

Aplicações inovadoras de lasers

2017 M CNEN 06

Centro de Lasers e Aplicações

Introdução

O Centro de Lasers e Aplicações (CLA) é o responsável pelo desenvolvimento de lasers e suas aplicações no IPEN. O programa compreende o desenvolvimento de novos lasers, com base na pesquisa de novos materiais e novos ressonadores, e aplicações em diversas áreas, como a nuclear, medicina, odontologia meio ambiente e indústria.

O programa do Centro é dividido em duas áreas principais, o "Desenvolvimento de Lasers e Materiais", e "Aplicações de Laser". A primeira área inclui o crescimento de cristais para aplicações em óptica, caracterização, modelagem e espectroscopia óptica de sólidos, plasmas e materiais biológicos e o desenvolvimento de lasers de estado sólido, compactos e altamente eficientes.

A outra área, "Aplicações de Laser", está relacionada a aplicações tecnológicas, como processamento de materiais a laser, e usos do laser para detecção e desenvolvimento de novos métodos de diagnósticos e terapêuticos, como tomografia de coerência óptica (OCT), fluxometria laser Doppler, fotossensibilização, prevenção de cáries dentárias e outras aplicações avançadas de lasers de pulsos ultracurtos e de alta intensidade.

Objetivos

Dentro do contexto das atividades do Centro, o projeto tem como objetivos principais, o desenvolvimento de novos lasers e aplicações inovadoras de óptica e lasers. Estes objetivos estão subdivididos nas seguintes metas:

Desenvolvimento e caracterização de materiais para lasers; desenvolvimento e produção de lasers compactos; aplicações de lasers e óptica na área nuclear, medicina, odontologia, meio ambiente e indústria.

Materiais e Métodos

Todos os desenvolvimentos serão realizados nos laboratórios do CLA, com toda a infraestrutura necessária a cada objetivo. Cada meta tem um responsável técnico doutor e especialista da área, conta com colaboradores internos e externos, além de alunos, técnicos e bolsistas. O Centro ainda disponibiliza apoio de oficina mecânica, oficina eletrônica, administrativo, e um centro multiusuário de equipamentos de caracterização que conta com microscópio eletrônico de varredura, perfilômetro óptico, OCT, sputtering, microscópio de fluorescência e espectrômetro óptico para o visível e infravermelho.

O detalhamento de cada meta é o seguinte:

1 - Desenvolvimento de cristais para lasers

Este trabalho é feito no Laboratório de Crescimento de Cristais, sob coordenação da Dra Sonia L. Baldochi, e produz cristais macroscópicos, e também em escalas micro e nanométricas. Os desenvolvimentos envolvem a pesquisa para obtenção e caracterização de novos materiais para lasers, e compreende o desenvolvimento do processo de síntese, modelagem termodinâmica de diagramas de fase, instrumentação, bem como o estudo do próprio processo de crescimento

O trabalho inclui o crescimento e obtenção do diagrama de fases dos cristais laser LiF:YF, GdF:YF e do LiF-GdF:LuF, todos dopados com terras raras como Nd, Ho e Er. Também pretende-se obter fibras ópticas monocristalinas de materiais laser como o Er:YLF.

2 - Desenvolvimento de laser compacto de estado sólido bombeado por diodo

Desenvolvido no laboratório de desenvolvimento de protótipos laser e coordenado pelo Dr. Niklaus U. Wetter, esta meta pretende desenvolver novas fontes laser de estado sólido bombeados por diodo (DPSSL) para aplicações em pesquisa, indústria, controle médico e poluente. As investigações estão focadas no controle das características temporais, espectrais e espaciais da emissão laser. O principal elemento laser utilizado é o Nd:YLF, com o qual se pretende obter alta eficiência, nos modos contínuo, chaveado e também com emissão Raman operando em diversos comprimentos de onda. Também será desenvolvido um laser randômico, de diminutas dimensões com alta eficiência e alta direcionalidade com diversos materiais manométricos diferentes e que posteriormente pretende-se incorporar aos circuitos microfluídicos desenvolvidos no Centro.

3 - Processamento de Materiais com Laser

O coordenador desta meta é o Dr. Wagner de Rossi, e as atividades são desenvolvidas nos laboratórios de processamento de materiais com lasers de pulsos ultracurtos. A meta tem como objetivos o estudo da interação da radiação laser de pulsos de femtossegundos com materiais metálicos e dielétricos e a utilização do conhecimento adquirido para desenvolvimento e produção de dispositivos compostos de microestruturas para aplicações na indústria e na medicina. Pretende-se obter texturização de metais para modificações tribológicas em ferramentas de corte e superfícies de metal duro para aumento da resistência e diminuição do atrito em diversos dispositivos utilizados na indústria. Também se pretende texturizar o polímetro poliestireno para crescimento e ordenação de células cardíacas, e a produção de dispositivos microfluídicos para ensaio ELISA e para crescimento de nanocristais.

