

DESENVOLVIMENTO DE CIRCUITO ELETRÔNICO E JANELA ELETROCRÔMICA DE CUSTO REDUZIDO PARA APLICAÇÕES TECNOLÓGICAS

Michelly Ferreira Marques¹, Dante Alighieri Alves de Mello², Angelo César de Lourenço³

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul – Campo Grande - MS

michelly.marques@estudante.ifms.edu.br¹, dante.mello@ifms.edu.br², angelo.lourenco@ifms.edu.br³

Área/Subárea: MDIS - Multidisciplinar

Tipo de Pesquisa: Tecnológica

Palavras-chave: Eletrocromismo, Janela eletrocromica, Arduino nano, Circuito, Eletrodeposição reversível.

Introdução

Um dos maiores gastos de energia elétrica no mundo deve-se à refrigeração de ambientes fechados, uma vez que o calor do Sol que incide sobre portas e janelas exige considerável esforço dos sistemas de refrigeração, o que causa um maior consumo de energia elétrica. Esse gasto vem se mostrando em constante crescimento mundial devido à necessidade de uso do aparelho de ar condicionado para conforto térmico. Na Europa, por exemplo, estudos mostram que aproximadamente 40% do fornecimento de energia é utilizado para arrefecimento, ventilação e iluminação de edifícios, o que corresponde a aproximadamente 4% do Produto Interno Bruto (OLIVEIRA; SEMAAN; PONZIO, 2014).

Uma alternativa para minimizar os gastos com a refrigeração de ambientes seriam as “janelas inteligentes”, também denominadas “janelas eletrocromicas”, que podem reduzir substancialmente os gastos com refrigeração e iluminação de ambientes através de alterações em suas propriedades ópticas. O eletrocromismo é uma propriedade característica que alguns materiais ou sistemas apresentam de mudar de cor (absorção e/ou reflexão espectral) reversivelmente, em resposta a um potencial externo aplicado (OLIVEIRA; TORRESI, 1999). Segundo Oliveira e Torresi (1999, p.86), “a associação de indústrias de energia solar dos Estados Unidos declara que uma janela eletrocromica poderia chegar a causar uma diminuição de 50% no gasto de energia num prédio”.

Apesar de suas inúmeras vantagens, essas janelas possuem grandes desafios a serem superados, como: desenvolver tal dispositivo com materiais de custo reduzido, substituir o contra-eletrodo de platina por um metal ou outro material mais barato, apresentar bom desempenho e não causar reações químicas secundárias.

Outro problema a ser solucionado é o modo como é aplicada a tensão elétrica na janela eletrocromica, de maneira que o dispositivo possa facilmente ter uma aplicação comercial. Por esta razão, nesta pesquisa a intenção não foi utilizar um potenciostato (como é feito nos laboratórios), e sim uma fonte de baixa tensão em corrente contínua (porta USB) associada a um circuito que possibilite a inversão de polaridade, permitindo a reversibilidade óptica do dispositivo. O circuito é composto, basicamente, por uma ponte H e um circuito conversor Buck, ambos controlados

pelo microcontrolador Arduino[®] Nano. O primeiro com a função de inverter a tensão fornecida pelo microcontrolador, permitindo assim escurecer e clarear a janela, e o segundo terá a função de ajustar a tensão entre os eletrodos da janela eletrocromica.

Deste modo, o objetivo desta pesquisa é construir uma janela eletrocromica de eletrodeposição reversível de cobre de custo reduzido e um suporte eletrônico que controle a tensão elétrica aplicada no dispositivo e possibilite a inversão de potencial.

Metodologia

A realização da pesquisa se deu em duas etapas principais e complementares: o desenvolvimento da janela eletrocromica em si e o desenvolvimento do circuito eletrônico para a aplicação controlada e inversão de potencial elétrico. A Figura 1 representa o desenvolvimento do eletrólito.



Figura 1 - Eletrólito pronto (gelatina + CuCl₂ 80mM).

Quanto ao desenvolvimento do circuito eletrônico, foram necessários os seguintes componentes: uma placa de ensaio ou *ProtoBoard*; um Arduino Nano; oito resistores de 1KΩ cada; quatro transistores BC-548 utilizados na ponte H; um transistor TIP120 no conversor Buck; um LED e duas Chaves Tátil Push.

Resultados e Análise

Durante o primeiro teste com a janela eletrocromica, utilizando o potenciostato, observou-se a necessidade de desenvolver um suporte para abrigar a janela durante os experimentos, o que veio a proporcionar maior estabilidade no sistema. Esse suporte foi desenhado no software livre Sketchup[®] e impresso em 3D no IFMS.

