

# Crescimento do cristal semicondutor de brometo de tálio para aplicação como detector de radiação

Celso Leonardo Veiga e Margarida Mizue Hamada  
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN

## INTRODUÇÃO

Materiais semicondutores com energia de banda proibida larga (1,35 a 2,7eV) tem despertado interesse para serem utilizados como detectores semicondutores de radiação que operam a temperatura ambiente. O brometo de tálio (TlBr) mostra-se promissor para essa aplicação, tem um número atômico efetivo alto ( $Z_{Ti}=81$  e  $Z_{Br}=35$ ), alta densidade ( $7,5\text{g/cm}^3$ ) e resistividade ( $10^{12}\Omega\text{cm}$ ) e energia de banda proibida de 2,7eV. Cristaliza em uma estrutura cristalina cúbica e funde congruentemente à  $480^\circ\text{C}$  [1,2].

Embora a maior parte dos métodos para a preparação do cristal de TlBr seja conhecida, ainda existe muita dificuldade no preparo de amostras com alta pureza. O desempenho e a utilização de compostos semicondutores para aplicação como detectores de radiação é geralmente limitado pela qualidade do material usado para a fabricação destes detectores. A alta concentração de níveis profundos de armadilhas dos portadores de carga é a mais freqüente causa da baixa eficiência em materiais semicondutores com energia de banda proibida larga. As armadilhas para os portadores de carga elétrons e lacunas provém de duas origens: impurezas extrínsecas e defeitos na estrutura cristalina [1,2].

## OBJETIVO

O objetivo do trabalho é o crescimento de cristais semicondutores de brometo de tálio (TlBr) com pureza adequada para a aplicação como detector de radiação.

## METODOLOGIA

A técnica empregada para o crescimento de cristais de TlBr foi o método de Bridgman, que consiste na completa fusão de todo o material constituinte do cristal num cadinho (tubo de quartzo), dando-lhe as dimensões

desejadas, e deslocando-o ao longo de um gradiente de temperatura adequado para seu resfriamento, formando núcleos cristalinos (nucleação).

Previamente, o cadinho (tubo de quartzo) foi lavado com uma solução de Extran MA 02 Neutro e tratado quimicamente com uma solução de ácido fluorídrico (HF) a 5 %. Em seguida o cadinho foi tratado a uma temperatura de  $150^\circ\text{C}$  a vácuo ( $10^{-6}$  Torr) durante 24 horas. Na etapa posterior o sal de TlBr foi colocado no tubo, à  $10^{-6}$  Torr e temperatura de  $250$  a  $300^\circ\text{C}$ , foi mantido durante 24 hs para sua desumidificação.

O processo de crescimento de cristais pelo método de Bridgman foi realizado utilizando 16,96g de sal de TlBr (Merk), em um forno vertical de duas zonas, mantidas inicialmente a um gradiente de temperatura de  $500^\circ\text{C}$  até a completa fusão de todo o material contido no cadinho posicionado na zona quente, e em seguida deslocado entre as zonas a uma velocidade de 2 mm/h, com o auxílio de um motor de corrente contínua sob um gradiente de temperatura de cristalização de  $14^\circ\text{C/h}$ . Cerca de 72 hs após o início do crescimento, a temperatura do forno foi reduzido gradativamente a uma taxa de  $20^\circ\text{C/h}$ .

Com o intuito de reduzir as impurezas repetiu-se o crescimento do cristal repetidas vezes. Esta remoção está intrinsecamente ligada ao coeficiente de segregação efetivo ( $k$ ). Quando  $k < 1$ , a região inicial do material solidificado será mais pura. Quando  $k > 1$ , a região final do material solidificado será mais pura. Já quando  $k = 1$ , a impureza se distribuirá de maneira uniforme ao longo do material solidificado [1].

## RESULTADOS

O cristal obtido no primeiro crescimento apresentou uma coloração amarela translúcida com uma camada enegrecida no final do crescimento, como pode ser observado na Fig. 1. Este resultado é esperado, devido as impurezas tenderem a

depositar-se no final do processo de crescimento, devido ao fenômeno de segregação.



FIGURA 1 – Cristal obtido no primeiro crescimento

Para o segundo crescimento, a região enegrecida foi removida, e procedeu-se o crescimento, utilizando somente a região límpida e transparente do cristal. No entanto, obteve-se um cristal com maior enegrecimento na sua região final comparado aquele observado no cristal do primeiro crescimento e uma região escura também foi observado na região inicial. Este resultado sugere que houve a introdução de impurezas durante o preparo, corte e maceração, para o crescimento repetido do cristal.

Um novo crescimento foi realizado e a Figura 2 ilustra um cristal obtido no segundo crescimento. Este apresentou uma coloração menos escura na região final do cristal, indicando a redução das impurezas avaliada pela verificação visual da região mais clara cristal.



FIGURA 2 – Cristal obtido no segundo crescimento

Para um estudo mais preciso da redução das impurezas no cristal após cada repetição de crescimento, amostras da região inicial, central e final de cada cristal foram retiradas para determinação de concentração dos elementos traços. Estas serão realizadas pela técnica do ICP-MS (Espectrometria de massa com fonte de plasma induzido). Em função dos resultados obtidos nessa análise, o número de repetição necessário para obter um cristal com pureza adequada ser avaliada.

## CONCLUSÕES

O crescimento por Método de Bridgman mostrou-se eficaz para ser utilizado na purificação e crescimento do cristal de TlBr.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] OLIVEIRA, I.B. Desenvolvimento do cristal semiconductor de brometo de tálio para aplicações como detector de radiação e fotodetector. São Paulo: 1993. Tese Doutorado – Instituto de Pesquisas energéticas e Nucleares, USP.

[2] MCGREGOR, D.S.; HERMON, H. Room-temperature compound semiconductor radiation detectors. Nucl. Instr. and Meth. Phys. Res., v.A395, p.101-124, 1997

## APOIO FINANCEIRO

CNPq/PIBIC