



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DA ECONOMIA
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

CARTA PATENTE Nº PI 0905027-2

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE DE INVENÇÃO, que outorga ao seu titular a propriedade da invenção caracterizada neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dela decorrentes, previstos na legislação em vigor.

(21) Número do Depósito: PI 0905027-2

(22) Data do Depósito: 18/11/2009

(43) Data da Publicação Nacional: 05/07/2011

(51) Classificação Internacional: C25B 11/04; C25B 1/04.

(54) Título: ELETRODO TIPO WAFER REATIVO QUIMICAMENTE DE ALUMÍNIO E GÁLIO E MÉTODO DE FABRICAÇÃO DO MESMO

(73) Titular: UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA. CGC/CPF: 14485841000140. Endereço: Rua Silveira Martins, 2555, Cabula, Salvador, BA, BRASIL(BR), 41195-001

(72) Inventor: ANDRÉ PEDRAL SAMPAIO DE SENA; OSVALDO AUGUSTO COUTINHO.

Prazo de Validade: 20 (vinte) anos contados a partir de 18/11/2009, observadas as condições legais

Expedida em: 29/10/2019

Assinado digitalmente por:

Liane Elizabeth Caldeira Lage

Diretora de Patentes, Programas de Computador e Topografias de Circuitos Integrados



ELETRODO TIPO WAFER REATIVO QUIMICAMENTE DE ALUMÍNIO E GÁLIO E MÉTODO DE FABRICAÇÃO DO MESMO

CAMPO DA INVENÇÃO

A presente invenção se refere em geral a eletrólise de água para a geração de hidrogênio e, em particular, a um eletrodo composto de alumínio e gálio dispostos em forma de wafer.

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

Atualmente, os projetos de eletrodos utilizados em sistemas para geração de hidrogênio se limitam a realizar a quebra da molécula da água através de eletrodos energizados que realizam a eletrólise da água e, por conseqüência, a liberação de O₂ e H₂.

Também são conhecidos no estado da técnica sistemas que empregam a sistemática de reações químicas entre gálio e alumínio para quebra da molécula da água e liberação de H₂.

O documento US 4.358.291, de 9 de novembro de 1982, "Solid state renewable energy supply", revela uma fonte de energia renovável de estado sólido proporcionada pela oxidação de um material de estado sólido formador de óxido passivante na presença de oxigênio sob o controle de um agente de prevenção de óxido passivante, dessa forma, formando um produto de reação de óxido, calor e hidrogênio. O produto de reação de óxido é, então, eletroliticamente ou termoquimicamente reduzido para recobrir o material de estado sólido. Alumínio é hidrolisado na presença de gálio produzindo óxido de alumínio, calor e hidrogênio. O óxido de alumínio é, por sua vez, eletrolisado de volta a alumínio.

O documento US 2008/0056986, publicado em 06/03/2008, "Power generation from solid aluminum", trata de um combustível para separar água em hidrogênio e um componente óxido que compreende um pélete substancialmente sólido formado de uma mistura do tipo sólida de um material fonte de estado sólido (alumínio) capaz de oxidar em água para formar hidrogênio e uma camada superficial de passivação do componente óxido e um agente de prevenção de passivação (gálio) que é substancialmente inerte a água em uma quantidade eficaz para prevenir passivação do material de estado sólido durante oxidação. Os péletes podem ser introduzidos na água ou outro oxidante adequado em uma taxa controlada para controlar a taxa de reação do material fonte com o oxidante e, dessa forma, controlar a taxa de formação de hidrogênio. O referido documento também descreve métodos para produzir a mistura sólida em percentagens em peso variáveis do material fonte para o agente de prevenção de passivação.

O documento US 2008/0063597, publicado em 13/03/2008, "Power generation from solid aluminum", trata de um combustível para separar água em hidrogênio e um componente óxido que compreende um pélete substancialmente sólido formado de uma mistura do tipo sólida de um material fonte de estado sólido (alumínio) capaz de oxidar em água para formar hidrogênio e uma camada superficial de passivação do componente óxido e um agente de prevenção de passivação (gálio) que é substancialmente inerte a água em

uma quantidade eficaz para prevenir passivação do material de estado sólido durante oxidação. Os peletes podem ser levados a contato com uma liga do agente de prevenção de passivação tendo uma temperatura de ponto de fusão abaixo daquela da mistura tipo sólida para iniciar a reação de produção de hidrogênio a uma temperatura inferior.

