.

[0068] Os versados na técnica também verão que a barra de barramento do dissipador de calor de barramento de + CC pode ser compartilhado por todas as três fases.

[0069] Com referência à figura 5B, é mostrado um arranjo de submódulos de fase 40 na qual interruptores semicondutores (IGBTs, por exemplo), 10 estão interconectados por meio da barra de barramento do dissipador de calor 22, 23, 24, 25 com a ponte 9 entre as barras de barramento do dissipador de calor 22 e 24, um desses submódulos 40

sendo delineado por uma caixa tracejada, o referido módulo 40 possuindo números de referência com os seus significados anteriormente utilizados. Adicionalmente, são mostrados os condensadores 11, 12 associados, os quais juntos formam um inversor de CC para CA trifásica 200 de topologia de três níveis tipo T.

[0070] A figura 5a é uma representação esquemática de um submódulo inversor 40 da figura 5b, mostrando circuitos funcionais e relação com os condensadores 11, 12.

[0071] Um inversor de topologia de dois níveis, figura 6a, b tem um arranjo diferente de links de ponte 9 entre os barramentos do dissipador de calor.

[0072] No caso de um inversor com dois níveis de tensão com referência à figura 4a e na figura 6a, b, a barra de barramento do dissipador de calor de coletores de média 24 é conectado eletricamente à fase de saída da barra de barramento do dissipador de calor 25 e a barra de barramento do dissipador de calor de coletores de média comutação 22 é conectado eletricamente à barra de barramento o dissipador de calor 23 que é mantido no potencial CC + ve.

[0073] Os versados na técnica verão que coletores de média comutação 24 e barras de barramentos do dissipador de calor de fase de saída 25 pode ser uma única barra de barramento do dissipador de calor e que os coletores de média comutação 22 e barra de barramento do dissipador de calor do barramento + CC barramento 23 poderia ser uma única barra de barramento do dissipador de calor se a capacidade de mudar para um inversor de três níveis de tensão não foi necessária. Isso resultaria em duas barras de barramentos do dissipador de calor por fase de saída. Será apreciado que o arranjo de dispositivos semicondutores de comutação, por exemplo, IGBTs em barras de barramentos dos dissipadores de calor em inversores de dois níveis ou em inversores de 3 níveis tipo T, quer em formatos fixos ou adaptáveis, permitem ainda a



proximidade dos dispositivos de comutação e a precisão na simetria da colocação e da conexão dos componentes.

[0074] Nas modalidades, os dissipadores de calor são utilizados tanto para gerenciamento térmico como como barras de barramentos para conduzir corrente entre dispositivos conectados. Os dissipadores de calor, desse modo, tornam-se partes ativas do circuito do inversor, levando a uma impedância indutiva compensada e reduzida, em virtude de caminhos de condução curtos e maciços. O uso de ligação direta de solda de comutadores de dispositivos semicondutores provê uma interface elétrica comum de baixa resistência elétrica e uma interface térmica de baixa resistência térmica, o último aspecto permitindo que os dispositivos carreguem mais energia antes de serem termicamente limitados.

[0075] A facilidade de prover simetria elétrica sob fluxo de corrente alternada e remoção de calor em virtude de barras de barramentos dos dissipadores de calor melhorada ainda submergindo componentes elétricos e eletrônicos de inversores da presente invenção em um meio de arrefecimento dielétrico que é preferencialmente bombeado ao longo de um caminho de arrefecimento predeterminado dentro de uma carcaça estanque a líquidos contendo os referidos componentes inversores.

[0076] A figura 7 mostra um arranjo simétrico de dispositivos semicondutores ligados de modo a serem eletricamente, termicamente e mecanicamente presos a barras de barramento dos dissipadores de calor 20, o que permite vias de fluido bem definidos com canais estreitos bem definidos 200. Os referidos dispositivos semicondutores estão ainda eletricamente conectados por meio de uma placa de circuito impresso (não mostrada) sobre cuja placa de circuito impresso os componentes elétricos e eletrônicos adicionais permitem o funcionamento adequado do inversor também podem ser montados.

[0077] Na figura 7 vemos um arranjo de dispositivos semiconduto-

res de comutação 10 (IGBTs, por exemplo) ligados a barras de barramentos dos dissipadores de calor furados 20, também placas de circuito impresso e componentes adicionais (não mostrados) do referido arranjo inteiro; barras de barramento dos dissipadores de calor, comutadores do dispositivo semicondutor (IGBTs), placas de circuitos impressos, componentes elétricos e eletrônicos adicionais, sendo imersos em um meio refrigerante em que o dito meio de arrefecimento entra pelo lado direito 250, que é escoado pelos orifícios 260 na barra de barramento do dissipador de calor 20 removendo assim o calor dos dispositivos semicondutores de comutação 10. O meio refrigerante sendo impelido para fluir por razão de ser bombeado, por exemplo.

[0078] Em um arranjo similarmente simétrico mostrado na figura 8, grupos de dispositivos semicondutores presos de forma a serem conectados elétrica, termicamente e mecanicamente às barras de barramentos do dissipador de calor 20 permitem vias de fluido bem definidas com canais estreitos bem definidos 210. Na figura 8 há visto um arranjo de dispositivos semicondutores de comutação 10 (IGBTs) ligados a barras de barramento dos dissipadores de calor 20 com aletas extrudadas, o referido arranjo sendo imerso em um meio refrigerante em que o referido meio de arrefecimento que entra a partir do lado esquerdo superior da matriz 290, que é feito fluir de volta pelo menos ao longo dos canais da aleta do dissipador de calor 210 parte das barras de barramento do dissipador de calor 20, removendo assim o calor dos dispositivos semicondutores de comutação 10. O meio refrigerante sendo impelido a fluir em razão de ser bombeado.

[0079] Os sistemas inversores da presente invenção compreendendo barras de barramentos dos dissipadores de calor nos quais estão presos comutadores de dispositivos semicondutores de modo a serem elétrica, térmica e mecanicamente ligados, os referidos dispositivos semicondutores também sendo interconectados por meio de placa (s) de

circuito impresso e eletricamente conectados a componentes elétricos e eletrônicos para formar inversor e possivelmente circuitos controladores estão alojados em um alojamento estanque ao líquido (não mostrado) possuindo portas para entrada e saída do meio refrigerante (não mostrado) e portas para interfaces elétricas (não mostradas). O meio refrigerante é bombeado para permitir o fluxo e, por conseguinte, a remoção de calor dos referidos sistemas inversores e o referido meio refrigerante é movido tipicamente para um trocador de calor externo. Para algumas aplicações, pode ser possível dissipar calor suficiente por meio de aletas de dissipação de calor montadas ou formadas nas referidas superfícies de alojamento. Em algumas modalidades, pode ser possível para uma bomba dentro do referido alojamento mover o meio refrigerante em um circuito fechado utilizando apenas aletas de alojamento para remover o calor de um sistema inversor.

