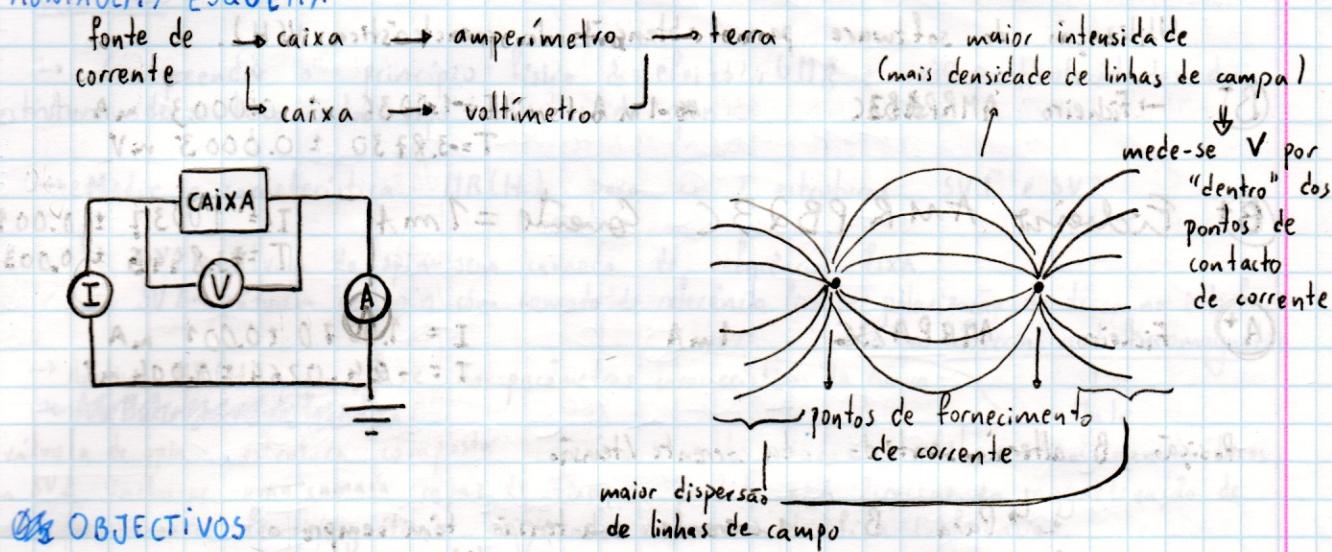


MAGNETORESISTÊNCIA EM FILMES FINOS

Parte 1 - Magnetoresistência anisotrópica

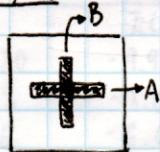
MONTAGEM / ESQUEMA



OBJECTIVOS

- Obtenção da Característica $V(I)$ da amostra (resistividade).
- Obtenção da Característica $V(H) \propto MR(H)$ para as posições A e B

Posições



short → protege amostra

↳ short-circuit

→ curto-círcuito dentro da caixa

↳ não chega corrente ao filme

meas → pode-se fazer medições, fornece-se corrente ao filme

↳ measure

Posição A	corrente imposta no filme		tensão no filme	
	I (mA)	E_T (mA)	T (mV)	E_T (mV)
10	10.0085	0.0002	-39.483	0.002
8	8.0044	0.0001	-31.578	0.001
6	5.9998	0.0001	-23.6687	0.001
4	3.9990	0.0002	-15.775	0.001
2	2.0006	0.0001	-7.894	0.001
0	0.0003	0.0001	-0.001	0.001
0	0.0003	0.0002	0.001	0.002
-2	-2.0000	0.0001	7.8936	0.001
-4	-4.0099	10.		
-4	-4.0106	0.0001	15.864	0.002
-6	-6.0086	0.0001	23.780	0.001
-8	-9.0036	0.0001	31.685	0.001
-10	-10.0069	0.0002	39.626	0.002

→ filme fora da bobina
 → dados para obtenção da característica $V(I)$

A) → filme dentro da bobine
 → Ficheiro AMRPA2C
 corrente imposta no filme: -1 mA $T = 3.9489 \pm 0.0004$
 $I = 1.0002 \pm 0.0001 \text{ mA}$

Utilização do software para obtenção da característica $V(H)$.

B) → Ficheiro AMRPB2C $I = -1\text{ mA}$ $I = -1.0036 \pm 0.0003 \text{ mA}$
 $T = -3.8730 \pm 0.0003 \text{ mV}$

B) Ficheiro AMR PB23C Corrente = 1 mA $I = 1.0037 \pm 0.001$
 $T = 3.8945 \pm 0.003$

A) Ficheiro AMRPA23C 1 mA $I = 1.0070 \pm 0.001 \text{ mA}$
 $T = -4.0264 \pm 0.004 \text{ mV}$

Posição B altera sentido da corrente/tensão

↳ Para B a corrente e a tensão têm sempre o mesmo sentido

B) AMRPB hist
 -10 a 10 Oe
 Passo de 0.2 Oe $I = 1.0070 \pm 0.001 \text{ mA}$
 $T = -4.0264 \pm 0.004 \text{ mV}$

Montagem cf. magnete. Filme na posição A

distância da bobine ao degrau = 1.3 cm

face B virada para dentro da bobine

B) AMR Mag FBP0 $I = 1.0058 \pm 0.0001 \text{ mA}$
 $V = -3.9489 \pm 0.0004 \text{ mV}$

