

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

(21) **PI 0621977-2 A2**

BRPI0621977A2

(22) Data de Depósito: 31/08/2006
(43) **Data da Publicação:** 20/12/2011
(RPI 2137)

(51) Int.Cl.:
H01M 4/66
H01M 4/80

(54) Título: PLACA DE ELETRODO DE UM DISPOSITIVO DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA, E, DISPOSITIVO DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA

(73) Titular(es): Firefly Energy Inc.

(72) Inventor(es): Ellen McCarthy, Kurtis C. Kelley, Matthew J. Maroon

(74) Procurador(es): Momsen, Leonardos & CIA.

(86) Pedido Internacional: PCT US2006034161 de 31/08/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2008/027051 de 06/03/2008

(57) Resumo: PLACA DE ELETRODO DE UM DISPOSITIVO DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA, E, DISPOSITIVO DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA De acordo com um aspecto, a presente invenção diz respeito a uma placa de eletrodo para um dispositivo de armazenamento de energia. A placa de eletrodo pode incluir um coletor de corrente de espuma de carbono e uma estrutura de contenção externa. Um material quimicamente ativo pode ser disposto no coletor de corrente de espuma de carbono.

“PLACA DE ELETRODO DE UM DISPOSITIVO DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA, E, DISPOSITIVO DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA”

DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO

5 Campo Técnico

A presente invenção diz respeito ao uso de espuma de carbono em dispositivos de armazenamento de energia e, mais particularmente, à estabilização externa de coletores de corrente de espuma de carbono em um dispositivo de armazenamento de energia.

10 Fundamentos da Invenção

Baterias eletroquímicas, incluindo, por exemplo, baterias ácidas de chumbo, são baseadas em reações químicas para produzir diferenças de potencial eletroquímico. Certos tipos dessas baterias são conhecidos por incluir pelo menos um coletor de corrente positivo, pelo menos um coletor de corrente negativo e uma solução eletrolítica incluindo, por exemplo, ácido sulfúrico (H_2SO_4) e água destilada. Ordinariamente, tanto coletores de corrente positivo quanto negativo em uma bateria ácida de chumbo são construídas de chumbo. O papel desses coletores de corrente de chumbo é transferir corrente elétrica nos terminais da bateria, deles e para eles, durante os processos de descarregamento e carregamento. O armazenamento e liberação de energia elétrica em baterias ácidas de chumbo são habilitados por reações químicas que ocorrem em uma pasta disposta nos coletores de corrente. Os coletores de corrente positivo e negativo, uma vez revestidos com esta pasta, são referidos como placas positiva e negativa, respectivamente.

Embora baterias ácidas de chumbo tenham sido amplamente usadas em várias aplicações, uma notável limitação a respeito da durabilidade

e vida útil de baterias ácidas de chumbo é a corrosão do coletor de corrente de chumbo da placa positiva. Por exemplo, uma vez que o eletrólito de ácido sulfúrico é adicionado na bateria e a bateria é carregada, o coletor de corrente de cada placa positiva é continuamente submetido a corrosão por causa de sua
5 exposição a ácido sulfúrico e aos potenciais anódicos da placa positiva. À medida que o coletor de corrente de chumbo corrói, dióxido de chumbo é formado a partir do metal fonte chumbo do coletor de corrente. Um efeito desta corrosão do coletor de corrente de placa positivo é a expansão volumétrica, uma vez que dióxido de chumbo tem um maior volume do que
10 chumbo. A expansão volumétrica induz tensões mecânicas no coletor de corrente que deforma e estiram o coletor de corrente. A um maior volume total do coletor de corrente de aproximadamente 4 a 7 %, o coletor de corrente pode fraturar. Em decorrência disto, a capacidade da bateria cai, e eventualmente a bateria chega ao final de sua vida útil. Adicionalmente, em
15 estágios avançados de corrosão, pode ocorrer curto interno no coletor de corrente e ruptura do revestimento da célula. Esses efeitos de corrosão podem levar a falha de uma ou mais das células dentro da bateria.

Um método de estender a vida útil de uma bateria ácida de chumbo é aumentar a resistência à corrosão dos coletores de corrente e outros
20 componentes eletricamente condutores na bateria, incluindo carbono eletricamente condutor nos coletores de corrente e componentes. Em virtude de o carbono não oxidar a temperaturas nas quais baterias ácidas de chumbo geralmente operam, alguns desses métodos têm envolvido o uso de carbono em várias formas para diminuir ou impedir o processo de corrosão detrimental
25 em baterias ácidas de chumbo. Por exemplo, espuma de carbono tem sido proposta como um material de coletor de corrente para uso em baterias ácidas de chumbo.

O uso de espuma de carbono (por exemplo, espuma de grafite) como um coletor de corrente pode aumentar a resistência a corrosão e a área

superficial do coletor de corrente sobre grades de coletor de corrente de chumbo. Esta área superficial adicional dos coletores de corrente pode aumentar a energia específica e a potência da bateria, melhorando assim seu desempenho. Entretanto, entre a rede de poros formada na espuma, pode
5 existir uma pluralidade de defeitos que pode permitir a intercalação de íons eletricamente carregados da solução eletrolítica na estrutura da espuma. A intercalação dos íons pode causar danos internos, tais como separação e deslaminção, entre as camadas de espuma, e finalmente levar a baixo desempenho ou falha prematura do coletor de corrente. Os efeitos da
10 intercalação podem ser particularmente prevaientes quando a estrutura de espuma de carbono incluir espuma de grafite.

Assim, existe uma necessidade de uma estrutura, tal como um sistema de contenção estrutural, que possa melhorar a resistncia de espuma de carbono a intercalação de íons e os efeitos prejudiciais deste fenômeno. As
15 modalidades atualmente reveladas são voltadas para atender esta necessidade.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

De acordo com um aspecto, a presente revelação diz respeito a uma placa de eletrodo para um dispositivo de armazenamento de energia. A placa do eletrodo pode incluir um coletor de corrente de espuma de carbono e
20 uma estrutura de contenção externa. Um material quimicamente ativo pode ficar disposto no coletor de corrente de espuma de carbono.

