

EXATAS E DA TERRA

MONTAGEM, CONSTRUÇÃO E TESTES DETECTORES DE RAIOS-X

FIGURE, Maycon

Estudante do Curso de Engenharia de Energias Renováveis - ILATIT – UNILA.

E-mail: maycon.fioreze@aluno.unila.edu.br.

HÖNNICKE, Marcelo Gonçalves

Docente/pesquisador da Área de Física – ILACVN – UNILA.

E-mail: marcelo.honnicke@unila.edu.br.

1. Introdução

As técnicas de imagem de raios-X tiveram um grande avanço com o desenvolvimento de novas fontes de raios-X, por exemplo, plasma, gálio líquido e fontes de radiação síncrotron de terceira geração (Tuohimaa *et al.*, 2007). Além disso, avanços no desenvolvimento de novos elementos que compõem a óptica de raios-X como lentes de Fresnel, lentes refratoras compostas e lentes multicamadas de Laue (Snigirev *et al.*, 1998). Detectores de área de alta eficiência e resolução são agora facilmente encontrados (CCDs e “flat panels”). A maioria dos casos de câncer de mama está vinculada a depósitos de microcalcificações, com pequenos grãos de diversos tamanhos caracterizados na imagem radiográfica. Microcalcificações tem como componente básico o cálcio. Na difração por policristais ocorre a formação de cones de difração com ângulos bem definidos para cada ordem de difração permitida. Fundamentado neste princípio, o objetivo deste trabalho é montar uma fenda cônica (Nielsen *et al.*, 2000; Fioreze *et al.*, 2015) composta capaz para auxiliar na detecção de microcalcificações simultaneamente por difração e atenuação de raios-X.

2. Metodologia

Como continuidade do trabalho anterior, estudamos e otimizamos os parâmetros geométricos da fenda cônica composta. Utilizamos os mesmos para estimar a eficiência das fendas cônicas quando utilizadas para detecção de microcalcificações em amostras reais. As fendas cônicas foram fabricadas para coletar os mais intensos cones de difração de policristais de oxalato de cálcio e hidroxiapatita em 17,4 keV (MoK α). Igualmente, as aberturas das fendas cônicas foram calculadas a fim de maximizar a intensidade difratada, no entanto, com uma resolução angular suficiente para permitir a indexação dos componentes das amostras. Para os primeiros testes, as amostras de oxalato de cálcio e de hidroxiapatita (em forma de policristais) foram dispostos num recipiente de polipropileno para medida, por transmissão, dos cones de difração. Também, visando uma detecção mais realista, microcristais de oxalato de cálcio foram imersos em um bloco de parafina para testar a real contribuição da fenda cônica na detecção de microcalcificações. A detecção dos cones de difração foi feita por um detector de cintilação e por filmes radiográficos.

Também fizemos um estudo aprofundado sobre os tipos de microcalcificações e suas composições através da análise por difração de raios-X. Ainda, com o intuito de automatizar o arranjo experimental, montamos, testamos e caracterizamos três fotodiodos (Hamamatsu) utilizados como detectores no setup para varredura em busca das microcalcificações. As leituras dos diodos foram feitas com um picoamperímetro (Keithley). Também trabalhamos com o sistema de rotação das amostras (nanorotador Thorlabs).

3. Fundamentação Teórica

A fenda cônica é capaz de distinguir os cones de difração sob condição de espalhamento de fundo (incluindo, espalhamento elástico e inelástico), provenientes de outros compostos circundantes (Nielsen *et al.*, 2000; Staron *et al.*, 2014). A identificação de compostos presentes nas calcificações é realizada através da análise do padrão de difração de raios-X de policristais. Os parâmetros geométricos da fenda cônica são: abertura da ranhura da flange (a), a espessura da flange (t), o raio da ranhura da flange de entrada (R), o raio da ranhura da flange de saída (R') e a abertura angular da fenda cônica (4θ). Com estes, introduzimos os demais parâmetros, como: a distância da amostra até a flange de entrada (D), o comprimento da fenda cônica (L) e a divergência da fenda cônica (Δ_{div}), o foco da fenda cônica (F) e a profundidade de foco da fenda cônica (DoF), dados por:

$$D = \frac{R}{\tan \frac{2\theta}{2}} \quad (01)$$

$$L = \frac{R' - R}{\tan \frac{2\theta}{2}} \quad (02)$$

$$\Delta\theta_{div} = 2 \frac{t}{L} \tan \frac{2\theta}{2} \quad (03)$$

$$F = \Delta\theta_{div} \cdot D \quad (04)$$

$$DoF = \frac{F}{\tan \frac{2\theta}{2} + \Delta\theta_{div}} \quad (05)$$

4. Resultados

Na análise do padrão de difração para o oxalato de cálcio constatamos que o pico de difração (100) aparece em $2\theta_{Cu} = 14,36$ graus. O comprimento de onda do $CuK\alpha$ é $\lambda_{Cu} = 1,544$ Å (Ångstron). A Lei de *Bragg* ($\lambda = 2 \cdot d \cdot \sin\theta$) nos fornece a distância (d) entre os planos atômicos do oxalato de cálcio, onde $d = 6,18$ Å. Sabendo a distância interplanar (d), pode-se calcular o ângulo ($2\theta_{Mo}$) de difração do feixe de raios-X ao utilizar um tubo de raios-X com alvo de molibdênio (Mo). O comprimento de onda do $MoK\alpha$ é $\lambda_{Mo} = 0,714$ Å. Mais uma vez, fazendo uso da Lei de *Bragg*, encontramos que o pico de difração (100) aparecerá em $2\theta_{Mo} = 6,62$ graus.