Posição 0 (na entrada da bobine) = 0 cm

Posição 2 = 1,5 cm AMR Mag FBP2

Posição 3 → AMR Mag FBP3

Posição 4 → AMR Mag FBP4

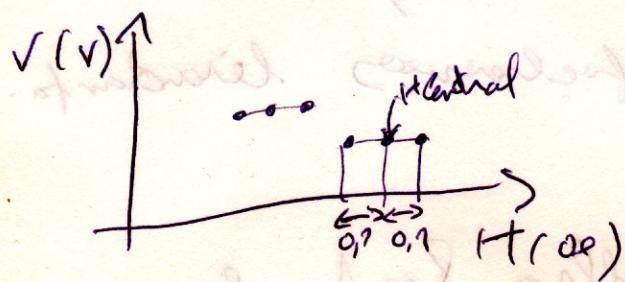
longe da bobine (3 cm) = 2,7 cm

A) AMR Mag FAP0 $I = 1.0058 \pm 0.0001 \text{ mA}$
 AMR Mag FAP2 $V = -3.9489 \pm 0.0004 \text{ mV}$
 AMR Mag FAP3 $I = 1.0058 \pm 0.0001 \text{ mA}$
 AMR Mag FAP4 $V = -3.9489 \pm 0.0004 \text{ mV}$

Tratamento de Dados 1º Sessão

Na parte sessão 1 temos todos os ficheiros obtidos na análise da 1ª sessão. As tabelas estão no excel 15.xls.

Para a característica $V(t)$, temos os dados adquiridos na Folha B1A Tabela 1 e os seus erros na Tabela 1.1. Os erros de V e t são a menor unidade da escala (aparelho digital). Para o erro de H , que se tornou como $\pm 0,1$ Oe, fez-se uma amostragem com um passo de $0,1$ Oe. Apesar da curva ter uma derivada muito alta, obteve-se algo de tipo:



Observe, V é constante para intervalos de H da ordem $H_{\text{ Mistral}} \pm 0,1$ Oe, erro de H .

Para um passo inferior a $0,1$ Oe obtém-se resultados muito precipitados que o erro não degrada do passo. A imagem em H.pdf ilustra o efeito. O ajuste linear à característica $V(t)$ tem o nome amplif. ref. Para o filme na posição A, os dados brutos estão na Tabela 2 e os dados corrigidos para $\Delta R(t)$ e $\Delta M R(t)$ estão na Tabela 3 (abaixo). Os gráficos de $R(t)$ e $M R(t)$ têm o nome plotR.pdf e plotMR.pdf, respectivamente.

As formas unidas formam os resultados:

$$R(H) = \frac{V(H)}{i}$$

$$\ell R = \frac{\ell V}{i} + \frac{V \ell i}{i^2}$$

$$MR(H) = \frac{R(H)}{R_{min}} - 1$$

$$\ell MR = \frac{\ell R}{R_{min}} + \frac{R \cdot \ell R_{min}}{(R_{min})^2}$$

Os valores mínimos e máximos das tabelas anteriores devem ser calculados MR(H) sólido na tabela 2.

Para obter K_n faz-se o fit quadrático da eq.:

$$R(H) = R(0) - \left(\frac{M_{sat}}{2} \right)^2 \left(\frac{\Delta R}{K_n^2} \right) H^2$$

$$\text{sendo } R(0) \equiv a \quad \text{e } b \equiv \frac{\Delta R}{K_n^2}$$

obtendo-se K_n :

$$K_n = \sqrt{\frac{\Delta R}{b}} \quad \text{e o seu } \left(\frac{K_n}{2} = \frac{1}{2} \left(\frac{\Delta R}{b} \right)^{1/2} \right) \text{ é o}$$

$$\ell K_n = \frac{1}{2} \left(\frac{\Delta R}{b} \right)^{1/2} \left[\frac{1}{b} \ell R + \frac{\Delta R \ell b}{b^2} \right] = \frac{1}{2 K_n} \left[\frac{1}{b} \ell R + \frac{\Delta R \ell b}{b^2} \right]$$

Os fits realizados são os seguintes fitKm14.pdf, fitKm15.pdf, fitKm14.pdf e fitKm15.pdf.

Os mínimos deles indicam a regressão de fit:

$$u \rightarrow [-4, 4] \text{ ou } ; \quad s \rightarrow [-5, 5] \text{ ou }$$

1 é a direção de cada braço direito ou esquerdo da curva.

Os valores obtidos encontram-se na tabela 5.

Costume de fit

Para o filtre na posição B, os dados brutos estão na folha PosB - tabela 6 e os usados estão na tabela 6.1. Os dados convertidos para a $R(H)$ e $MR(H)$ estão na tabelas 7 e 8, sendo os gráficos plotMRpost.pdf.

Os valores mínimos e máximos das tabelas anteriores e usados para calcular $MR(H)$ estão na tabela 9.

Para a análise da histerese, os dados adquiridos estão nas tabelas 10 e 11, tendo-se obtido um novo valor mínimo para $Rmin$ que está na tabela 11.1, tendo-se obtido novos valores para $MR(H)$ e $MRmax$, tabelas 11.2 e 11.3.

O gráfico da histerese chama-se plotHistB.pdf e um ajuste triplex é feito a ele, ficando plotHistpost.pdf. O processo realizado nestes ajustes é descrito mais à frente no tratamento das seções 3 e 4.

Para o estudo do efeito de um magnete externo, para a face A obterem-se os dados brutos na folha Post tabela 12, tendo-se selecionado aleatoriamente um comutador para cada d, estando os selecionados na tabela 12.1.

Para a face B os dados brutos obtidos encontram-se na tabela 13 e os selecionados na tabela 13.1, da folha PosB.

O gráfico ~~existe~~ com os canivais selecionados

para cada d e' o ficheiro plotheffs.rdt.

