

TÉCNICAS FOTOTÉRMICAS E EXPERIMENTOS

Arthur Augusto Naiverth Moraes (PIBIC/CNPq/FA/UEM), email: ra138928@uem.br,
Nelson Guilherme Castelli Astrath (orientador), email: ngcastrath@uem.br.

Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Exatas, Maringá/PR

Área e subárea do conhecimento: Física/ Física da matéria condensada.

Palavras-chave: Thermal grating, irradiância, difusividade térmica.

RESUMO:

O presente projeto de pesquisa tem como principais objetivos a compreensão dos resultados obtidos por meio de uma análise da técnica desenvolvida na segunda metade do século XX conhecida como Espectroscopia de Grade Transiente Térmica Thermal Transient Grating, uma sub-área da espectroscopia Transient Grating, por meio do estudo da literatura pertinente, onde é possível investigarmos o decaimento temporal da intensidade de um laser colimado que difrata em uma estrutura que atua como grade de difração. A região de interferência sobre a amostra surge a partir do cruzamento espacial de dois lasers pulsados (lasers de excitação) que irradiam sobre a amostra, gerando assim uma relaxação de estados excitados no material que por sua vez formam uma distribuição modulada espacialmente de temperatura. A partir da compreensão e análise dessa técnica, podemos inferir propriedades térmicas do material, como a difusividade térmica, sem contato direto com a amostra.

INTRODUÇÃO:

Na técnica de Espectroscopia de Grade Transiente (Transient Grating Spectroscopy), dois feixes laser pulsados (feixes de excitação) incidem sobre uma amostra transparente de forma cruzada, o que permite, por meio da formação de um padrão de interferência, a criação de uma modulação espacial luminosa que, ao interagir com a amostra, produz o que chamamos de estados excitados *excitation gratings*. A relaxação dos estados excitados, na maioria dos casos, é responsável pela emissão de energia na forma de calor, ou seja, um padrão modulado de temperatura passa a ser gerado na amostra por consequência. Esse novo padrão modulado de temperatura que surge a partir do *grating* luminoso é chamado de *grating* térmico. Nosso objeto de estudo surge quando observamos como tais excitações moduladas na matéria exercem alterações nas propriedades ópticas da amostra, como o índice de refração n e o coeficiente de absorção $\cdot$ de forma espacialmente moduladas. São chamados de *diffraction gratings* essas estruturas formadas por esses conjuntos de variações agem como grades de difração e

acompanham as franjas formadas pelo padrão de interferência. Os gratings gerados nessa análise são chamados *transient gratings* porque, ao cessarmos a irradiação que a fonte luminosa exerce sobre a amostra, a estrutura espacialmente modulada passa a sofrer um processos de relaxação, ou seja, é modulada de forma não-permanente. O decaimento temporal da eficiência de difração η , que pode ser associado com o decaimento temporal de grating, pode ser obtido ao difratarmos um terceiro feixe laser pulsado (feixe de prova), de comprimento de onda diferente dos feixes de excitação e contínuo, por entre o *diffraction grating* gerado na amostra. De acordo com (EICHLER; GUNTER; POHL, 2013), as informações sobre o decaimento temporal nos permitem estudar propriedades dos materiais relacionadas aos respectivos fenômenos de relaxação de todos os em particular. A determinação da difusividade térmica D de nossa amostra, de particular interesse neste trabalho, pode ser obtida ao relacionarmos ela ao decaimento temporal da eficiência de difração de um feixe proveniente do laser de prova difratado em um *diffraction grating*, gerado por um *thermal grating*, e as demais propriedade atribuídas a ela, tendo em vista o fato de que a equação da difusão é seguida pelo estado de relaxação de um *thermal grating*.

MATERIAIS E MÉTODOS:

Os materiais utilizados neste trabalho foram, principalmente, o livro *Laser-induced dynamic gratings*, vol. 50, publicado pela primeira vez em 1985, da autoria de H. J. Eichler, P. Günter e D. W. Pohl, assim como o trabalho de F. -W. Deeg. "Transient grating spectroscopy," in *Dynamics During Spectroscopic Transitions: Basic Concepts*, de 1995. Como metodologia utilizada para além da leitura das obras já citadas, é possível inferir discussões produtivas com o professor orientador e com colegas de mesma linha de pesquisa, possibilitando assim maior auxílio na compreensão dos tópicos abordados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Primeiro, foi-se desenvolvida a relação entre o tamanho finito da seção transversal dos *pump beams* ao longo da zona de interferência, bem como quais critérios deveriam ser seguidos para que fosse possível a obtenção desejada de um *grating*. Após isso, utilizando desenvolvimento algébrico, chegou-se em uma expressão para a irradiância do padrão de interferência gerado pela interseção de dois feixes de onda pulsados considerando certas pré-definições necessárias para o melhor desenvolvimento das equações posteriores, como evidenciado por A.E Siegman (1977). Em seguida, foram estudadas as duas categorias de *grating transmission*, começando pelo *thin transmission grating*, além de um estudo de uma condição de *thin grating*, que pôde ser relacionada com os *thick transmission gratings* por meio da presença da condição de Bragg em ambos os casos. Definiu-se, assim como no caso anterior, os *thick transmission gratings* e a equação que descreve a difração para este caso. Depois, utilizando a equação da difusão, adicionado a um termo de fonte, chegou-se em uma expressão que descreve um *grating* térmico, bem como a conclusão sugerida, a partir dos resultados, de acordo com João Podolan (2025)

onde os resultados sugerem que, a partir do registro temporal de espalhamento, é possível determinar com a difusividade térmica, sem a necessidade de contato direto com a amostra estudada. Por fim, discutiu-se brevemente sobre a montagem experimental sugerida para o estudo da técnica.”

CONCLUSÃO:

Embora este trabalho não tenha sido feito com o devido acesso a essa montagem experimental em mãos, as informações contidas nele, bem como a sugestão proposta de montagem experimental, fornecem uma análise técnica valiosa da *Thermal Grating Spectroscopy*, podendo ser usada, como já foi evidenciado, para determinar propriedades térmicas de amostras, sólidas ou líquidas, sem necessidade de contato direto, o que pode vir a ser extremamente útil nas áreas da engenharia, química, física, entre outras, com ênfase no transporte térmico de materiais.

AGRADECIMENTOS:

Gostaria de agradecer primeiramente ao CNPq-FA pela oportunidade de estudo e pesquisa, resultando nas devidas contribuições à ciência, bem como ao meu desenvolvimento pessoal e profissional. Também agradeço o professor orientador Nelson G. C. Astrath e ao mestrando João Pedro Podolan pela devida orientação e aconselhamento ao longo do desenvolvimento do projeto.

REFERÊNCIAS:

EICHLER, H.J.; GUNTER, P.; POHL, D.W. *Laser-induced dynamic gratings*. Berlin: Springer, 2013. v.50.

PODOLAN, João Pedro. Relatório parcial do projeto Técnicas fototérmicas: teoria e experimentos. PIBIC, Universidade Estadual de Maringá, 2025.

SIEGMAN, A.E. Bragg diffraction of a gaussian beam by a crossed-gaussian volume grating, *Journal of the Optical Society of America*, v.67, n.4, pp.545-550, 1977.