

CONSTRUÇÃO E DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS DE FUNCIONAMENTO DE UM SPIN COATER

Roberto N. da S. Gonçalves¹, José Elisandro de Andrade², Edilma Pereira Oliveira³

¹²³Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará - Unifesspa

FL 17, QD 07, LT Especial, Nova Marabá, Marabá-PA, Brasil

robertonsg@unifesspa.edu.br¹, elisandro@unifesspa.edu.br², edilma@unifesspa.edu.br³

RESUMO: Neste trabalho é apresentado uma metodologia de como construir um spin coater e determinar os parâmetros de funcionamento para produção de filmes finos a partir de materiais de baixo custo. O equipamento possui um sistema simples e prático de controle sem necessidade de estudos complexos em eletrônica analógica e mecânica no nível de graduação. O spin coater conta com um micromotor que é controlado por um circuito eletrônico que permite a alteração de suas rotações por minuto em função das cinco tensões aplicadas. O investimento em materiais para a construção do equipamento não ultrapassou os R\$ 500,00. A utilização deste sistema pode promover uma produção de filmes finos eficiente e consideravelmente mais barata em relação ao uso spinners de nível comercial.

Palavras-chave: Nanotecnologia, spin coater, filme fino

1. INTRODUÇÃO

Com os avanços da nanociência e nanotecnologia, vários dispositivos eletrônicos utilizados no dia-a-dia como smartphones, tablets e computadores portáteis são exemplos básicos de produtos que possuem circuitos eletrônicos com componentes supercondutores de energia elétrica em formato de filme fino (SOUZA, 2012). Para isto, laboratórios no mundo contam com equipamentos sofisticados em técnicas para a produção de filmes finos, e este trabalho apresenta a construção de um “spin coater”, determinando seus parâmetros de funcionamento utilizando materiais de baixo custo (MARTINELLI, 2005).

Na produção do filme fino, existe a deposição por *spin coating*, que é uma técnica simples e amplamente utilizada na preparação das películas com espessura uniforme (AGUILAR & LÓPEZ, 2011a). Nela, é posta uma determinada quantidade do material em um substrato que sofre rotação determinada velocidade angular, ocorrendo o espalhamento uniforme. E a aplicação de filmes está presente no processo de produção de componentes eletrônicos como diodos, capacitores, transistores, resistências e outros (MITZI *et al.*, 2004).

Como motores elétricos de corrente contínua (DC) estão disponíveis a baixo custo nos equipamentos de hardware, onde dispositivos de mídia são colocados em rotação para leitura ou gravação de dados, como em *drives* de disquete, discos rígidos (HD), CD-ROM, DVD e gravadores de CD (BENDER, 2014). Para se obter eficiência na produção de filmes finos, o *spin coater* deve possuir propriedades indispensáveis como a estabilidade na rotação do substrato, isto é, o motor deve estar em boas condições de funcionamento. A indicação da velocidade de rotação e o tempo de funcionamento também são fatores importantes para a produção dos filmes finos (AGUILAR & LÓPEZ, 2011b).

Embora os *spins coaters* comerciais possuam vários outros recursos, as características principais são elaboradas de maneira complexa e geralmente não fundamentais. Isto é, estes recursos são projetados com circuitos eletrônicos programados por microcontroladores e de difícil manutenção quando sujeitos a problemas técnicos.

Desta forma, a proposta principal deste trabalho é mostrar a metodologia de construção um *spin coater* a partir de materiais de baixo custo que ofereça os recursos básicos de controle de velocidade de rotação de maneira analógica, simplificando seu manuseio e atendendo com eficiência os testes com materiais usualmente depositados, a fácil manutenção do equipamento em casos de problemas técnicos e, principalmente, seu baixo custo benefício.

2. METODOLOGIA

Nas primeiras etapas de construção, o recurso utilizado para a rotação do substrato foi um micromotor DC de 12 V. Para o circuito de controle de rotações por minuto foi utilizada uma placa fenolite com área de 16 cm². Usou-se caneta retroprojetora para fazer manualmente o desenho esquemático circuito, como mostra a Fig. (1). Percloroeto de ferro foi utilizado para corroer somente a parte que não estava protegida pela tinta. Então, utilizando um ferro de solda, foram feitas as soldagens dos componentes eletrônicos na placa fenolite.