A análise para ~~obter~~ obter Hoff foi feita como descrito no relatório e os ficheiros estão na pasta fitheff, sendo os .txt os dados das resistências e os .rdt todos os fitos realizados. Por exemplo, fitbad3.rdt é o fit correspondente à face

A distância 3cm. Os resultados estão na folha mag tabelas 14 e 15.1 e 15

15.1. Os dados das tabelas 14.1 e 15.1 foram ajustados a uma lei do tipo:

$$y = a + b \cdot \text{arctan}\left(\frac{1}{x}\right) + b, \text{ onde}$$

os ajustes obtidos ^{no} ficheiros leiaardfa.rdt e leiaardfb.rdt.

A tabela 16 da ~~folha~~ Post e

os histogramas ^{distKu.rdt} e ^{distKtotal.rdt} foram utilizados para o tratamento estatístico de todos os valores de Ku obtidos.

O seu estatístico de ~~distKtotal~~ centroide da distribuição é dado por:

$$\text{Centroid} = \frac{\text{RMS}}{\sqrt{m}}$$

(+1) A de cima (2) (extremo) B deitado na Esteira

(3) R.M.S. + 100.000 para o módulo (4) R.M.S. + 100000 para o topo

SESSÃO 2 - MAGNETORESISTÊNCIA GIANTE (GMR) em válvulas de spin não padronizadas com e sem camada fixante.

→ Montagem igual à sessão anterior

OBJECTIVOS

→ Compreender o princípio físico do efeito GMR e as particularidades das estruturas de multicamada tipo válvulas de spin

→ Medir a característica $MR(H)$ para as 2 estruturas SV1 e SV2

SV1 → válvula de spin sem camada de referência fixa

SV2 → válvula de spin com camada de referência fixa por polarização de troca na interface com um material antiferromagnético

→ Analisar $MR(H)$ com ênfase nos parâmetros característicos da curva.

~~sozinho~~ ~~de forma independente~~

MnIr

válvula de spin - estrutura composta por várias multicamadas de filmes finos nanométricos. Em SV2 inclui-se uma camada capaz de fixar o sentido e a direção da magnetização de uma das camadas ferromagnéticas originando uma camada fixa (referência).

AMOSTRA SV1 (barra de vidro)

Posição A

* Caracterização do contacto eléctrico ($V(I)$):

I (mA)	E (mV)	T (mV)	E_T (mV)
-10	-9.99959	0.0001	647.18
-8	-8.0047	0.0001	517.84
-6	-6.0094	0.0001	388.52
-4	-3.9995	0.0001	258.46
-2	-2.0004	0.0001	129.24
0	0.0003	0.0001	-0.0180
2	2.0014	0.0001	-129.30
4	4.0000	0.0001	-258.50
6	5.9991	0.0001	-387.87
8	8.0054	0.0001	-517.93
10	10.0083	0.0001	-648.00

SV1 → -40 a 40 Oe

SV1 → -400 a 400 Oe

Característica $MR(H)$: ($V(H)$)

VERIFICAÇÃO VALORES CORRENTE E TENSÃO

① → ficheiros GMR SV1 40
GMR SV1 40b

Corrente: $I = 1.0004 \pm 0.0001$ mA
Tensão: $T = 64.512 \pm 0.003$ mV

→ Aquisições de -40 a 40 Oersted com passo de 1 Oe

② → ficheiros GMR SV1 400
GMR SV1 400b

Corrente: $I = 1.0000 \pm 0.0001$ mA
Tensão: $T = 64.653 \pm 0.004$ mV

→ Aquisições de -400 a 400 Oersted com passo de 5 Oe

→ ficheiros GMR SV1 400c → -100 a 100 com passo 5 Oe

Corrente: $I = 1.0092 \pm 0.0001$ mA
Tensão: $T = 65.8570 \pm 0.002$ mV

AQUISIÇÕES ADICIONAIS

→ ficheiro GMR SV1 400d

→ -200 a 200 Oersted com passo 1 Oe

AMOSTRA SV2

Posição A

Caracterização do contacto eléctrico $V(I)$:

	I (mA)	E I (mA)	T (mV)	E T (mV)
-10	-10.0056	0.0001	583.000	0.0005
-8	-8.0030	0.0001	466.034	0.002
-6	-6.0085	0.0001	349.685	0.003
-4	-4.0010	0.0001	232.712	0.001
-2	-1.9997	0.0001	116.2347	0.001
0	0.0003	0.0001	0.0035	0.002
2	0.0007	0.0001	-115.543	0.0002
4	4.0093	0.0001	-230.356	0.002
6	6.0096	0.0001	-345.360	0.003
8	8.0032	0.0001	-460.702	0.002
10	10.0166	0.0001	-576.190	0.002

Repetiu-se para os 23 valores negativos por insinuabilidade dos valores:

-10	-9.99934	0.0001	574.575	0.005
-8	-8.0026	0.0001	459.804	0.003
-6	-6.0076	0.0001	345.038	0.002
-4	-4.0090	0.0001	230.227	0.002
-2	-1.9992	0.0001	116.7155	0.004

CARACTERÍSTICA MR(H):

