

Exchange Bias

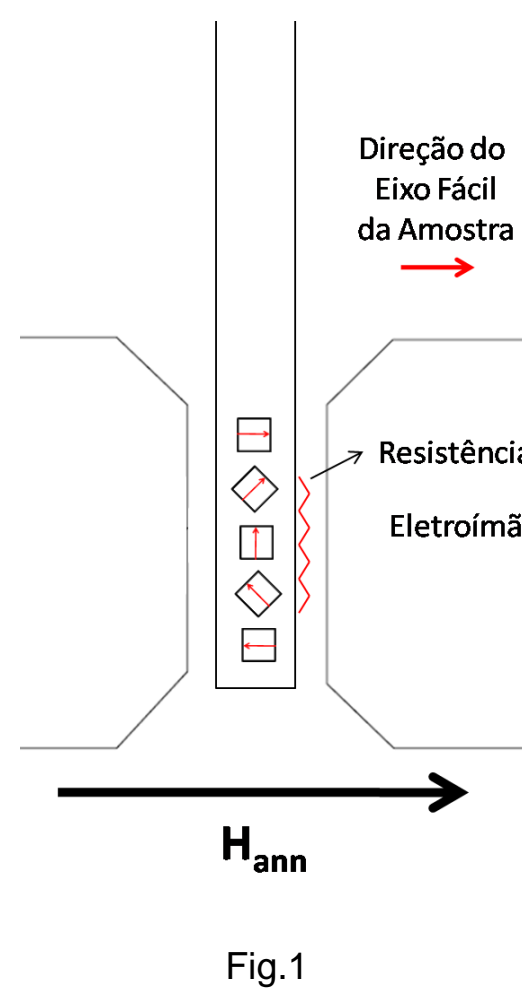
O fenômeno de *Exchange Bias* (EB, ou polarização por intercâmbio), se manifesta principalmente pelo deslocamento do ciclo de histerese quando um material ferromagnético (FM) está em contato atômico com um antiferromagnético (AF). Este fenômeno é de grande interesse devido à sua aplicação em dispositivos magneto-eletrônicos e possuir características que ainda carecem de entendimento. Neste trabalho apresentamos os resultados da caracterização magnética de sistemas de NiFe/FeMn, NiFe/IrMn e NiFe/IrMn/NiFe, já conhecidos por apresentarem o efeito EB.

Caracterização Magnética

A caracterização magnética das amostras foi realizada por meio de um magnetômetro de gradiente de campo alternado (AGFM). O funcionamento deste equipamento é baseado na vibração de um cristal piezelétrico, tem altíssima sensibilidade (10^{-8} emu) e rapidez na aquisição de dados em um ciclo de histerese completa para materiais compostos por poucos átomos. As medidas realizadas no AGFM possibilitam analisar a amostra como um todo, assim podemos estudar campo de EB (H_{EB}) e o campo coercivo (H_C) em função da direção e intensidade do campo magnético externo.

Amostras

Todas amostras foram confeccionadas via "sputtering" com a presença de campo magnético aplicado (H_{dep}) e posteriormente tratadas termicamente a uma temperatura (T_{ann}) também na presença de um campo magnético externo (H_{ann}), por meio de um forno com o esquematizado na figura 1.



As amostras A,B,C e D estão representadas na figura 2, onde as espessuras das camadas variam com $t_x = 12,5$ e $37,5$ nm; $t_y = 15$ e 30 nm, nesta ordem.

A amostra E está apresentada na figura 3, e a F na figura 4.

