

國立雲林科技大學材料科技研究所

碩士論文計畫書

Graduate School of Materials Science

National Yunlin University of Science & Technology

Master Thesis Proposal

鈷鐵硼鈮( $\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{10}\text{Y}_{10}$ )薄膜

經熱處理後之特性研究

The Characteristics of  $\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{10}\text{Y}_{10}$  Films

with Heat Treatment.

江璽臻

Yi-Chen Chiang

指導教授：陳元宗 博士

Advisor: Yuan- Tsung Chen, Ph.D.

中華民國 109 年 7 月

July 2020

## 摘要

本研究以  $\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{10}\text{Y}_{10}$  合金材料濺鍍在玻璃與 Si(100) 兩種不同基板上，薄膜厚度 10 nm-50 nm 作為變因，去分析薄膜特性。利用 X 光繞射分析儀(X-ray Diffractometer, XRD)去分析在不同的基板與薄膜厚度的  $\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{10}\text{Y}_{10}$  合金的晶體結構；以變頻磁導分析儀  $\chi_{ac}$  ( $\chi_{ac}$  Quan, MagQu) 分析在不同頻率下  $\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{10}\text{Y}_{10}$  合金在不同基板及厚度所產生的趨勢與結果；再以 (Alternating Gradient Magnetometer, AGM) 進行磁性測量，量測不同厚度所產生出來的  $M_s$ 、 $H_c$  等磁性參數；利用接觸角量測儀藉由 DI Water 跟 Glycerol 量測不同基板與薄膜厚度的接觸角以計算表面能；最後再用微光學量測儀量測在玻璃基板不同厚度薄膜之磁光特性。

關鍵字: CoFeBY、磁性薄膜、濺鍍、磁光特性

## 目錄

摘要.....	i
目錄.....	ii
第一章 研究動機與目的 .....	1
第二章 研究方法與步驟 .....	2
2.1 微型光譜分析儀 .....	3
2.2 交流磁導分析儀 .....	6
第三章 預期成果.....	9
第四章 未來研究進度.....	10

## 第一章 研究動機與目的

鈷鐵合金被稱為具有高飽和磁化量 ( $M_s$ ) 和高居里溫度 ( $T_c$ ) 的軟磁材料，是最常研究的合金之一，本身脆且硬度較高且經退火後易失去垂直異相性，然而添加另一種合金元素可能是克服此問題的有效方法之一。最常見的是將在鈷鐵合金上加入硼，形成鈷鐵硼(CoFeB)合金，以薄膜沉積方式沉積在磁穿隧接面(MTJ)結構中，可作為自由層(Free layer)及固定層(Pinned layer)，使穿隧磁阻效應增加鐵磁性/反鐵磁性的交換磁異向性。據文獻所知，鈮的添加，可以改善合金的加工性質，增加高溫再結晶的抵抗力，以及顯著改善高溫氧化的能力，因此如添加至鈷鐵合金中，或許能提高其硬度、耐腐蝕性且進而提高耐熱性。因此在鈷鐵硼(CoFeB)合金覆蓋上鈮層，使退火溫度最終可提高至多少仍然可以保留住磁垂直異相性的特性。

CoFeBY 是一種新型材料，是利用 CoFeB 且使用物理沉積的方式濺鍍上一層鈮層，觀察是否能藉此方法增強材料本身耐熱性，進而提升材料的退火溫度，最終提高材料的磁垂直異相性。

## 第二章 研究方法與步驟

玻璃基板或 Si(100) 基板經由磁控式濺鍍機的物理沉積上一層  $\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{10}\text{Y}_{10}$ ，再拿已經濺鍍 C  $\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{10}\text{Y}_{10}$  的玻璃基板使用微光學量測儀量測不同厚度薄膜之磁光特性，以變頻磁導分析儀  $\chi_{ac}$  (XacQuan, MagQu) 分析在不同頻率下  $\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{W}_{20}$  合金在不同基板及厚度所產生的趨勢與結果，再以 (Alternating Gradient Magnetometer, AGM) 進行磁性測量，量測不同厚度所產生出來的  $M_s$ 、 $H_c$  等磁性參數；利用接觸角量測儀藉由 DI Water 跟 Glycerol 量測不同基板與薄膜厚度的接觸角以計算表面能，再經由 XRD 和 TEM 了解薄膜結晶和特徵峰。

