

Índice de contenidos

Resumen	iii
Abstract	v
Résumé	vii
Índice de contenidos	ix
Introducción	1
1. Presentación del sistema $\text{Fe}_{1-x}\text{Ga}_x$	5
1.1. Antecedentes	6
1.2. Magnetostricción y acople magneto-elástico en $\text{Fe}_{1-x}\text{Ga}_x$ masivo	7
1.3. Modelos propuestos para explicar el aumento en la magnetostricción tetragonal en $\text{Fe}_{1-x}\text{Ga}_x$ masivo	10
2. Técnicas experimentales	13
2.1. Resonancia ferromagnética (FMR)	13
2.1.1. Dispositivo experimental y principio de funcionamiento	13
2.1.2. Dinámica de la magnetización: ecuación de Landau-Lifshitz-Gilbert	15
2.1.3. Efecto de la cavidad resonante	15
2.1.4. Forma de línea	16
2.1.5. Frecuencia de resonancia y ancho de línea: ecuaciones de Smit-Beljers	18
2.1.6. Modificación de los modos de resonancia según la banda elegida	19
2.1.7. Determinación de anisotropías magnéticas con medidas de FMR	20
2.1.8. Cálculo de errores en los parámetros obtenidos	20
2.2. Medición del coeficiente de acoplamiento magneto-elástico por el método de deflexión de <i>cantilever</i>	21
2.2.1. Montaje experimental y principio de funcionamiento	21
2.2.2. Relación entre la curvatura del cristal y el coeficiente de acople magneto-elástico	22

2.2.3.	Calibración de los fotodetectores	23
2.2.4.	Monitoreo de la magnetización mediante un experimento MOKE	23
2.2.5.	Cálculo de errores en los parámetros obtenidos	26
2.3.	Microscopía de fuerza magnética (MFM)	26
2.3.1.	Dispositivo experimental y principio de funcionamiento	26
2.4.	Dispersión resonante magnética de rayos-x (XMRS)	27
2.4.1.	Teoría básica de la dispersión magnética resonante de rayos-x	27
2.4.2.	Espectroscopía de absorción de rayos-x (XAS) y dicroísmo circular magnético de rayos-x (XMCD)	30
2.4.3.	Curvas de hamacado	30
2.5.	Magnetómetro de muestra vibrante (VSM)	30
2.5.1.	Dispositivo experimental y principio de funcionamiento	31
2.6.	Dispositivo superconductor de interferencia cuántica (SQUID)	31
2.6.1.	Arreglo experimental y principio de funcionamiento	32
3.	Muestras	35
3.1.	Muestras elaboradas para el estudio de anisotropías magnéticas (utilizadas en el capítulo 4)	35
3.2.	Muestras elaboradas para el estudio de dominios magnéticos (utilizadas en el capítulo 6)	40
3.3.	Muestras elaboradas para el estudio de los coeficientes de acople magneto-elástico (capítulo 5)	40
4.	Anisotropías Magnéticas	43
4.1.	Introducción	43
4.1.1.	Contribuciones a la energía magnética en películas delgadas de espesores nanométricos	44
	Energía Zeeman	44
	Factor de forma	45
	Anisotropía magnetocristalina	45
	Sistema con simetría cristalina cúbica	46
	Sistema con simetría cristalina tetragonal	47
	Anisotropía inducida por tensiones: magneto-elástica	48
	Contribuciones de volumen y superficie	49
4.1.2.	Anisotropía magnética en Fe puro	49
	Fe masivo	49
	Fe crecido en películas delgadas sobre ZnSe	50

4.1.3.	Anisotropía magnética en $\text{Fe}_{1-x}\text{Ga}_x$ masivo	51
4.1.4.	Modelado de la energía libre magnética del sistema	53
4.2.	Método experimental	54
4.3.	Resultados	55
4.3.1.	Espectros de FMR y diagramas H_{res} vs. ϕ	55
4.3.2.	Anisotropías magnéticas en muestras crecidas sobre ZnSe(001) .	56
4.4.	Discusión	63
4.5.	Conclusiones	66
5.	Medición de las constantes de acople magneto-elástico	67
5.1.	Introducción	67
5.1.1.	Componentes de tensión	68
5.1.2.	Componentes de deformación	69
	Componentes extensionales	69
	Componentes de corte	70
5.1.3.	Relación entre tensión y deformación	72
5.1.4.	Densidad de energía elástica y magneto-elástica	72
5.1.5.	Relación entre el acople magneto-elástico y la magnetostricción .	73
5.1.6.	Diferencias para el acople magneto-elástico en material masivo y películas delgadas	74
5.1.7.	Técnicas de medición de la magnetostricción y del acople magneto- elástico	75
5.1.8.	Cálculos de primeros principios para el estudio de la magnetos- tricción	77
5.2.	Método experimental	79
5.3.	Resultados y discusión	80
5.3.1.	Medición de B_2	80
5.3.2.	Medición de B_1	82
5.3.3.	Extensión de la técnica para muestras de gran tamaño	83
5.4.	Conclusiones	83
6.	Formación espontánea de dominios magnéticos en forma de tiras en películas delgadas de $\text{Fe}_{1-x}\text{Ga}_x$	85
6.1.	Introducción	85
6.2.	Conceptos teóricos	86
6.2.1.	Energía libre del sistema	86
6.2.2.	Clasificación de dominios magnéticos, factor Q	87
6.2.3.	Formación de dominios de franjas débiles $Q < 1$	87
6.2.4.	Modelo de Muller para la nucleación de <i>stripes</i>	88

6.3. Método experimental	90
6.3.1. Ciclos de histéresis	90
6.3.2. Estudios de microscopía de fuerza magnética (MFM)	90
En remanencia	90
Con campo magnético aplicado	90
6.3.3. Experimentos de absorción y dispersión de rayos-x	91
Estudio de las propiedades electrónicas a través de espectroscopía de absorción de rayos-x (XAS) y dicroísmo circular magnético (XMCD)	91
Estudio de la periodicidad y anisotropía rotacional a través de experimentos de dispersión resonante magnética de rayos-x (XMRS)	91
6.4. Resultados	91
6.4.1. Ciclos de histéresis	91
6.4.2. Estudios de microscopía de fuerza magnética (MFM)	94
En remanencia	94
Con campo magnético aplicado	99
6.4.3. Experimentos de absorción y dispersión de rayos-x	100
Estudio de las propiedades electrónicas a través de espectroscopía de absorción de rayos-x (XAS) y dicroísmo circular magnético (XMCD)	100
Estudio de la periodicidad y anisotropía rotacional a través de experimentos de dispersión resonante magnética de rayos-x (XMRS)	100
6.5. Conclusiones	102
7. Conclusiones y perspectivas	103
A. Modelo de Cullen para explicar los efectos de los pares Ga-Ga en la anisotropía cúbica	107
B. Elementos de elasticidad	111
C. Ecuaciones diferenciales de micromagnetismo y campo efectivo	117
Bibliografía	119
Publicaciones asociadas	131
Agradecimientos	133