De acordo com um outro aspecto, a presente revelação diz respeito a um dispositivo de armazenamento de energia. O dispositivo de armazenamento de energia pode incluir um alojamento, um terminal positivo,
25 um terminal negativo, e pelo menos uma célula disposta dentro do alojamento. Cada célula pode incluir uma solução eletrolítica, pelo menos uma placa positiva e pelo menos uma placa negativa. A pelo menos uma placa positiva pode incluir um coletor de corrente de espuma de carbono e uma estrutura de contenção externa. Um material quimicamente ativo pode ficar

disposto no coletor de corrente de espuma de carbono.

De acordo também com um outro aspecto, a presente revelação diz respeito a um método para produzir uma placa de eletrodo de um dispositivo de armazenamento de energia. O método pode incluir prover
5 um coletor de corrente de espuma de carbono, aplicar uma estrutura de contenção externa a base de polímero, e aplicar um material quimicamente ativo no coletor de corrente de espuma de carbono.

DESCRIÇÃO RESUMIDA DOS DESENHOS

Os desenhos anexos, que estão incorporados e constituem uma
10 parte desta especificação, fornecem uma representação diagramática das modalidades reveladas e, juntamente com a descrição, servem para explicar os princípios da invenção. Nos desenhos:

A figura 1 fornece uma representação diagramática de um dispositivo de armazenamento de energia de acordo com uma modalidade
15 revelada exemplar;

A figura 2 fornece uma representação diagramática de uma placa de eletrodo com uma modalidade revelada exemplar;

A figura 3 é uma representação diagramática de uma extremidade de contenção de acordo com uma modalidade revelada exemplar;

20 A figura 4 é um fluxograma representando um método exemplar para produzir uma placa de eletrodo de acordo com uma modalidade revelada exemplar;

A figura 5 é uma representação diagramática de uma estrutura de contenção de acordo com uma modalidade revelada exemplar;

25 A figura 6 é uma representação diagramática de uma estrutura de contenção de acordo com uma modalidade revelada exemplar;

A figura 7A é uma representação diagramática de uma estrutura de contenção de acordo com uma modalidade revelada exemplar;

A figura 7B é uma representação diagramática de uma

estrutura de contenção de acordo com uma modalidade revelada exemplar.

DESCRIÇÃO DAS MODALIDADES

A figura 1 fornece uma ilustração de um dispositivo de armazenamento de energia 10, de acordo com uma modalidade revelada exemplar. O dispositivo de armazenamento de energia 10 pode incluir vários tipos de baterias. Por exemplo, em uma modalidade, o dispositivo de armazenamento de energia 10 pode incluir uma bateria ácida de chumbo. Outras composições químicas de bateria, entretanto, podem ser usadas, tais como aquelas baseadas em níquel, lítio, sódio-enxofre, zinco, hidretos metálicos e quaisquer outras composições químicas ou materiais adequados que podem ser usados para prover um potencial eletroquímico.

Conforme ilustrado na figura 1, o dispositivo de armazenamento de energia 10 pode incluir um alojamento 12, terminais 14 (somente um mostrado) e células 16. Cada célula 16 pode incluir uma ou mais placas positivas 18 e uma ou mais placas negativas 19. Em uma bateria ácida de chumbo, por exemplo, placas positivas 18 e placas negativas 19 podem ser empilhadas de uma maneira alternada. Em cada célula 16, uma barra de barramento 20 pode ser provida para conectar as placas positivas 18 umas nas outras. Uma barra de barramento similar (não mostrada) pode ser incluída para conectar placas negativas 19 umas nas outras.

O dispositivo de armazenamento de energia 10 pode também incluir materiais eletrolíticos aquosos ou sólidos que preenchem pelo menos parcialmente um volume entre as placas positivas 18 e as placas negativas 19. Em uma bateria ácida de chumbo, por exemplo, o material eletrolítico pode incluir uma solução aquosa de ácido sulfúrico e água. Baterias a base de níquel podem incluir soluções de eletrólito alcalino que incluem uma base, tal como hidróxido de potássio, misturada com água. Deve-se notar que outros ácidos e outras bases podem ser usados para formar as soluções eletrolíticas das baterias reveladas.

Cada célula 16 pode ser eletricamente isolada de células adjacentes por um separador de células 22. Além disso, placas positivas 18 podem ser separadas das placas negativas 19 por um isolador de placas 23. Tanto os separadores de células 22 quanto os isoladores de placas 23 proporcionam separação elétrica das placas, permitindo ainda o fluxo de eletrólito e/ou íons produzidos por reações eletroquímicas no dispositivo de armazenamento de energia 10. Portanto, separadores de células 22 e isoladores de placas 23 podem ser feitos de materiais eletricamente isolantes e também porosos ou materiais condutores ao transporte iônico, tal como fibra de vidro, por exemplo,

Dependendo da composição química do dispositivo de armazenamento de energia 10, cada célula 16 terá um potencial eletroquímico característico. Por exemplo, em uma bateria ácida de chumbo usada em aplicações automotivas e outras mais, cada célula pode ter um potencial de cerca de 2 volts. As células 16 podem ser conectadas em série para prover um potencial geral da bateria. Conforme mostrado na figura 1, um conector elétrico 24 pode ser provido para conectar a barra de barramento positiva 20 de uma célula 16 a uma barra de barramento negativa de uma célula adjacente. Desta maneira, seis células ácidas de chumbo podem ser ligadas em série para prover um potencial total desejado de cerca de 12 volts, por exemplo. Configurações elétricas alternativas podem ser possíveis, dependendo do tipo de composição química da bateria empregada e do potencial total desejado.