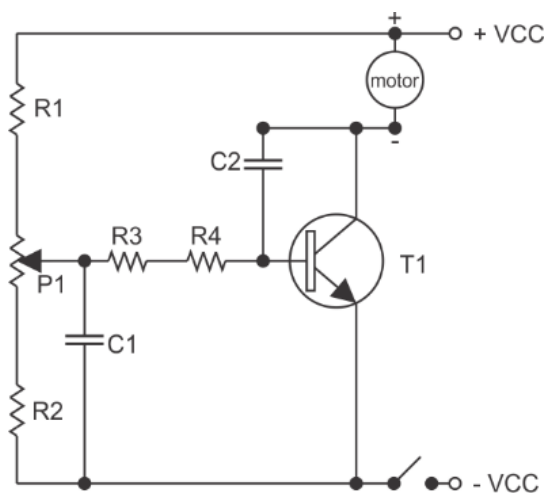


Figura 1. Esquema eletrônico do circuito de controle de rotação.

A Tabela 1 apresenta a identificação dos componentes utilizados, a representação no circuito e seus respectivos valores.

Tabela 1. Identificação dos componentes do circuito eletrônico e seus valores.

Componente	Representação	Valores
Resistor	R1	10 k Ω $\pm$ 5%
Resistor	R2	390 Ω $\pm$ 5%
Resistor	R3	10 k Ω $\pm$ 5%
Resistor	R4	390 Ω $\pm$ 5%
Potenciômetro	P1	50 k Ω
Capacitor	C1	68 nF
Capacitor	C2	68 nF
Transistor	T1	--

O circuito foi constituído contendo um resistor R1 de 10 k Ω , com $\pm$ 5% de tolerância; por um potenciômetro P1 de 50 k Ω ; pelo resistor R2 de 390 Ω de $\pm$ 5% de tolerância. Utilizou-se também dois condensadores (capacitores), C1 e C2, ambos de 68 nF. As resistências R3 de 10 k Ω e R4 de 390 Ω , ambas com $\pm$ 5% de tolerância, que alimentam a base do controle do transistor de potência de tipo NPN, T1, repassando a voltagem e corrente devidamente controladas para a carga, tendo o C2, também de 68 nF, como o segundo elo de estabilização.

O circuito é alimentado por uma fonte de 12 V adaptada dentro do chassi da caixa do equipamento, onde foram colocados o circuito de controle do micromotor e os interruptores de energia.

Utilizou-se uma caixa galvanizada construída com dimensões de 15 cm $\times$ 15 cm $\times$ 8,3 cm. Seu volume foi suficiente para fazer as instalações do circuito e da fonte de alimentação. Para adaptar as peças, foram feitos furos para acoplar o transformador da fonte e chave de voltagem de 110 V e 220 V através de parafusos e porcas. O potenciômetro de controle de rotações foi acoplado no centro de uma das faces da caixa. Também se utilizou uma panela revestida de teflon para servir de recipiente protetor contra espirros durante a deposição. Foram feitos três furos na panela na base da panela para prender o micromotor. Então, o porta-substrato, um *minidisco* (MD) foi adaptado ao eixo do micromotor através de um acoplador, permitindo encaixar de encontro o pino com o eixo rotativo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os componentes eletrônicos utilizados neste trabalho são acessíveis no mercado e de identificação simples, como as cores dos resistores. O potenciômetro utilizado é responsável pela alteração do fluxo de tensão, alterando a velocidade de rotação do motor. A utilização do C1, que estabiliza a corrente e mantém a voltagem estável e evita possíveis oscilações. A utilização do transistor do tipo NPN permite que os elétrons se movam mais facilmente ao longo da estrutura cristalina, o que traz vantagens significativas no processamento de sinais de alta frequência (SEDRA & SMITH, 2007).

Em meio aos testes de outros micromotores, a escolha do micromotor DC de 12 V foi o de um extraído de um CD Player. Por ser de tamanho médio e por possui bom desempenho na estabilidade, velocidade, torque e silêncio em seu funcionamento na rotação do porta-substrato.

Para a captação das seis velocidades do micromotor, foi utilizado um tacômetro digital com sensor. A Tab. (2) mostra as velocidades obtidas em rpm em função a tensão, variando de 1,12 a 11,93 volts.

Tabela 2. Velocidades capacitadas através de tensão aplicada

Tensão (V)	1ª medida	2ª medida	3ª medida	Média
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,12	1065	1071	1067	1067,67
3,09	1456	1453	1458	1455,67
5,10	3267	3260	3267	3264,67
8,07	5007	5011	5006	5008,00
10,11	6787	6789	6787	6787,67
11,93	6989	6987	6989	6988,33

A partir dos dados da Tab. (2), foi possível plotar o gráfico da rotação em função da tensão, como mostra a Fig. (3). Percebe-se visualmente que o sistema possui um comportamento linear, com salva exceção nas tensões mais baixas e as mais elevadas com maior erro devido aos limites de operação do micromotor. Logo, utilizando o software livre de computação numérica Scilab (versão 6.0.0) foi possível obter o ajuste linear da curva e analisar os parâmetros.

