

## Síntese e caracterização de nanofios do composto férmion pesado $CeIn_3$

Caique C. Rodrigues\*, Dina Tobia, Karoline O. Moura, Camilo B. R. Jesus, Kleber R. Pirola, Pascoal J. G. Pagliuso

### Resumo

Estamos aqui propondo a síntese e a caracterização de nanofios de  $CeIn_3$  através da técnica de nanonucleação por fluxo metálico (NNFM). O objetivo deste projeto é estabelecer as rotas de síntese de nanofios de  $CeIn_3$ , controlando o diâmetro entre 20nm e 500nm e caracteriza-los por medidas de susceptibilidade magnética, calor específico, microscopia (TEM), NMR e difração de elétrons para que se possa relacionar os efeitos da variação da dimensionalidade do sistema com suas propriedades físicas.

### Palavras-chave:

Nanofio, Supercondutor, Magnetismo.

### Introdução

O estudo do papel da dimensionalidade nas propriedades físicas de sistemas como o  $CeIn_3$  ganhou nova perspectiva com o desenvolvimento de um método de produção de nanofios denominado técnica de nanonucleação por fluxo metálico (NNFM)<sup>1</sup>. A partir dos resultados obtidos em amostras monocristalinas (sistema massivos tridimensionais), pretendemos estender esta análise à sistemas de nanofios monocristalinas (sistemas unidimensionais).

Devido à flexibilidade do composto para se fazer dopagem e/ou substituição nos diferentes sítios cristalográficos, este sistema é uma excelente oportunidade para estudar de forma sistemática o efeito RKKY, a dimensionalidade nas interações no efeito Kondo, a criticalidade quântica e, particularmente, obter um melhor entendimento na inter-relação entre magnetismo e supercondutividade não convencional em sistemas de férmions pesados<sup>2</sup>.

### Resultados e Discussão

Para sintetizar os nanofios utilizamos como substrato membranas de alumina porosa ( $Al_2O_3$ ). Durante este tempo foi discutido quais as melhores rotas de se produzir tais membranas pois pode-se dizer que a obtenção de nanofios depende quase que unicamente delas.

O método utilizado para se produzir as membranas se chama "Hard Anodization". Após muita discussão sobre como poderíamos otimizar o processo de produção e testar fatores importantes da membrana como, por exemplo, variar o diâmetro dos poros, foi possível decidir uma metodologia fixa e sistemática.

Com as membranas prontas pudemos começar então as primeiras tentativas de nucleação de nanofios através da técnica NNFM. Foi colocado sobre a melhor membrana que tínhamos 0,4037g de Cério e 3,3081g de Índio e o sistema foi levado para o forno para que se comesse a difusão dos metais para dentro dos poros.

Após todo o processo o resultado foi positivo e, como pode ser visto na Figura 1, houve nucleação de nanofios de  $CeIn_3$ .

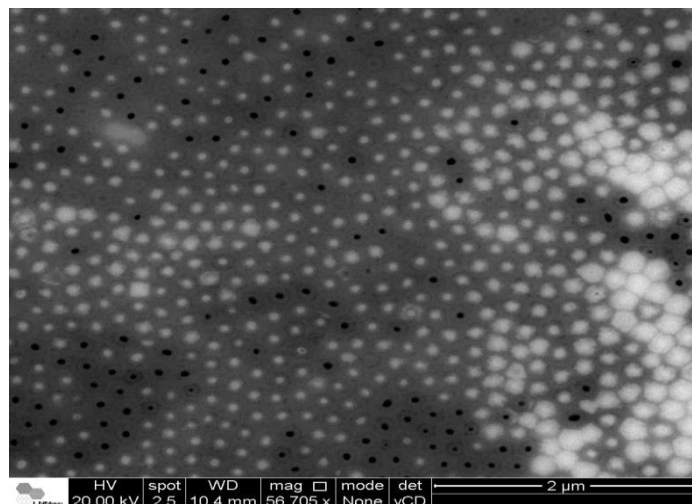


Figura 1. Imagem obtida por microscopia eletrônica de transmissão (TEM) de nanofios nucleados nos poros de uma membrana porosa de alumina.

### Conclusão

Nós tivemos sucesso na obtenção de nanofios de  $CeIn_3$  com diâmetros controlado entre 50nm e 100nm. Os próximos passos para este projeto consistem na obtenção de dados que caracterizem o sistema, tais como a suscetibilidade magnética e o calor específico, e na criação de técnicas para que se consigam membranas com diâmetros maiores do que 100nm.

### Agradecimentos

Gostaria de agradecer a FAPESP e a Unicamp pelo apoio financeiro e pela excelente oportunidade de estudos como estes.

<sup>1</sup> Pirola, K. R. et al. Processo de produção de nanofios monocristalinos intermetálicos. BR patent 10 2014 019794 0 issued 11 Aug. 2014.

<sup>2</sup> G.R. Stewart, Reviews of Modern Physics 74 (4): 797-855 OCT 2011

<sup>3</sup> W. Lee, R. Ji, U. Gösele, K. Nielsch, Fast fabrication of long-range ordered porous alumina membranes by hard anodization. Nat. Mater. 5, 741-747 (2006)