VERIFICAÇÃO VALORES CORRENTE E TENSÃO

Corrente: $I = 1.0075 \pm 0.0001$ mA
Tensão: $T = 57.9749 \pm 0.005$ mV

- ① Aquisição de -40 a 40 Oersted com passo de 1 Oe
→ ficheiros GMR SV2 40

VERIFICAÇÃO VALORES CORRENTE E TENSÃO

Corrente: $I = 1.0089 \pm 0.0001$ mA
Tensão: $T = 52.7390 \pm 0.002$ mV

- ② Aquisição de -400 a 400 Oersted com passo de 5 Oe
→ ficheiros GMR SV2 400

VERIFICAÇÃO DOS V

Corrente: $I = 1.0088 \pm 0.0001$ mA
Tensão: $T = 58.2390 \pm 0.005$ mV

- Aquisição ADICIONAL → ficheiro GMR SV2 400b → -100 a 100 Oersted com passo 1 Oe

Tratamento de dados - versões 3 e 4

• Obtenção dos gráficos MR (H)

$$\text{Assim, } R = \frac{V}{I} \quad \mathcal{E}_R = \frac{\mathcal{E}_V}{I} + \frac{V}{I^2} EI = \frac{\mathcal{E}_V}{I} + \frac{R}{I} EI$$

A programação para $M_F(H)$ é efectuada através de

$$MR(H) = \frac{R(H) - R_f}{R_f}, \text{ em que } R_f = R_{\min}, \text{ ou seja,}$$

resistência para a qual os rolos -
tipos dos condensadores fixos
dine São iguais.

$$E_{MR} = \frac{E_R}{R_f} + \frac{R}{R_f^2} \epsilon_R$$

Esta passagem foi efectuada nos vultinhos $\rightarrow (\text{de-Ha-H})_2$
 $\leftarrow (\text{de-Ha-H})$

Calculos de H_c , H_{off} , MR_{res} e S

$$\rightarrow MR_{res} = \frac{R_{af} - R_f}{R_f} \quad \epsilon_{MR_{res}} = \frac{\epsilon R_{af}}{R_f} + \frac{R_{af}}{R_f} \epsilon_{R_f}$$

\rightarrow Sera obtido os valores de H_c e H_{off} ;

- Calculou-se a resistência a meia altura, R_{off} a partir de (para ambos os movimentos):

$$R_{off,j} = \frac{R_{af,j} + R_f}{2}, \quad j = 1, 2 \quad \text{j é indice de movimento}$$

$$\epsilon_{R_{off,j}} = \frac{\epsilon_{R_{af,j}} + \epsilon_{R_f}}{2}$$

Calcular-se a resistência a meia altura média a partir da média das resistências a meia altura entre ambos os movimentos.

$$R_{off,med} = \frac{R_{off,1} + R_{off,2}}{2} \quad \epsilon_{R_{off,med}} = \frac{\epsilon_{R_{off,1}} + \epsilon_{R_{off,2}}}{2}$$

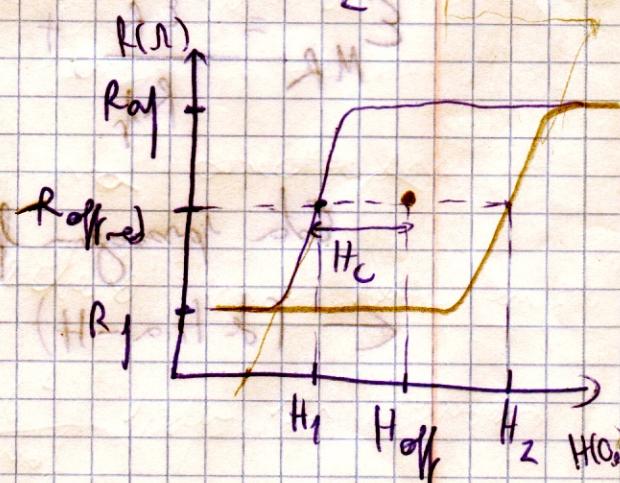
Efectuar-se ajustes às resistências

lineares para os movimentos 1 e 2

a retos do tipo $R = aH + b$

para o movimento 1: $R = a_1 H + b_1$

" " movimento 2: $R = a_2 H + b_2$



* Os ajustes estão presentes na pasta "Ajustes", dentro da pasta "seções-3-4"

$$H_1 = \frac{R_{off,med} - b_1}{a_1}, \quad H_2 = \frac{R_{off} - b_2}{a_2}$$

$$\varepsilon_{H_i} = \frac{(\varepsilon_{R_{off,med}} + \varepsilon_{b_i})}{a_i} + \frac{(R_{off,med} - b_i) \varepsilon_{a_i}}{a_i^2}, \quad i = 1, 2$$

Finalmente, $H_c = \frac{H_2 - H_1}{2}$, $\varepsilon_{H_c} = \frac{\varepsilon_{H_2} + \varepsilon_{H_1}}{2}$

$$H_{off} = \frac{H_1 + H_2}{2}, \quad \varepsilon_{H_{off}} = \frac{\varepsilon_{H_1} + \varepsilon_{H_2}}{2}$$

para os cálculos da sensibilidade, utilizam-se os ajustes efectuados à expressão $R = aV + b$ para ambas as rectas, sendo que

$$S_i (\%) = \frac{a_i}{R_{f_i}} \times 100, \quad i = 1, 2$$

$$S_{med} = \frac{S_1 + S_2}{2}$$

$$\varepsilon_{S_{med}} = \frac{\varepsilon_{S_1} + \varepsilon_{S_2}}{2}$$

$$\varepsilon_{S_i} (\%) = \left(\frac{\varepsilon_{a_i}}{R_{f_i}} + \frac{a_i}{R_{f_i}^2} \varepsilon_{R_{f_i}} \right) \times 100$$

⇒ Todos os parâmetros calculados estão presentes na pasta "Sons - cálculos", dentro da pasta "sons - 3-Y" em ficheiros .txt obtidos por intermédio dos programas que se encontram na pasta "Programas".