Uma vez que o potencial desejado total tenha sido provido usando uma configuração apropriada de células 16, este potencial pode ser transferido para os terminais 14 no alojamento 12 usando condutores terminais 26. Esses condutores terminais 26 podem ser eletricamente conectados a qualquer componente eletricamente condutor adequado presente no dispositivo de armazenamento de energia 10. Por exemplo, conforme

ilustrado na figura 1, condutores terminais 26 podem ser conectados na barra de barramento positiva 20 e a uma barra de barramento negativa de uma outra célula 16, respectivamente. Cada condutor terminal 26 pode estabelecer uma conexão elétrica entre um terminal 14 no alojamento 12 e uma barra de barramento positiva correspondente 20, ou barra de barramento negativa (ou outros elementos eletricamente condutores adequados) no dispositivo de armazenamento de energia 10.

A figura 2 ilustra uma placa do eletrodo positivo 30 de acordo com uma modalidade revelada exemplar. A placa do eletrodo 30 pode incluir cada qual um coletor de corrente 31. O coletor de corrente 31 pode ser formado de espuma de carbono com uma estrutura de poros aberta. Conforme ilustrado na figura 2, o coletor de corrente de espuma de carbono 31 pode incluir uma pluralidade de poros 32. Coletores de corrente compostos de espuma de carbono podem exibir mais de 2.000 vezes a quantidade de área superficial provida por coletores de corrente convencionais. Em decorrência disto, um dispositivo de armazenamento de energia com um ou mais coletores de corrente de espuma de carbono 31, ilustrados na figura 2, podem oferecer valores de energia específicos, valores de potência específicos e taxas de carga/descarga comparados com configurações tradicionais que não incluem coletores de corrente de espuma de carbono.

Além do mais, um material quimicamente ativo (não mostrado) pode ser disposto no coletor de corrente de espuma de carbono 31. A composição do material quimicamente ativo pode depender da composição química do dispositivo de armazenamento de energia 10. Em uma bateria ácida de chumbo, por exemplo, o material ativo pode incluir um óxido ou sal de chumbo. Como exemplos adicionais, as placas do anodo (isto é, placas positivas) de baterias de níquel e cádmio (NiCd) podem incluir um material ativo de hidróxido de cádmio ($\text{Cd}(\text{OH})_2$); baterias de hidreto de níquel metálico podem incluir um material ativo de lantânio e níquel (LaNi_5);

baterias de níquel e zinco (NiZn) podem incluir um material ativo de hidróxido de zinco (Zn(OH)_2); e baterias de níquel e ferro (NiFe) podem incluir um material ativo de hidróxido de ferro (Fe(OH)_2). Em todas as baterias a base de níquel, o material quimicamente ativo na placa do catodo (isto é, negativo) pode ser hidróxido de níquel. Conforme previamente mencionado, o papel do coletor de corrente 31 é coletar e transferir corrente elétrica gerada pelas reações eletroquímicas que, pelo menos em algumas composições químicas de baterias, ocorrem no material quimicamente ativo durante os processos de descarregamento ou carregamento. Em virtude da maior área superficial do coletor de corrente de espuma de carbono 31 por causa da pluralidade de poros 32, o material quimicamente ativo pode efetivamente penetrar na estrutura de poros aberta do coletor de corrente de espuma de carbono 31.

Em uma modalidade, material de espuma de carbono usado em coletor de corrente 31 pode incluir de cerca de 4 a cerca de 50 poros por centímetro e um tamanho de poros médio de pelo menos cerca de 200 micrometros. Em outras modalidades, entretanto, o tamanho de poros médio pode ser menor. Por exemplo, em certas modalidades, o tamanho de poros médio pode ser pelo menos cerca de 40 micrometros. Ainda em outras modalidades, o tamanho de poros médio pode ser pelo menos cerca de 20 micrometros. Embora a redução do tamanho de poros médio do material de espuma de carbono possa ter o efeito de aumentar a área superficial efetiva do material, o tamanho de poros médio abaixo de 20 micrometros pode impedir ou prevenir a penetração de material quimicamente ativo nos poros de material de espuma de carbono.

Independente do tamanho de poros médio, um valor de porosidade total para espuma de carbono pode ser pelo menos 60 %. Em outras palavras, pelo menos 60 % do volume da estrutura de espuma de carbono podem ser incluídos em poros 32. Materiais de espuma de carbono

podem também ter valores de porosidade total menor que 60 %. Por exemplo, em certas modalidades, espuma de carbono pode ter um valor de porosidade total de pelo menos 30 %.

Além disso, espuma de carbono pode ter um valor de
5 porosidade aberta de pelo menos 90 %. Portanto, pelo menos 90 % dos poros 32 são abertos para poros adjacentes, de maneira tal que a rede de poros 32 forme uma rede substancialmente aberta. Esta rede aberta de poros 32 pode permitir que o material ativo depositado em cada coletor de corrente 31 penetre na estrutura de espuma de carbono. Além da rede de poros 32,
10 espuma de carbono inclui uma membrana de elementos estruturais que dá suporte para a espuma de carbono. No total, a rede de poros 32 e os elementos estruturais da espuma de carbono podem resultar em uma densidade menor que cerca de 0,6 g/cm³ para o material de espuma de carbono.

Por causa da condutividade da espuma de carbono da presente
15 revelação, coletores de corrente 31 podem eficientemente transferir corrente entre terminais de bateria 14, ou qualquer outro elemento condutor que fornece acesso ao potencial elétrico da bateria 10. Em certas formas, espuma de carbono pode oferecer valores de resistividade de folha de menos de cerca de 1 ohm-cm. Em outras formas, espuma de carbono pode ter valores de
20 resistividade de folha de menos de cerca de 0,75 ohm-cm.

