

ESTUDO POR RESSONÂNCIA FERROMAGNÉTICA DA MAGNETIZAÇÃO DE FITAS DE NÍQUEL

AGUIAR, Diogo Felipeⁱ; **PELEGRINI**, Fernandoⁱⁱ

Palavras-Chave: FMR, magnetostricção, filmes finos.

1 INTRODUÇÃO/JUSTIFICATIVA

Ao longo dos últimos anos têm sido realizadas grandes pesquisas no estudo e no mapeamento das propriedades magnéticas de alguns materiais, devido à enorme gama de aplicações práticas envolvidas. Os materiais magnéticos desempenham papel muito importante nas aplicações tecnológicas do magnetismo, como em motores, geradores, transformadores, etc, já que o mercado mundial de materiais magnéticos e seus dispositivos compreende, atualmente, cerca de 100 bilhões de dólares por ano.

Para este trabalho foi usada a técnica de Ressonância Ferromagnética (FRM) para o estudo detalhado das propriedades magnéticas de fitas de níquel e filmes de ferro depositado sobre um substrato de vidro. Foram aplicados campos magnéticos com diferentes orientações e foi observado o espectro obtido em diferentes configurações das fitas de níquel, o que nos permitiu explorar a técnica de Ressonância Ferromagnética e analisar a sua utilização no mapeamento das propriedades magnéticas fundamentais, principalmente a magnetostricção.

2 METODOLOGIA

Para o estudo da magnetostricção em filmes finos, foi utilizada a técnica de ressonância ferromagnética em diversas amostras de filmes finos. O equipamento utilizado nas medidas foi um espectrômetro Bruker ESP-300 operando em Banda-X, à temperatura ambiente e na frequência de 9,78 GHz.

No método utilizado, foi aplicado uma pressão uniaxial em uma amostra de níquel. Nos experimentos de FMR, as amostras são geralmente estudadas e duas geometrias, isto é, o campo magnético é aplicado no plano da amostra (geometria horizontal) ou ao longo da normal ao plano da amostra (geometria vertical). Foi utilizado um suporte cilíndrico com uma fenda na parte superior do suporte. Nesta fenda foram colocadas as amostras. Isto permite que tenhamos diretamente a compressão aplicada na amostra. Foram usados pequenos blocos de chumbo diretamente sobre a amostra. O módulo da compressão será dado pelo peso dos blocos colocados.

3 TEORIA

Em uma experiência de ressonância ferromagnética, a amostra a ser estudada é colocada em uma cavidade ressonante, sendo exposta a um fluxo contínuo de radiação eletromagnética cuja frequência está na faixa de microondas, sob ação de um campo magnético intenso e estático, gerado por um eletromagneto, e um campo fraco de modulação, que é gerado através de

bobinas de Helmholtz, bobinas estas que são capazes de gerar um campo razoavelmente constante em uma grande região do espaço.

Nessas condições, a amostra pode absorver ou não a energia proveniente da onda eletromagnética, dependendo da intensidade do campo no interior da cavidade. A absorção de energia é detectada experimentalmente e é baseado no espectro de absorção que são retirados os dados experimentais sobre as amostras.

Nas condições de ressonância com a geometria do campo aplicado paralela e perpendicular, teremos respectivamente:

$$\omega/\gamma = H_{\perp} - 4\pi M_{\text{eff}} \quad (1)$$

e:
$$[\omega/\gamma]^2 = H_{B_{\perp}} B (H_{B_{\perp}} B + 4\pi M_{\text{eff}}) \quad (2)$$

Nestas condições, $H_{\text{eff}} = (H_{\perp} + H_{\parallel})/2$. Quando o campo externo efetivo é muito maior que o campo de anisotropia, o campo de anisotropia fica:

$$H_k = (H_{\perp} - H_{\parallel})/2 \quad (3)$$

A condição de ressonância será dada por:

$$\omega/\gamma = H'_{\perp} + H_k - 4\pi M_s \quad (4)$$

Quando um stress uniaxial é aplicado sobre a amostra, ele efetivamente causa uma variação em H_k . O novo campo de anisotropia será dado por:

$$H'_k = 2/M_s(K_u + (3/2)\lambda_s\sigma),$$

onde σ é a tensão aplicada e λ_s o coeficiente de magnetostricção de saturação. Então, medindo H'_k como função de σ nós podemos determinar λ_s .

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram estudados dois tipos de filmes magnéticos. O primeiro era um filme de ferro depositado sobre um substrato de vidro. Já a segunda amostra estudada foi uma fita de níquel. Para ambos os casos, obtivemos o espectro de ressonância ferromagnética na condição paralela e perpendicular e buscamos analisar fatores tais como o pico de ressonância, largura da linha obtida.