1

As tabelas referentes à análise da Resistência das amostras na ausência de campo magnético encontram-se na folha "Resistências" do excel "GMR". Os fits foram realizados recorrendo a ROOT e aos programas ~~análise~~ presentes na pasta ~~GMR~~ "sessão-2".

A análise da resistência, na presença de campo magnético, das resistências mínima, R_p , máxima, R_{ap} , e da magnetoresistência máxima para cada uma das aquisições de cada uma das amostras encontra-se na folha "Parâmetros" do excel "GMR".

Mais uma vez recorre-se aos programas da pasta ~~GMR~~ enviada em anexo, (para determinar estas grandezas).

Os gráficos obtidos encontram-se na pasta "Gráficos-GMR(H)" dentro ~~da~~ da pasta ~~GMR~~ "sessão-2".

Os parâmetros encontram-se na pasta "Parâmetros" da "sessão-2".

O cálculo das sensibilidades foi feito através de ajustes a rectas da zona aproximadamente linear de cada um dos voltímetros de SV1 e SV2.

Os ajustes ~~foram~~ realizados (e respetivos parâmetros) encontram-se na pasta "Sensibilidades", dentro da pasta "ajustes", na sessão relativa a GMR.

A escolha das regiões lineares e a sua comparação, bem como os valores finais das sensibilidades encontram-se na folha "Sensibilidades" do excel "GMR".

SESSÃO 3 - SENSORÉS MAGNETORESISTIVOS MICROMÉTRICOS

Estudo do impacto das dimensões físicas de um sensor válvula de spin microfa-bricado nas características da curva de magnetoresistência (MR(H)) e multivolt

OBJECTIVOS

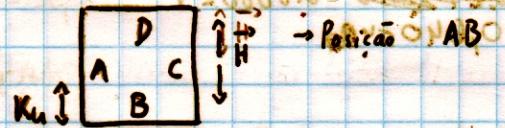
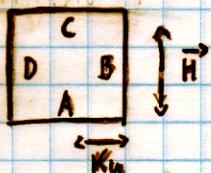
→ Compreender como definir uma válvula de spin em rectângulos de dimensões micrométricas, e a forma como esta altera a curva MR(H).

Esta válvula tem a mesma estrutura multicamadas padronizada que a amostra SV2 usada para o estudo GMR.

→ Compreender mapa, ligações e posições da amostra e/ padroes microfabricados, bem como direcção do campo magnético relativamente a estas.

→ Medir a curva MR(H) (V(H)) para os 2 de sensores - SV3 e SV4

Posição AA →



AMOSTRA - SV4

B#23

→ Estrutura A (Posição AA) (ligação A)

Posição AA

- HVC

VERIFICAÇÃO VALORES CORRENTE E TENSÃO

Corrente: $I = 1.0005 \text{ mA} \pm 0.0001 \text{ mA}$

Tensão: $T = 0.5417670 \pm 0.00001 \text{ mV}$

A medida da tensão T está a ser feita nos mesmos pontos que a corrente.

(os outros de contacto estavam estragados)

Característica V(H):

Ficheiros .SV4_A_50 : -50 a 50 Oe c/ passo de 1 Oe

.SV4_A_50_2 : -50 a 50 Oe c/ passo de 1 Oe

.SV4_A_400 : -400 a 400 Oe c/ passo de 5 Oe

→ Estrutura C (Posição AB) (ligação B)

VERIFICAÇÃO VALORES CORRENTE E TENSÃO

Corrente: $I = 1.0051 \text{ mA} \pm 0.0001 \text{ mA}$

Tensão: $T = 0.541670 \pm 0.00001 \text{ V}$

Característica V(H):

Ficheiros .SV4_B_50 : -50 a 50 Oe c/ passo de 1 Oe

.SV4_B_400 : -400 a 400 Oe c/ passo de 5 Oe

.SV4_B_50_2 : -50 a 50 Oe c/ passo de 1 Oe

VERIFICAÇÃO VALORES CORRENTE E TENSÃO

Corrente: $I = 1.0050 \pm 0.0001 \text{ mA}$

Tensão: $V = 0.541685 \pm 0.00001 \text{ V}$

Posição AB

→ Estrutura B (ligação A)

VERIFICAÇÃO VALORES CORRENTE E TENSÃO

Corrente: $I = 1.0062 \pm 0.0001 \text{ mA}$

Tensão: $T = 0.245114 \pm 0.000003 \text{ V}$

Característica: $V(H)$:

ficheiros: SV4-B-50 : -50 a 50 0e c/ passo de 1.0e

. SV4-B-400 : -400 a 400 0e c/ passo de 5.0e

→ Estrutura D (ligação B)

Corrente: $I = 1.0026 \pm 0.0001 \text{ mA}$

Tensão: $T = 0.136319 \pm 0.000001 \text{ V}$

Estruturas

• SV4-D-50 -50 a 50 0e c/ passo de 1.0e

• SV4-D-400 -400 a 400 0e c/ passo de 5.0e

B#3-3 → nova Amostra de SV4

$I = 1.0027 \pm 0.0001 \text{ mA}$

$T = 0.136319 \pm 0.000001 \text{ V}$

VERIFICAÇÃO VALORES CORRENTE

E TENSÃO

→ Estrutura D (ligação B)

ficheiros

. SV4-D-50-2 : -50 a 50 0e c/ passo de 1.0e

. SV4-D-400-2 : -400 a 400 0e c/ passo de 5.0e

→ Estrutura B (ligação A)