Em certas modalidades reveladas, a espuma de carbono pode incluir espuma de grafite. A densidade e estrutura de poros da espuma de grafite podem ser similares à da espuma de carbono. Uma diferença básica entre espuma de grafite e espuma de carbono é a orientação dos átomos de
25 carbono que constituem os elementos estruturais. Por exemplo, em espuma de carbono, carbono pode ser pelo menos parcialmente amorfo. Entretanto, em espuma de grafite, o carbono tende ser ordenado em uma estrutura em camadas. Em virtude da natureza ordenada da estrutura de grafite, espuma de grafite pode oferecer maior condutividade do que espuma de carbono.

Espuma de grafite pode apresentar valores de resistividade elétrica entre cerca de 100 micro-ohm-cm e cerca de 2.500 micro-ohm-cm.

Dentro da estrutura da espuma de carbono, particularmente na estrutura de espuma de grafite, pode existir uma pluralidade de camadas.

5 Quando a espuma de carbono é exposta a íons carregados eletricamente em uma solução eletrolítica, os íons podem se ficar dispostos entre as camadas da estrutura de espuma através dos defeitos superficiais e descontinuidades podem existir entre a rede de poros abertos. Os íons podem agir como uma cunha que é introduzida na estrutura de espuma de carbono, separando as

10 camadas e causando danos internos. A intercalação dos íons pode eventualmente causar separação das camadas de espuma na estrutura da espuma de carbono, que pode levar ao trincamento e, finalmente, falha da espuma de carbono como um coletor de corrente. A fim de prevenir ou minimizar a intercalação de íons eletricamente carregados da solução

15 eletrolítica na estrutura de espuma de carbono, uma contenção externa 33 pode ser disposta na superfície externa do coletor de corrente de espuma de carbono 31. A contenção externa pode agrupar fisicamente as camadas da estrutura de espuma, particularmente em camadas adjacentes à estrutura de contenção, e estabilizar a espuma de carbono contra ocorrências de

20 intercalação. Dependendo de sua configuração, a contenção externa pode ser efetiva na estabilização da espuma de carbono de variadas espessuras. Em uma modalidade, a contenção externa 33 pode estabilizar camadas de espuma de carbono com espessura de até 1 a 2 mm. A estabilização da espuma de carbono de espessuras superiores a 2 mm, entretanto, pode também ser

25 conseguida, por exemplo, ajustando-se a espessura e/ou propriedades do material da contenção externa 33.

Uma espuma de grafite como esta, como o nome comercial PocoFoam™, é disponível pela Poco Graphite, Inc. PocoFoam™ é muito anisotrópica, por causa das camadas ordenadas de átomos de carbono. Na

preparação de um material PocoFoam™ volumoso para uso em um dispositivo de armazenamento de energia, o material PocoFoam™ volumoso pode ser cortado em folhas ou placas com duas superfícies primárias grandes e quatro superfícies de borda. À medida que a espuma volumosa é cortada em
5 uma direção que é perpendicular a um plano das camadas ordenadas de átomos de carbono na espuma, as superfícies primárias das folhas de PocoFoam™ podem conter uma grande parte dos defeitos superficiais presentes, e as superfícies de borda podem conter menos defeitos superficiais. A aplicação de contenção externa 33 nas superfícies primárias do coletor de
10 corrente de espuma de carbono pode maximizar a eficiência da contenção, minimizando a intercalação de íons na espuma através de defeitos superficiais e descontinuidades existentes nas superfícies primárias.

A contenção externa 33 disposta no coletor de corrente de espuma de carbono 31 pode ser porosa para permitir o transporte de várias
15 substâncias, íons, etc. através da contenção externa 33. Por exemplo, a contenção externa 33 pode permitir que íons da solução eletrolítica de uma bateria passem através dela e interajam com o material ativo disposto no coletor de corrente 31.

Uma variedade de materiais pode ser usada para produzir a
20 contenção externa 33. Qualquer material resistente a ácido que é quimicamente estável em um ambiente de bateria pode ser usado para formar a contenção externa 33. Por exemplo, a contenção externa 33 pode ser produzida de uma variedade de materiais não condutores, incluindo polímeros, tais como estireno, PVC, ABS, polietileno, polipropileno, entre
25 outros. Em outras modalidades, materiais condutores tais como metais podem ser usados. A estrutura da contenção externa pode ser fisicamente ligada na superfície do coletor de corrente usando um adesivo. Alternativamente, a contenção externa pode ser presa no coletor de corrente por costura ou qualquer outra técnica de união ou anexação adequada. A contenção externa

pode ser configurada de muitas diferentes maneiras, tais como uma estrutura de membrana, uma malha, grades, etc.

A figura 3 ilustra diagramaticamente uma estrutura de contenção exemplar 33 disposta em uma porção da superfície externa do coletor de corrente de espuma de carbono 31. As superfícies externas da espuma de carbono podem incluir uma pluralidade de saliências 41 e vazios 42, em que os vazios 42 podem ser criados por poros da espuma de carbono que interceptam a superfície externa, e as saliências 41 podem corresponder a estruturas da espuma de carbono encontradas adjacentes aos vazios da superfície externa da espuma de carbono. Em uma modalidade exemplar, a contenção externa 33 pode incluir uma estrutura formada em parte ou todas as saliências na superfície externa da espuma de carbono. Os vazios podem ser deixados substancialmente isentos do material usado para formar a contenção externa. Dispondo-se a contenção 33 nas saliências da superfície externa da espuma de carbono, a contenção pode ter uma extremidade tipo membrana. A estrutura de contenção tipo membrana pode permitir a interação entre a solução eletrolítica e o material quimicamente ativo disposto no coletor de corrente de espuma de carbono 31. Em um teste de confiabilidade, observou-se que uma modalidade com uma contenção representada pela figura 3 teve mais do que quatrocentas vezes de aumento na vida útil, comparada com uma espuma de carbono sem contenção.

