

Aplicação de CRDS no monitoramento de gases decorrentes de falhas em combustíveis nucleares

Priscila Matos Santos e Eduardo Landulfo
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

A produção de energia está sendo reavaliada devido aos impactos ambientais dos combustíveis fósseis, enquanto o consumo de energia elétrica (EE) deve dobrar a cada 30 anos [1]. A energia nuclear surge como uma solução para geração de EE [5][1], mas sua viabilidade depende de medidas de segurança adequadas. A integridade dos elementos combustíveis (EC) é crucial, já que gases como Kr e Xe podem ser liberados em caso de falhas nos EC. Técnicas espectroscópicas, como a espectroscopia de absorção óptica diferencial, cromatografia gasosa e espectroscopia de fluorescência, são usadas para monitorar esses gases [3].

A Cavity Ring Down Spectroscopy (CRDS) [6] é uma técnica baseada na absorção óptica, capaz de medir concentrações muito baixas de gases, sendo útil no monitoramento de gases emitidos por falhas em combustíveis nucleares, como ppm e ppb [8]. Suas principais aplicações incluem o monitoramento atmosférico de poluentes como CO₂, NO_x e hidrocarbonetos [2], além do monitoramento de aerossóis e partículas finas [4].

No entanto, não há relatos na literatura de aplicações de CRDS voltadas para falhas em EC de reatores PWR ou de pesquisa. Um estudo é necessário para identificar os produtos de fissão mais relevantes e propor um sistema CRDS para detecção de falhas. Testes laboratoriais com gases seguros, como N₂, também são recomendados para simular o sistema.

OBJETIVO

Propor um sistema para detecção de produtos de fissão gasosos via CRDS e implementar um sistema de bancada para detecção de gases.

Foi realizada uma pesquisa abrangente em bases de dados como Web of Science, Scopus e Google Scholar, focando tanto na técnica CRDS quanto em outras técnicas espectroscópicas que ajudem a entender as possibilidades e limitações da detecção de falhas em elementos nucleares. Serão analisados elementos como Xenônio (Xe) e Criptônio (Kr), provenientes de reações nucleares, com base nas suas linhas de absorção na base de dados do NIST, avaliando interferências e intensidades.

A técnica é baseada em uma cavidade óptica, conforme mostrado na Figura 1 abaixo, onde tanto a luz quanto o gás alvo ficam presos e, por meio de múltiplas reflexões, o caminho óptico dentro da amostra se estende por milhares de quilômetros.

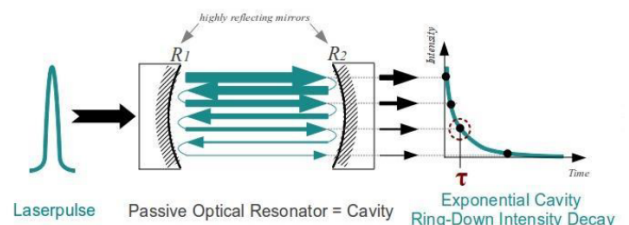


Figura 1. Diagrama esquemático explicando o princípio do CRDS (Layertec, 2024).

Um sistema CRDS será montado com cavidade ressonante e uma fonte de luz de banda larga, com experimentos

comparando a cavidade em vácuo e com gases simulados. O experimento também utilizará um espectrômetro de alta resolução e uma fonte supercontínua de larga banda para quantificar a sensibilidade do sistema.

Estamos em fase de implantação da bancada

Espera-se que se alcancem os objetivos propostos inicialmente.

[1] ANONYMOUS. IAEA Increases Projections for Nuclear Power Use in 2050. Vienna, Austria, 15/10/2021 2021. Disponível em: <https://www.iaea.org/newscenter/pressreleases/iaea-increases-projections-for-nuclear-power-use-in-2050>. Acesso em: 04/08/2023.

[2] CHRISTIANSEN, J. R.; OUTHWAITE, J.; SMUKLER, S. M. Comparison of CO₂, CH₄ and N₂O soil-atmosphere exchange measured in static chambers with cavity ring-down spectroscopy and gas chromatography. *Agricultural and Forest Meteorology*, 211-212, p. 48-57, 2015/10/15/ 2015.

[3] HODGKINSON, J.; TATAM, R. P. Optical gas sensing: a review. *Measurement Science and Technology*, 24, n. 1, p. 012004, 2012/11/28 2013.

[4] LI, L.; CHEN, J.; CHEN, H.; YANG, X. et al. Monitoring optical properties of aerosols with cavity ring-down spectroscopy. *Journal of Aerosol Science*, 42, n. 4, p. 277-284, 2011/04/01/ 2011.

[5] NORDHAUS, T.; LLOYD, J. Nuclear Resurgence. The scramble for energy, 2022. Disponível em: <https://www.imf.org/en/Publications/fandd/is>

sues/2022/12/nuclear-resurgence-nordhaus-loyd. Acesso em: 04/08/2023.

[6] O'KEEFE, A.; DEACON, D. A. G. Cavity ring-down optical spectrometer for absorption measurements using pulsed laser sources. *Review of Scientific Instruments*, 59, n. 12, p. 2544-2551, 1988.

[7] VALLANCE, C. Innovations in cavity ringdown spectroscopy. *New Journal of Chemistry*, 29, n. 7, p. 867-874, 2005. 10.1039/B504628A.

CNPq