5 Ainda não se conhece no estado da técnica nenhum modelo de eletrodo que tenha um modelo construtivo em forma de wafer. O estado da técnica se limita a revelar péletes formados de mistura no estado sólido de alumínio e gálio os quais são introduzidos na água para separação de H₂ e O₂ e geração de óxido.

OBJETO DA INVENÇÃO

10 A presente invenção se refere a um modelo construtivo de eletrodo reativo quimicamente formado de alumínio e gálio para uso em águas desgastadas a fim de gerar H₂ puro através da eletrólise química da água. A presente invenção também contempla o método de fabricação do referido eletrodo.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

15 Um eletrodo tipo wafer reativo quimicamente de alumínio e gálio que compreende um leito de alumínio produzido a partir de um bloco de alumínio com paredes superior e inferior e paredes laterais no qual são formados leitos de engaste entre as paredes superior e inferior e as paredes laterais, os leitos de engaste separados entre si por uma parede interna, e nos referidos leitos de engaste será engastado gálio.

20 A presente invenção também contempla o método de fabricação do eletrodo tipo wafer reativo quimicamente de alumínio e gálio, que compreende as etapas de obter um leito de alumínio a partir de um bloco de alumínio; usinar e tornear o mesmo, depositar gálio no alumínio; engastar o gálio no alumínio; solidificar o gálio garantindo soldagem de ambos os metais; e remover qualquer partícula líquida.

BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

25 A Figura 1 é uma vista em perspectiva esquemática da construção de eletrodo da presente invenção.

DESCRIÇÃO DA MODALIDADE PREFERIDA

30 A presente invenção será agora descrita com referência aos desenhos em anexo. Entretanto, a descrição a seguir não deve ser entendida como limitadora da presente invenção, mas sim como uma forma de melhor descrever a presente invenção.

35 A presente invenção tem por objetivo um eletrodo quimicamente reativo formado de alumínio e gálio destinado a gera H₂ puro por meio de eletrólise química de H₂O. O eletrodo quimicamente reativo da presente invenção possui construção original para atender os critérios preconizados pelo Protocolo de Kioto, gerando energia limpa, de baixo custo, sem agredir o meio ambiente, livre da emissão de gases do efeito estufa e trabalhando unicamente com água desgastada.

Ainda não se conhece na técnica um modelo construtivo e conceitual de eletrodo para uso com águas desgastadas que utilize a sistemática de construção a partir de usinagem

com prensagem hidráulica e resfriamento por álcool e sopragem de ar frio para eliminação de resíduos líquidos, com intuito de utilizar o gálio como agente catalítico, permitindo a oxirredução do alumínio, a fim de quebrar a molécula da água e liberar o H₂.

5 A presente invenção apresenta uma técnica de construção de eletrodos químicos que utilizam o alumínio, com forte poder de atração de O₂, para extrair hidrogênio da água. Portanto, o eletrodo apresentado na presente invenção pode ser utilizado para abastecer células a combustível, turbinas a gás, armazenadores de energia elétrica e até mesmo motores de combustão em substituição à gasolina.

10 Os projetos atuais para geração de H₂ se limitam a realizar a quebra da molécula da água por meio de eletrodos energizados que realizam a eletrólise da água, e por consequência a liberação de O₂ e H₂; ou por meio de compostos químicos que reagem com a água produzindo hidrogênio. O grande problema destas técnicas é o gasto energético necessário para eletrólise, no primeiro caso, e os resíduos químicos provenientes do processo, que em muitos casos tem pouca ou baixa eficiência, na segunda opção. O uso do
15 eletrodo da presente invenção tende a resolver estes problemas, pois resolve o problema do gasto energético, dos resíduos químicos e da baixa eficiência reativa, além de eliminar a necessidade de armazenar e transportar o gás — dois grandes desafios no caminho da criação econômica do hidrogênio. Espera-se que a utilização do H₂ poderá deixar de lado os combustíveis do efeito estufa e trabalhar com um gás mais eficaz energeticamente e que
20 produz apenas água como subproduto.

A construção do eletrodo da presente invenção utiliza a sistemática de construção a partir de usinagem com prensagem hidráulica e resfriamento por álcool e sopragem de ar frio para eliminação de resíduos líquidos. A grande vantagem do referido eletrodo é que o será gerado sob demanda, utilizando o máximo de eficiência do processo, devido a sua forma
25 construtiva, e desse modo se poderá produzir a quantidade desejada para o processo no qual ele esteja inserido.

