

crystalline phases in the treated samples (high energy mechanical treatments - ball milling).

### Absorção de oxigênio pela fase $Fe_{17}Sm_2$ .

S. GAMA, C. C. COLUCCI, C. A. RIBEIRO, N. L. SANJURJO, C. CAMPOS, E. DE MORAIS

UNICAMP - IFGW - DFESCM - Laboratório de Materiais e Baixas Temperaturas.

F. A. O. CABRAL

UFRN, Depto. de Física Teórica e Experimental.

Desde a descoberta de Coey de que as fases  $17:2$  absorvem 3 átomos de nitrogênio por fórmula unitária, tem sido objeto de estudo a absorção de outros átomos que se localizam intersticialmente na rede cristalina, como o hidrogênio e o carbono. No caso do nitrogênio ocorre a expansão da rede sem alterar a estrutura cristalográfica, porém há a modificação da precipitação direta da fase saturada, sem a formação de solução sólida. É de se esperar que para as mesmas condições experimentais de absorção o oxigênio se comporte de modo similar. Entretanto estudos anteriores em sistemas de ligas Fe-Pr e Fe-Nd com absorção a temperaturas a partir de  $600^\circ C$ , mostraram que ocorria a decomposição das fases em óxidos ou óxidos mistos. Foram efetuados experimentos de absorção de Oxigênio para a fase  $Fe_{17}Sm_2$  entre as temperaturas de  $200^\circ C$  a  $500^\circ C$ . Foi observado que o limite de saturação depende da temperatura, sendo de 3 at/fu a  $200^\circ C$ , 12.8 at/fu a  $300^\circ C$ , 20.3 at/fu a  $400^\circ C$  e 28.5 at/fu a  $500^\circ C$ . Isto mostra que acima de  $200^\circ C$  a fase é profundamente alterada pela absorção de oxigênio. Amostras com absorção a  $200^\circ C$  foram tratadas termicamente a  $500^\circ C$  por 40h. Os resultados mostram que as amostras tratadas consistem de  $Fe_{17}Sm_2$ , Fe e  $Sm_2O_3$ . Estudos por metalografia e os dados de susceptibilidade indicam a hipótese de uma mistura de  $Fe_{17}Sm_2$  e  $Fe_{17}Sm_2O_3$ .

### Medida do Campo Hiperfino Magnético na

$^{111}Ag$  no sítio do Pd na liga de Heusler  $Pd_2MnSn$ .

ARTUR WILSON CARBONARI

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN, São Paulo, SP.

HEINZ HAAS

Hahn-Meitner Institut, Berlim, Alemanha.

A ocorrência de ordem magnética em compostos que contém elementos não magnéticos têm atraído um grande interesse. e dentro desta classificação situam-se as ligas de Heusler que têm sido sistematicamente usadas como sistemas para o estudo do magnetismo localizado. As ligas de Heusler do tipo  $Pd_2MnZ$  possuem a estrutura ordenada  $L2_1$  e, dependendo do elemento Z

exibem tanto o ferromagnetismo como o antiferromagnetismo. A liga  $Pd_2MnIn$  possui um interesse particular pelo fato de ter ordem antiferromagnética abaixo de 142 K com um momento magnético de  $4,3 \mu_B$  localizado no átomo de Mn. A substituição de In pelo Sn conduz ao ferromagnetismo o que leva a supor que as propriedades magnéticas destas ligas variam de acordo com a concentração de elétrons. Recentemente foram sintetizadas ligas do tipo  $Pd_2TiZ$ , onde  $Z = Al, In$  e  $Sn$  que formam a estrutura de Heusler  $L2_1$  nas quais nenhum de seus componentes possuem usualmente momento magnético localizado. A liga  $Pd_2MnIn$  tem estrutura magnética com planos paralelos nos quais os íons de Mn têm direções de spin alternados. Deste modo o campo magnético efetivo nos sítios do Mn e do In são nulos, mas deve ser diferente de zero no sítio do Pd. Portanto, para a medida do campo hiperfino magnético pela técnica de correlação angular perturbada, é necessário um núcleo de prova que substitua o Pd. Para tanto, utiliza-se o núcleo de  $^{111}Ag$  que é produto do decaimento  $\beta^-$  do  $^{111}Pd$  que, por sua vez é produzido pela irradiação do  $^{110}Pd$  com neutrons num reator nuclear. A meia-vida do nuclídeo é de 7,4 dias e a cascata  $\gamma$  usada para a correlação angular é aquela cujas energias são 96-247 keV, com nível intermediário de 84 ns de vida média o qual é o mesmo usado na bem conhecida cascata do decaimento do  $^{111}In$ - $^{111}Cd$ . Nas medidas realizadas no Instituto Hahn-Meitner em Berlim, os núcleos de  $^{111}Ag$  foram obtidos pela irradiação de  $^{110}Pd$  enriquecido com neutrons no reator nuclear BR3 e pela posterior separação química dos núcleos da Ag do restante dos núcleos de Pd. Após a obtenção da  $^{111}Ag$  livre de carregador uma gota da suspensão destes núcleos em água era colocada sobre a superfície de uma lâmina muito fina (0,5 mm) previamente cortada e polida. Em seguida a amostra foi selada em atmosfera de Ar e colocada em um forno de resistência para difusão a  $800^\circ C$ . Foi medida a liga  $Pd_2MnSn$  a temperatura do nitrogênio líquido, a temperatura ambiente e as temperaturas de 25 K, 140 K e 160 K com campo externo polarizador. O campo hiperfino magnético obtido a 25 K foi de  $290 \pm 3$  kG.

