

ESTUDO DA DEPOSIÇÃO DE ÓXIDO DE GRAFENO SOBRE SiO₂ PARA DESENVOLVIMENTO DE SENSORES

Isabella Silva de Araújo Abreu¹, Jessica Fleury Curado², Eliane F. Chinaglia³

¹ Departamento de Engenharia Elétrica, Centro Universitário FEI

^{2,3} Departamento de Física, Centro Universitário FEI

isabella.sa.abreu@gmail.com; echinaglia@fei.edu.br

Resumo: O óxido de grafeno (GO) se destaca quanto à sua condutividade e quanto à sensibilidade no processo de adsorção de moléculas. Esse estudo discorre sobre uma série de deposições de GO feitas a partir de métodos variados sobre substratos de SiO₂ divididos por trilhas de Au/Cu. Com isso, busca-se analisar quais seriam as melhores condições de deposição para que haja a formação do contato elétrico entre as trilhas, que é um fator imprescindível para a aplicação do GO como sensor de moléculas, como o gás carbônico.

1. Introdução

Formado por uma única camada bidimensional de átomos de carbono, o grafeno tem sido amplamente estudado na área da nanotecnologia. O material apresenta excelente mobilidade eletrônica, permitindo eficientes conduções elétricas e térmicas.

Com isso, destaca-se uma de suas variantes: o óxido de grafeno (GO). Apresentando uma alta sensibilidade a outras moléculas em temperatura ambiente, materiais orgânicos como o óxido de grafeno tornam-se qualificados para atuarem como sensores de gases [1].

Nesse estudo, foram analisadas duas técnicas de deposição de GO sobre trilhas de Au/Cu em amostras de SiO₂. Com o auxílio das microscopias óptica e de força atômica (AFM), será possível determinar quais seriam as características de deposição mais adequadas para a formação do caminho elétrico entre essas trilhas.

2. Materiais e Métodos

2.1 Preparo das Amostras

Para a preparação da solução de óxido de grafeno que será depositado nos substratos de SiO₂, foram utilizadas 60 partes de água destilada, aproximadamente 12 mL, para 4 partes de óxido de grafeno comercial, de 0,24 mL, totalizando-se 12,24 mL. Com base nisso, a fim de se garantir um processo homogêneo, deixou-se tal solução no ultrassom por 30 minutos à temperatura ambiente.

Antes da deposição, houve a limpeza dos substratos usando acetona, água destilada com detergente neutro e por fim água destilada. Em cada etapa do processo, as amostras foram colocadas no ultrassom por 10 minutos para que a limpeza fosse mais eficiente.

Para a deposição da solução de GO sobre as amostras, foi utilizado inicialmente o *Spin Coating*, formado por um recipiente com tampa removível e com uma placa giratória em seu interior, onde é fixado o substrato plano [2]. Ao girar com cerca de 2000 rpm, é possível realizar a deposição de uma camada fina da solução de GO na superfície do substrato.

Como segundo método de deposição, usou-se o aerógrafo. Seu formato se assemelha ao de uma caneta, contendo um reservatório onde é colocada a solução, e um gatilho, que auxilia no controle do jato de ar gerado. É utilizado junto a uma fonte de ar comprimido, que pulveriza a solução desejada em um substrato [3].

2.2 Técnicas de Caracterização

Com as amostras finalizadas, utilizou-se o microscópio óptico (MO) para análise do espalhamento da solução sobre o substrato. Esse instrumento consiste na associação de um par de lentes convergentes de alta resolução, formado pela ocular e objetiva, e que permite a obtenção de imagens com ampliação de até 1000x [4].

A fim de se entender a morfologia das superfícies das amostras, usou-se o microscópio de força atômica (AFM). Esse se refere a um modo de operação dos microscópios de varredura por sonda mecânica, permitindo a visualização da matéria em escala nanométrica [5].

3. Resultados

Conforme mencionado anteriormente, utilizou-se dois métodos para a deposição do GO sobre os substratos. Em relação ao *Spin Coating*, preparamos diferentes amostras com deposições subsequentes, ou seja, 1x, 2x e 4x. Com o auxílio de uma pipeta, foi aplicado o óxido de grafeno sobre o substrato, o qual permaneceu em giro por 30 segundos. Após a amostra ser retirada do *Spin Coating*, foi seca a uma temperatura de 100°C por 10 min.

A figura 1 apresenta a imagem de MO da amostra 61 fabricada com duas deposições subsequentes de GO.

Podemos observar que há uma concentração de GO ligando a trilha de SiO₂ à superfície recoberta por Au/Cu.