4 - Caracterização física de tecidos biológicos para o desenvolvimento de novos métodos diagnósticos e terapêuticos

Coordenado pela Dra Denise Zzell, esta meta pretende desenvolver métodos de diagnóstico e terapia de lesões tumorais cutâneas, utilizando a espectroscopia de

fluorescência in vivo para determinação do tempo ideal para início da Terapia Fotodinâmica de Tumores (PDT), e otimização da concentração dos fotosensibilizadores no fármaco. Serão utilizadas medidas de FTIR como método de acompanhamento da eficácia da PDT na destruição tumoral no tempo. A prevenção de cáries também será estudada em vitro e envolve o controle da doença através da modificação de composição e do arranjo cristalográfico do tecido dental através da irradiação com lasers de érbio e de hólmio. Ensaios clínicos também deverão ser realizados para comprovação dos desenvolvimentos obtidos em vitro. Numa colaboração com o Incor, serão iniciados estudos para o tratamento de estenose mitral cardíaca por laser com a determinação in vitro das condições de irradiação laser da cordoalha da válvula mitral.

5 - Desenvolvimento de processos terapêuticos de fotossensibilização e fotobiomodulação

Esta meta é coordenada pela Dra Martha Simões e pretende desenvolver novos processos terapêuticos usando tecnologia inovadora através do uso de lasers de baixa potência e diodos para fornecer um tratamento seguro, não-térmico e não invasivo para diversas áreas da saúde. A terapia com luz de baixa intensidade será utilizada para a fotobioestimulação de tecidos biológicos com o intuito de obter uma cicatrização mais rápida em ratos obesos, cujos parâmetros de tratamento dependem da massa do animal. Os efeitos da terapia fotodinâmica antimicrobial sobre biofilmes crescidos sobre tecidos dentais também será estudada com o intuito de reduzir o crescimento de bactérias nestes tecidos. Também estarão sendo desenvolvidos métodos de bioconjugação de pontos quânticos de concanavalina A a CdTe / CdS para rotulagem específica de estruturas ricas em sacarídeos no biofilme de *C. albicans* em matriz extracelular.

6 - Aplicações de tomografia de coerência óptica

A meta é desenvolvida no laboratório de OCT do CLA e é coordenada pelo Dr. Anderson Zanardi de Freitas. Utilizada a técnica de tomografia de coerência óptica (OCT) que é uma imagem de diagnóstico baseada em interferometria de baixa coerência onde as características de coerência dos fótons são exploradas, levando a uma imagem capaz de produzir imagens transversais de alta resolução de microestruturas internas de tecidos vivos, sem contato e não destrutivo. Com esta técnica serão feitos estudos para monitoração, in vitro, não invasiva de glicose no sangue, e do efeito do sistema restaurativo e de ciclagem térmica sobre a interface dente-restauro.

7 - Aplicações de laser em ciências nucleares

A meta, coordenada pelo Dr. Marcus P. Raele, é desenvolvida no Laboratório de Aplicações Nucleares de Lasers e tem como propósito auxiliar a área nuclear com ideias inovadoras que melhorem a eficiência dos processos nucleares, bem como sua segurança individual e ambiental. Uma meta é o desenvolvimento de um detector de nêutrons por meio da deposição de filme fino de boro via laser. O detector será baseado

na reação nuclear $^{10}\text{B}(n,\infty)_7\text{Li}$ e o trabalho será feito em colaboração com o CRPq do IPEN e a Eletronuclear. Outra meta é a descontaminação via evaporação induzida por laser de superfícies impregnadas com material radioativo. Neste caso serão utilizados para-raios antigos que utilizavam material radioativo depositado na sua superfície e que constituem um expressivo problema ambiental. Aqui, o processo é muito mais atrativo do ponto de vista do meio ambiente, pois não envolve a utilização de produtos químicos e abrasivos comumente utilizados nestes casos.

8 - Sensoriamento remoto a laser da atmosfera

O laboratório de LIDAR (Light Detection and Ranging) é coordenado pelo Dr. Eduardo Landulfo e tem como meta os estudos sobre aplicações de técnicas de sensoriamento remoto baseado em laser para medidas de poluentes atmosféricos. Suas atividades fazem parte de colaborações com diversas universidades e órgãos do Brasil e do exterior, com os quais ajuda a mapear distribuições de poluentes na atmosfera global. Aqui, a meta no projeto é a instalação de um sistema LIDAR na cidade de Natal para monitoração de longo alcance de transporte de poluentes em colaboração com Instituto PIC de Moscou e a Universidade de Granada da Espanha.