Para reduzir o custo da janela, o contra-eletrodo de platina foi substituído por outro material, uma placa de vidro

coberto por uma camada condutora de óxido de estanho dopado com índio (ITO). Porém, para que o ITO fosse capaz de causar o mesmo efeito da platina, foi necessário realizar uma corrosão na parte central do ITO, utilizando uma solução ácida de HCl 37% (massa/massa).

Com o suporte, o circuito eletrônico e o microcontrolador foram realizados testes subsequentes, como mostra a Figura 2, que por sua vez apresenta a janela em processo de escurecimento promovido pela aplicação da tensão efetiva de 2,90 volts pelo Arduino.



Figura 2 - Janela escurecendo com tensão fornecida pelo Arduino.

Como se vê na Figura 2, o escurecimento da janela se deu a partir da borda lateral direita (efeito de borda), o que pode ser explicado por uma maior concentração de elétrons inicialmente na região dos contatos elétricos (adesivos de cobre). O LED em vermelho está aceso em maior tonalidade indicando a aplicação de tensão elétrica de deposição.

A Figura 3 mostra o aspecto da janela após 60 segundos de aplicação da corrente elétrica catódica no eletrodo de trabalho. É visível o escurecimento da janela, assim como a presença de bolhas e uma região de irregularidade no eletrólito.



Figura 3 - Janela eletrocromática com cobre eletrodeposicionado.

Considerações Finais

Por meio das investigações realizadas foi possível obter o escurecimento e o clareamento da janela eletrocromática mediante o controle e a inversão de potencial elétrico feito pelo usuário por meio de um circuito eletrônico integrado ao microcontrolador Arduino. A utilização da janela condutora com filme de ITO como contra-eletrodo em substituição à platina se mostrou promissora e pode resultar em grande economia no desenvolvimento de dispositivos tecnológicos de eletrodeposição reversível. Foi desenvolvido um suporte específico para abrigar janelas com este tipo de arquitetura. Também foi possível determinar que uma janela nas condições investigadas necessita de um maior controle da

d.d.p. aplicada afim de evitar o excesso de tensão, o que acredita-se ser responsável por gerar bolhas que atrapalham a transparência e contatos elétricos entre eletrólito e eletrodos, acidez no eletrólito, reações diferentes das esperadas, que seriam apenas as de redução e oxidação do cobre, além de danificar a superfície do ITO.

Obteve-se um aprofundamento em circuitos eletrônicos, eletroquímica, programação (visto que o Arduino necessita de código de programação) e desenhos 3D em softwares proporcionando grande aplicação dos conteúdos estudados, trazendo grande enriquecimento e experiência.

Como proposta de continuidade, deve-se montar o sistema janela-circuito-suporte utilizando uma programação melhorada, um conversor Buck e uma ponte H mais complexos, a fim de fazer um controle de potencial mais preciso, averiguando o seu desempenho.

Para melhorar o funcionamento da janela em si deve ser realizada uma corrosão no ITO (tomando cautela para não ocorrer vazamentos), investigar a formação de reações paralelas, subprodutos gasosos e a formação de bolhas na janela, assim como a vedação completa da janela para evitar o endurecimento e consequente inutilização do eletrólito.

É necessário aperfeiçoar também o suporte 3D, fazendo com que acondicione a janela com mais pressão, melhorando o contato do eletrólito com os eletrodos (ITO), além da análise da viabilidade do uso de um display LCD para mostrar o potencial elétrico para quem estiver manuseando a janela.

Agradecimentos

Ao Prof. Dr. Silvio Cesar de Oliveira, pela concessão das placas de ITO. À Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) pelo apoio, materiais e laboratórios cedidos. Aos técnicos de laboratório de Química, Física e Eletrotécnica do Instituto Federal de Mato Grosso do Sul (IFMS) pela assistência prestada nos laboratórios. Ao Sargento Flávio H. R. F. de Souza, do Colégio Militar de Campo Grande (CMCG), por prestar orientações e materiais a esse trabalho. Ao Professor Matheus Piazzalunga Neivock por realizar impressões 3D no IFMS.

Referências

- OLIVEIRA, R. S.; SEMAAN, F. S.; PONZIO, E. A. Janelas Eletrocromáticas: Uma Nova Era em Eficiência Energética. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 1, p. 336-356, 2014. Disponível em: <http://static.sites.sbgq.org.br/rvq.sbgq.org.br/pdf/v7n1a17.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2020.
- OLIVEIRA, S. C.; TORRESI, R. M.; TORRESI, S. I. Uma visão das tendências e perspectivas em eletrocromismo: a busca de novos materiais e desenhos mais simples. **Química Nova**, v. 23, n. 1, p. 79-87, 1999. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/qn/v23n1/2147.pdf>. Acesso em: ago. 2019.