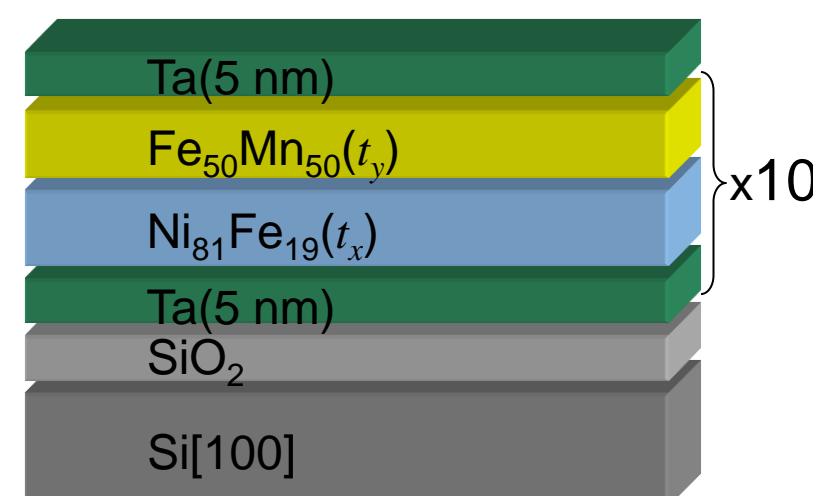


Fig.2

$H_{dep} = 2,1$ kOe, $T_{ann} = 250$ °C,
 $H_{ann} = 1,9$ kOe

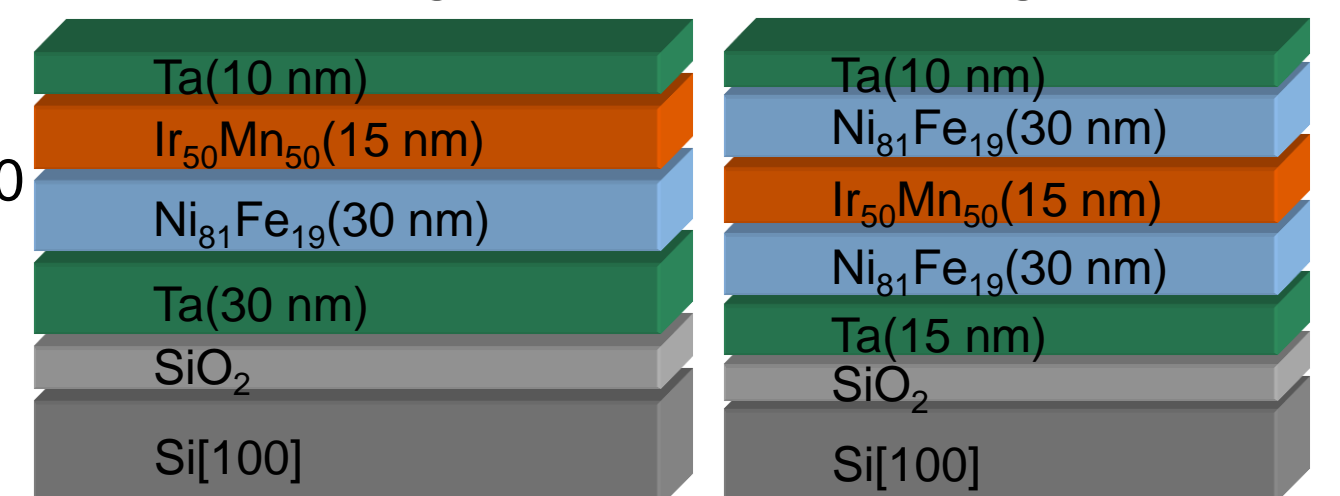


Fig.3

$H_{dep} = 2,1$ kOe, $T_{ann} = 215$ °C,
 $H_{ann} = 2,0$ kOe

Fig.4

Resultados

$T_{ann} = 250$ °C, $H_{ann} = 1,9$ kOe, $\theta_{ann} = 0^\circ$ (eixo fácil)