### Estudo do Campo Hiperfino Magnético nas ligas de Heusler $Co_2Y_xY_{1-x}Z$ ( $Y=Ti, Nb, V, Cr$ ; $Z=Al, Sn$ )

WILLI PENDL JR, ARTUR WILSON CARBONARI, RAJENDRA NARAIN SAXENA

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN

As ligas de Heusler são compostos intermetálicos ternários com composição química  $X_2YZ$ , onde  $X=Co, Ni, Cu, Pd, Au$ ;  $Y=Mn, Sc, Ti, Zr, Hf, Nb, V, Ta, Cr$ ;  $Z=Al, Ga, Ge, In, Sn, Si, Sb$ . Estas ligas são

geralmente ordenados cubicamente com estrutura tipo  $L2_1$ , sendo a grande maioria ferromagnética. As medidas de Campos Hiperfinos Magnéticos (CHM), atuando nos sítios magnéticos e especialmente em sítios não magnéticos fornecem importantes informações sobre a polarização dos elétrons de condução induzido pelos átomos magnéticos nos sítios atômicos vizinhos. Essas informações contribuem para a compreensão dos mecanismos que resultam na ordem magnética das ligas de Heusler. Um aspecto interessante, é que as ligas de Heusler podem ser sintetizadas a partir de 4 elementos, formando ligas quaternárias de modo que a estequiometria e a estrutura da liga não seja alterada. Isto permite estudar o efeito da concentração eletrônica sobre campos hiperfinos gerados de uma forma mais sensível. As ligas  $Co_2Y_x^{1-x}Z$  com  $0.2 \leq x \leq 0.8$ , a partir de componentes metálicos com pureza de 99.9% em proporções estequiométricas. A determinação do CHM foi feita pela técnica de correlação angular  $\gamma$ - $\gamma$  perturbada (TDPAC) através da cascata gama no  $^{181}Ta$ . Para esta finalidade foram substituídos  $\sim 0.1\%$  de átomos Y por átomos de  $^{181}Hf$  radioativo. As medidas de TDPAC foram realizadas a 77 K (fase ferromagnética) e 623 K (fase paramagnética). Os resultados, permitem concluir que os mecanismos responsáveis pelos CHM neste tipo de ligas de Heusler são similares aos de outros ambientes magnéticos como Fe, Co e Ni, com impurezas diluídas.

#### Filmes Finos da Fase $Fe_{17}Sm_2$ Obtidos por Flash Evaporation

ALEXANDRE URBANO, SÉRGIO GAMA  
UNICAMP  
JAIR SCARMINIO  
Universidade Estadual de Londrina