A figura 4 fornece um fluxograma que esboça etapas exemplares para dispor uma estrutura de contenção física em um coletor de corrente de espuma de carbono para produzir uma estrutura similar à que está representada pela figura 3. A primeira etapa é preparar o material de contenção, como na etapa 50. O material de contenção pode ser preparado de uma variedade de maneiras. Em uma modalidade, o material de contenção pode começar como um polímero (por exemplo, estireno e/ou outros polímeros adequados) dissolvido em um solvente. Possíveis escolhas para um

solvente incluem um n-metil pirrolidona (NMPO), cloreto de metileno, acetona, metil etil cetona, tetraidrofurano (THF), entre outros. Solventes diferem nas suas taxas de evaporação. Por exemplo, n-metil pirrolidona (NMP) pode ser usada para evaporação lenta, enquanto cloreto de metileno
5 pode ser usado para evaporação rápida. O tempo de secagem da solução do material de contenção pode ser controlado para atingir resultados desejados pela escolha de um solvente apropriado.

Qualquer quantidade de polímero pode ser adicionada à solução para atingir uma consistência desejada da mistura. Por exemplo, o
10 polímero pode ser adicionado ao solvente até que a mistura atinja uma consistência tipo xarope. Quando uma quantidade apropriada de polímero tiver sido adicionada ao solvente e a mistura de solvente e polímero dissolvida atingir uma consistência desejada, a mistura pode ser rolada em um aplicador (por exemplo, uma placa de vidro) em preparação para aplicação na superfície
15 da espuma de carbono. Um rolo de tinta pode ser usado na rolagem da mistura. A mistura de polímero e solvente dissolvida no substrato de vidro cria um filme fino de polímero dissolvido. O filme de polímero espalhado na placa de vidro pode ter qualquer espessura apropriada para prover uma espessura de contenção desejada. Em uma modalidade, a espessura do filme
20 pode ser até cerca de 5 micrometros para maximizar a probabilidade de que a contenção fique disposta somente nas saliências e não significativamente nos vazios da superfície externa da espuma de carbono.

A seguir, conforme mostrado na etapa 52, o filme preparado pode ser aplicado a uma ou mais superfícies da espuma de carbono. O filme
25 pode ser aplicado a uma superfície primária, ou, alternativamente, a duas superfícies primárias opostas. Em certas modalidades, uma ou mais superfícies de borda da espuma de carbono podem também receber um revestimento do filme preparado. Para revestir as saliências da espuma de carbono, uma camada de espuma de carbono pode ser colocada na placa de

vidro e em contato com o filme preparado formado nela. A mistura do filme pode molhar as saliências superficiais 41 da espuma sem preencher significativamente os vazios superficiais 42 na espuma de carbono.

Na etapa 54, a espuma de carbono revestida com o filme
5 preparado da solução de material de contenção pode ser seca para permitir que o solvente evapore. A espuma de carbono revestida pode ser seca ao ar ou colocada em um forno para remoção do solvente. À medida que o solvente é removido, o polímero remanescente endurece na superfície externa da espuma de carbono (por exemplo, nas saliências 41 da superfície externa) e forma
10 uma estrutura tipo tela de polímero, provendo contenção ao coletor de corrente de espuma de carbono.

A espessura do polímero disposto na superfície externa da espuma de carbono pode ser escolhida para prover um nível desejado de rigidez e contenção estrutural à espuma de carbono. Por exemplo, em uma
15 modalidade, a espessura do polímero revestido na espuma (isto é, contenção 33) pode ser até cerca de 100 micrometros. Em certas modalidades, a espessura desejada do polímero pode ser entre cerca de 20 micrometros e 50 micrometros. Múltiplas aplicações do polímero são também permissíveis.

Um segundo método consistente com a figura 4 para dispor
20 uma estrutura de contenção física em um coletor de corrente de espuma de carbono pode também ser empregado. Neste segundo método, a etapa de preparar o material de contenção na etapa 50 pode incluir fundir um polímero, em vez de dissolver um polímero em um solvente. Vários polímeros usados para fabricar contenção externa 33, tais como polietileno ou polipropileno,
25 por exemplo, podem ser fundidos.

A fusão do polímero e aplicação do polímero fundido de acordo com a etapa 52 pode ser realizada por qualquer método adequado. Em uma modalidade, uma folha de polímero pode ser colocada em uma superfície de prancha aquecida e fundida. Em uma outra modalidade, um polímero pode

ser fundido primeiro em uma placa de aquecimento ou um forno e em seguida espalhado em uma superfície, por exemplo, de uma prancha, que pode ser aquecida para manter o polímero fundido em seu estado viscoso. A aplicação do material de contenção na etapa 52 pode se dar pela exposição da espuma de carbono ao polímero fundido, em que uma porção do polímero fundido é depositada em uma ou mais superfícies da superfície de espuma de carbono. Como na modalidade supradescrita, o polímero fundido desta modalidade pode ser aplicado nas saliências superficiais 41 da espuma, deixando vazios 42 substancialmente sem o polímero fundido. Na etapa 54, o polímero fundido na superfície da espuma de carbono pode ser curado, por exemplo, deixando que o polímero fundido resfrie e endureça na superfície da espuma de carbono para formar uma estrutura tipo membrana.

Embora as modalidades supradescritas incluam um material de contenção 33 formado em uma ou mais superfícies da espuma de carbono em uma estrutura tipo membrana, muitas outras configurações adequadas de contenção externa 33 são possíveis. Por exemplo, a contenção externa 33 pode incluir uma malha, conforme ilustrado diagramaticamente na figura 5. Anteparos de malha usados para contenção física 33 podem ter aberturas de cerca de 2 mm quadrados, a fim de facilitar a contenção efetiva da espuma de carbono. Uma estrutura de contenção de malha pré-fabricada pode ser aplicada ao coletor de corrente 31 de qualquer maneira adequada. Por exemplo, anteparos de malha feitos de polímero podem ser usados nos dois lados maiores da espuma de carbono para prover contenção física. Em uma modalidade, um adesivo pode ser usado para ligar a contenção de malha no coletor de corrente. Por exemplo, uma camada de adesivo pode ser aplicada na contenção de malha e/ou coletor de corrente 31. A contenção de malha e coletor de corrente podem então ser pressionados um contra o outro. Opcionalmente, calor pode ser aplicado enquanto se aplica a pressão. Em uma outra modalidade, a contenção de malha pode ser aplicada ao coletor de

corrente 31 por meio de costura, grampos ou qualquer outro arranjo de contenção mecânica adequado.