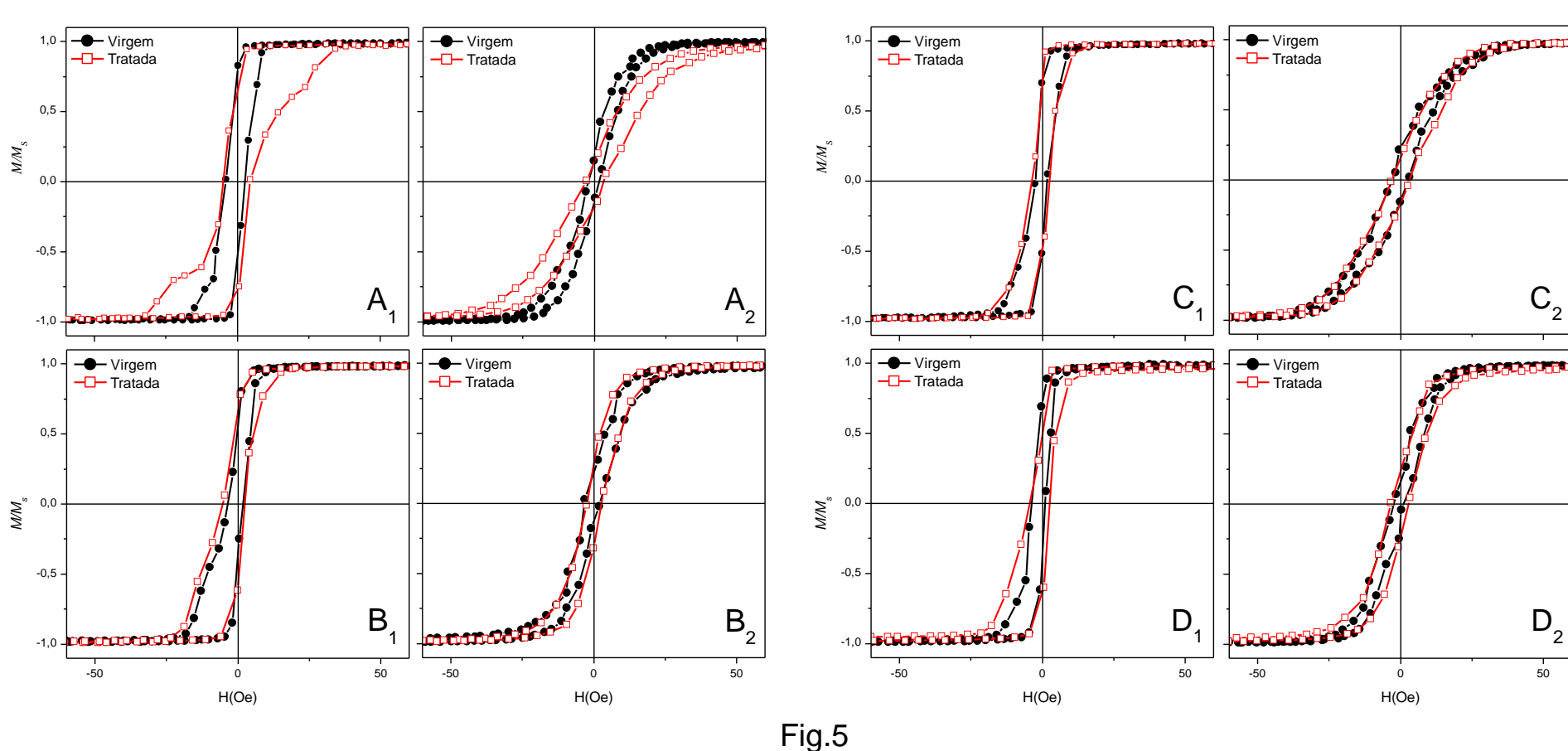


Fig.5

Tabela 1: H_{EB} e H_C das amostras E e F diminuem com o tratamento térmico.

Amostra	H_{EB} (Oe)	H_C (Oe)
E – Virgem	-22,5	4,0
E – Tratada	-16,4	3,5
F _T – Virgem	-32,8	3,2
F _T – Tratada	-20,3	2,1
F _B – Virgem	-157,7	19,5
F _B – Tratada	-116,6	15,2

T-Top, B-Botton, referentes respectivamente aos subciclos de histerese superior e inferior da Fig. 6.

As curvas de magnetização referente as amostras A, B, C e D mostradas na figura 5 apresentam um pequeno deslocamento para a esquerda na parte inferior da histerese, porém não apresentam uma fase bem definida. Isto se deve as modificações estruturais geradas espontaneamente pelo empilhamento das dez bicamadas magnéticas FM/AF, neste caso NiFe/FeMn, resultando em diferentes valores de H_{EB} e H_C em cada bicamada.

As figuras 6 e 7 apresentam curvas com fases deslocadas e bem definidas evidenciando o efeito de EB no sistema NiFe/IrMn, o que era esperado para as amostras E e F.

