

## Magnetismo e Efeito Magnetocalórico de nanofios de NiCu

Marcelo E. Pederiva\*

### Resumo

O projeto consiste na fabricação e caracterização magnética de redes de nanofios magnéticos de uma liga de níquel-cobre. Os nanofios serão fabricados por eletrodeposição em uma membrana nanoporosa de óxido de alumínio. O objetivo consiste em estudar os efeitos combinados da dimensionalidade e da composição da liga sobre as propriedades magnetocalóricas do sistema. Este projeto possui dois focos principais: primeiramente a criação e caracterização geral das redes de nanofios de níquel-cobre, e posteriormente a caracterização das propriedades magnetocalóricas das mesmas. Este estudo representa o primeiro passo no desenvolvimento de materiais com alta eficiência para uso em refrigeração magnética perto da temperatura ambiente.

### Palavras-chave

nanofios, magnetismo, NiCu

### Introdução

Para cortar o uso de energia e ser menos dependente a recursos limitados, é de grande importância focar a pesquisa não somente a energias renováveis, mas também a maneiras de se reduzir o consumo de energia. Com o alto consumo de energia de residências e comércios através de controles de temperatura e refrigeradores, o aumento na eficiência de refrigeração terá um grande efeito nos gastos de energia. Desta forma, observamos que um refrigerador magnético é um grande candidato para este problema, apresentando uma alta eficiência no rendimento.

O refrigerador magnético tem como base o efeito magnetocalórico, a mudança reversível de temperatura de um material magnético devido a aplicação e remoção de um campo magnético<sup>1</sup>. A variação de temperatura ocorre devido a variação de entropia gerada pela mudança da ordem magnética com e sem campo magnético. Assim, a intensidade do efeito magnetocalórico é maximizado ao redor de uma transição de ordem magnética. Por exemplo, a temperatura de Curie define a transição entre um estado ordenado ferromagnético (de baixa entropia) e um estado desordenado paramagnético (de alta entropia).

Recentemente, a liga de níquel-cobre foi reconhecida por suas propriedades magnetocalóricas, especialmente devido ao seu baixo custo de fabricação e sua toxicidade baixa<sup>2</sup>. Logo depois, um colaborador do LMBT e especialista de renome internacional em materiais magnetocalóricos, Dr. Victorino Franco, da Universidade de Sevilla, se interessou à liga de NiCu e observou que a temperatura de Curie segue uma dependência linear com a composição da liga, em torno da temperatura ambiente. Esse fenômeno permite a sintonização da temperatura ótima de uso do material, aumentando a sua eficiência.

Este projeto representa a continuação da colaboração do LMBT com o Dr. Franco, se interessando sobre as consequências de ambos uma redução da dimensionalidade e da composição de ligas de NiCu sobre o efeito magnetocalórico. Neste fim, redes de nanofios de NiCu com diferentes composições vão ser fabricadas por uma técnica bem dominada no LMBT, a ser a eletrodeposição em membrana de alumina nanoporosa

### Resultados e Discussão

A fabricação das redes de nanofios consiste em duas etapas, primeiramente a criação de um molde nanoporoso de alumina e posteriormente o preenchimento desses nanoporos via eletrodeposição.

Para a produção do molde nanoporoso de  $Al_2O_3$  é utilizado um processo de dupla-anodização, o qual permite a criação da rede nanoporosa e uma camada barreira de alumina entre os nanoporos e o alumínio. Após a retirada desta camada barreira, por apresentar uma alta resistividade, é possível eletrodepositar o material magnético na rede nanoporosa.

O projeto atualmente se encontra no processo de fabricação de nanofios de NiCu, para diferentes concentrações de cada elemento, a fim de relacionar a composição à Temperatura de Curie. Tendo como foco uma liga de NiCu que possui uma Temperatura de Curie próxima ao ambiente.

### Conclusões

Com uma composição bem definida da liga níquel-cobre, o custo para observar as propriedades magnetocalóricas dos nanofios é menor. Dessa forma, o projeto futuramente se dedicará no cálculo do efeito magnetocalórico dos nanofios de NiCu, utilizando um sistema de medidas de propriedades físicas (*Physical Property Measurement System – PPMS*, em inglês).

### Agradecimentos

Este projeto foi apoiado pelo Laboratório de Materiais e Baixas Temperaturas (LMBT) do Departamento de Física da Matéria Condensada (DFMC), IFGW Unicamp. Agradecimento a Profa. Dra. Fanny Béron pela orientação no projeto.

<sup>1</sup> V. Franco, J.S Blázquez, B. Ingale and A. Cond, Annual Review of Materials Research 42, 305 (2012).

<sup>2</sup> J. Niu, J. Zhang, Z. Zheng, International Conference on Mechatronics, Electronic, Industrial and Control Engineering (MEIC 2014), p. 221 (2014)