Estudo das Propriedades Físicas de Sistemas Supercondutores com Base em $Fe_{1-x}Ni_xSe_{0,5}Te_{0,5}$

Adriane Consuelo da Silva Leal, Franciele Nunes de Siqueira, Gislaine Pereira, João Frederico Haas Leandro Monteiro*, Alcione Roberto Jurelo
Departamento de Física, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Av. Gen. Carlos Cavalcanti 4748, 84.030-000, Ponta Grossa, Paraná, Brazil
Ezequiel Costa Siqueira
Departamento de Física, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa,
Avenida Monteiro Lobato 1787, 84.016-210, Ponta Grossa, Paraná, Brazil

Universidade Estadual de Ponta Grossa/Departamento de Física/Exatas

Palavras-chave: FeSeTe, Níquel, Supercondutor, Efeitos de Substituição.

Resumo

Nosso objetivo neste trabalho foi o estudo das propriedades físicas de sistemas supercondutores com base em $Fe_{1-x}Ni_xSe_{0,5}Te_{0,5}$. Para este estudo, foram processadas amostras supercondutoras utilizando o método da reação de estado sólido para as concentrações x = 0,00, x = 0,05 e x = 0,10. Com as amostras processadas, foram realizadas diversas medidas para a sua caracterização, tais como de raios X, microscopia eletrônica com micro análise e magnetização. Através da técnica de raios x e microscopia eletrônica, foi observado que para as amostras com x = 0,00 e x = 0,05, apenas a fase principal com base em $Fe_{1-x}Ni_xSe_{0,5}Te_{0,5}$ estava presente. Através das medidas de magnetização, pode-se observar o comportamento magnético destes materiais. Para as amostras com x = 0,00 e x = 0,05, obtivemos para a temperatura crítica os valores de T_C iguais a 14,4 K e 14,6 K, respectivamente, mostrando que a presença do Ni no sitio do Fe não alterou significativamente o comportamento supercondutor destes materiais.

Introdução

Supercondutividade foi relatada em 2008 em 8,5 K no sistema $FeSe_x$ [1]. Com a aplicação de altas pressões, a temperatura crítica T_C deste material pode ser aumentada para 37 K [2]. Por outro lado, o FeTe com a mesma estrutura não é supercondutor mesmo em altas pressões, provavelmente devido ao fato de que o FeTe só existe na forma não estequiométrica, isto é $Fe_{1+x}Te$ [3]. A temperatura de transição supercondutora destes materiais é criticamente dependente de pequenas mudanças na estequiometria do ferro. No entanto, com a substituição de Se por Te, T_C aumenta até 14 K para $FeSe_{0,5}Te_{0,5}$ [4]. Para concentrações maiores de Te, T_C é suprimido novamente. Ainda, à temperatura ambiente, FeSe e FeTe têm a mesma estrutura tetragonal, mas a temperaturas mais baixas, FeSe apresenta uma estrutura ortorrômbica, enquanto FeTe, uma estrutura monoclínica [4].

Materiais e Métodos

Para a realização do trabalho proposto, foi adotada a seguinte metodologia:

a)Produção de Amostras.

As amostras foram produzidas na Universidade Estadual de Ponta Grossa utilizando o método de reação de estado sólido. Para a produção das mesmas, utilizamos o seguinte procedimento térmico. Os pós (Ni, Fe, Se e Te de alta pureza) foram pesados, macerados e prensados em pastilhas. A seguir, as mesmas foram colocadas em um tubo de quartzo e seladas em vácuo. Com o tubo no forno, elevamos a temperatura em uma hora a 900 ^{0}C. A temperatura foi mantida por 15 minutos nesta, quando então a mesma foi decrescida até a temperatura ambiente em 20 h.

b)Caracterização das amostras

Para a caracterização das amostras, utilizamos difração de raios X, microscopia eletrônica com micro análise e medidas de magnetização. Através dos espectros de raios-x, acompanhamos as modificações ocorridas devido à presença dos átomos de Ni. Com as técnicas de microscopia ótica e eletrônica, procuramos acompanhar a evolução das fases presentes e sua morfologia. Com as medidas magnéticas, estudamos as respostas magnéticas destes materiais, observado como a dopagem por Ni altera a temperatura crítica. Os equipamentos utilizados nestas medidas estão disponíveis na UEPG e na UNICAMP.