5 Também em uma outra modalidade exemplar, a contenção externa 33 pode incluir duas grades (por exemplo, metal ou polímero) colocadas em lados opostos de uma camada de carbono e costuradas uma na outra ou anexadas por qualquer outro meio adequado. Um arranjo como este está ilustrado diagramaticamente na figura 6. Grades 62 podem ser feitas de titânio, alumínio, chumbo, outros tipos de metais, ou vários tipos de polímeros, por exemplo. Conforme previamente mencionado, de acordo com 10 a orientação das folhas de espuma de carbono ou grafite cortadas do volume de material, os lados primários maiores da espuma de carbono podem conter uma grande parte dos defeitos superficiais. Portanto, grades 62 podem ser anexadas em dois lados primários da espuma de carbono para maior efeito de contenção. As duas grades 62 podem ser costuradas uma na outra usando 15 arame de tungstênio 64, por exemplo. Um teste de confiabilidade mostrou que uma espuma de carbono com uma estrutura de contenção tal como representada pela figura 6 manteve sua integridade estrutural em torno de vinte vezes maior, comparada com a de uma espuma de carbono sem contenção.

20 Também em uma outra modalidade exemplar, a contenção externa 33 pode incluir uma estrutura de travamento tridimensional, ilustrada diagramaticamente na figura 7A. Uma estrutura como esta pode ser provida, por exemplo, por folhas 73 nas superfícies externas do coletor de corrente. Uma ou ambas folhas 73 podem incluir uma estrutura para travar uma na 25 outra. Por exemplo, as folhas 73 podem ser configuradas de forma a incluir uma pluralidade de pontas, cerdas ou outras protuberâncias 75. As folhas 73 podem ser fabricadas de vários metais, polímeros ou outros materiais adequados. Em uma modalidade exemplar, uma malha de plástico com padrão de grades rígido pode ser disposta em uma primeira superfície da espuma de

carbono, enquanto uma segunda malha de plástico com padrão de grade contendo uma pluralidade de protuberâncias 75 (por exemplo, pontas ou cerdas) pode ser disposta na outra superfície oposta à primeira superfície da espuma de carbono. Protuberâncias 75 podem ser pressionadas na espuma de carbono, espetando a espuma de carbono em muitos locais. Protuberâncias 75 podem então ser fundidas na grade disposta no outro lado da espuma de carbono, travando assim toda a estrutura no lugar para produzir uma estrutura restrita, representada diagramaticamente na seção transversal pela figura 7B.

Fica aparente aos versados na técnica que várias modificações e variações podem ser feitas nos materiais e processos revelados sem fugir do escopo da invenção. Outras modalidades da presente revelação ficarão aparentes aos versados na técnica a partir da consideração da especificação e prática da presente revelação. Pretende-se que a especificação e exemplos sejam considerados apenas exemplares, com um verdadeiro escopo da presente revelação sendo indicado pelas reivindicações seguintes e seus equivalentes.

REIVINDICAÇÕES

1. Placa de eletrodo de um dispositivo de armazenamento de energia, caracterizada pelo fato de que compreende:

5 um coletor de corrente de espuma de carbono incluindo uma rede de poros, o coletor de corrente de espuma de carbono tendo pelo menos uma superfície externa;

uma estrutura de contenção externa aplicada na pelo menos uma superfície externa do coletor de corrente de espuma de carbono; e

10 um material quimicamente ativo disposto no coletor de corrente de espuma de carbono, o material quimicamente ativo penetrando pelo menos em uma parte da rede de poros do coletor de corrente de espuma de carbono.

2. Placa de eletrodo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que a pelo menos uma superfície externa do coletor de corrente de espuma de carbono inclui uma pluralidade de saliências e vazios, e em que a estrutura de contenção externa fica disposta em pelo menos algumas das saliências da pelo menos uma superfície externa do coletor de corrente de espuma de carbono.

3. Placa de eletrodo, de acordo com a reivindicação 2, caracterizada pelo fato de que a estrutura de contenção externa inclui pelo menos uma tela de polímero, uma grade de metal ou uma malha.

4. Placa de eletrodo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que a estrutura de contenção externa inclui:

25 um primeiro elemento que tem pelo menos uma protuberância que penetra em uma primeira superfície do coletor de corrente de espuma de carbono; e

um segundo elemento disposto em uma segunda superfície do coletor de corrente de espuma de carbono oposta à primeira superfície;

em que a pelo menos uma protuberância do primeiro elemento

é configurada para acoplar no segundo elemento através do coletor de corrente de espuma de carbono.

5. Dispositivo de armazenamento de energia, caracterizado pelo fato de que compreende:

- 5 um alojamento;
 um terminal positivo e um terminal negativo; e
 pelo menos uma célula disposta dentro do alojamento, a célula

incluindo:

- uma solução eletrolítica;
10 pelo menos uma placa positiva e pelo menos uma placa
 negativa conectadas no terminal positivo e no terminal negativo,
 respectivamente;

 em que a pelo menos uma placa positiva inclui:

- um coletor de corrente de espuma de carbono incluindo uma
15 rede de poros, o coletor de corrente de espuma de carbono tendo pelo menos
 uma superfície externa;

 uma estrutura de contenção externa aplicada na pelo menos
uma superfície externa do coletor de corrente de espuma de carbono; e

- um material quimicamente ativo disposto no coletor de
20 corrente de espuma de carbono, o material quimicamente ativo penetrando em
 pelo menos uma porção da rede de poros do coletor de corrente de espuma de
 carbono.