## 2.1 微型光譜分析儀

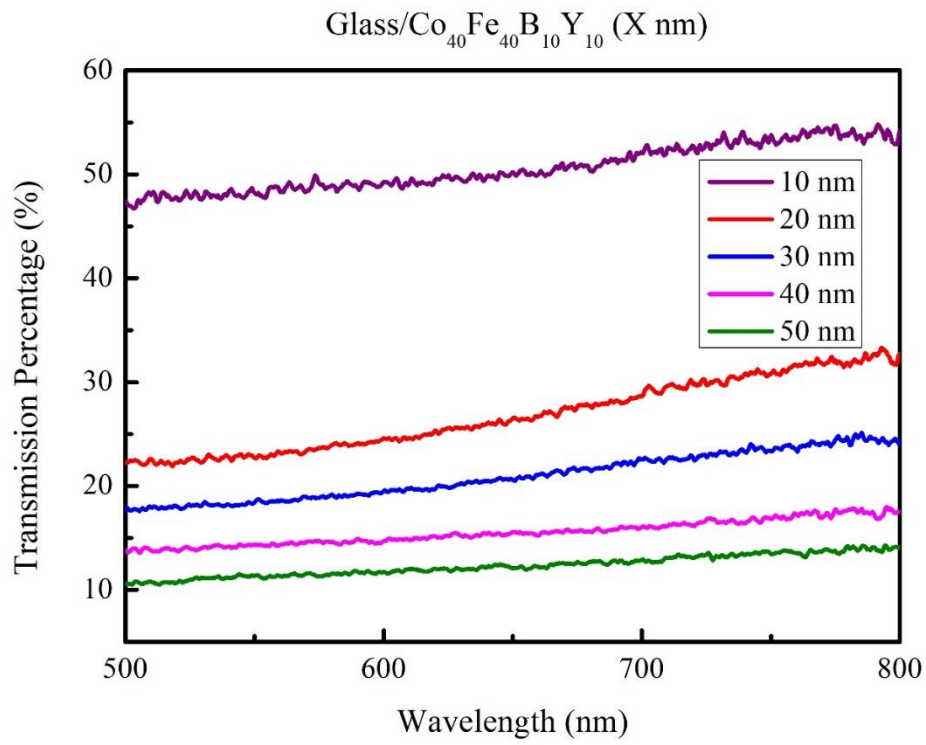
本實驗使用的微型光譜分析儀(Spectra Smart)如圖 3-9 所示，此為宗豪科技股份有限公司所設計組裝，本分析儀為一種分析材料物理與化學特性的光學儀器，主要的功用是將成分複雜的光分解為光譜線的科學儀器，由稜鏡或繞射光柵等構成，當複色光通過分光元件如：光柵或稜鏡，再進行分光後，會依照光不同的波長排列成相對應的圖案。

利用光譜儀對可量測物體表面反射的光線、穿透物體的穿透光及物體的吸收光。光源或待測光經狹縫後，由聚焦鏡變成一平行光，再利用分光元件分光後，經聚焦鏡聚光於狹縫，最後到偵測器，即可量測出待測光的光譜及強度。一般光譜儀主要是用來量測樣品對光的吸收、穿透及反射。