Corrente: $I = 1.0094 \pm 0.0001 \text{ mA}$

Tensão: $T = 0.172717 \pm 0.00001 \text{ V}$

VERIFICAÇÃO VALORES CORRENTE

E TENSÃO

ficheiros: SV4-B-50-2

. SV4-B-400-2

→ Estrutura A (ligação A)

VERIFICAÇÃO VALORES CORRENTE E TENSÃO

Corrente: $I = 1.0026 \pm 0.0001 \text{ mA}$

Tensão: $T = 0.169702 \pm 0.000002 \text{ V}$

ficheiros

. SV4-A-50-3

. SV4-A-400-2

→ Estrutura C (ligação B) é menor que a estrutura A → menor consumo de energia - → ótimo

VERIFICAÇÃO VALORES CORRENTE E TENSÃO

Corrente: $I = 1.0040 \pm 0.0001 \text{ mA}$

Tensão: $V = 0.136499 \pm 0.000001 \text{ V}$

ficheiros . SV4-AC-50-3
. SV4-AC-400-2

Verificação dos valores de tensão e de corrente.

-50 a 50 Ohm X SV4-0-50-3 X

el passo de 1 Ohm X

Repetição 1000

Análise 3000

$$I = 1.0042 \pm 0.0002 \text{ mA}$$

$$AI \text{ Tensão} = 0.136499 \pm 0.000001 \text{ V}$$

$$I = 1.0042 \pm 0.0002 \text{ mA}$$



-100 a 100 Ohm X SV4-0-100-3 X

el passo de 1 Ohm X

Repetição 1000

Análise 3000

$$I = 1.0042 \pm 0.0002 \text{ mA}$$

$$AI \text{ Tensão} = 0.136499 \pm 0.000001 \text{ V}$$



-400 a 400 Ohm X

el passo de 5 Ohm X

Repetição 1000

Análise 3000

GR (SV2)

(ACQUAVANTO C=

$$S - E \text{ (análise)} -$$

$$\checkmark I - E \text{ (análise)} -$$



obtemos os seguintes valores de corrente e tensão

corrente

análise A

$$A_m 1000.0 \pm 0.0001 = I$$

$$V 100000.0 \pm 0.00001 = T$$

02_E_EVC

máx 5000,00 -

01 ab 0000

$$A_m 1000.0 \pm 0.500.1 = I$$

$$V 100000.0 \pm 82899.0 = T$$

002_E_EVC

máx 5000,00 -

50 ab 0000

Estrutura 3

$$A_m 1000.0 \pm 500.1 = I$$

$$V 100000.0 \pm 49800.0 = T$$

02_E_EVC

máx 5000,00 -

50 ab 0000

002_E_EVC

50 000 ab 0000 -

002_E_EVC

50 000 ab 0000 -

Estrutura 3

$$A_m 1000.0 \pm 800.1 = I$$

$$V 100000.0 \pm 0.500.000.0 = T$$

02_E_EVC

máx 5000,00 -

50 ab 0000

02_E_EVC

50 ab 0000

Estrutura 3

$$A_m 1000.0 \pm 500.1 = I$$

$$V 100000.0 \pm 49500.0 = T$$

002_E_EVC

máx 5000,00 -

50 ab 0000

002_E_EVC

50 ab 0000

Estrutura 3

$$A_m 1000.0 \pm 0.500.1 = I$$

$$V 100000.0 \pm 0.0001 = T$$

02_E_EVC

50 ab 0000

50 ab 0000

002_E_EVC

50 ab 0000

SESSÃO 4 - SENSORES MAGNETORESISTIVOS MICROMÉTRICOS

estudo do impacto das dimensões físicas de um sensor válvula de spin microfabricado nas características da curva de magnetoresistência

OBJECTIVOS → igual a sessão 3 mas para uma nova amostra - SV3

Posições



→ Posição 1A



→ Posição 2A

AMOSTRA SV3

- (referência B #3-2 → ESTRAGADA)

- referência B 4-1 ✓

Posição 1A

Estrutura 1

Aquisição

Ficheiros

Verificação dos valores de tensão e corrente

-50 a 50 Oe com passo de 1 Oe

SV3_1_50

$I = 1.0030 \pm 0.0001 \text{ mA}$

SV3_1_50_2

$T = 0.499856 \pm 0.00002 \text{ V}$

-400 a 400 Oe com passo de 5 Oe

SV3_1_400

$I = 1.0029 \pm 0.0001 \text{ mA}$

SV3_1_400_2

$T = 0.499868 \pm 0.000001 \text{ V}$

Estrutura 3

-50 a 50 Oe com passo de 1 Oe

SV3_3_50

$I = 1.0072 \pm 0.0001 \text{ mA}$

SV3_3_50_2

$T = 0.308697 \pm 0.000003 \text{ V}$

-400 a 400 Oe com passo de 5 Oe

SV3_3_400

$I = 1.0072 \pm 0.0001 \text{ mA}$

SV3_3_400_2

$T = 0.308697 \pm 0.000003 \text{ V}$

Estrutura 2

-50 a 50 Oe com passo de 1 Oe

SV3_2_50

$I = 1.0038 \pm 0.0001 \text{ mA}$

SV3_2_50_2

$T = 0.50509420 \pm 0.00001 \text{ V}$

SV3_2_50_3

-400 a 400 Oe com passo de 5 Oe

SV3_2_400

$I = 1.0072 \pm 0.0001 \text{ mA}$

SV3_2_400_2

$T = 0.509774 \pm 0.000004 \text{ V}$

Estrutura 4

-50 a 50 Oe com passo de 1 Oe

SV3_4_50

$I = 1.0040 \pm 0.0001 \text{ mA}$

SV3_4_50_2

$T = 0.312069 \pm 0.000002 \text{ V}$

-400 a 400 Oe com passo de 5 Oe

SV3_4_400

SV3_4_400_2

Repetição de ensaios de outras sessões

AMOSTRA SV4 - referência B#23

Posição AB ————— Estrutura D

Aquisição	Ficheiros	Verificação dos valores de tensão e de corrente
-50 a 50 Oe c/ passo de 1 Oe	X SV4-D-50_3 X	$I = 1.0012 \pm 0.0001 \text{ mA}$ $T = 0.8156,439 \pm 0.000002 \text{ V}$

