

# Dobramento de frequência por técnica de Semi-Quase-Casamento de fase utilizando GaAs monocristalino e policristalino

**Palavras-Chave:** Semi-quase-casamento de fase; óptica não-linear; geração de segundo harmônico.

**Autores:**

**Maria Carolina França Volpato (IFGW)**

**Prof. Dr. Newton Cesário Frateschi (orientador) (IFGW)**

---

## RESUMO

O objetivo do projeto foi a comprovação experimental da técnica de Semi-Quase-Casamento de Fase para dobramento de frequência. Para este propósito, dispositivos foram fabricados previamente utilizando Arseneto de Gálio (GaAs) monocristalino e policristalino. Para a fabricação desses dispositivos foram desenvolvidas técnicas de corrosão profunda e deposição de pó policristalino sobre pressão. Esses dispositivos serão caracterizados utilizando um laser de CO<sub>2</sub> sintonizável, um fotodetector de InSb operando em baixa temperatura. Devido à Pandemia da Covid-19 não foi possível o acesso aos laboratórios da Unicamp, sendo assim só foi possível fazer a montagem do sistema de segurança do Laser no laboratório e a automação da aquisição de dados pelo monocromador.

## INTRODUÇÃO

Com a invenção dos primeiros lasers em 1960, a interação de campos eletromagnéticos de alta intensidade com a matéria possibilita as primeiras observações de fenômenos em óptica não-linear [1]. A expressão “não-linear” refere-se à resposta da polarização do material em relação ao campo elétrico aplicado. Em altas intensidades, a aproximação linear é insuficiente para descrever a física da interação com a matéria. Por exemplo, a geração de segundo harmônico ocorre como resultado de resposta atômica que varia quadraticamente com a intensidade do campo aplicado.

Dispositivos de óptica não-linear são usados para gerar novas frequências no infravermelho a partir de uma fonte laser. Em geral, a dispersão do material é crucial para a eficiência de conversão na frequência dobrada, uma vez que as fases da onda incidente e da onda gerada podem sofrer interferência ao longo do cristal dobrador. A condição na qual a dispersão do material é ótima

para o dobramento de frequência chamamos casamento de fase. Com o crescimento do interesse de implementação de geração de segundo harmônico em chips, técnicas de Quase-Casamento de Fase, consistindo em juntar cristais com direções cristalinas opostas são impraticáveis em circuitos fotônicos integrados.

Uma solução teórica para isso foi proposta pelo ex-professor do LPD, Navin Patel, que sugeriu o uso de policristais em vez de pilhas de monocristais invertidas, uma técnica chamada semi-quase-casamento de fase (SQPM) [2]. Os segmentos policristalinos são responsáveis pela geração do segundo harmônico, enquanto os monocristalinos produzem efeitos não-lineares insignificantes enquanto fornece a mudança de fase necessária. Dentre os materiais mais interessantes para dobramento de frequência, GaAs é notável pela sua alta susceptibilidade não-linear 370 pm/V e pela extensa faixa de transparência no infravermelho médio (entre 2 e 10  $\mu\text{m}$ ) [3]. Esta faixa de comprimentos de onda tem ganhado cada vez mais interesse para espectroscopia, detecção sensível e análise de gases.

## METODOLOGIA

Aqui vamos descrever as medidas que serão feitas, assim que possível, com os dispositivos previamente fabricados pela aluna, que foram apresentados no Congresso PIBIC 2019, e as automações que foram feitas no laboratório para auxiliar essas medidas.

### 1. Medidas de segundo harmônico

Nessa medida utilizar um laser de  $\text{CO}_2$  que emite luz com comprimento de onda de 10 $\mu\text{m}$ , um conjunto de lentes para focalizar esse feixe no nosso dispositivo dobrador de frequência, um detector de InSb conectado ao Lock-in e um osciloscópio. A janela de safira é usada aqui para proteger o detector, uma vez que ela atua como filtro eliminando o sinal em 10 $\mu\text{m}$  que passou direto pela amostra. O laser que utilizamos é pulsado a uma frequência de 1kHz e usando esse sinal como referência no Lock-in podemos eliminar parte dos ruídos externos, melhorando a qualidade dos nossos resultados.