Resultados e Discussão

Figura 1 mostra os padrões de difração de raios x para as amostras x = 0,00 e x = 0,05. Todos os picos foram indexados como provenientes do sistema $Fe_{1-x}Ni_xSe_{0,5}Te_{0,5}$. As análises de difração de raios x mostraram que as amostras x = 0,00 e x = 0,05 são puras, enquanto que a amostra com x = 0,10 é multifásica (não mostrada). Os números exibidos na figura são os índices de Miller para a fase principal. A estrutura é descrita como tipo PbO tetragonal.

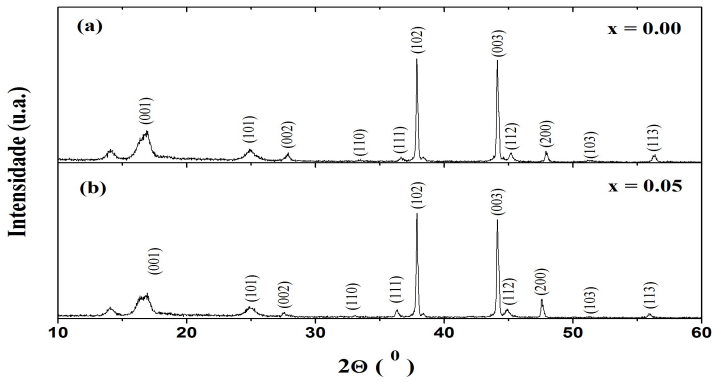


Figura 1: Difratograma de raios X para amostras policristalinas com base em $Fe_{1-x}Ni_xSe_{0.5}Te_{0.5}$ em que as concentrações são (a) x = 0,00 e (b) x =0,05.

Na figura 2 podemos observar a microscopia eletrônica das amostras policristalinas com base em $Fe_{1-x}Ni_xSe_{0.5}Te_{0.5}$ para (a) x = 0,00 e (b) x = 0,05 . Podemos destas

figuras perceber claramente que estas amostras possuem uma estrutura lamelar, e que tais lâminas são maiores que 50 μm no plano *ab*. Para a amostra com concentrações iguais a x = 0,00 e x = 0,05, não foi observado a presença de fases espúrias, resultado este confirmado também pela difração de raios X. No entanto, para a amostra com concentração igual a x = 0,10, observou-se também a presenca de várias outras fases além da fase principal que é $Fe_{1-x}Ni_xSe_{0.5}Te_{0.5}$.

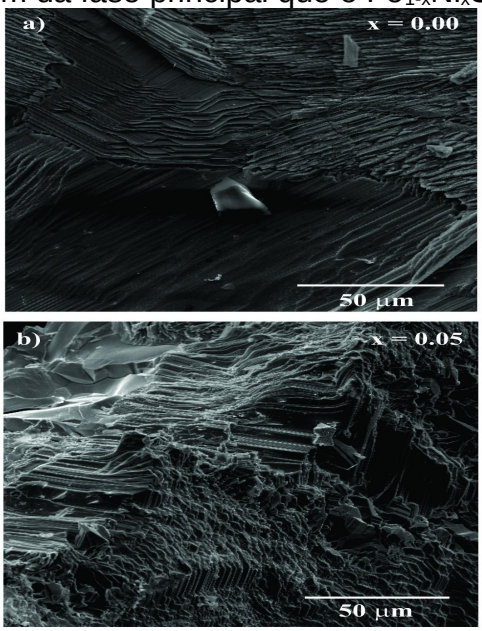


Figura 2: Microscopia eletrônica das amostras policristalinas com base em $Fe_{1-x}Ni_xSe_{0.5}Te_{0.5}$ para (a) x = 0,00 e (b) x = 0,05