AMOSTRA SV2

Posição A

-100 a 100 Oe com passo de 1 Oe	GMRSV2100 GMRSV2100b	$I = 1.0025 \pm 0.0001 \text{ mA}$ $T = 61.2705 \pm 0.001 \text{ mV}$
-400 a 400 Oe c/ passo de 5 Oe	GMRSV2400	

• Cálculos de H_{st}

São os cálculos de H_{st} , efectuando ajustes às regiões lineares para os dois movimentos e calculando-se os pontos de intersecção das retas obtidas.

Com as ordenadas R_f e R_{af} . Na figura acima, encontra-se um esquema do processo para um dos movimentos.

O ajuste foi efectuado a uma função do tipo $R = a_i H + b_i$, com $i = 1, 2$ para os movimentos 1 e 2.

Desta forma, para cada um dos movimentos,

$$H_{st1} = \frac{R_f - b_1}{a_1} \quad H_{st2} = \frac{R_{af} - b_2}{a_2}$$

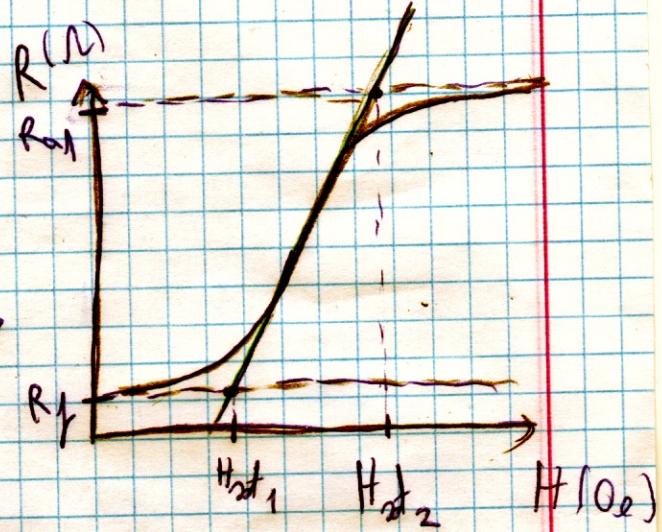
$$\epsilon_{H_{st1}} = \frac{\epsilon_{R_f} + \epsilon_{b_1}}{a_1} + \frac{(R_f - b_1) \epsilon_{a_1}}{a_1^2} \epsilon_{a_1}$$

$$\epsilon_{H_{st2}} = \frac{\epsilon_{R_{af}} + \epsilon_{b_2}}{a_2} + \frac{(R_{af} - b_2) \epsilon_{a_2}}{a_2^2} \epsilon_{a_2}$$

⇒ Os valores finais de H_{st1} e H_{st2} são obtidos através da média nos dois movimentos.

⇒ A gama de comprimento não soluçoada é dada por:

$$\Delta H_{st} = H_{st2} - H_{st1} \quad \epsilon_{\Delta H_{st}} = \epsilon_{H_{st1}} + \epsilon_{H_{st2}}$$



42

• Exclua das regiões de comportamento linear

das variações para a conceção dos ajustes à expressão $R(H) = aH + b$

6 métodos utilizados consistem em efectuar novos ajustes, variando aparentemente o limite inferior, com o limite superior fixo numa região \uparrow visivelmente linear,

de forma a verificar a partir de que limite inferior se observava uma variação linear em $\frac{X^2}{n\delta f}$ -

Os comprimentos H correspondentes a essa transição buscam-se depois visibilmente na gráfica $R(H)$. De forma a identificá-los se a variação se deve à falta de linearidade em a variações sistemáticas ainda dentro da região linear.

Depois de excluído o limite inferior, fixa-se este limite e varia-se o superior, utilizando o mesmo critério de selecção.

⇒ Só a esta análise encontra-se na directória

"verses_3-4/ Ajustes", no ficheiro "análise-região-linear.xls"

Os gráficos da variação de $\frac{X^2}{n\delta f}$ podem ser desenhados na pasta "qui2" dessa directória

• Análise teórico-experimental

→ Effectuaram-se várias abordagens que definiram os valores utilizados para M_{st} e para k_{st} da corrente livre pois esta corrente é constituída por $N_{st}F_{20}$ e $C_{st}F_{20}$ ocupando respectivamente uma expressão de ~~H_{st}~~ (4 mm e 2 mm).