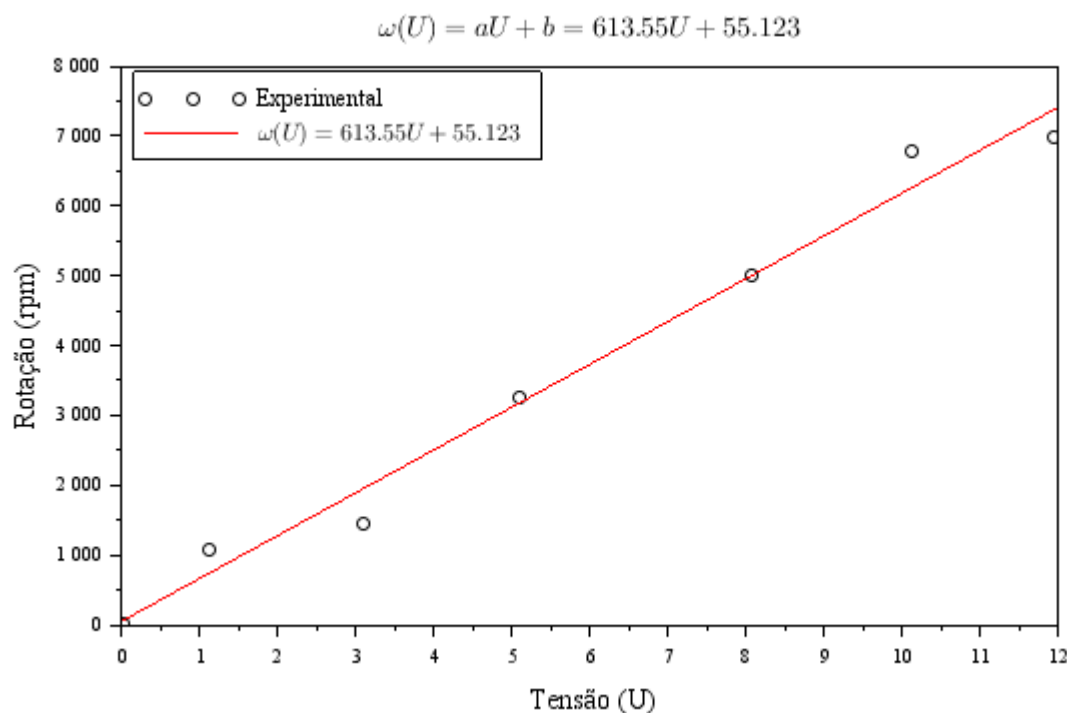


Figura 3. Gráfico de rotação em função de tensão com ajuste linear.

A partir do gráfico da Fig. (3), obtém-se que a função da rotação em função da tensão obedece a função linear:

$$y = ax + b \quad (1)$$

Em que $y = \omega$ é a rotação em rpm e $x = U$ é a tensão em volts, podendo ser reescrita da forma da Eq. (2):

$$\omega = aU + b \quad (2)$$

Em que a é o coeficiente angular equivalente a aproximadamente 613,55rpm/V, e b o coeficiente linear e equivale aproximadamente 55,123rpm. Desta forma, a relação equação para determinar a rotação em função da tensão e pode ser escrita como a Eq. (3):

$$\omega = 613,55U + 55,123 \quad (3)$$

Neste trabalho, a alimentação foi adaptada para ser acoplado dentro do equipamento e conta com uma chave de interrupção de tensão liga/desliga. A Fig. (4) mostra a atual etapa de construção do *spin coater*.

