

# Índice de contenidos

Índice de contenidos	v
Índice de figuras	ix
Índice de tablas	xiii
Resumen	xv
Abstract	xvii
<b>1. Introducción general</b>	<b>1</b>
<b>2. Fundamentos teóricos</b>	<b>7</b>
2.1. Magnetismo en la materia . . . . .	7
2.2. Anisotropías magnéticas . . . . .	10
2.3. FMR en películas delgadas ferromagnéticas . . . . .	15
2.4. Corrientes de espín . . . . .	19
2.5. Conclusiones . . . . .	28
<b>3. Técnicas experimentales</b>	<b>31</b>
3.1. Fabricación de películas delgadas . . . . .	31
3.2. Caracterización estructural . . . . .	33
3.3. Caracterización magnética . . . . .	36
<b>4. Mecanismos de relajación en películas delgadas de <math>\text{Fe}_{80}\text{Co}_{20}</math> con constante de amortiguamiento pequeñas</b>	<b>47</b>
4.1. Fabricación de las bicapas $\text{Fe}_{80}\text{Co}_{20}/\text{Ta}$ y técnicas experimentales . . . . .	47
4.2. Magnetización DC y lazos de histéresis . . . . .	48
4.3. Mediciones de FMR (análisis del campo de resonancias) . . . . .	52
4.4. Mediciones de FMR (análisis del ancho de línea de resonancia) . . . . .	58
4.5. Conclusiones . . . . .	68

<b>5. Alta eficiencia de bombeo de espín en bicapas Fe<sub>80</sub>Co<sub>20</sub>/Ta</b>	<b>71</b>
5.1. Fabricación de las bicapas Fe <sub>80</sub> Co <sub>20</sub> /Ta y técnicas experimentales . . .	71
5.2. Determinación de la constante de amortiguamiento volumétrica ( $\alpha_v$ ) y la conductancia mezclada de espín ( $g^{\uparrow\downarrow}$ ) . . . . .	72
5.3. Obtención de la densidad de corriente de espín en la interfaz FM/NM. Dependencia lineal entre el voltaje ISHE ( $V_{\text{ISHE}}$ ) y la potencia de microondas . . . . .	76
5.4. Estimación de los parámetros de transporte de espín $\Theta_{\text{SH}}$ y $\lambda_{\text{sd}}$ . . . . .	85
5.5. Eficiencia de bombeo de espín . . . . .	86
5.6. Conclusiones . . . . .	91
<b>6. Amortiguamiento anisotrópico en películas delgadas de Fe<sub>1-x</sub>Co<sub>x</sub></b>	<b>93</b>
6.1. Fabricación de las bicapas Fe <sub>1-x</sub> Co <sub>x</sub> /Ta y técnicas experimentales . . .	93
6.2. Caracterización estructural y composicional de las bicapas Fe <sub>1-x</sub> Co <sub>x</sub> /Ta	94
6.3. Caracterización magnética. . . . .	100
6.3.1. Dependencia en frecuencia del ancho de línea de resonancias $\Delta H_r(\omega)$ . . . . .	105
6.3.2. Mediciones de voltaje ISHE. . . . .	109
6.4. Conclusiones . . . . .	113
<b>7. Conclusiones generales y perspectivas</b>	<b>115</b>
<b>A. Fabricación y caracterización de los blancos utilizados</b>	<b>119</b>
A.1. Blancos fabricados . . . . .	119
A.2. Caracterización composicional de los blancos . . . . .	120
A.3. Calibraciones de las velocidades de depósito de FeCo y Ta . . . . .	121
<b>B. Diseño y armado de un equipo de medición de resonancia ferromagnética de frecuencia variable en películas delgadas ferromagnéticas</b>	<b>123</b>
B.1. Arreglo experimental . . . . .	124
B.2. Descripción de los componentes . . . . .	126
B.2.1. Fuente de corriente y electroimán . . . . .	126
B.2.2. Gaussímetro . . . . .	127
B.2.3. VNA y CPW . . . . .	128
B.3. Interfaz de usuario . . . . .	129
B.4. Calibraciones . . . . .	130
B.5. Mediciones y comparación con medidas realizadas en el espectrómetro comercial . . . . .	133
B.6. Posibles mejoras y nuevas funcionalidades . . . . .	136

---

B.7. Conclusiones . . . . .	137
<b>C. Planos del arreglo soporte-varilla-goniómetro fabricado para el equipo FMR-VNA</b>	<b>139</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>147</b>
<b>Trabajos publicados durante el doctorado</b>	<b>159</b>
<b>Agradecimientos</b>	<b>161</b>