

## MONTAGEM DE UM REATOR PARA OBTENÇÃO DE GRAFENO A PARTIR DA ESFOLIAÇÃO DE GRAFITE EM PLASMA *UNDERWATER*

Marco Aurelio Nespolo Vomstein<sup>1</sup>, Elisa Segundo<sup>2</sup>, Luís Cesar Fontana<sup>3</sup>, Daniela Becker<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Acadêmico do Curso de Engenharia Elétrica CCT UDESC - bolsista PIBIC/CNPq

<sup>2</sup> Acadêmicos do curso de Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais

<sup>4</sup> Professor, Departamento de Física

<sup>3</sup> Orientador, Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas – daniela.becker@udesc.br

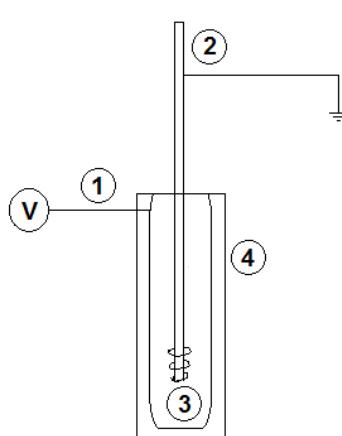
Palavras-chave: Plasma. *Underwater*. Grafeno.

O uso de descargas elétricas submersas surge como alternativa aos métodos convencionais de obtenção do grafeno a partir do grafite. Apesar de se mostrarem eficientes, métodos químicos como a Deposição Química em Fase Vapor (CVD, em inglês) e esfoliação química apresentam desvantagens consistindo na possibilidade de contaminação da superfície do produto final no primeiro e em dificuldade de uso em larga escala bem como baixa condutividade elétrica no segundo [1]. A utilização de plasma *underwater* em baixa temperatura com fornecimento de energia controlado promove a separação das camadas do material até então unidas por forças de van der Waals sem o rompimento das ligações covalentes dos átomos de carbono que compõem a estrutura do grafeno. A alta diferença de potencial fornecida no processo é responsável pela vaporização de parte da solução no recipiente em forma de pequenas bolhas, em estado de plasma, o que leva a esfoliação do grafite [2]. O objetivo deste trabalho é montar um reator de bancada para estudar a esfoliação do grafite em plasma *underwater* para obtenção de grafeno.

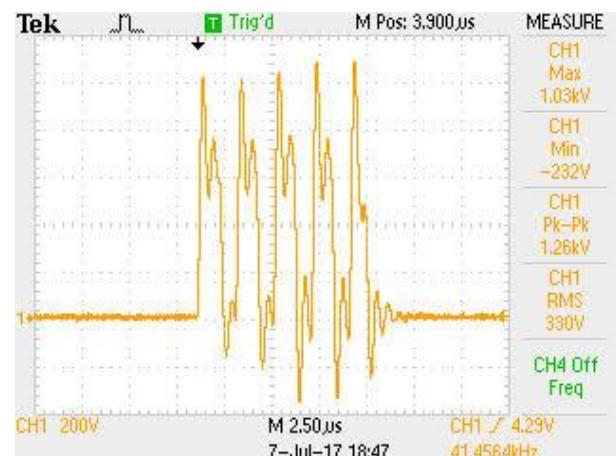
O reator consiste em um bulbo de vidro cujas paredes internas envolvem uma grade metálica de altura semelhante à do recipiente, conectada ao eletrodo positivo da fonte de tensão. No centro do bulbo é colocada uma haste de metal ligada a uma furadeira, atuando como misturador e mantendo a água em movimento. Esta haste é aterrada juntamente com o eletrodo negativo e garante a homogeneização do processo, impedindo a precipitação do grafite, uma vez que a solução é instável. A Fig.1 apresenta um desenho esquemático de tais elementos do reator, no qual 1 representa a grade metálica, 2 é a haste aterrada, 3 consiste no espaço ocupado pelo solvente com grafite e 4 representa o recipiente de vidro. No experimento utilizou-se 60 ml de água com 1% de grafite e tensão de cerca de 1 KV (pulsos positivos) durante 30 min. A temperatura foi medida com um termômetro a laser e manteve uma média de 33 °C. Neste experimento o plasma não foi alimentado com tensão contínua e sim por uma fonte pulsada com picos de tensão periódicos, o que eleva o número de colisões das partículas, aumentando, assim, a

eficiência do processo. Tal fonte possui como especificações tensão máxima de 2 KV, corrente de saída de até 12 A e 9 KVA de potência aparente [3]. É controlada por um computador via software, facilitando a interação do usuário com o experimento. A Fig.2 representa a forma de onda da tensão responsável pela alimentação do plasma, que consiste numa sequência de 5 pulsos previamente definidos, com cerca de 1 KV de tensão e duração de 1  $\mu$ s cada, seguidos por um período de 400  $\mu$ s de tensão contínua em aproximadamente -200 V responsável por manter o plasma.

De acordo com os parâmetros estabelecidos para a fonte de tensão, como largura dos pulsos, valor máximo, distância entre pulsos, etc. pode-se obter *carbon onions* utilizando frequências mais baixas, bem como maior largura de pulso da onda; e *flakes de grafeno* com frequências mais baixas. Também é possível obter carbono nas duas formas estipulando parâmetros de frequência e largura de pulso intermediários.



**Fig. 1** Esquema simplificado do reator.



**Fig. 2** Forma de onda da tensão de alimentação do plasma.

## REFERÊNCIAS

- [1] LEE, Hoonseung, BRATESCU, Maria, UENO, Tomonaga, SAITO, Nagahiro. Solution plasma exfoliation of graphene flakes from graphite electrodes. *RSC Adv.*, 2014, 4, 51758.
- [2] PLATH, Asmus, BECKERT, Fabian, TÖLLE, Folke, STURM, Heinz, MÜLHAUPT, Rolf. Stable aqueous dispersions of functionalized multi-layer graphene by pulsed underwater plasma exfoliation of graphite. *J. Phys. D: Appl. Phys.* 49 (2016) 045301 (11pp).
- [3] SCHOLTZ, Juliano, FONTANA, Luis, MEZAROBA, Marcello. Densificação de plasmas não térmicos proporcionada pela maior emissão de elétrons secundários dos eletrodos. Tese de Doutorado. 2016.