6. Dispositivo de armazenamento de energia, de acordo com a
reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que a estrutura de contenção
25 externa inclui uma tela de polímero, uma grade de metal ou uma malha.

7. Dispositivo de armazenamento de energia, de acordo com a
reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que a estrutura de contenção
externa é ligada no coletor de corrente de espuma de carbono.

8. Dispositivo de armazenamento de energia, de acordo com a

reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que a estrutura de contenção externa é aplicada em pelo menos duas superfícies externas do coletor de corrente de espuma de carbono.

5 9. Dispositivo de armazenamento de energia, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que a espessura da estrutura de contenção externa é entre cerca de 10 micrometros e cerca de 100 micrometros.

10 10. Dispositivo de armazenamento de energia, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que a espessura da estrutura de contenção externa é entre cerca de 20 micrometros e cerca de 50 micrometros.

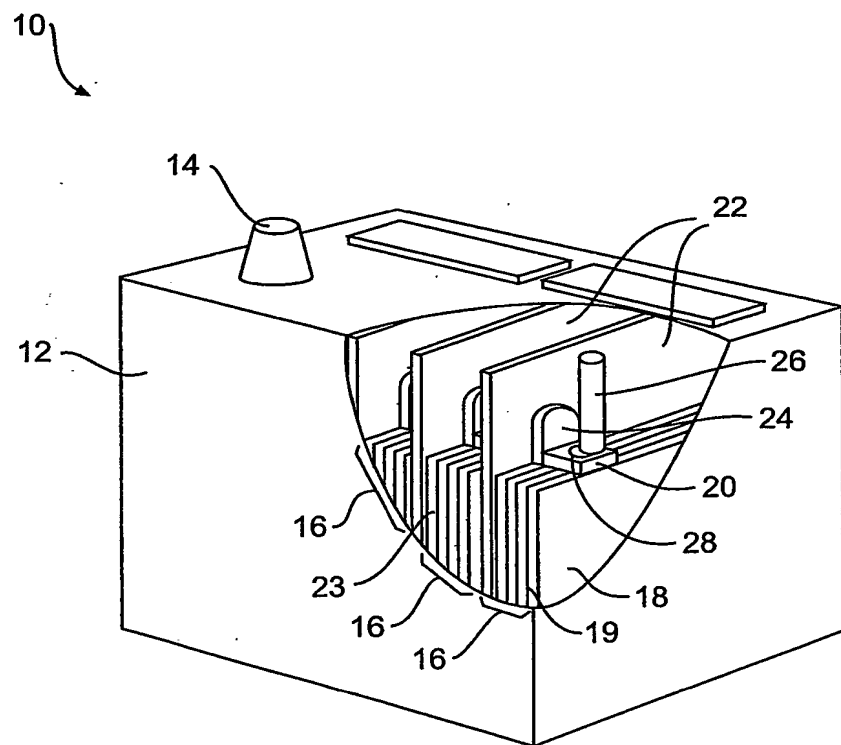
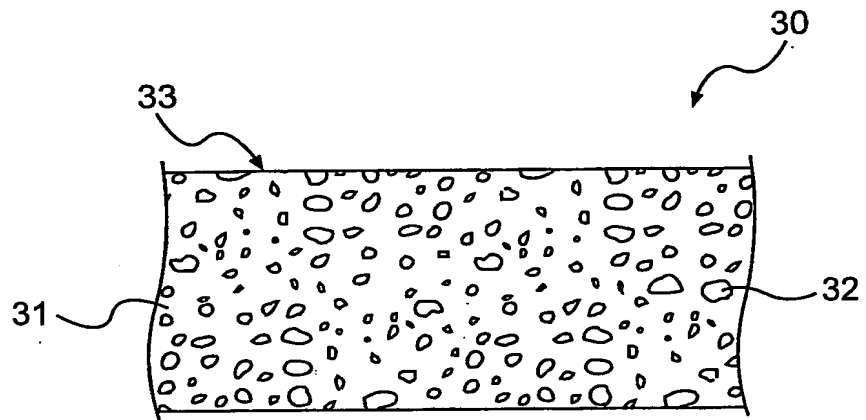
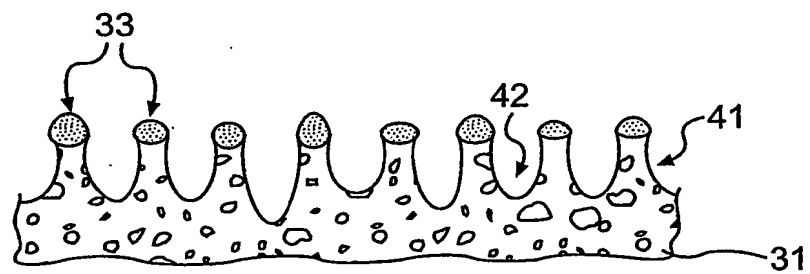
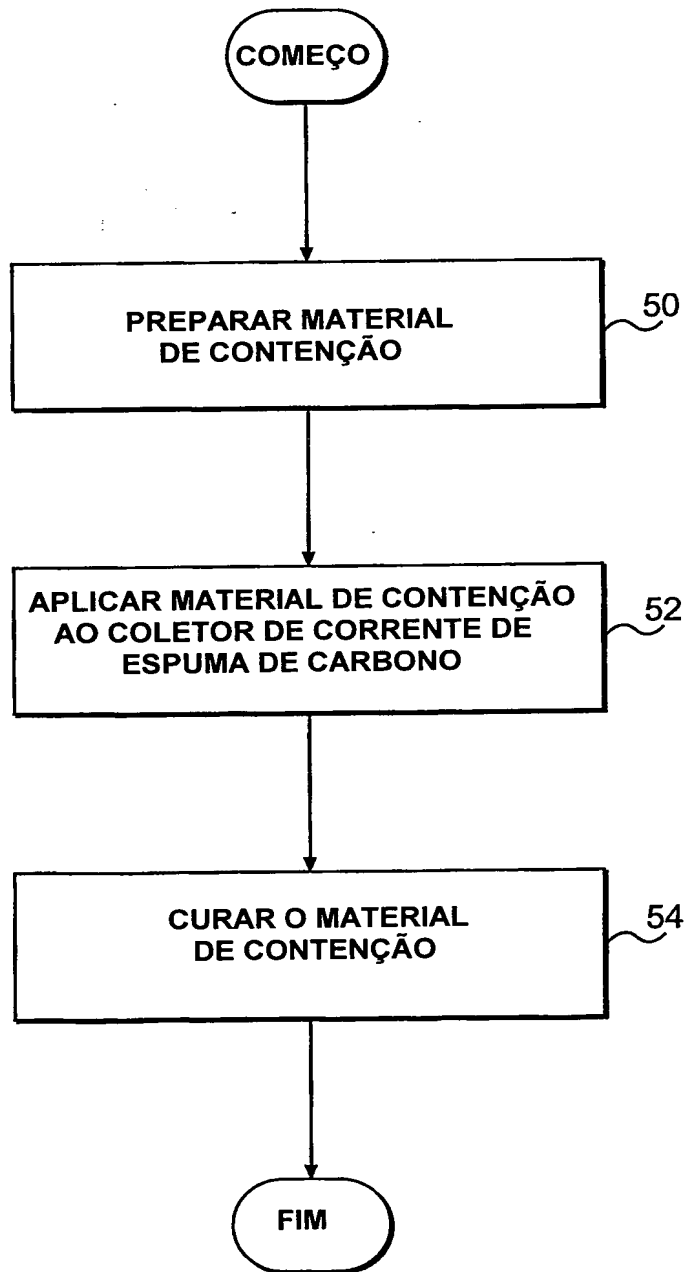


