

# Modificações de Carbono à laser em substratos flexíveis

Orientador: Dr. Ulisses Ferreira Kaneko  
Centro de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM)  
Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS)

Abril 2021

## 1 Introdução e Estado da Arte

A estrutura de materiais sólidos pode ser alterada a partir da interação *laser-matéria*. Dependendo da intensidade, comprimento de onda, modo de operação pulsado ou contínuo (CW), diversas fases da matéria podem ser alcançadas [veja a Fig. 1], o que viabiliza processos de aquecimento, simples fusão, de corte, de perfuração micrométrica, processos de limpeza de superfícies, diversas aplicações na área médica, e também na geração de novos materiais.

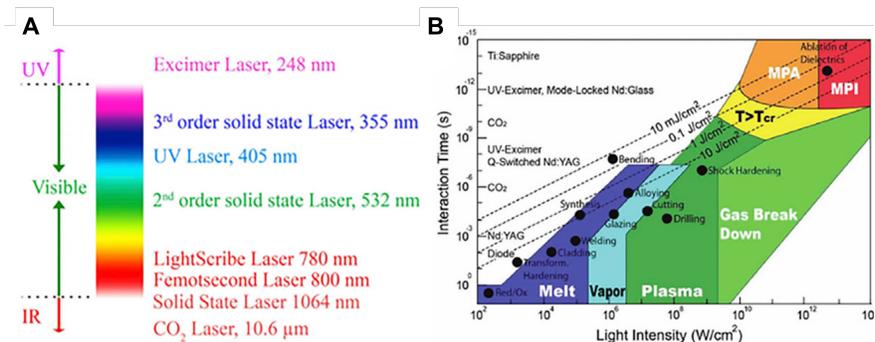


Figure 1: (a) Diferentes tipos de lasers em função do seu comprimento de onda. (b) Diferentes tipos de efeitos induzidos por lasers. Extraído da Ref. [1]

Particularmente a técnica de escrita à laser (LW)<sup>1</sup> permite a fabricação de estruturas nanométricas fotoluminescentes como as vacâncias de nitrogênio (NV)<sup>2</sup> em diamantes que podem ser utilizadas como sensores de temperatura, de pressão e de magnetismo. Tais centros de cor NVs poderão ser utilizados futuramente como qubits quânticos ópticos, que são as peças fundamentais da computação quântica [2, 3]. Nessa mesma linha de modificação da matéria à laser, existe um material conhecido como LIG<sup>3</sup>, que tem ampliado as possibilidades de indução de novas morfologias e fases de Carbono, com uma lista bem extensa de

<sup>1</sup>Do inglês, laser writing

<sup>2</sup>Do inglês, nitrogen vacancy

<sup>3</sup>Do inglês, laser induced graphene

aplicações. Inicialmente reportado pelo grupo do Professor J. Tour, o qual utilizou um laser de  $\text{CO}_2$  ( $\lambda = 10.6 \mu\text{m}$ ) convencional de máquina de corte a laser, a princípio, o LIG pode ser obtido a partir de qualquer material que possui alta densidade de átomos de carbono [4]. Mas o que chama a atenção, é a possibilidade de se obter um material tipo grafeno sobre um substrato flexível como a poliamida. Ou seja, o próprio substrato flexível é o precursor da camada de grafeno induzida por laser. No caso da poliamida, e outros precursores flexíveis, existem diversas potenciais aplicações como dispositivos eletrônicos *vestíveis* para monitoração da saúde humana, membranas desalinizadoras e purificadoras de água, como eletrodos em baterias, supercapacitores, fotosensores, sensores de gases, e a lista é grande [5].

Embora, inicialmente o laser de  $\text{CO}_2$  tenha sido o mais utilizado na produção de LIG, ajustando adequadamente os parâmetros do laser, pode se obter esse material, com outros comprimentos de onda, como por exemplo o laser de fibra de Itérbio ( $\lambda = 1064 \text{ nm}$ ) do sistema de aquecimento a laser em comissionamento na linha de luz EMA [6]. O sistema de aquecimento a laser de infravermelho pode atingir temperaturas entre 1000 e 5000 K, e funcionar no modo contínuo e modulado e pode ser utilizado para realizar LW em materiais de Carbono almejando a transformação LIG.

Nesse projeto de iniciação científica (IC), buscaremos explorar as diversas combinações de parâmetros do laser e pressão, para obter diferentes fases do LIG em substrato flexível, com espessuras até  $100 \mu\text{m}$ , que potencialmente podem ser a base para novos dispositivos. Apesar das inúmeras aplicações do LIG serem o ponto motivador principal na produção desses materiais, ainda existem poucos materiais LIGs induzidos com laser de 1064 nm e pouca informação sobre a relação entre a estrutura química local devido aos diferentes parâmetros de formação do material, e as propriedades de maior interesse, como a de transporte por exemplo. Além da estrutura química local, é importante conhecer a distribuição eletrônica em torno do nível de Fermi, para definir de fato a real potencialidade desse novo material. Essas duas informações podem ser obtidas em volume através da técnica de espectroscopia Raman e raios-X (XRS), que é uma técnica de espalhamento inelástico de raios-X também em comissionamento na linha EMA [7].

## 2 Objetivos e Métodos

Esse projeto de Iniciação Científica (IC) tem dois objetivos principais:

- i. Produzir uma série de modificações sobre a superfície de folhas de poliamida em função dos vários parâmetros do laser de infravermelho e da pressão hidrostática e uniaxial através da técnica de LW.
- ii. Caracterizar as modificações através da técnica de XRS.

### 3 Cronograma

1° Bimestre: Levantamento da literatura.

2° Bimestre: Fabricação de uma série estruturas LIG em poliamida em função dos diversos parâmetros do laser e pressão.

3° Bimestre: Medidas XRS e outras caracterizações das estruturas e análise de dados.

4° Bimestre: Relatório final.

### References

- [1] Han Hu, Qiang Li, Linqing Li, Xiaoling Teng, Zhaoxuan Feng, Yunlong Zhang, Mingbo Wu, and Jieshan Qiu. Laser irradiation of electrode materials for energy storage and conversion. *Matter*, 3(1):95–126, 2020.
- [2] Yu-Chen Chen, Benjamin Griffiths, Laiyi Weng, Shannon S Nicley, Shazeaa N Ishmael, Yashna Lekhai, Sam Johnson, Colin J Stephen, Ben L Green, Gavin W Morley, et al. Laser writing of individual nitrogen-vacancy defects in diamond with near-unity yield. *Optica*, 6(5):662–667, 2019.
- [3] Sébastien Pezzagna and Jan Meijer. Quantum computer based on color centers in diamond. *Applied Physics Reviews*, 8(1):011308, 2021.
- [4] Ruquan Ye, Dustin K James, and James M Tour. Laser-induced graphene: from discovery to translation. *Advanced Materials*, 31(1):1803621, 2019.
- [5] Guijun Li. Direct laser writing of graphene electrodes. *Journal of Applied Physics*, 127(1):010901, 2020.
- [6] Ricardo D dos Reis, Ulisses F Kaneko, Barbara A Francisco, Jairo Fonseca Jr, Marcos AS Eleoterio, and Narcizo M Souza-Neto. Preliminary overview of the extreme condition beamline (ema) at the new brazilian synchrotron source (sirius). In *Journal of Physics: Conference Series*, volume 1609, page 012015. IOP Publishing, 2020.
- [7] Winfried Schülke. *Electron dynamics by inelastic X-ray scattering*, volume 7. OUP Oxford, 2007.