[0080] O meio refrigerante usado na presente invenção é um fluido dielétrico, por exemplo, uma poli alfa olefina (PAO), fluido de fluorocarbono como Fluorinert<sup>TM</sup>, fluidos refrigerantes podem ser de fase simples ou dupla e arrefecimento pode ser derivado da capacidade de calor líquido ou calor de vaporização, tais meios refrigerantes são bem conhecidos e são úteis para o arrefecimento de componentes eletrônicos, e sistemas, por exemplo, dispositivos semicondutores, condensadores e resistores e subconjuntos montados para formar inversores e controladores. O referido refrigerante também pode ser utilizado para arrefecer máquinas elétricas, por exemplo, motores / geradores que podem ser alimentados / controlados por esses sistemas eletrônicos.

[0081] Com referência às figuras 9a, b, c: A figura 9a mostra dois circuitos refrigerantes separados, um para um sistema de controle / fornecimento de potência, por exemplo, inversor / controlador 300 e outro para uma máquina elétrica, por exemplo, motor / gerador 400. Cada circuito de refrigerante pode compreender um trocador de calor 350, uma

bomba 360 e linhas de fornecimento / retorno de fluido 370.

[0082] As figuras 9b e 9c mostram uma configuração de arrefecimento onde um único trocador de calor 350 e uma única bomba 360 são utilizados para arrefecer um inversor / controlador 300 e subsequentemente uma máquina elétrica 400.

[0083] Na figura 9b a bomba 360 para impulsionar o meio refrigerante ao redor do circuito refrigerante ao longo das linhas de fluido 370 é colocada entre o inversor / controlador 300 e a máquina elétrica 400. A colocação da bomba é uma função de espaço, facilidade de acesso e remoção de bolsas de ar entre vários outros fatores e pode ser facilmente colocado entre o trocador de calor 350 e a máquina elétrica 400, figura 9c.

[0084] A decisão sobre qual é resfriado primeiro, máquina elétrica ou controlador / fornecimento de potência é geralmente baseada em o que dissipa mais calor quando em uso.

[0085] Sem dúvida, muitas outras alternativas eficazes ocorrerão para o versado na técnica. Entender-se-á que a invenção não está limitada às modalidades descritas e abrange modificações evidentes para os versados na técnica situadas no âmbito das reivindicações anexas.

## REIVINDICAÇÕES

1. Arranjo semicondutor, **caracterizado** pelo fato de que compreende:

um módulo possuindo um ou mais dispositivos semicondutores acoplados elétrica e termicamente a um dissipador de calor, o dissipador de calor sendo configurado como uma barra de barramento para conectar eletricamente um ou mais dispositivos semicondutores juntos para transmitir potência entre o um ou mais dispositivos semicondutores e o dissipador de calor compreendendo um ou mais elementos de permutação de calor para transferir o calor do dissipador de calor para o ambiente circundante,

em que o arranjo semicondutor é imerso em um meio de arrefecimento para arrefecer o arranjo semicondutor.

2. Arranjo semicondutor, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que um ou mais dispositivos semicondutores são dispositivos semicondutores de potência.

3. Arranjo semicondutor, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, **caracterizado** pelo fato de que o um ou mais dispositivos semicondutores compreendem dispositivos de comutação semicondutor de Carboneto de silício (SiC), IGBT, transistores de efeito de campo metal-óxido semicondutor (MOSFETs) ou diodos de potência.

4. Arranjo semicondutor, de acordo com a reivindicação 1, 2 ou 3, **caracterizado** pelo fato de que o um ou mais dispositivos semicondutores são presos mecanicamente ou ligados ao dissipador de calor.

5. Arranjo semicondutor, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **caracterizado** pelo fato de que os elementos de permutação de calor compreendem: aletas, orifícios para pinos, orifícios ou partições de perfis regulares ou irregulares.

6. Inversor para converter CC para CA, **caracterizado** pelo

fato de que compreende:

uma ou mais entradas para receber uma ou mais tensões CC;

uma ou mais saídas para emitir uma ou mais tensões CA;

uma pluralidade de módulos de arranjo semicondutor, como definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 5 acoplados a uma ou mais entradas e a uma ou mais saídas, os módulos de arranjo semicondutor sendo montados em uma Placa de Circuito Impresso (PCB), a PCB provendo conexões elétricas entre os dispositivos semicondutores, a uma ou mais entradas e a uma ou mais saídas; e

um alojamento para alojar a pluralidade de módulos de arranjo semicondutor em uma câmara dentro do alojamento, o alojamento compreendendo portas de entrada e saída em comunicação fluida com a câmara respectivamente para receber e emitir um meio de arrefecimento, em que a câmara é inundada com um meio de arrefecimento para arrefecer o inversor.

7. Inversor, de acordo com a reivindicação 6, **caracterizado** pelo fato de que as tensões CC de entrada compreendem uma tensão de entrada +CC e / ou uma tensão de entrada -CC, e em que a saída CA compreende uma tensão de saída de fase CA.

8. Inversor, de acordo com a reivindicação 6 ou 7, **caracterizado** pelo fato de que cada um dos vários módulos de arranjo semicondutor tem um eixo longitudinal, e em que cada módulo é montado na PCB de tal modo que os eixos longitudinais dos módulos são paralelos um ao outro.

9. Inversor, de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado** pelo fato de que os módulos estão dispostos na PCB de modo a serem simétricos em pelo menos um eixo.

10. Inversor, de acordo com qualquer uma das reivindicações 6 a 9, **caracterizado** pelo fato de que os módulos são dispostos

eletricamente para prover uma topologia de três níveis tipo T ou uma topologia de dois níveis.

11. Inversor, de acordo com a reivindicação 10, **caracterizado** pelo fato de que, quando configurado como uma topologia de três níveis tipo T, o inversor compreende uma segunda saída CC a uma tensão  $CC / 2$ .

12. Inversor, de acordo com a reivindicação 10 ou 11, **caracterizado** pelo fato de que o arranjo elétrico entre os módulos é configurável através de uma ou mais barras conectoras, cada uma ou mais das barras conectoras conectando as barras de barramento dos dissipadores de calor de dois módulos juntos para prover a topologia de três níveis tipo T ou a topologia de dois níveis.

13. Inversor, de acordo com a reivindicação 12, **caracterizado** pelo fato de que o inversor compreende quatro módulos dispostos em uma configuração de três níveis tipo T, e em que as barras de barramento do dissipador de calor de dois dos quatro módulos são conectadas eletricamente juntas utilizando uma barra conectora.

14. Inversor, de acordo com a reivindicação 13, **caracterizado** pelo fato de que as barras de barramento do dissipador de calor dos segundo e terceiro módulos, localizadas na PCB entre os primeiro e quarto módulos, são conectadas juntas eletricamente usando a barra conectora.