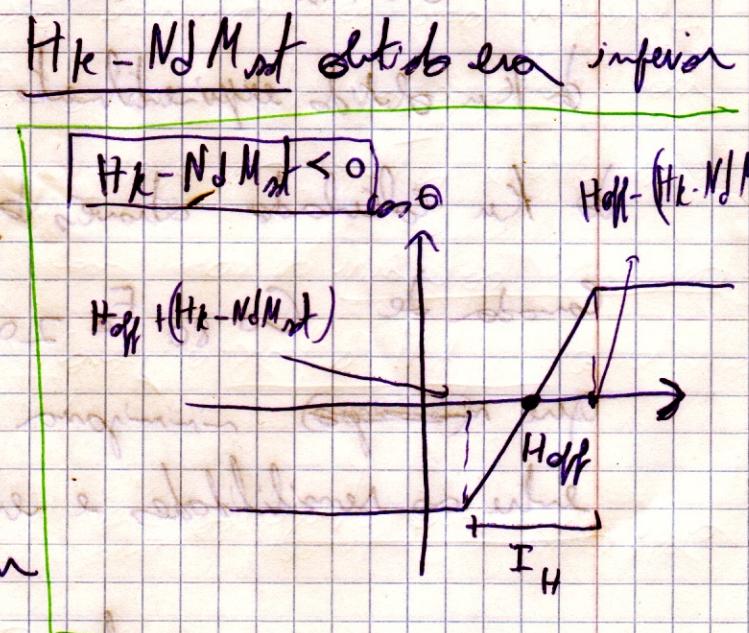
4 mm e 2 mm.

As diferentes abordagens estão indicadas na ficha de "análise-teórica. obs" dentro da pasta "sessao-3-4".

Em cada análise, identifica-se se a estrutura analisada deveria apresentar um comportamento linear ou de histerese dependendo se o fator $H_{st} - NJ_{st}$ obtido era inferior ou superior a 0.

Para os casos lineares, extinguem-se a região I_H (que existe nas rotas de Hoff obtidas experimentalmente) e também o declive da curva linear.

Para os casos de histerese, é obtida a curva de $H_{st} + (H_{st} - NJ_{st})$ que é a curva Hoff deslocada para cima.



$$m = \frac{1}{NJ_{st} - H_{st}} \quad (= \text{decline})$$

Uma vez que a sensibilidade é proporcional a m , efectuaram-se os ratios entre as sensibilidades obtidas para cada estrutura.

e comparar - se os níveis entre os declives ~~teóricos~~ espalhados.

⇒ No ficheiro de dados, os declives da curva $\text{Co}_{50}\text{Fe}_{20}$ encontram - se na tabela "Teóricos experimentais" e as sensibilidades na tabela "Experimentais" e a comparação é efectuada na tabela = "Comparação entre teóricos".

Concluiu - se, para comparações entre os resultados teórico-experimentais, e os experimentais, que a abordagem mais correcta era a Σ^2 . Neste sentido, efectuou - se um estudo adicional - Σ^2 abordagem - em que se fixou o valor de K_m na média ponderada pelos experimentais e K_m obtido experimentalmente para a liga $\text{Co}_{50}\text{Fe}_{20}$ e os K_m calculados através dos parâmetros fornecidos para a liga $\text{Co}_{50}\text{Fe}_{20}$, e tentou - se deslocar M_{tot}

que ~~refrigera~~ minimizava a diferença entre os ~~teóricos~~ níveis entre as sensibilidades e entre os declives teóricos.

Para isso, efectuou - se o nível presente na página seguinte →

Desigualdades para m e fáciles técnicas:

$m_2 \Rightarrow$ fáciles para a estrutura SV3-2

$m_4 \Rightarrow$ " " " SV3-4

$m_8 \Rightarrow$ " " SV4-B

E definindo os rácios $R_{12} = \frac{m_1}{m_2}$, temos que

$$R_{12} = \frac{N_{d2} M_{st} - f_{tk}}{N_{d1} M_{st} - f_{tk}} \quad (\Rightarrow N_{d2} M_{st}^2 - 2km = (N_{d2} M_{st}^2 - 2km) R_{12})$$

$$(\Rightarrow) M_{st} = \sqrt{\frac{2km(1 - R_{12})}{N_{d2} - R_{12} N_{d1}}}$$

Aplicando esta expressão a R_{24} , R_{48} e R_{B2} , obtém-se
as M_{st} calculadas no final de cada seção de dados (anexo)

Tratamentos de dados - sessões 3 e 4

Resumo dos ficheiros de dados de dados

Os cálculos dos parâmetros característicos ~~do~~ dos curvos para as estruturas SV3-2 e Y; e SVY-B e D foram efectuados em base nos dados adquiridos para estes estruturas de -50 de a 500 e.

Para isso, foram utilizados programas efectuados na linguagem C++, nos quais são efectuados os ajustes aos gráficos R(H) e efectuados todos os cálculos necessários ~~à~~ obturados dos parâmetros característicos dos curvos.

Cada programa permite efectuar a análise para uma estrutura, sendo que são inseridos os dados relevantes para toda a análise. Como a Concrete ma amostra em a regras em que se pretende fazer os ajustes e é feita:

- Um ficheiro .txt com todos os parâmetros calculados e respectivos erros.
- Um ficheiro .pdf com o gráfico MR(H) da estrutura correspondente.
- Dois ficheiros .pdf com os ajustes efectuados para cada um dos reavimentos.

Estes programas encontram-se na pasta "programas" dentro da pasta "sessões -3-Y". (www)

Além dentro da pasta 3-4 encontram-se os ajustes efectuados, na pasta "Ajustes", bem como os gráficos MR(H) efectuados para todos os estatutos, na pasta "Graficos-MR(H)". Os ficheiros txt obtidos através dos programas encontram-se na pasta "Parametros-Calculados".

Saliente-se que a estrutura da pasta é a seguinte:
- subpasta 3-4 com:
 - subpasta "Ajustes" com:
 - ficheiros txt com os resultados obtidos para cada estatuto

- subpasta "Graficos-MR(H)" com:
 - ficheiros txt com os resultados obtidos para cada estatuto

- subpasta "Parametros-Calculados" com:
 - ficheiros txt com os resultados obtidos para cada estatuto