

**Andrea Bettanin**

**Julian Penkov Geshev, Luis Gustavo Pereira**

**Laboratório de Magnetismo, Instituto de Física, UFRGS, Porto Alegre, RS**

Uma das manifestações mais conhecidas do fenômeno de Exchange Bias é o deslocamento em campo do ciclo de histerese quando um material ferromagnético (FM) se encontra em contato com um material antiferromagnético (AF). Neste projeto, estudamos este fenômeno em filmes finos com composição nominal de Ru(5 nm)/IrMn(7 nm)/PyCu(30 nm)/Ru(3,5 nm), depositados sobre substratos de Si(100). O material FM, a liga  $\text{Py}_{0,65}\text{Cu}_{0,35}$ , tem temperatura de Curie ( $T_C$ , a temperatura acima da qual o material perde suas propriedades ferromagnéticas) menor que a temperatura de Néel ( $T_N$ , i.e., a temperatura a partir da qual o material se comporta como paramagneto) da liga  $\text{Ir}_{0,20}\text{Mn}_{0,80}$ . No entanto, em se tratando de acoplamento de troca, a temperatura de interesse é a temperatura de bloqueio ( $T_B$ , i.e., temperatura a partir da qual os momentos magnéticos estão bloqueados).

Para modificar as propriedades magnéticas das bicamadas IrMn/PyCu, estas foram submetidas a tratamento térmico e também a irradiação iônica, ambos na presença de um campo magnético.

Figura 1: Diagrama esquemático da configuração de duas camadas FM/AF adjacentes. Chama-se Exchange Bias o deslocamento em campo do ciclo de histerese, observado quando um material FM se encontra em contato com um material AF, para  $T_C > T_N$ .

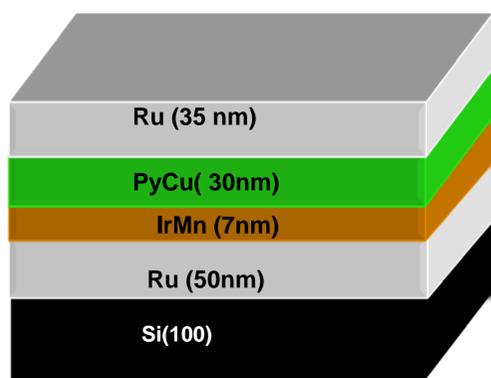
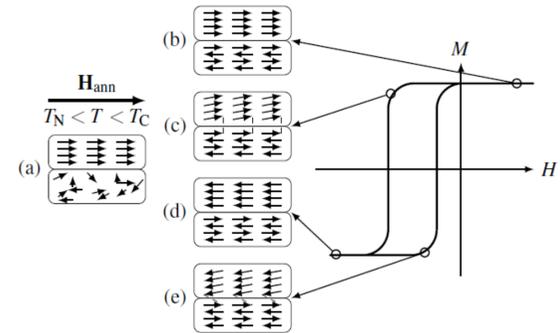


Figura.2: Amostra depositada via magnetron sputtering a na presença de um campo magnético, aplicado no plano do filme, com intensidade de 130 Oe.

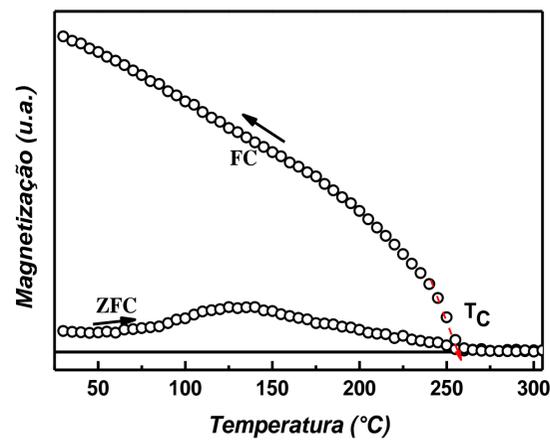


Figura.3: Curva termomagnética dos filmes estudados. A  $T_C$  da camada FM é da ordem de 260 °C, menor que a  $T_N$  do IrMn (417 °C), mas próxima a sua temperatura de bloqueio,  $T_B = 247$  °C.