15. Inversor, de acordo com a reivindicação 12, **caracterizado** pelo fato de que o inversor compreende quatro módulos dispostos em uma configuração de dois níveis tipo T, e em que as barras de barramento do dissipador de calor de um primeiro grupo de dois módulos são eletricamente conectadas juntas utilizando uma primeira barra conectora e em que as barras de barramento do dissipador de calor de um segundo grupo de dois módulos são conectadas juntas eletricamente usando uma segunda barra conectora.

16. Inversor, de acordo com a reivindicação 15, **caracterizado** pelo fato de que os segundo e terceiro dos módulos estão localizados na PCB entre o primeiro e o quarto módulos, e em que as barras de barramento do dissipador de calor dos primeiro e terceiro módulos são conectadas juntas eletricamente usando a primeira barra conectora. e em que as barras de barramento do dissipador de calor dos segundo e quarto módulos são eletricamente conectadas juntas usando a segunda barra conectora.

17. Inversor, de acordo com a reivindicação 10 ou 11, **caracterizado** pelo fato de que o inversor compreende três módulos dispostos em uma configuração de três níveis tipo T, o primeiro e o terceiro dos módulos estando localizados na PCB de cada lado do segundo módulo.

18. Inversor, de acordo com qualquer uma das reivindicações 6 a 17, **caracterizado** pelo fato de que compreende duas ou mais pluralidades de módulos de arranjo semicondutor, cada uma das duas ou mais pluralidades de módulos de arranjo semicondutor provendo uma fase de uma tensão CA de saída multifásica.

19. Inversor, de acordo com qualquer uma das reivindicações 6 a 18, **caracterizado** pelo fato de que o meio de arrefecimento é um meio de arrefecimento dielétrico.

20. Inversor, de acordo com qualquer uma das reivindicações 6 a 19, **caracterizado** pelo fato de que a PCB e componentes elétricos e eletrônicos adicionais montados na PCB estão localizados dentro da câmara e imersos no meio de arrefecimento.

21. Inversor, de acordo com qualquer uma das reivindicações 6 a 20, **caracterizado** pelo fato de que o meio de arrefecimento é bombeado de modo a fazer com que o meio flua entre a porta de entrada e a porta de saída.

22. Inversor, de acordo com qualquer uma das reivindicações 6 a 21, **caracterizado** pelo fato de que a porta de entrada e a porta



de saída do inversor estão acopladas a um circuito de arrefecimento que compreende um trocador de calor, o trocador de calor para remover calor do meio de arrefecimento.

23. Inversor, de acordo com a reivindicação 22, **caracterizado** pelo fato de que a saída do inversor é configurada para alimentar um motor elétrico, e em que o circuito de arrefecimento está em comunicação fluida com um circuito de arrefecimento do motor elétrico.

24. Inversor, de acordo com qualquer uma das reivindicações 6 a 22, **caracterizado** pelo fato de que a saída do inversor está configurada para alimentar um motor elétrico.