Muitos materiais são candidatos a aplicação como ímãs permanentes. Hoje em dia a investigação está voltada para as fases  $Fe_{17}TR_2$  ( $TR =$  terras-raras). Compostos  $FeTR_2$  ricos em ferro, não apresentam grande potencial como ímã permanente, mas dentre os compostos estáveis, os que possuem maior magnetização de saturação são as ligas  $Fe_{17}TR_2$ . Isto propiciou uma análise mais aprofundada destes compostos. A estrutura cristalina das fases 2-17 é romboedral ( $Th_2Zn_{17}$ ), para as chamadas terras-raras leves (Nd, Sm), e hexagonal ( $Th_2Ni_{17}$ ), para as chamadas terras-raras pesadas (Dy, Ho). Em 1990, D. Coey estudou os efeitos de uma nova impureza intersticial nas fases 2-17, nitrogênio. Desde então a investigação nestas fases é intensa. Além de a  $T_C$  aumentar significativamente ( $\sim 400K$ ) e aumentar a magnetização de saturação, quando a terra-rara é samário a anisotropia passa de basal para axial, com campo de anisotropia de  $14T$ . O aumento em volume da célula unitária é de aproximadamente 7%, e estas fases incorporam até três átomos de por fórmula unitária. O aumento na  $T_C$  e no campo

de anisotropia do composto  $Fe_{17}Sm_2N_x$  ( $2 < x < 3$ ) torna-o um material promissor como ímã permanente, já que as outras terras-raras mesmo depois de nitretadas continuam a ter anisotropia magnetocristalina planar. Devido à sua alta anisotropia, este composto tem também sido investigado na forma de filmes. Filmes deste composto com coercividades maiores do que  $20kOe$  têm sido obtidos com anisotropia perpendicular. Antes de serem nitretados exibem uma coercividade de  $0.75kOe$ , anisotropia planar e magnetização de saturação de aproximadamente  $110emu/g$ . Nossos experimentos têm sido feitos no intuito de se obter as fases  $Fe_{17}Sm_2$  na forma de filmes finos utilizando a deposição "flash evaporation". A amostra é cristalizada in-situ, mas a absorção de gás é feita em câmara do tipo Sieverts, que permite controle da quantidade de gás a ser absorvida, quando se deseja as fases  $Fe_{17}Sm_2N_x$  ( $0 < x < 3$ ).

#### ESTUDO DO SISTEMA BINÁRIO $Fe-Pr$ NA REGIÃO RICA EM $Pr$

FRANCISCO JAVIER DE HOYOS, SÉRGIO GAMA,  
CARLOS ALBERTO RIBEIRO, FRANCISCO DE ASSIS  
OLÍMPIO CABRAL, ADELINO DE AGUIAR COELHO  
UNICAMP

O presente trabalho visa a apresentação e discussão dos resultados recentemente obtidos no estudo do sistema binário  $Fe-Pr$  na região rica em  $Pr$ . A Análise Térmica Diferencial do sistema  $Fe-Pr$  apresenta dois eventos térmicos sequenciais em torno da temperatura da reação eutética, separados por aproximadamente  $10^\circ C$ , para ligas cuja composição varia desde próximo à composição de  $Fe_{17}Pr_2$  até próximo do  $Pr$  puro. Além disto, o sistema  $Fe-Pr$  apresenta fases metaestáveis magneticamente ordenadas para estas mesmas ligas quando solidificadas rapidamente. A região rica em  $Pr$  do sistema  $Fe-Pr$  foi estudada pelo método de Análise Térmica de Smith (ATS), técnica normalmente mais sensível que os métodos de termoanálise usuais. Os resultados obtidos nas ATS's, somados àqueles obtidos em análise termomagnética, análise por metalografia óptica e microanálise eletrônica permitem concluir que: 1) as fases metaestáveis magneticamente ordenadas, presentes nas ligas solidificadas rapidamente, se decompõem a partir de aproximadamente  $540^\circ C$ ; 2) existe um campo intermediário, de duas fases, entre a linha de reação eutética e o campo  $L + Fe_{17}Pr_2$ ; 3) existe uma fase estável de estequiometria aproximada  $Fe_2Pr_9$ , situada nas vizinhanças da temperatura de reação eutética e num intervalo de temperatura provavelmente estreito. Recentemente foram feitas análises térmicas de ligas de  $Fe-Pr$  ricas em  $Pr$  utilizando um Calorímetro Calvet comercial. Os resultados destas análises estão de acordo com as conclusões acima, porém não foi obtida a fase  $Fe_2Pr_9$ . Em contrapartida, foi encontrada uma segunda fase

13º Encontro Nacional de Física da Matéria  
6-10 de Junho, 1995.