## Resultados

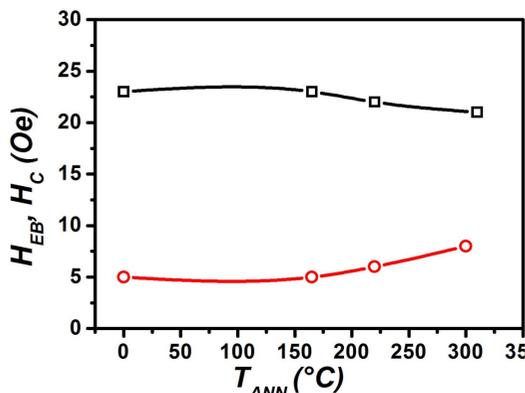


Figura.3: Variações de  $H_{EB}$  e  $H_C$  em função das diferentes temperaturas de tratamento térmico.

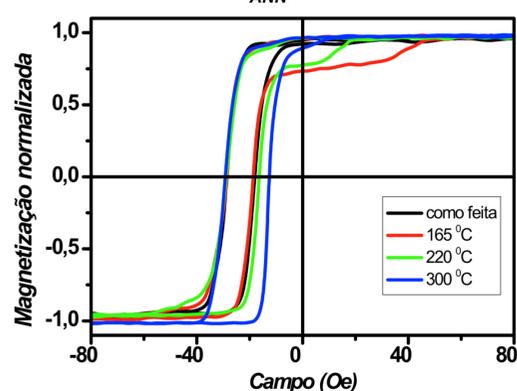


Figura.4: Os tratamentos térmicos foram realizados nas temperaturas apresentadas na figura, e na presença de campo magnético de 3.6 kOe. Observa-se um pequeno aumento no  $H_C$  com o aumento da temperatura de tratamento, bem como uma pequena variação de  $H_{EB}$ .

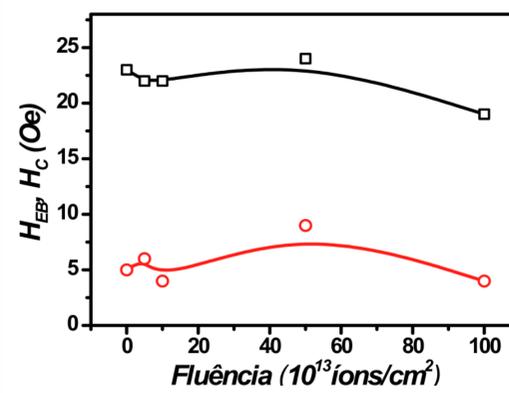


Figura.5: Variações de  $H_{EB}$  e  $H_C$  em função da variação de fluências utilizadas para a irradiação com íons de He.

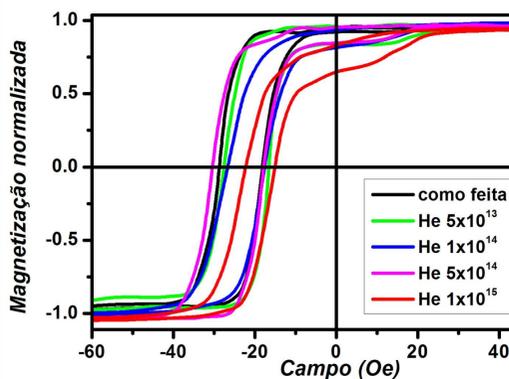


Figura.6: Amostras irradiadas com íons de He com energia de 50 keV e densidade de corrente de 100 nA/cm<sup>2</sup>, na presença de campo magnético de 5.5 kOe, e com as diferentes fluências mostradas na figura.

## Conclusões e perspectivas:

Com este trabalho, foi possível estudar o comportamento magnético de filmes finos com acoplamento FM/AF, onde a temperatura de bloqueio do material AF aproxima-se da temperatura de Curie do material FM.

Como resposta ao tratamento térmico, observa-se um pequeno aumento no  $H_C$  com o aumento da temperatura de tratamento, bem como uma pequena variação de  $H_{EB}$ .

Para as amostras irradiadas, um pequeno aumento no  $H_C$  também é observado, sem mudanças significativas no  $H_{EB}$ .

Observa-se ainda uma alteração na resposta magnética tanto no tratamento térmico quanto na irradiação iônica, resultando em uma peculiar segunda fase magnética.

Como perspectiva, buscaremos variar a proporção dos elementos da liga PyCu e a espessura desta, a fim de modificar a temperatura de Curie da camada ferromagnética e obter a relação  $T_C < T_B$ .