O hidrogênio é produzido espontaneamente quando a água é adicionada ao eletrodo da presente invenção. Quando a água entra em contato com o alumínio do eletrodo da presente invenção, o alumínio reage com o O₂ da água, pelo qual tem uma forte atração
30 eletroquímica. A reação quebra a molécula de H₂O, fazendo com que o oxigênio reaja intensamente com o alumínio, gerando alumina, óxido de alumínio Al₂O₃ e liberando o hidrogênio H₂.

O gálio, presente no eletrodo em wafer da presente invenção, é um elemento crítico no processo de separação de H₂ da água porque ele impede a formação da camada de
35 óxido na superfície do alumínio como acontece normalmente nos dispositivos do estado da técnica. Essa camada de gálio que acaba por revestir o material impede que o oxigênio da água continue a reagir com o alumínio, parando o processo de geração de hidrogênio. O eletrodo da presente invenção só tem sua eficiência garantida devido à forma como foi concebido. A sistemática de construção do eletrodo da presente invenção permite que o

alumínio tenha a máxima superfície de contato com o catalisador gálio. E isto só é possível a partir da usinagem de um bloco de alumínio, com prensagem hidráulica do gálio líquido e resfriamento por álcool e sopragem de ar frio para eliminação de resíduos líquidos.

A Figura 1 ilustra a construção do eletrodo da presente invenção que está indicado genericamente pelo numeral 1. O eletrodo da presente invenção apresenta o formato de um wafer composto de dois metais, o gálio (Ga₂) e o alumínio (Al₂). A construção do eletrodo 1 da presente invenção é em forma de camadas. Assim, quando este eletrodo é inserido em um tanque contendo água para o processo de geração de H₂, o gálio não é consumido no processo agindo apenas como catalisador da reação de quebra da molécula de água. Isso significa que ele pode ser reaproveitado continuamente. Este é um ponto importante na viabilização econômica da nova tecnologia, já que o gálio é um metal caro. Outra vantagem é que o gálio necessário não precisa ser de alta pureza, como aquele utilizado na indústria eletrônica. Quanto ao alumínio este oxida gerando como subproduto a alumina, ou óxido de alumínio. A alumina é um material intermediário entre a bauxita - o minério de alumínio - e o alumínio puro. Isso significa que esse resíduo poderá ser facilmente reciclado pela própria indústria de alumínio.

O eletrodo da presente invenção consiste em uma construção formada por um leito de alumínio produzido a partir de um bloco de alumínio. A título de exemplo, mas sem querer limitar a presente invenção ao mesmo, o leito de alumínio 1A apresenta as dimensões de 100 x 51 x 50 mm. Por meio de processos de usinagem e tornearia serão gerados dois leitos de engaste 1B de dimensões internas de 94 x 21 x 40 mm, com as paredes superior 1C e inferior 1D de 100 x 3 x 50 mm e as paredes laterais 1E de 51 x 3 x 50 mm. Os leitos de engaste 1B são separados um do outro por uma parede interna 1F. Nestes dois leitos de engaste 1B gerados no leito de alumínio 1A por meio de usinagem e tornearia será engastado o gálio, em estado líquido, no volume exemplificativo de cerca de 78,96 cm³ por cada leito de engaste 1 B.

Os 78,96 cm³ de gálio em estado líquido serão depositados em cada um dos leitos de engaste 1B e, após tal deposição, o engastamento do gálio no alumínio será feito por meio de um processo de prensagem utilizando uma prensa convencional com capacidade para aplicar uma força de 2,0 Kg/cm². Após este processo de prensagem, o eletrodo compreendido do leito de alumínio 1A com o gálio nos leitos de engaste 1B será submergido rapidamente em um cadinho contendo álcool etílico 98° a -10°C o que solidificará o gálio, garantindo soldagem de ambos os metais. Após este processo de prensagem do gálio será necessária a remoção de qualquer partícula líquida, então, o eletrodo 1 sofrerá a ação de um soprador de ar, com fluxo de ar frio, com capacidade exemplificativa superior ou igual a 250 L/min, com temperatura do ar em torno de 20° C, que secará o eletrodo 1 removendo todas as impurezas líquidas formando, assim, a estrutura tipo wafer do eletrodo 1.