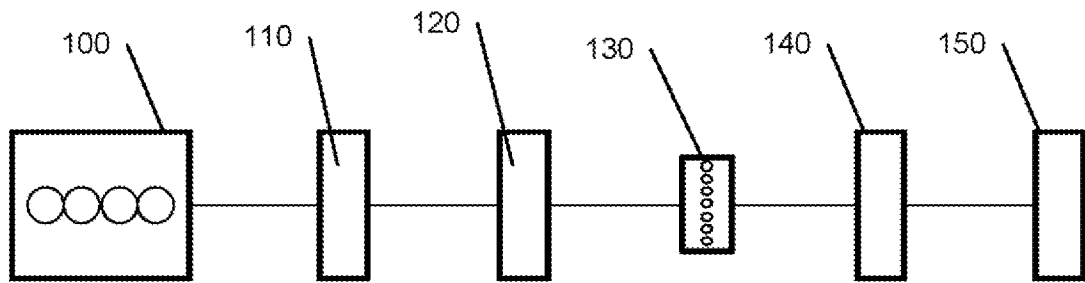


FIG. 1

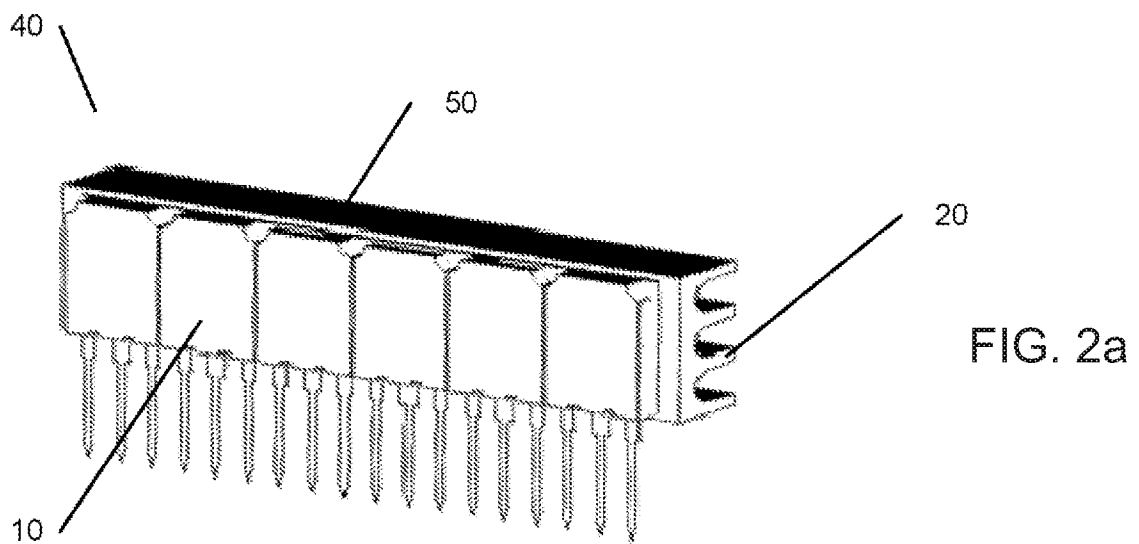


FIG. 2a

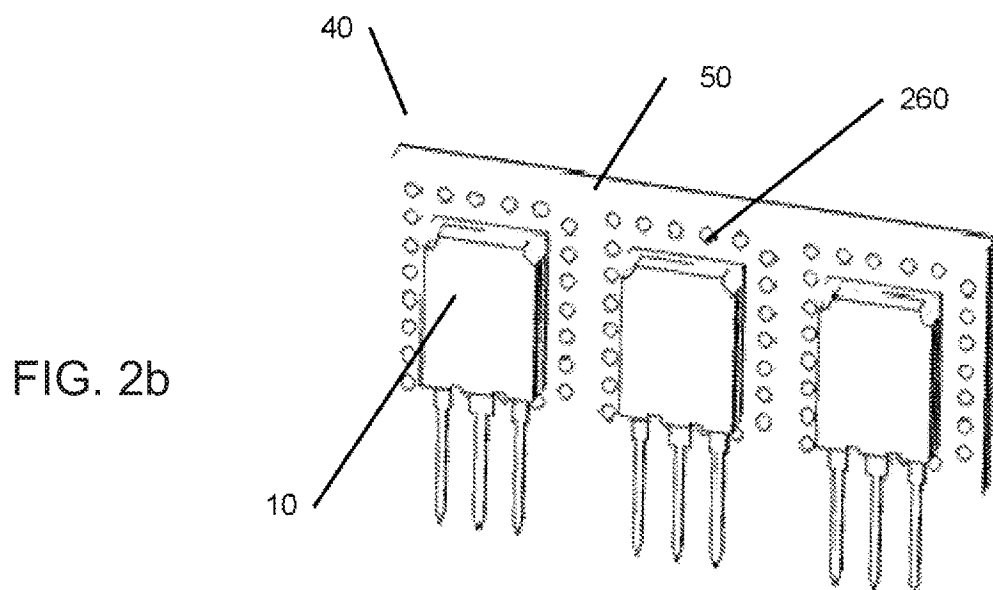


FIG. 2b

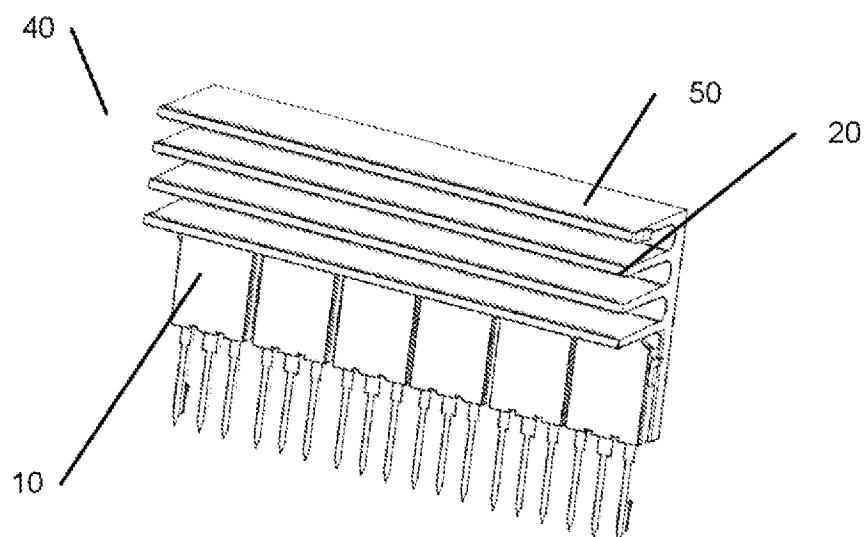


FIG. 2c