TABELA I. Parâmetros geométricos da fenda cônica para radiação $MoK\alpha$ (~17,4 keV): a abertura da ranhura da flange (a), a espessura da flange (t), o raio da ranhura da flange de entrada (R), o raio da ranhura da flange de saída (R') e a abertura angular (2θ).

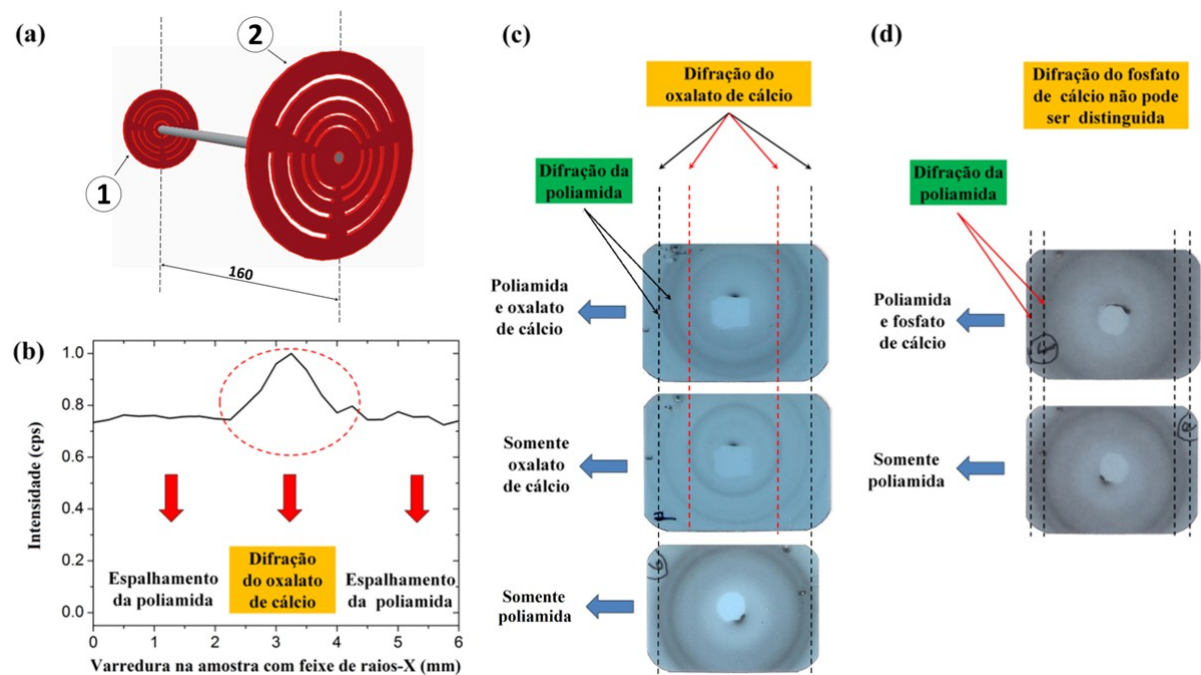
Fenda cônica	a (mm)	t (mm)	R (mm)	R' (mm)	2θ (graus)
Oxalato de cálcio	2,5	1,8	10,0	29,0	6,07

TABELA II. Parâmetros geométricos da fenda cônica para radiação $MoK\alpha$ (~17,4 keV): a distância da amostra à flange de entrada (D), o comprimento da fenda cônica (L), a divergência ($\Delta\theta_{div}$), o foco da fenda cônica (F) e a profundidade de foco (DoF).

Fenda cônica	D (mm)	L (mm)	$\Delta\theta_{div}$ (graus)	F (mm)	DoF (mm)
--------------	----------	----------	------------------------------	----------	------------

Oxalato de cálcio	94,0	178,7	1,48	2,43	18,3
-------------------	------	-------	------	------	------

FIG. 1. (a) Montagem da fenda cônica composta. Flanges de entrada (1) e de saída (2). (b) Resultado da varredura, para as amostras de poliamida com oxalato de cálcio. (c) Filmes radiográficos expostos antes da flange de entrada onde são mostradas as projeções dos cones de difração de oxalato de cálcio e poliamida. (d) Filmes radiográficos expostos antes da flange de entrada onde são mostradas as projeções dos cones de difração de fosfato de cálcio e poliamida.



5. Conclusões

A partir dos resultados obtidos constatamos que é possível aplicar a técnica de imagem assistida por difração para detecção de microcalcificações. Verificamos a capacidade da fenda cônica composta para a técnica de imagem assistida por difração.

6. Principais Referências Bibliográficas

- M. Fioreze, C. Cusatis, J. W. Keister; M. G. Hönnicke, 12th International Conference on Synchrotron Radiation Instrumentation (SRI 2015), Poster Abstracts SRI2015. Upton, NY, EUA: Brookhaven National Laboratory v. 1. p. 233-233, (2015).
- S. F. Nielsen, A. Wolf, H. F. Poulsen, M. Ohler, U. Lienert, R. A. Owen, J. Synchr. Rad. 7, 103 (2000).
- A. Snigirev, V. Kohn, I. Snigireva, A. Souvorov, B. Lengeler, Appl. Optics 37, 653 (1998).
- T. Tuohimaa, M. Otengal, H. M. Hertz, H. M., Appl. Phys. Lett. 91, 074104, (2007).