Portanto, a geração de H₂ por meio da utilização do eletrodo da presente invenção não se assemelha a nenhum processo e/ou equipamento até hoje concebido para tal

finalidade. O eletrodo da presente invenção apresenta um ineditismo quanto a sua estrutura construtiva, e na forma construtiva, como pode ser percebido pela Figura em anexo. Vale salientar que ao utilizar o eletrodo da presente invenção o processo de geração de hidrogênio é contínuo, pois, à medida que o nível de água vai baixando no tanque em que o eletrodo está inserido mais água é admitida no mesmo. Para esse fim qualquer sistema de controle de automação conhecido pode ser empregado. Se o eletrodo apresentar desgaste, basta inserir um novo eletrodo para garantir a continuidade do processo.

Logicamente, o modelo construtivo aqui concebido permite que as unidades de geração de H₂ por meio da reação química por eletrodos da presente invenção possam ser concebidas em diversos tamanhos, formas, formatações e capacidades, a fim de atender diferentes necessidades de geração de hidrogênio.

Com o uso dos eletrodos da presente invenção é possível gerar H₂ na quantidade desejada, permitindo assim a produção de energia de forma barata, segura e limpa, a fim de atender diversos tipos de equipamentos, consumidores e qualquer outro elemento que necessite de uma produção energética localizada e com custo de implantação e produtivo baixo.

Quanto aos resíduos provenientes da oxi-redução gerada pelo eletrodo da presente invenção tem-se que o alumínio oxidado gera alumina ou óxido de alumínio, que pode ser reciclado por qualquer empresa que trabalha com produção de alumínio. Quanto ao gálio, este não sofre nenhuma alteração e as barras, que se desprendem do leito de alumínio, são depositadas no fundo do tanque e podem ser removidas e re-utilizadas em outros leitos de alumínio, para produção de novos eletrodos.

A utilização do eletrodo da presente invenção resolve uma questão clássica: a necessidade de utilizar água pura e/ou purificada no processo de geração de H₂ por meio de eletrólise da água, o que implica em um aumento do custo de produção do hidrogênio.

Apesar da larga utilização de eletrodos para eletrólise da água, baseados na utilização da corrente elétrica, um dos principais inconvenientes dos mesmos é a necessidade de trabalhar apenas com H₂O pura, sem a presença de sólidos e outros elementos dissolvidos na mesma, impedindo a utilização desse processo de eletrólise em águas degradadas e/ou de processo. Isto porque quando da sua utilização em águas não purificadas, ocorre no processo de eletrólise a elevação do custo de produção de H₂ e a perda de eficiência, além da oxidação do anodo e da formação de incrustações no catodo reduzindo a performance na eletrólise e a oxigenação da água o que reduz a produção de H₂.

O problema acima é minimizado com a utilização do eletrodo da presente invenção. O eletrodo da presente invenção captura o O₂ liberando o H₂ sem a necessidade de utilização de fontes energéticas e independentemente da qualidade da água que está sendo utilizada.

Outro problema com os processos de eletrólise da água que utilizam corrente elétrica advém do custo da energia utilizada para eletrólise, já que devido à baixa eficiência do processo, este necessita do uso de energias alternativas, tais como eólica e/ou solar, a fim de

gerar energia elétrica a baixo custo e compensar a questão da baixa eficiência provocada pelos sistemas de eletrólise. A utilização destes modelos energéticos implica na dependência de condições climáticas favoráveis para sua utilização e quando estas não ocorrem a unidade de eletrólise fica impossibilitada de gerar H₂. Além disso, existe o problema com a

5 armazenagem e transporte do H₂, pois os locais de eletrólise quase sempre não são os pontos que irão consumir o combustível.

REIVINDICAÇÕES

1. Eletrodo tipo wafer reativo quimicamente de alumínio e gálio, **caracterizado** pelo fato de que compreende:

um leito de alumínio (1A) produzido a partir de um bloco de alumínio com paredes superior (1C) e inferior (1D) e paredes laterais (1E);

em que são formados leitos de engaste (1 B) entre as paredes superior (1 C) e inferior (1D) e paredes laterais (1E), os leitos de engaste (1B) separados entre si por uma parede interna (1 F), e

nos referidos leitos de engaste (1 B) contendo gálio engastado.