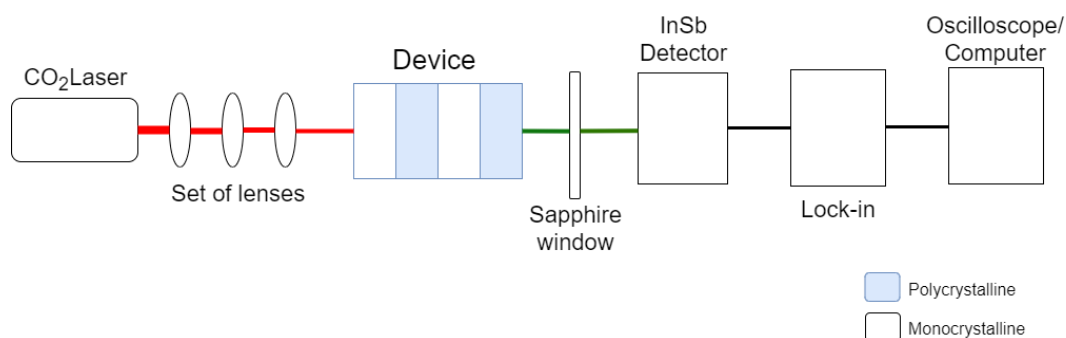


Figura 1 – Setup para medição de Segundo Harmônico

Trocando o detector de InSb por um de HgCdTe podemos também medir a eficiência de geração de Segundo Harmônico medindo com e sem a janela de safira.

## 2. Medição de comprimento de onda gerado

Essa medida serve para confirmarmos o comprimento de onda gerado pelo nosso dispositivo. Para isso será montado um experimento como a seguir, nele temos um monocromador, para qual foi desenvolvido um sistema de automação, que servirá para determinarmos o comprimento de onda. Há também a presença de um Chopper e um Lockin que servirão para a eliminação de possíveis ruídos ópticos na medida.