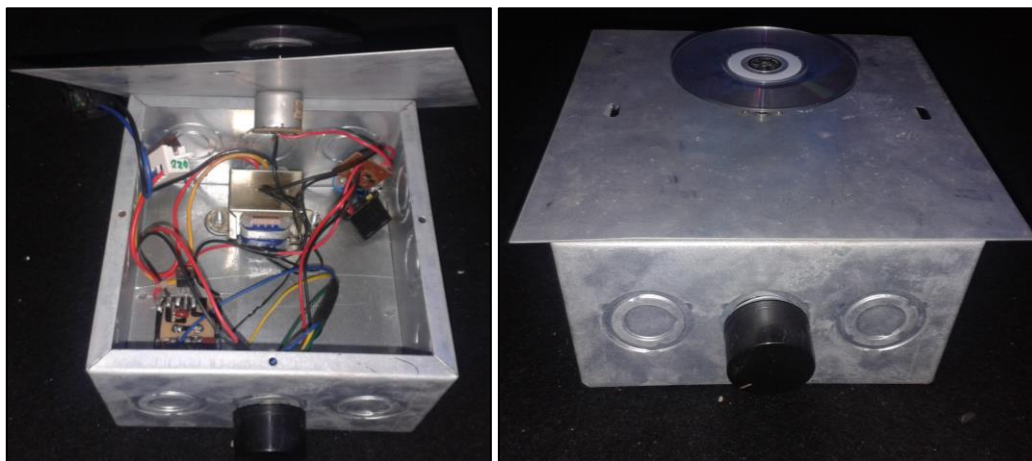


Figura 4. Imagem do *spin coater* em etapa atual

O circuito regulador da velocidade de rotação é bastante simples. Todos os componentes aplicados à placa são de fácil acesso e fácil manuseio e valores financeiros razoáveis. O teste do micromotor desempenhou velocidades de rotação de 6988 rpm (ideal para deposição) e apresentou bom desempenho no âmbito de menos pulsos quando houve oscilações na voltagem aplicada, praticidade de aplicação e custo também financeiro razoável. O equipamento pronto supriu alguns detalhes importantes como a estabilidade quando em está funcionamento. Isso é possível devido ao peso exercido de seus componentes dentro da caixa de proteção e seus suspensores emborrachados na parte inferior dela que o mantém sem vibrações.

4. CONCLUSÃO

Todo o aparato responsável pelo funcionamento do equipamento (transformador da fonte de alimentação, componentes eletrônicos, placa de fenolite, cabo de energia, parafusos, o substrato adaptado, cabos de conexão do circuito, potenciômetro e micromotor, panela teflon e caixa de proteção) custaram um valor aproximadamente de R\$ 420,00. Sendo assim, obteve-se um equipamento mais elaborado capaz de realizar produção de filmes finos com velocidades diferentes até 5700 rpm. Como perspectivas futuras, pretende-se obter as velocidades exatas das velocidades de rotação do substrato em função da tensão e posição do potenciômetro e um temporizador para demarcar o intervalo de atividade do equipamento, bem como a simulação e modelagem matemática da obtenção da espessura do filme fino através da tensão função dos parâmetros de velocidade angular e do tempo, que envolverá o estudo do fluxo do fluido viscoso no substrato utilizando material polimérico.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Pará (FAPESPA), a Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa e Inovação Tecnológica (Propit) da Unifesspa e ao CNPq por ter concedido a bolsa de iniciação científica para a produção deste trabalho.

6. REFERÊNCIAS

- AGUILAR, R. G.; LÓPEZ, J. O., 2011, "Low cost instrumentation for spin-coating deposition of thin films in an undergraduate laboratory", *Latin-American Journal of Physics Education*, pp. 369-373.
- BENDER, A. L.; SBARDELOTTO, D. R., 2014, "Usando motores DC em experimentos de Física", *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 26, n. 4, pp. 401-405.
- MARTINELLI, A. E., 2005, "Synthesis, Rheological Behavior and Mechanical Characterization of Structural Fast-setting Geopolymers", *Materials Research*, vol. 498-499, 488 p.
- MITZI, D. B.; KOSBAR, L. L.; MURRAY, C. E.; COPEL, M.; AFZALI, A., 2004, "Highmobility ultrathin semiconducting films prepared by spin coating", *Nature*, vol. 428, n. 18, pp. 299-303.
- SEDRÁ, A.; SMITH, K., 2007, "Microeletrônica". Pearson Prentice Hall, ed. 5.
- SOUZA, G. A., 2012, "Preparação e caracterização de filmes finos supercondutores para aplicação em dispositivos eletrônicos", 106 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira.

7. DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso contido neste artigo.

CONSTRUCTION AND DETERMINATION OF OPERATING PARAMETERS OF A SPIN COATER

Roberto N. da S. Gonçalves¹, José Elisandro de Andrade², Edilma Pereira Oliveira³

¹²³ Federal University of South and Southeast of Pará - Unifesspa
FL 17, QD 07, Special LT, Nova Marabá, Marabá-PA, Brazil
robertonsg@unifesspa.edu.br¹, elisandro@unifesspa.edu.br², edilma@unifesspa.edu.br³

ABSTRACT: *This paper presents a methodology of how to build a spin coater to production of thin films with inexpensive materials. The equipment has a simple and practical system control without the need for complex studies in electronics and mechanics at the undergraduate level. The spin coater has a micromotor, which is controlled by an electronic circuit that allows the change of revolutions depending on the voltage applied. Investment in materials for the construction of the equipment not exceeded R\$ 500,00. Use of this system promotes an efficient production of thin films and considerably cheaper than using a commercial equipment.*

Keywords: *Nanotechnology, spin coater, thin film.*