Para os espectros do filme de ferro sobre vidro na condição de ressonância paralela e perpendicular obtivemos os seguintes resultados:

Condição Paralela	Campo de ressonância (G)	Largura de linha (G)	Condição Perpendicular	Campo de ressonância (G)	Largura de linha (G)
Amostra livre	1051,3	263,92	livre	12794,4	332,47
100g	1051,3	263,92	100g	12734,0	298,45
150g	1051,3	268,04	300g	12917,0	221,13
250g	1047,2	268,04	400g	12635,1	291,75
350g	1043,1	272,16	-	-	-
400g	1032,7	274,23	-	-	-
450g	1036,9	274,23	-	-	-
500g	1030,7	274,23	-	-	-
550g	1028,6	274,23	-	-	-

Já para os espectros da fita de níquel na condição de ressonância paralela e perpendicular obtivemos os seguintes resultados:

Condição Perpendicular	Campo de ressonância (G)	Largura de linha (G)	Condição Paralela	Campo de ressonância (G)	Largura de linha (G)
Amostra livre	8925,0	1336,08	Amostra livre	1567,3	1342,27
100g	8918,9	1354,64	100g	1604,4	1484,54

200g	8918,9	1360,82	200g	1604,4	1496,91
300g	8912,7	1373,20	300g	1598,2	1534,02
400g	8894,1	1379,38	400g	1598,2	1546,39
500g	8875,6	1385,57	500g	1610,6	1558,76
600g	8857,0	1385,57	600g	1598,2	1515,46
800g	8863,2	1385,57	700g	1598,2	1484,54
900g	8857,0	1391,75	800g	1579,7	1422,68
1000g	8826,1	1416,49	900g	1616,8	1428,87
1100g	8807,5	1422,68	-	-	-
1150g	8807,5	1436,26	-	-	-

Para a fita de níquel, podemos representar graficamente o comportamento de alguns parâmetros em função da compressão realizada sobre a amostra:

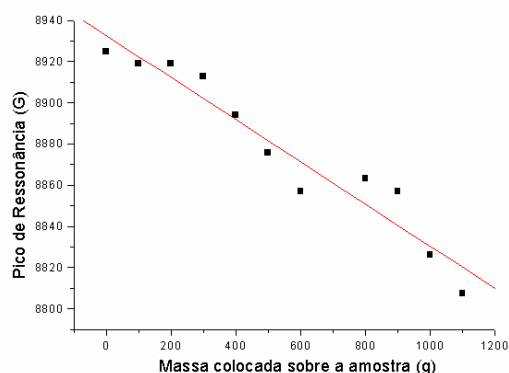


Figura 1 – Gráfico do Pico de Ressonância em função da massa colocada sobre a amostra de níquel na configuração perpendicular

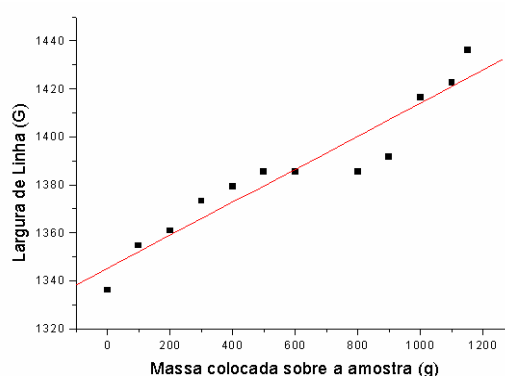


Figura 2 - Gráfico do Largura de linha em função da massa colocada sobre a amostra de níquel para a configuração perpendicular

Ao analisar os resultados obtidos com o filme de ferro depositado sobre vidro, pode-se notar claramente uma tendência do campo de ressonância diminuir a medida que o stress sobre a amostra aumenta. O mesmo fato pode ser notado para a fita de níquel. Já para a largura de linha, nós obtivemos um comportamento diferente. Na condição de ressonância na configuração paralela, a largura da linha de ressonância aumentou sensivelmente a medida que o stress aplicado aumentou no filme de ferro sobre vidro e na fita de níquel. Na condição de ressonância na configuração perpendicular, a largura de linha tende a diminuir nas amostras analisadas, sendo que, no caso da fita de níquel, os resultados ser explicados pelo fato de que a magnetostricção, em certos casos, contribuir para anular a anisotropia do material.

5 CONCLUSÃO / COMENTÁRIOS FINAIS

Através da técnica de FMR, conseguimos estudar alguns aspectos da magnetostricção em fitas de níquel e em filmes de ferro depositado sobre vidro. Diante dos resultados obtidos, podemos concluir que o stress a que uma amostra está submetida pode influenciar de maneira relevante nas propriedades magnéticas de um material, pois relaciona as propriedades magnéticas macroscópicas básicas dos materiais com sua estrutura atômica. Tanto o campo de ressonância ferromagnética quanto a largura da linha obtida nos espectros são fortemente influenciados por uma compressão ou expansão

na amostra. A compreensão da magnetostricção é um fator importante para o desenvolvimento de novas tecnologias que fazem o uso da magnetostricção, sobretudo sensores magnetostrictivos.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CULLITY, B. D. Introduction to Magnetic Materials. Addison-Wesley, Reading, (Massachusetts), 1972.
- [2] TYAGI, S. Magnetoelastic effects in ferromagnetic resonance. *J. Appl. Phys*, Philadelphia, v.55, n.6, p. 2464–2466, 1984.
- [3] REZENDE, S. M. Ressonância Ferromagnética e Ondas de Spin, Rio de Janeiro: 1999, 36p.

ⁱ Bolsista de iniciação científica Instituto de Física - Laboratório de Ressonância Magnética, digaofa@hotmail.com

ⁱⁱ Orientador/Instituto de Física/UFG, pelegin@fis.ufg.br