9 - Aplicações de laser de Terawatts

Esta meta é desenvolvida no laboratório de Lasers de Altíssima Intensidade e é coordenada pelo Dr. Ricardo E. Samad. O laboratório conta com um sistema laser híbrido de Ti:safira/Cr:LiSAF, com emissão de pulsos laser ultracurtos de poucos femtossegundos de largura temporal e energia de centenas de microjoules. Diversos estudos para aplicações inovadoras envolvendo as altas intensidades de campo elétrico destes pulsos estão sendo desenvolvidas com este sistema. Neste projeto, as metas são a geração de altos harmônicos e a transformação de grafite em diamante. O trabalho de geração de harmônicos de alta ordem está sendo feito em colaboração com o LNLS (Laboratório Nacional de Luz Síncrotron) de Campinas, e visa a obtenção de emissão de luz na região de 10 a 100 eV para preencher um “gap” que existe no novo Síncrotron de 4ª geração, o Sirius. A outra meta, de transformação de grafite em diamante, além do LNLS também tem o como parceiro o Centro de Pesquisa de Nanomateriais e Grafeno do Mackenzie (MacGraphe). Aqui, o objetivo é utilizar pulsos ultracurtos focalizados para a irradiação de grafita policristalina e com isto produzir micro e nanocristais de diamante.

Cronograma

As metas descritas acima serão realizadas de acordo com o seguinte cronograma:

Meta	Trim 1	Trim 2	Trim 3	Trim 4
1	X	X	X	
2		X	X	X
3		X	X	X
4	X	X	X	X
5	X	X	X	X

6	X	X	X	
7	X	X	X	
8	X	X	X	X
9		X	X	X

Bibliografia

- Gamaly, E.G. The physics of ultra-short laser interaction with solids at non-relativistic intensities. *Physics Reports*. 2011, 508, 91-243.
- Gamaly, E.G., Juodkakis, S., Nishimura, K., Misawa, H., Luther-Davies, B., Hallo, L., et al. Laser-matter interaction in the bulk of a transparent solid: Confined microexplosion and void formation. *Physical Review B*. 2006, 73.
- Bulganova, N.M., Buracov, I.M., Meshcheryakov, Y.P., Stoian, R., Rosenvfeld, A., Hertel, I.V. Theoretical Models and Qualitative Interpretations of fs laser material processing. *JLMN-Journal of Laser Micro/Nanoengineering*. 2007, 2, 76 - 86.
- Ashkenasi, D., al., e. Surface damage threshold and structuring of dielectrics using femtosecond laser pulses: the role of incubaton. *Applied Surface Science*. 1999, 150, 101-6.
- AM Deana, MAPA Lopez, NU Wetter, "Diode-side-pumped Nd: YLF laser emitting at 1313 nm based on DBMC technology, *Optics letters* 38 (20), 4088-4091 (2013)
- Jimenez-Villar, E., Wetter N.U., Random lasing at localization transition in a colloidal suspension (TiO₂@Silica). *ACS Omega* 2(6), 2415–2421 (2017).
- De Pretto, L. R.; Yoshimura, T. M.; Ribeiro, M.S.; Freitas, A. Z, "Optical coherence tomography for blood glucose monitoring in vitro through spatial and temporal approaches, *Journal of Biomedical Optics* 21(8), (2016).
- De Pretto, L. R.; Nogueira, G. E. C. and Freitas, A. Z.; "Microfluidic volumetric flow determination using optical coherence tomography speckle: An autocorrelation approach", *Journal of Applied Physics* 119, (2016);
- Baldochi S.L., and Morato S.P., Fluoride Bulk Crystals Growth. In: Saleem Hashmi (editor-in-chief), *Module in Materials Science and Materials Engineering*. Oxford: Elsevier; 2016. pp. 1-6.
- de Moraes, J.R., Klimm, D. Mazzocchi, V.L., Parente, C.B.R., Ganschow, S; Baldochi, S.L., Thermal Analysis and Phase Relations in the Pseudobinary System La₂W₂O₉-Li₂W₂O₇, *Cryst. Growth Des.* 2014, (14) 5593–5598
- Hamblin, MR Antimicrobial photodynamic inactivation: a bright new technique to kill resistant microbes. *Curr Opin Microbiol.* 2016 Oct;33:67-73.
- Proposed Mechanisms of Photobiomodulation or Low-Level Light Therapy. de Freitas LF, Hamblin MR. *IEEE J Sel Top Quantum Electron.* 2016 May-Jun;22(3).