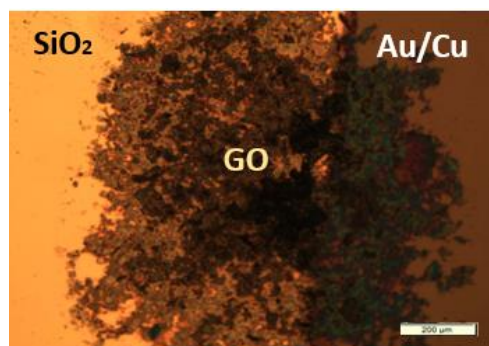


Figura 1 – Amostra 61 das trilhas de SiO₂ com 100x de ampliação

De forma geral, não se obteve uma uniformidade no espalhamento do óxido de grafeno, o qual formou

concentrações isoladas e com várias camadas. Tais condições não possibilitou a formação do contato elétrico entre as trilhas, o que não tornou possível a análise da propriedade elétrica do GO. Diante disso, adotou-se o procedimento do aerógrafo para verificar se a deposição provocaria um espalhamento mais uniforme do GO pelas trilhas das amostras. Para isso, foram separados três substratos que ficaram a 15 cm de distância do aerógrafo, e outros três, a 30 cm de distância dele. Com o auxílio de um cronômetro, mediu-se o tempo de pulverização, conforme mostrado na Tabela I.

Tabela I – Parâmetros de deposição por aerógrafo

Amostra	Tempo (s)	Altura (cm)
68	5	15
69	10	15
70	20	15
71	5	30
72	10	30
73	20	30

Para a primeira deposição, na qual a amostra 68 (figura 2) foi colocada a 15 cm do aerógrafo e cuja pulverização teve duração de 5 segundos, observa-se resultados consideravelmente diferentes quanto ao espalhamento e ao número de camadas do GO. É possível notar uma maior uniformidade do óxido de grafeno pela amostra, cujas concentrações se dão de forma concêntrica e apresentam camadas mais finas.



Figura 2 – Amostra 68 das trilhas de SiO₂ com 100x de ampliação

As concentrações de GO apresentam uma dimensão menor quando comparadas com as concentrações resultantes do *Spin Coating*. No entanto, em ambos os processos de deposição não foi possível depositar uma camada uniforme o suficiente para que as 4 trilhas de Au/Cu apresentassem contato elétrico. A única dupla de trilhas que apresentou contato elétrico tinha largura de 600 µm, sendo a menor de todas as amostras depositadas. Visto que os outros substratos tinham larguras superiores a 600 µm, acabou-se não identificando a ocorrência de outro contato elétrico nas amostras.

4. Conclusões

Assim, conclui-se que a deposição resultante do método de *Spin Coating* não se mostrou eficiente, sendo

caracterizada pela presença de várias camadas de GO sobrepostas nos substratos e pela baixa uniformidade no espalhamento do óxido de grafeno.

Todavia, de modo a atingir a uniformidade necessária e com menos camadas sobrepostas, adotou-se o aerógrafo. A deposição gerou formas concêntricas do óxido de grafeno, com dimensão significativamente menores, o que tornou mais difícil a formação do caminho elétrico entre as trilhas. Em vista disso, apenas a amostra 68 teve resultado parcialmente positivo, no qual houve contato elétrico entre duas trilhas. Entretanto, para atingir o objetivo desse estudo, é preciso que as quatro trilhas da amostra sejam interligadas eletricamente para se caracterizar a propriedade elétrica do GO.

Para experimentos futuros, conclui-se que diminuir a largura das trilhas e posicionar a amostra mais perto do aerógrafo são fatores que poderiam contribuir para que elas possuam contato elétrico entre si, tornando possível a construção de um sensor firmando o objetivo do estudo apresentado.

5. Referências

- [1] YOON, Hyeun et al. Carbon dioxide gas sensor using a graphene sheet. **ScienceDirect**, 2011. Disponível em <<https://doi.org/10.1016/j.snb.2011.03.035>>. Acesso em 08 de fevereiro às 10:50.
- [2] SPIN COATING. **ScienceDirect**, 2014. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/topics/materials-science/spin-coating>>. Acesso em 10 de fevereiro às 14:20.
- [3] SCHWEISER, Matias. Tipos de Aerógrafo. **SPMODELISMO**, 2022. Disponível em: <<http://www.spmodelismo.com.br/material/aerografo/tipos.php>>. Acesso em: 01 de julho às 16:21.
- [4] LOURENÇO, Darling. Microscopia e biologia parte I: conhecendo os microscópios ópticos e suas aplicações. **Profissão BioTec**, 2021. Disponível em: <<https://profissaobiotec.com.br/microscopia-e-biologia-parte-i-microscopios-opticos-e-aplicacoes/>>. Acesso em 15 de fevereiro às 14:30.
- [5] CHINAGLIA, Eliane de F. Caracterização nanoestrutural de filmes finos do grupo IV-B depositados por Sputtering Magnetron. 2002. 151 f. Tese (Doutorado, em Física dos Materiais e Mecânicas) – **Universidade de São Paulo** – USP, São Paulo, 2002. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/43/43134/tde-03092012-160913/pt-br.php>>. Acesso em 15 de fevereiro às 14:30.

Agradecimentos

Às instituições Centro Universitário FEI e Instituto de Física da USP pelo empréstimo de equipamentos para a realização do presente estudo.

À minha família, que me apoiou durante todo o desenvolvimento do projeto e finalização do relatório.

¹ Aluno de IC do Centro Universitário FEI. Projeto com vigência de 08/2021 a 08/2022.