

03 – CIÊNCIA E ENGENHARIA DE MATERIAIS

PRODUÇÃO DE PULSOS ULTRACURTOS DE RAIOS-X ATRAVÉS DE LASERS DE ALTA POTÊNCIA

Palavras-chave: Lasers - Raios-X - Femtossegundo

*rafaelcelestre@gmail.com

Introdução

O estudo da dinâmica de fenômenos ultrarrápidos é um vasto campo de pesquisa e tem recebido especial atenção da comunidade científica devido ao desenvolvimento de novas tecnologias compatíveis com tal escala temporal. Este projeto de pesquisa teve por objetivo o estudo da viabilidade e a posterior implementação de instrumentação científica necessária para de produção de pulsos de raios-X ultracurtos através do uso de lasers pulsados de alta potência. A produção de raios-X ocorre através da focalização do laser de infravermelho próximo ($\sim 800\text{nm}$) sobre um alvo metálico e a interação laser-alvo resulta na formação de plasma, que por sua vez resulta na emissão de radiação característica (K_{α}), devido à colisão de elétrons altamente energéticos. A emissão tem aproximadamente a duração do pulso de laser, que é da ordem de centenas femtossegundos.

Fontes de Raios-X Pulsados

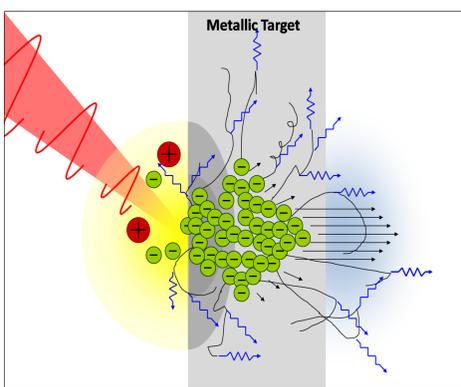


Fig. 1 - formação de plasma e geração de raios-X

Plasmas térmicos são produzidos quando um intenso pulso de laser ultracurto (100fs , 10^{16-17}W/cm^2) é focalizado em alvos sólidos. Emissões de raios-X muito curtas do plasma térmico são esperadas dentro dessa escala curta de tempo porque os elétrons não transmitem uma fração significativa de sua energia para íons e expansões muito fracas ocorrem durante o pulso. Elétrons rápidos presentes neste plasma, resultantes da interação com a luz do laser, são então acelerados contra o alvo sólido, ionizando as camadas mais internas dos átomos produzindo radiação por *Bremsstrahlung* e raios-X K_{α} .

Produção de Raios-X Pulsados

Para a produção dos pulsos de raios-X usamos um sistema Verdi V5™-Coherent: laser de bombeio para o oscilador, Mira-Seed™-Coherent: oscilador de Ti:Safira, Legend-USP™-Coherent: amplificador regenerativo e Evolution™-Coherent: laser de bombeio para o amplificador. Na saída desse sistema temos as seguintes especificações:

- Taxa de repetição do laser: 1kHz ;
- Energia por pulso: $0,77\text{mJ}$;
- Duração do pulso de laser: 64fs ;
- Comprimento de onda: 800nm .

Com essas especificações, atendemos à energia mínima por unidade de área para a produção de fótons de raios-X. Seguem os espectros obtidos:

Experimentos do tipo *pump and probe*

É uma grande vantagem das fontes de raios-X a partir de lasers que a geração de radiação por esse método provém ao mesmo tempo uma fonte absolutamente síncrona de excitação óptica. Portanto, o conceito experimental para experimentos com escala de tempo ultrarrápida – o *pump and probe* – que é muito bem estabelecido no domínio da óptica, pode ser diretamente estendido ao regime dos raios-X: um pulso ótico é usado como *pump* para excitar uma amostra, enquanto o raio-X ultracurto serve como *probe* para monitorar a dinâmica transiente induzida pelo *pump*.