$T_{ann} = 215$ °C, $H_{ann} = 2,0$ kOe, $\theta_{ann} = 0^\circ$ (eixo fácil)

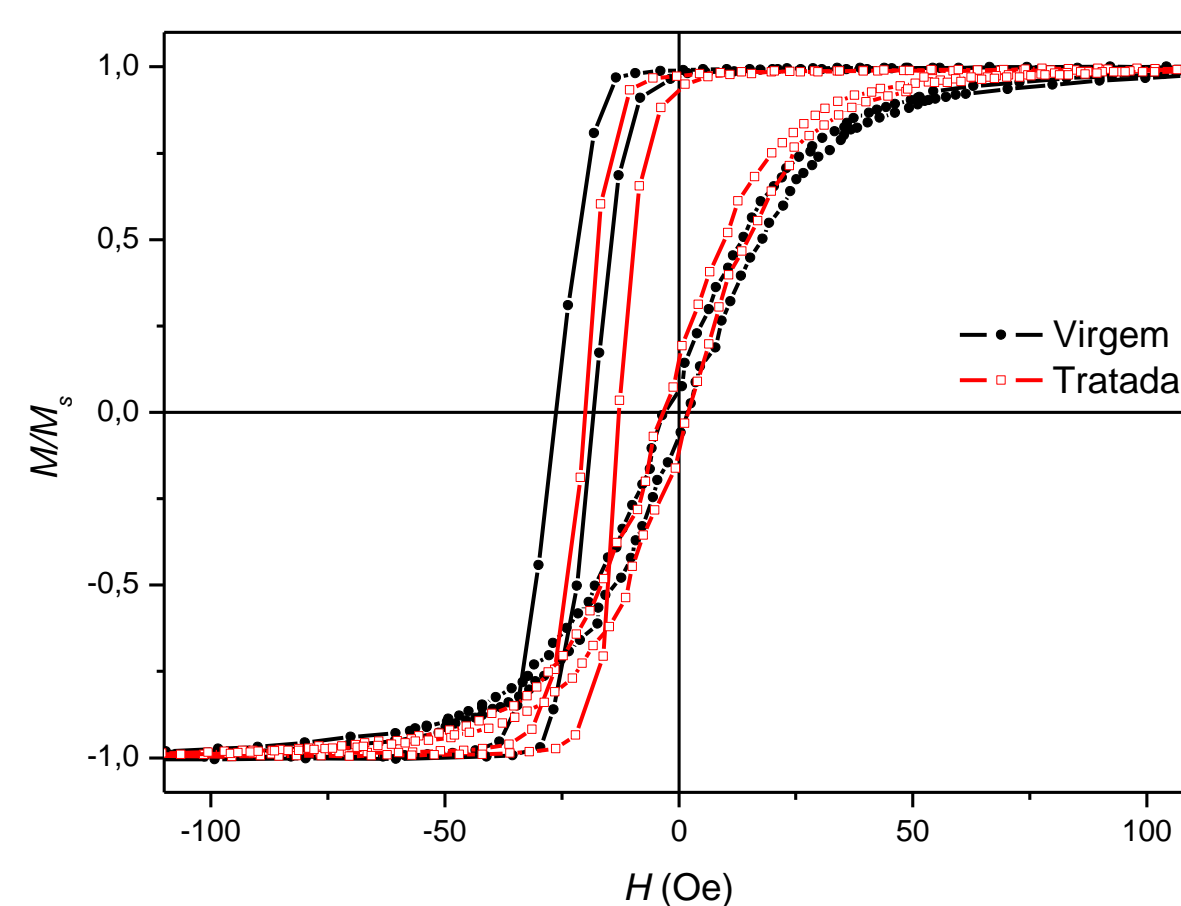


Fig.6

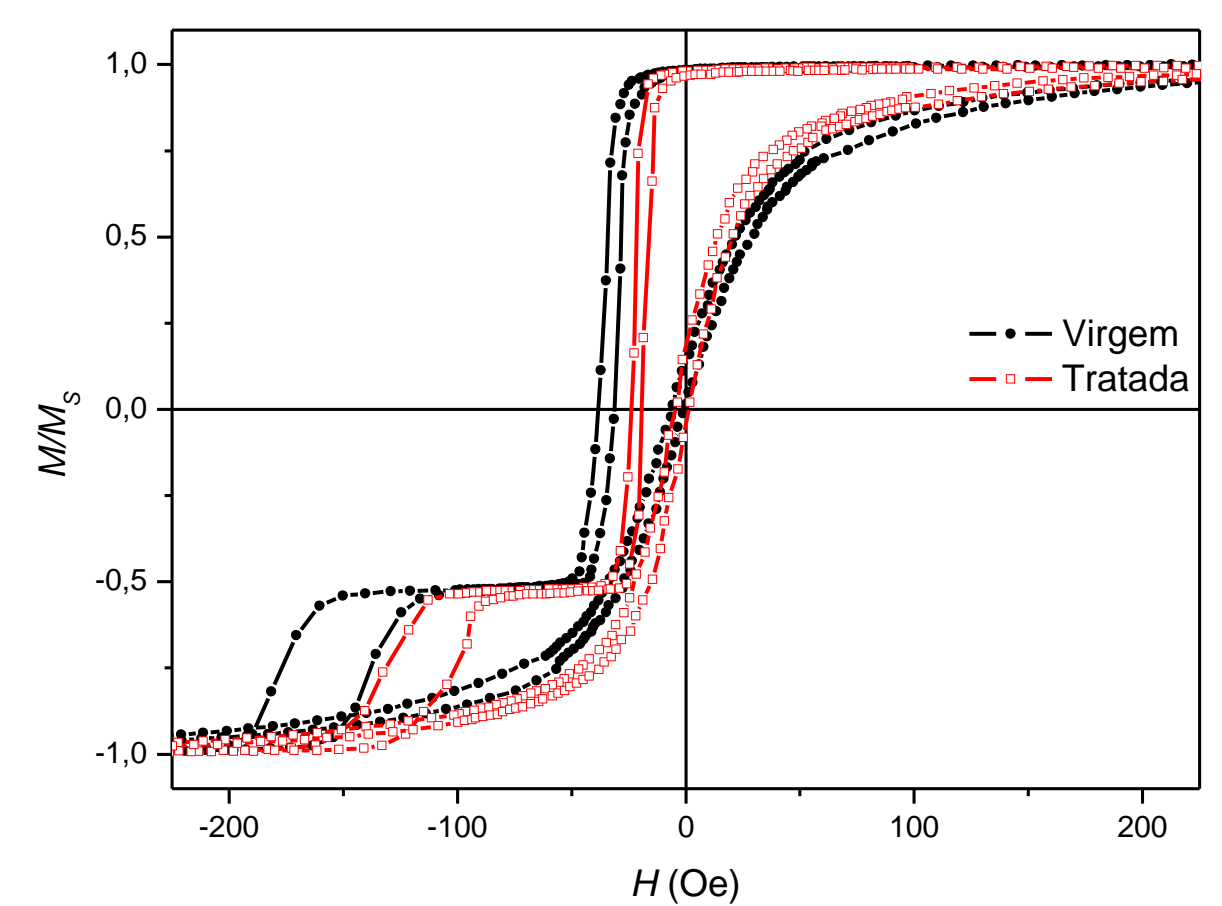


Fig.7

Os tratamentos térmicos geraram uma redução no H_{EB} de todas as amostras estudadas. Além disso, as amostras A, B, C e D (sistema NiFe/FeMn) apresentaram um pequeno aumento no H_C , enquanto que o H_C das amostras E e F (sistema NiFe/IrMn) diminuiu. Também vale ressaltar que na amostra A, o efeito EB desapareceu após o tratamento térmico.

Estes resultados evidenciam importantes diferenças no efeito EB. De acordo com trabalhos anteriores, filmes finos de composições semelhantes aos nossos, porém depositadas sem a presença de H_{dep} , apresentavam um aumento no H_{EB} e H_C após o tratamento térmico; as amostras depositadas na presença de H_{dep} , entretanto, apresentam diminuições no H_{EB} e H_C .

Perspectivas

Trabalhos publicados recentemente mostram que a irradiação iônica é uma boa ferramenta na modificação das propriedades magnéticas de filmes finos; com isso os próximos passos do trabalho serão estudar os efeitos destas irradiações nas amostras E e F, que apresentaram os resultados mais promissores.

Referências Bibliográficas

NOGUES, J., SCHULLER, Ivan K., Exchange bias. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. Amsterdam, v. 192, p. 203, 1999.

V.P. NASCIMENTO A, E.C. PASSAMANI, A. BIONDO, V.B. NUNES, E. BAGGIO SAITOVITCH, Properties of the roughness in NiFe/FeMn exchange-biased system. *Applied Surface Science* 253 (2007) 6248–6254.

V. K. SANKARANARAYANAN, S. M. YOON, D. Y. KIM, C. O. KIM, AND C. G. KIM, Exchange bias in NiFe/FeMn/NiFe trilayers. *Journal of Applied Physics* v. 96, nr. 12, 15 DECEMBER 2004.