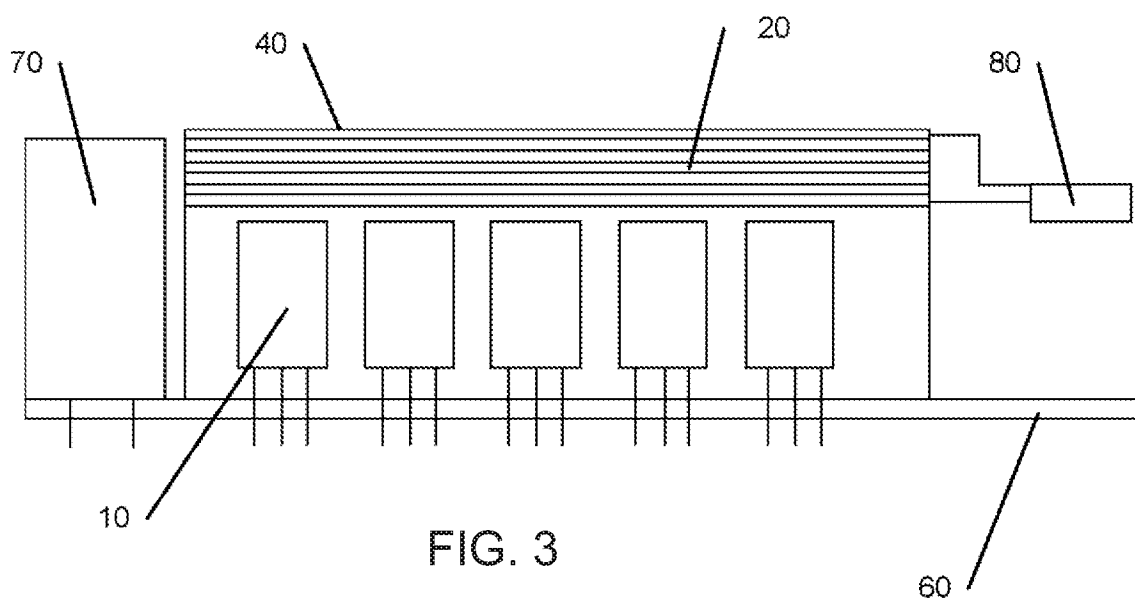


FIG. 3

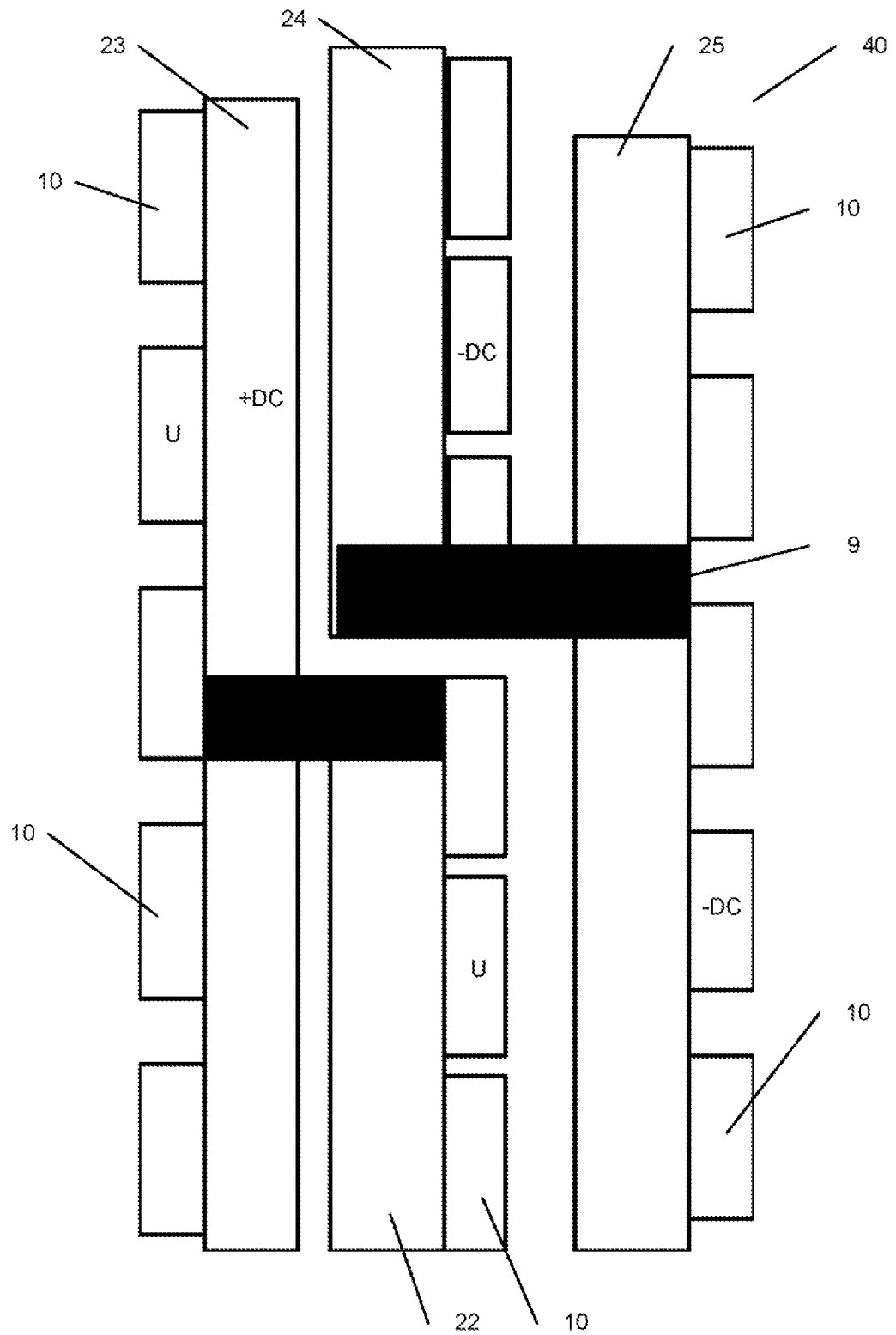


FIG. 4a



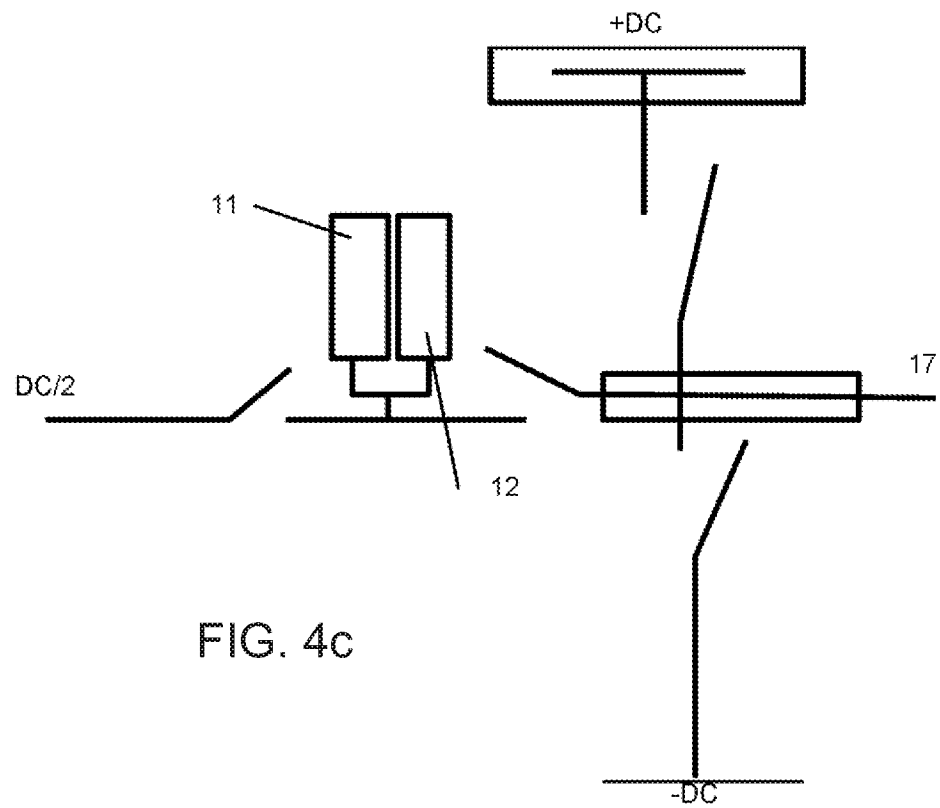


FIG. 4c

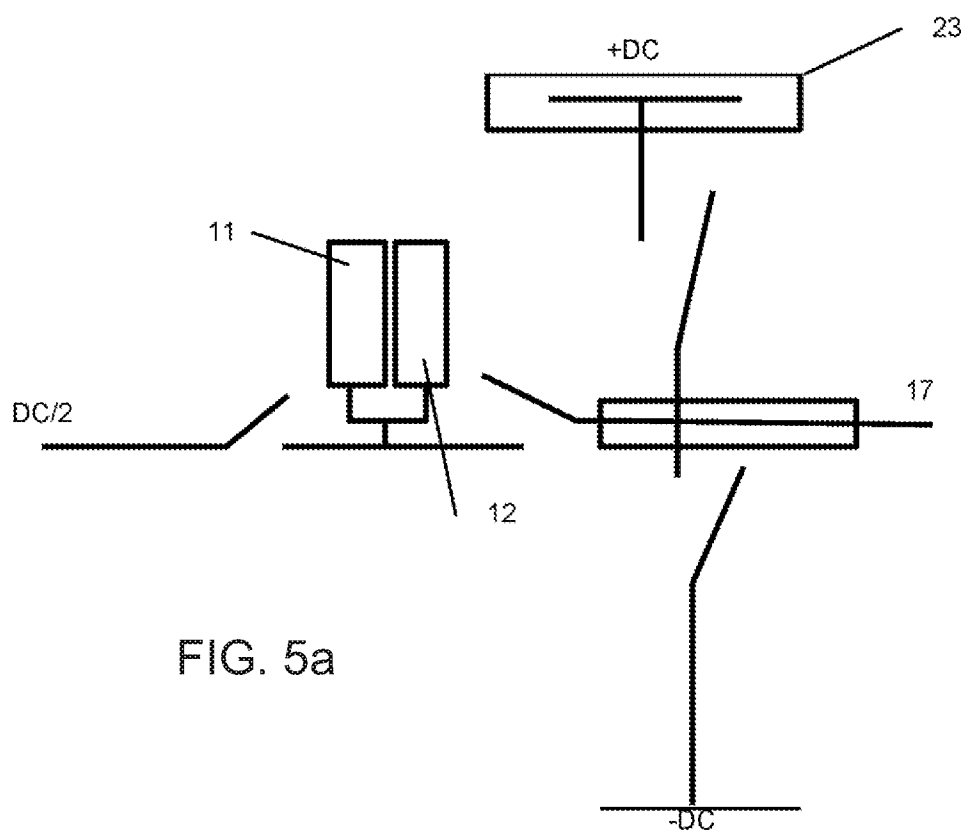
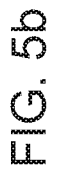