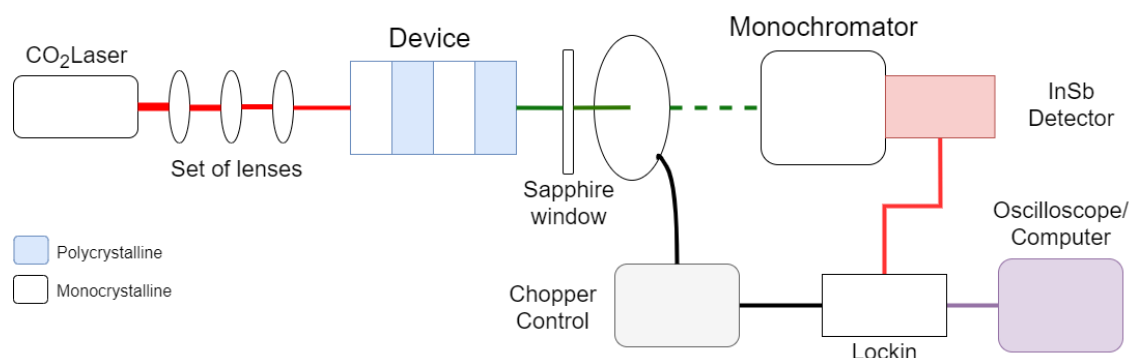


Figura 2 – Setup para medição do comprimento de onda

## 3. Sistema de segurança do Laser no Laboratório

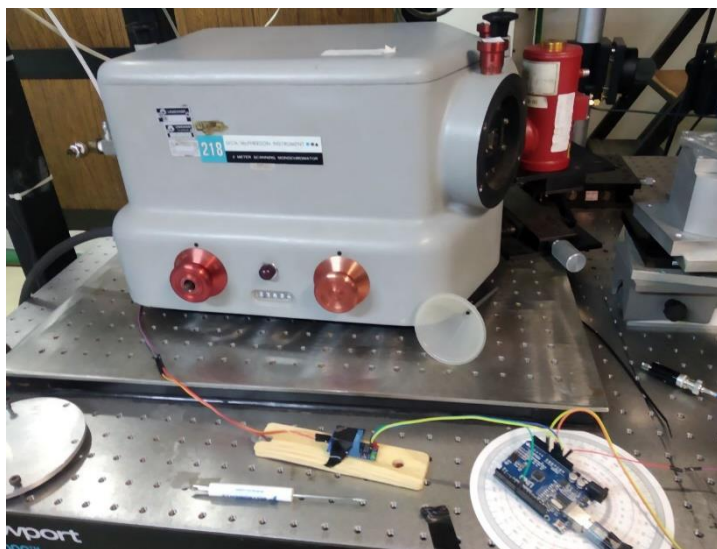
A montagem do sistema de segurança do Laser foi feita usando *Arduino*. O sistema faz com que se uma pessoa abra a porta o laser é desativado e tenha uma luz indicativa mostrando sempre que o laser está ligado. Esse sistema, conhecido como *interlock*, é importante pois o laser de CO<sub>2</sub> emite em infravermelho em alta potência que é perigoso por não ser visível e pode causar queimaduras.



Figura 3 – Montagem do sistema de *Interlock*

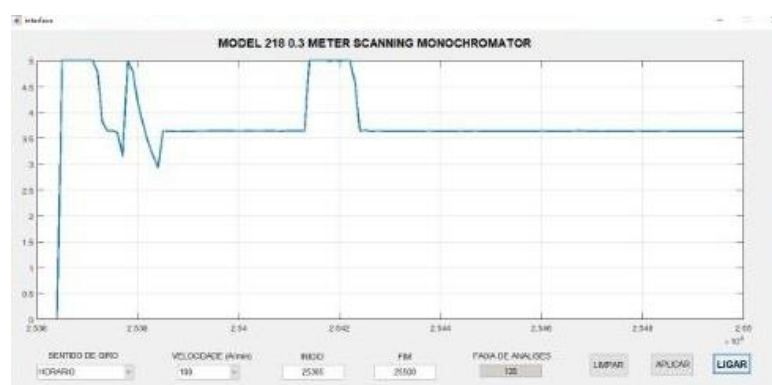
#### 4. Automação de medidas com o Monocromador

O Monocromador do laboratório é um Monocromador antigo. Ele tem apenas controle manual de liga e desliga, um mostrador de comprimento de onda e controles de velocidade e direção da rotação do motor (aumentando ou diminuindo o comprimento de onda). Ao controlarmos quando o motor liga e desliga podemos automatizar as medidas com esse equipamento. Isso torna as medidas muito mais rápidas uma vez que podemos sincronizar a aquisição de dados pelo detector com os dados de comprimento de onda. A automação das medidas com o Monocromador foi feita usando um *Arduino* e um relé.



**Figura 4 – Montagem do sistema de automação do Monocromador**

Além disso, foi desenvolvida uma interface usando o Matlab que nos permite controlar os parâmetros da aquisição de dados.



**Figura 5- Interface para aquisição de dados do monocromador**

Na interface é possível selecionar o sentido que vamos varrer o comprimento de onda, qual a velocidade, o comprimento de onda inicial e o final.

## RESULTADOS

As implementações do sistema de *interlock* do laser e a automação de medidas utilizando o Monocromador vão tornar as medidas de Segundo Harmônico mais seguras e rápidas. Esperamos mostrar com as medidas propostas acima que a técnica de Semi-Quase-Casamento de fase é eficiente e integrável em chips.

## CONCLUSÕES

O andamento do projeto foi muito afetado pela pandemia uma vez que não conseguimos dar continuidade à fabricação e aos experimentos de detecção. Apesar de todas as dificuldades, foi possível fazer o design e implementar o sistema de *interlock* do laser e a automação de medidas utilizando o Monocromador, o que vai facilitar a aquisição de dados dos experimentos que serão realizados no futuro.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] R. Boyd, "Nonlinear Optics", 3ª Edição, Editora Elsevier, 2008.
  - [2] Navin B. Patel, "Nonlinear optical device for middle infrared generation", Proc. of SPIE, Vol. 6952.
  - [3] J.O. Akinlami, A. O. Ashamu, "Optical properties of GaAs", Journal of Semiconductors, vol 34, No 3.
-