2. Método de fabricação de eletrodo tipo wafer reativo quimicamente de alumínio e gálio, tal como definido na reivindicação 1 **caracterizado por:**

obter um leito de alumínio (1A) a partir de um bloco de alumínio;

usinar e tornear o leito de alumínio (1A) para gerar dois leitos de engaste (1B) com paredes superior (1C) e inferior (1D) e paredes laterais (1E); os leitos de engaste (1B) separados um do outro por uma parede interna (1F);

depositar gálio em estado líquido nos leitos de engaste (1B);

engastar no alumínio do leito de alumínio (1A) o gálio depositado nos leitos de engaste (1 B) por meio de um processo de prensagem;

submergir rapidamente em um cadinho contendo álcool etílico 98° o eletrodo compreendido do leito de alumínio (1A) com o gálio engastado nos leitos de engaste (1B) o que solidificará o gálio garantindo soldagem de ambos os metais; e

remover qualquer partícula líquida empregando um soprador de ar com fluxo de ar frio.

3. Método, de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado** pelo fato de que o processo de prensagem é conduzido em uma prensa convencional com capacidade para aplicar uma força de 2,0 Kg/cm².

4. Método, de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado** pelo fato de que a temperatura do álcool etílico 98° é de -10°.

5. Método, de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado** pelo fato de que osoprador de ar com fluxo de ar frio fornece ar com fluxo de 250 L/min e temperatura do ar em torno de 20°C.

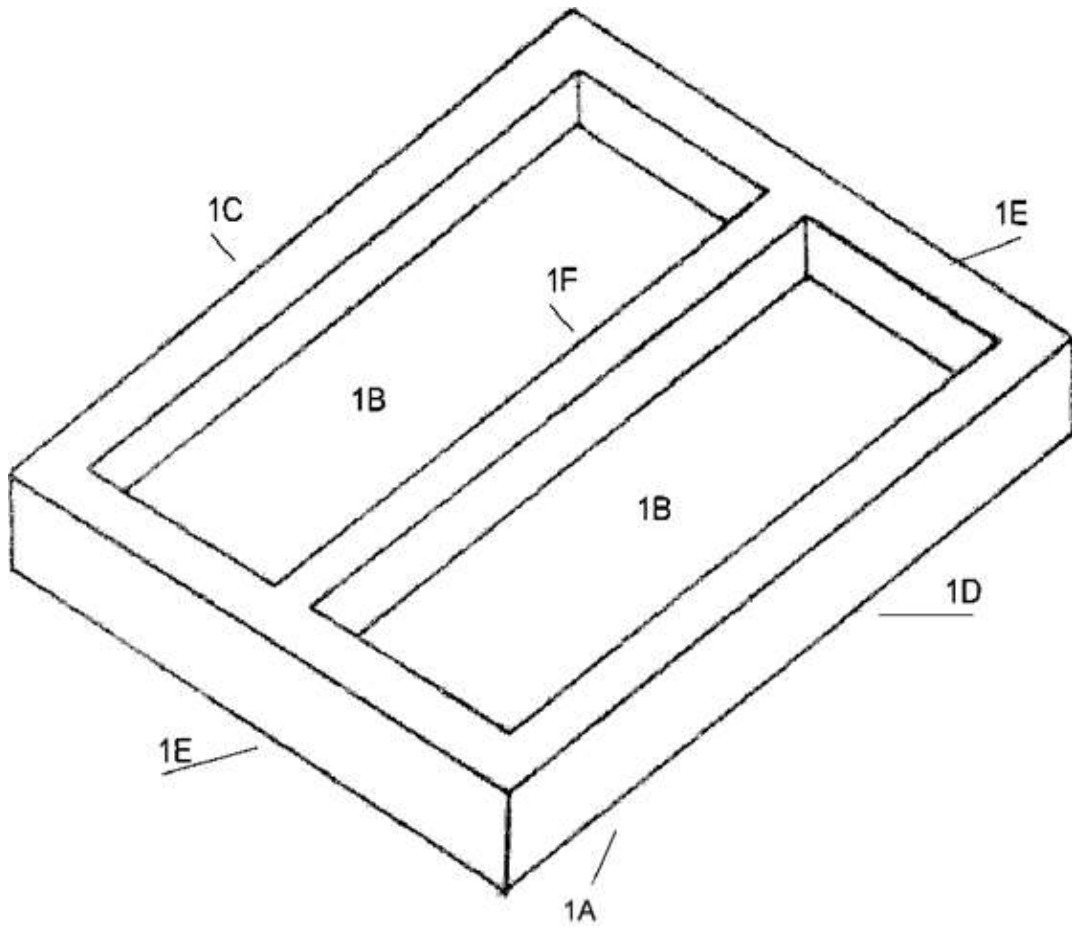


FIG. 1