FIG. 1

**FIG. 2****FIG. 3**

**FIG. 4**

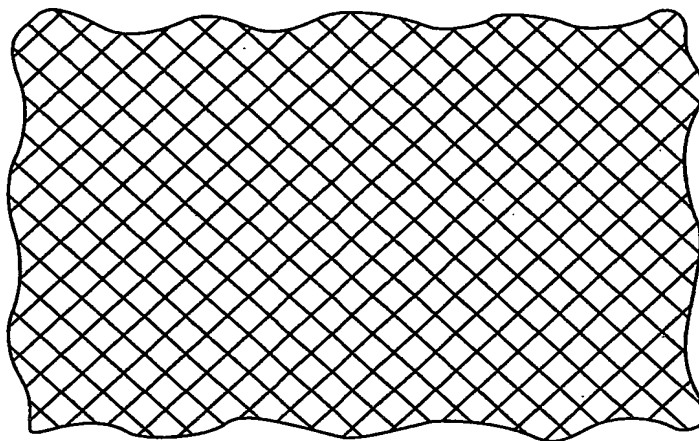


FIG. 5

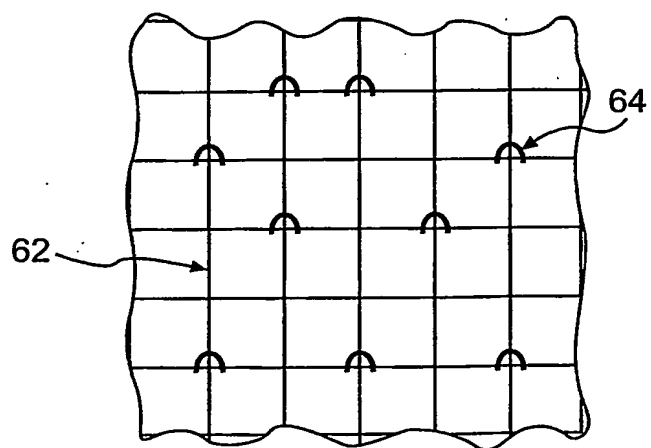
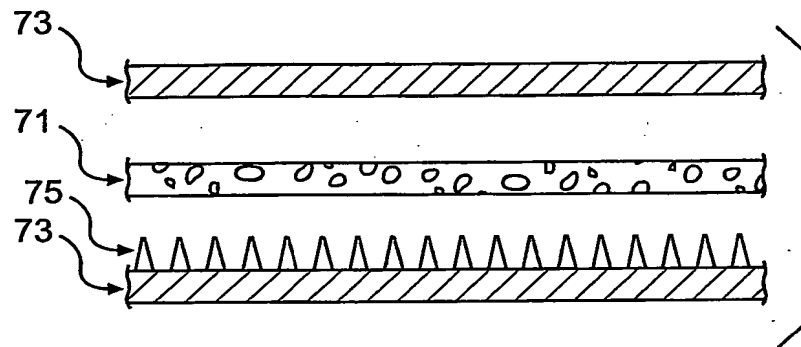
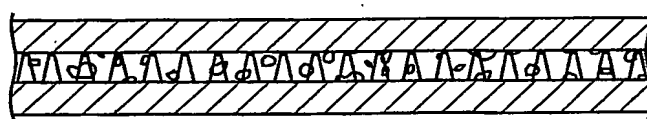


FIG. 6

**FIG. 7A****FIG. 7B**

RESUMO

"PLACA DE ELETRODO DE UM DISPOSITIVO DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA, E, DISPOSITIVO DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA"

- 5 De acordo com um aspecto, a presente invenção diz respeito a uma placa de eletrodo para um dispositivo de armazenamento de energia. A placa de eletrodo pode incluir um coletor de corrente de espuma de carbono e uma estrutura de contenção externa. Um material quimicamente ativo pode ser disposto no coletor de corrente de espuma de carbono.