FIG. 5a



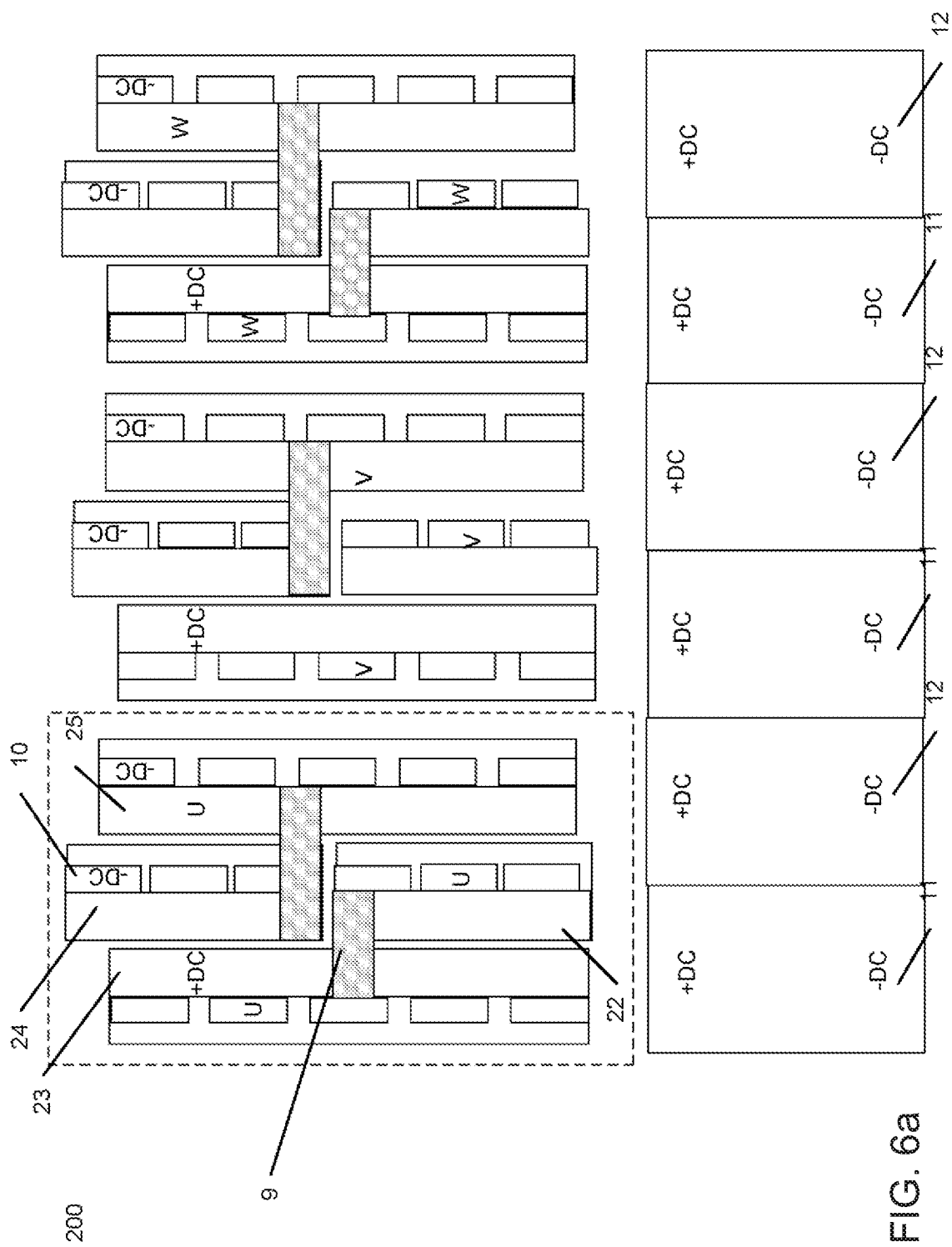


FIG. 6a



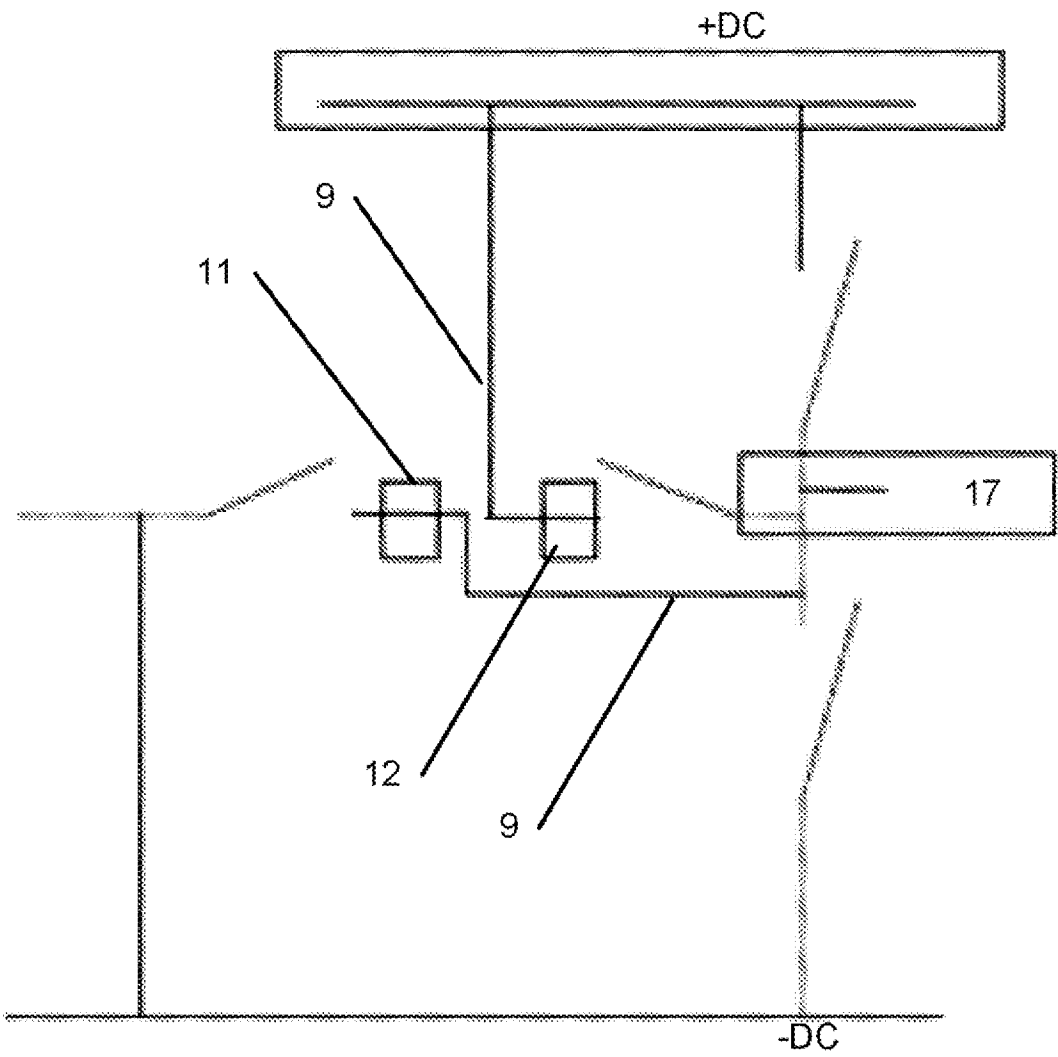


FIG. 6b

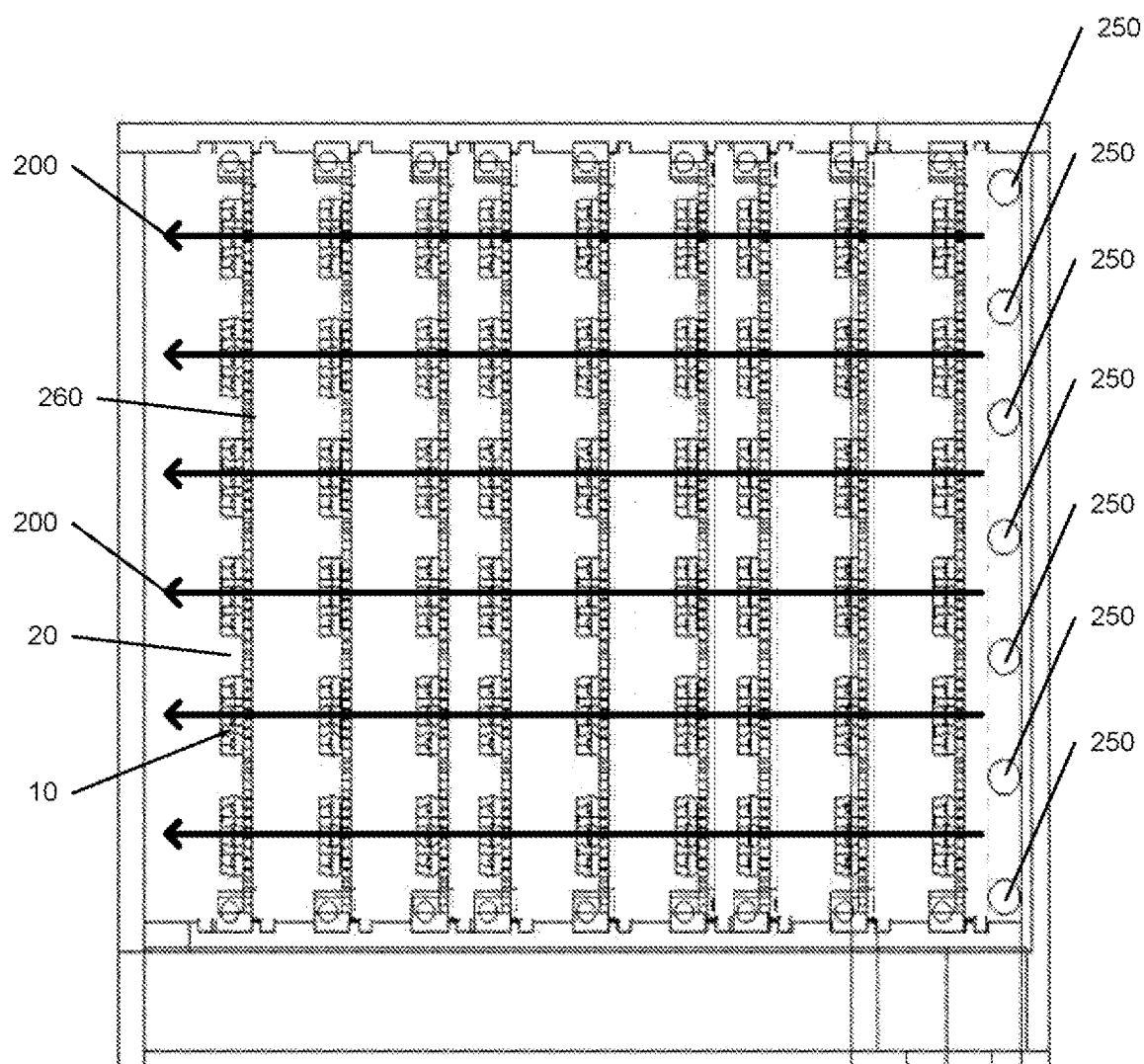


FIG. 7

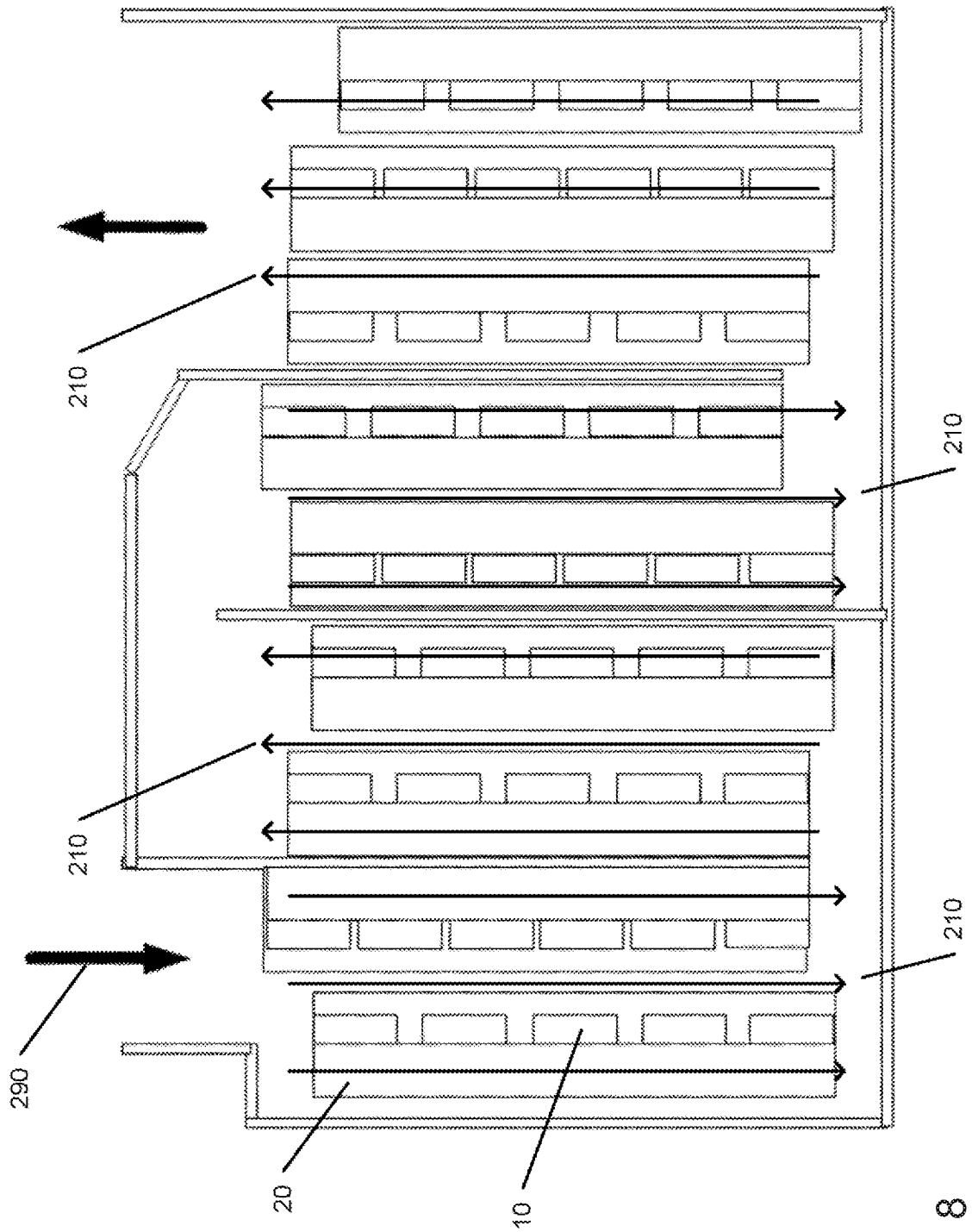


FIG. 8

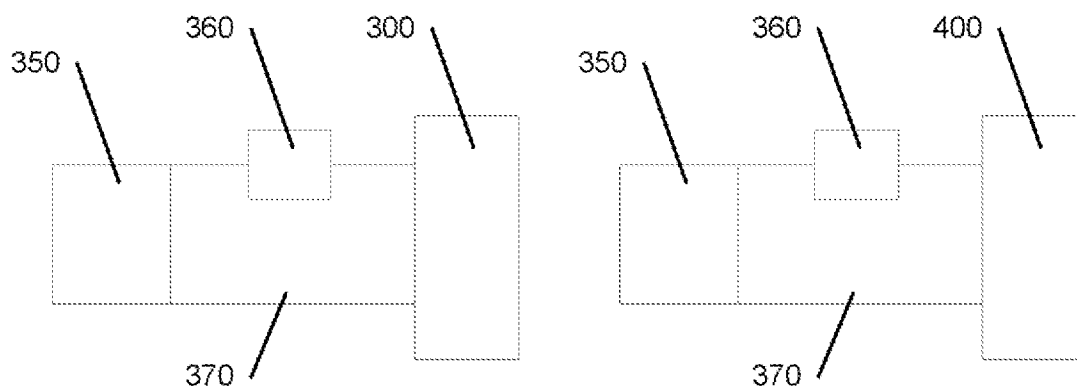


FIG. 9a

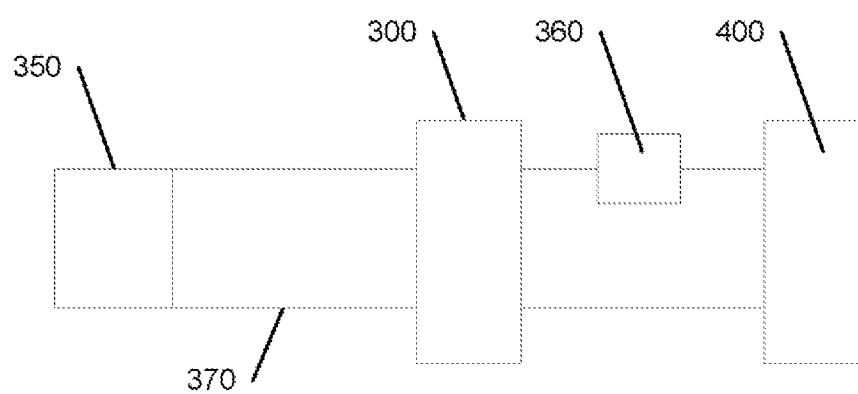


FIG. 9b

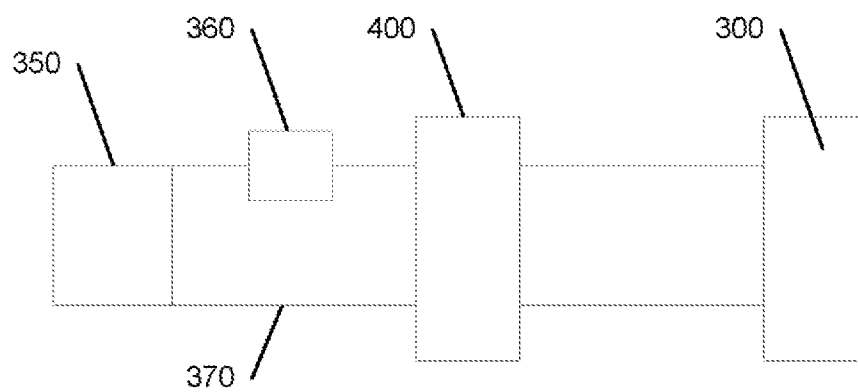


FIG. 9c

## RESUMO

Patente de Invenção: **"ARRANJO SEMICONDUTOR"**.

A presente invenção refere-se a um arranjo semicondutor e um inversor incorporando o arranjo semicondutor, em particular a um inversor para uso com as unidades de potência de tração, por exemplo, para veículos dentro e fora de estrada (on e off road) e inversão de potência estacionária, que são descritos. No arranjo, os dispositivos semicondutores são acoplados termicamente e eletricamente a um dissipador de calor como um módulo. O dissipador de calor é configurado como uma barra de barramento para conectar eletricamente um ou mais dispositivos semicondutores juntos para transmitir potência entre um ou mais dispositivos semicondutores. Os dispositivos semicondutores podem ser arrefecidos usando a estrutura à qual estão associados e também imersos em um meio de arrefecimento para aumentar ainda mais o arrefecimento do dispositivo.