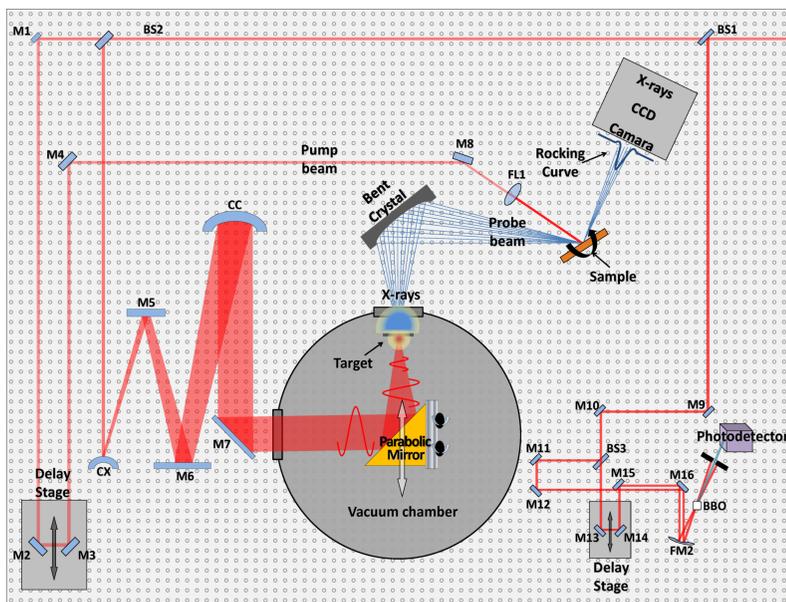


Fig. 2 - esquema completo para experimentos do tipo *pump and probe* Na figura acima podemos contemplar a óptica para ampliação do feixe, óptica de atraso (*delay stage*), óptica de raios-X, amostra, aquisição de dados, laser de bombeio e autocalibrador para medição temporal do laser.

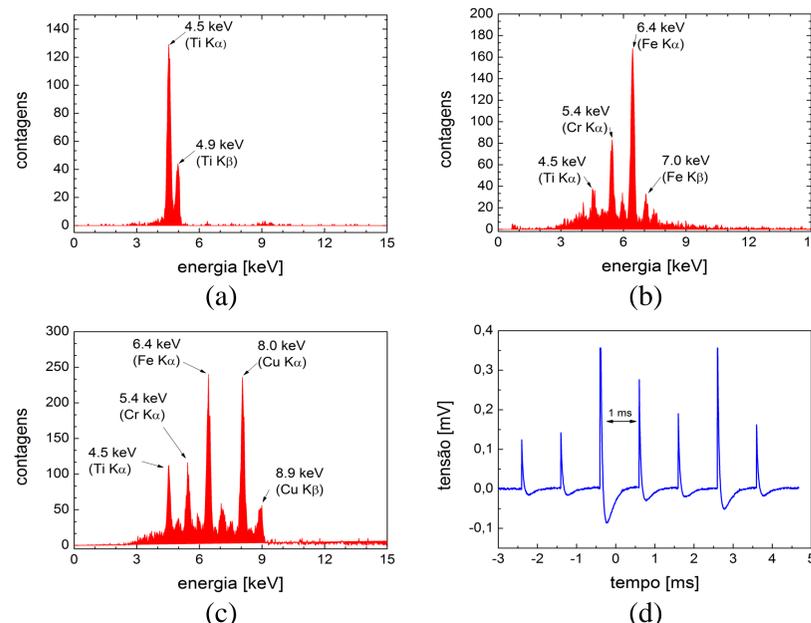


Fig. 3 – (a) (b) (c) espectros de raios-X obtidos pelo grupo usando um detector Amptek XR100CR. (d) separação temporal entre os pulsos de raios-X.

Os espectros de fluorescência acima apresentados são muito promissores e mostram indubitavelmente a capacidade de produção de pulsos de raios-X a partir de lasers amplificados de femtossegundos. Esperamos em breve otimizar nossa fonte de raios-X e usá-la para uma gama enorme de experimentos resolvidos no tempo, sendo assim, pretendemos iniciar um grupo interdisciplinar de estudos ultrarrápidos na UNICAMP.

Referências

- [01] A. Rousse et al. Phys.Rev. E50, 2200 (1994).
- [02] C. Rischel et al. Nature 390, 490 (1997).
- [03] D. von Linde et al. Zeitschrift für Physikalische Chemie, 215, 12, 1527 (2001).
- [04] X-ray Data Booklet - Lawrence Berkeley National Lab. – outubro de 2009.

Financiamento

A radiação é emitida em um grande ângulo sólido por se tratar de uma radiação fluorescente, assim para um melhor aproveitamento desta fonte e para obter um fluxo suficiente para realizar os experimentos de difração é necessário o uso de uma óptica focalizante.