

Estudo de ligas de Heusler da família Ni₂MnGa para aplicação em refrigeração magnética

Alberto Aguiar Mendonça¹, Angelo Márcio de Souza Gomes²

1. Estudante de IC do Instituto de Física da UFRJ; *alberto-aam@hotmail.com

2. Pesquisador do Instituto de Física, UFRJ, Cidade Universitária/RJ

Palavras Chave: *Ligas de Heusler, entropia magnética, refrigeração.*

Introdução

Após as descobertas dos danos causados à natureza pelos gases refrigerantes utilizados nos refrigeradores com ciclos termodinâmicos, novas alternativas de refrigeração vem sendo estudadas. Nas últimas décadas, pesquisas mostram uma forma promissora de refrigeração, a refrigeração magnética. Este meio de refrigeração se baseia no efeito magnetocalórico (EMC), que é a variação de temperatura em um material magnético quando este é submetido a uma variação adiabática campo magnético. Nesse sentido, propriedades magnéticas, térmicas, estruturais e magnetocalóricas de diversos compostos estão sendo estudadas. Neste projeto, estudamos uma liga de Heusler da família Ni₂MnGa com substituição parcial de Manganês por Cobre e Gálio por Alumínio, assim, a estequiometria da liga estudada é dada por Ni₂Mn_{1-x}Cu_xGa_{1-y}Al_y. A princípio, todas as amostras têm y = 0,16, e no caso onde não há substituição de Mn por Cu, é observado a presença de uma transição estrutural e uma transição magnética afastadas por aproximadamente 170K. A medida que se substitui Manganês por Cobre, as transições se aproximam, e a coexistência das duas transições incrementa o efeito magnetocalórico. O composto estudado se torna mais barato por conta da adição de Alumínio no sítio do Gálio e apresenta valores consideráveis de variação de entropia magnética à temperatura ambiente, o que poderá permitir seu uso em refrigeração residencial.

Resultados e Discussão

Amostras com x = 0,10; 0,20; 0,25; 0,30 e 0,35 foram fabricadas em um forno a arco elétrico e receberam tratamento térmico para homogeneização. Foram realizadas medidas de magnetização em função da temperatura e do campo magnético em um criostato (PPMS), medidas de difração de raios-X em um difratômetro D2-Bruker e medidas de fluxo de calor em um calorímetro de varredura diferencial. No composto pai (Ni₂MnGa) a transição estrutural ocorre à 210K enquanto a temperatura da transição magnética é 377K. O aumento da concentração de Cobre gera o aumento da temperatura da transição estrutural e a diminuição da temperatura da transição magnética culminando na coexistência das duas transições à temperatura ambiente quando x = 0,3. Tal fenômeno, nesta concentração de Cobre, é responsável pelo efeito magnetocalórico gigante, onde a variação de entropia magnética máxima assume um valor maior que 18JKg⁻¹K⁻¹. Medidas magnéticas e de fluxo de calor mostram que a transição magnética é de segunda para 4 das 5 amostras estudadas (x = 0,10; 0,20; 0,25; 0,35), já na amostra com x = 0,3, onde ocorre a coexistência das duas transições, observamos que a transição magnética passa a ser de primeira ordem. Medidas de fluxo de calor comprovam que o aumento da concentração de Cobre

gera aumento na temperatura da transição estrutural, além disso, o calor latente da transição estrutural - de primeira ordem - também atinge valores maiores quando se aumenta a concentração de Cobre. Medidas de difração de raios-X realizadas nas amostras em pó à temperatura ambiente exibem duas estruturas cristalinas (cúbica do grupo espacial Fm3m e Tetragonal do grupo espacial I4/mmm) para os compostos, sobretudo aqueles que possuem a transição estrutural ocorrendo próximo à temperatura da medida. Através dos dados obtidos nas medidas de magnetização em função do campo magnético é possível notar que a amostra com x = 0,3 exibe variação de entropia magnética máxima próxima de 40JKg⁻¹K⁻¹. A capacidade refrigerante, ou RC (refrigerant capacity) pode ser estimada através da área à meia altura do pico no gráfico da variação de entropia magnética em função da temperatura. A amostra com efeito magnetocalórico gigante apresenta RC = 104JKg⁻¹ nas redondezas da transição magnética, valor este que corresponde a 124% do RC do composto Ni₂Mn_{0,75}Cu_{0,25}Ga, utilizado como referência. Isso comprova que a liga estudada tem custo menor, pois, uma vez que transfere mais energia por unidade de massa quando um mesmo campo magnético é induzido, é possível utilizar uma massa menor para alcançar o mesmo valor de energia transportada por ciclo em um refrigerador. Com este fator e com a substituição parcial de Gálio por Alumínio, a redução de custo chega a 21%.

Conclusões

Medidas de magnetização, difração de raios-X e fluxo de calor foram realizadas para estudar propriedades da liga Ni₂Mn_{1-x}Cu_xGa_{1-y}Al_y. Os resultados comprovam que inserir Cobre no sítio do Manganês gera alterações significativas nas amostras, levando a coexistência das transições estrutural e magnética à temperatura ambiente. Tal acontecimento gera ao aparecimento do efeito magnetocalórico gigante em uma liga menos custosa. Há coexistência de fases estruturais em grande parte das amostras analisadas.

Agradecimentos

Agradeço à participação dos pesquisadores Jesus Fabian Jurado e Samuel Joseph Stuard que colaboram com a pesquisa.

Agradeço ao CNPq e à FAPERJ pelo auxílio financeiro.