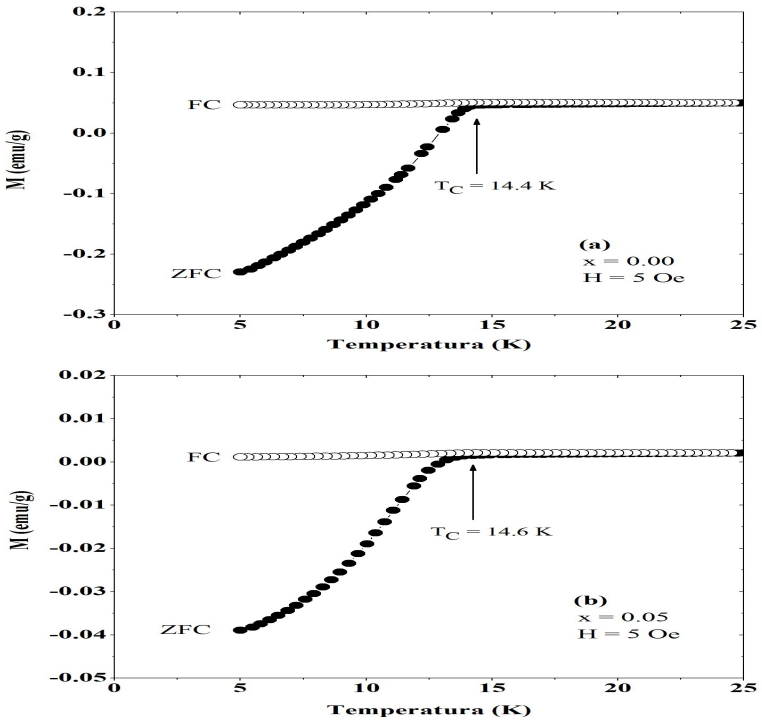


Figura 3: Magnetização em função da temperatura das amostras policristalinas com base em $Fe_{1-x}Ni_xSe_{0.5}Te_{0.5}$ nas situações ZFC and FC para (a) x = 0,00 e (b) x = 0,05. O campo aplicado foi de 5 Oe.

Conclusão

Neste trabalho foram estudadas as propriedades físicas de sistemas supercondutores com base em $Fe_{1-x}Ni_xSe_{0,5}Te_{0,5}$ (x = 0,00, x = 0,05 e x = 0,10). As amostras foram processadas pelo método de reação de estado sólido. Foi observado que as amostras com x = 0,00 e x = 0,05 apresentam apenas a fase principal com base em $Fe_{1-x}Ni_xSe_{0,5}Te_{0,5}$, enquanto que para a amostra com x = 0,10, foi observado também fases impuras. Para as amostras com x = 0,00 e x = 0,05, obtivemos para a temperatura crítica os valores de T_C iguais a 14,4 K e 14,6 K, respectivamente, mostrando que a presença do Ni no sítio do Fe não alterou significativamente o comportamento supercondutor destes materiais.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao C-LABMU/UEPG pelas facilidades oferecidas na caracterização das amostras e ao Professor Dr. O. F. Lima pela ajuda nas medidas de magnetização. Também, esse trabalho foi financiado pelo CNPq processo n^0 472.746/2013-8.

Referências

[1] Y. Kamihara, T. Watanabe, M. Hirano, H. Hosono, J. Am. Chem. Soc. 130 (2008) 3296.
[2] K. Horigane, N. Takeshita, C. Lee, K. Yamada, J. Phys. Soc. Japan 78 (2009) 63705.
[3] M. H. Fang, H. M. Pham, B. Qian, T. J. Liu, E. K. Vehstedt, Y. Liu, L. Spinu, Z. Q. Mao Phys. Rev. B 78 (2008) 224503.
[4] F. C. Hsu, Proc. Natl. Acad. Sci. 105 (2008) 14262.