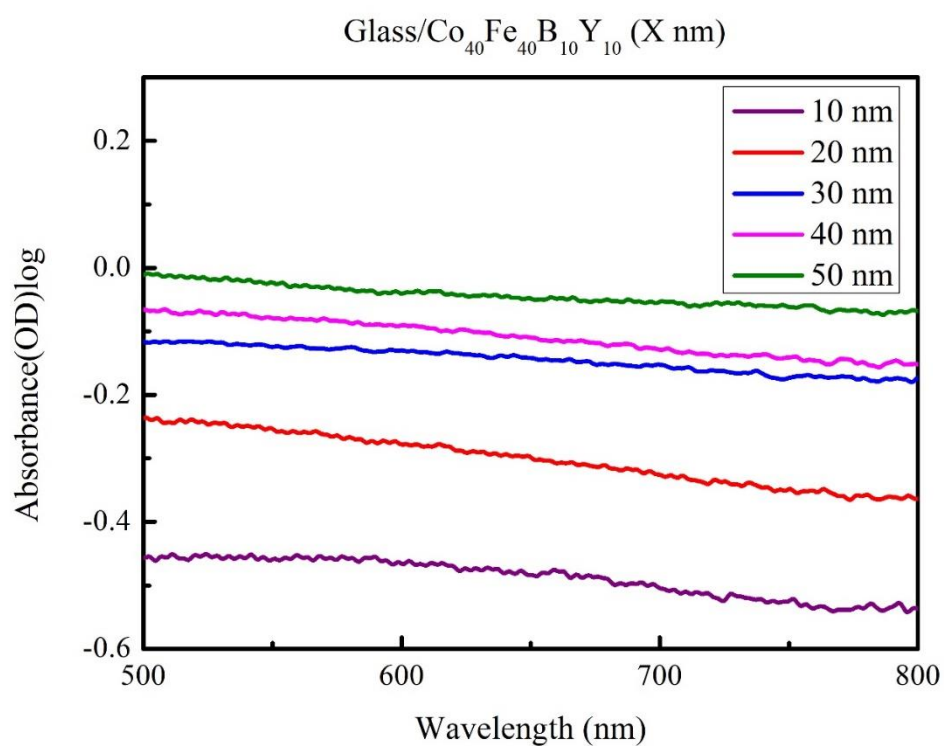


圖 1 微型光譜分析儀

### 2.1.1 Glass/ Co<sub>40</sub>Fe<sub>40</sub>B<sub>10</sub>Y<sub>10</sub> 不同厚度的穿透率曲線圖



### 2.1.2 Glass/ Co<sub>40</sub>Fe<sub>40</sub>B<sub>10</sub>Y<sub>10</sub> 不同厚度的吸收光曲線圖





## 2.2 交流磁導分析儀

本實驗使用交流磁導分析儀 ( $\chi_{ac}$ Quan)，採用磁量生技股份有限公司 (MagQu Co., Ltd.) 的 USB-201003-1 機型，其可調變之量測頻率範圍為 10 Hz 到 25 kHz。磁性物質之交流磁導率在外加磁場下，物質中的磁偶極(magnetic dipole moment)方向，會因磁作用而傾向沿著外加磁場方向。而當外加磁場是交流磁場且交流頻率不太高時(一般在微波頻率以下)，磁偶極方向會隨著外加磁場作週期性的振盪，此效應為交流磁導率之物理原理。當磁偶極的振盪頻率與外加磁場的頻率相同，然而瞬間磁偶極方向並不一定會與外加磁場方向一致，其之間的差異可利用磁偶極相對外加磁場的周期性振盪相位差來表示，並產生一個相位角(phase angle,  $\theta$ )，當周期性振盪相位角具有較大值時，其磁性強度也會隨之增強。磁偶極的方向可隨著此交流磁場，作來回週期性振盪。材料的交流磁導率 $\chi_{ac}$ 亦可用 $X_r$  及 $X_i$  來表示， $\chi_{ac}$ 可表示成 $\chi_r + iX_i$ ， $X_r = X_0 \cos \theta$ ，稱為交流磁導率實部，而 $X_i = -X_0 \sin \theta$ ，稱為交流磁導率虛部，其中 $X_0$ 代表材料磁導率強度，而 $\theta$ 就是材料磁偶極相對外加交流磁場的週期性振盪相位差。將量測低頻交流磁導率( $\chi_{ac}$ )之最大值，所顯示出的頻率稱為系統中最佳共振頻率，且其量測值會隨著薄膜厚度的不同而有所變化。

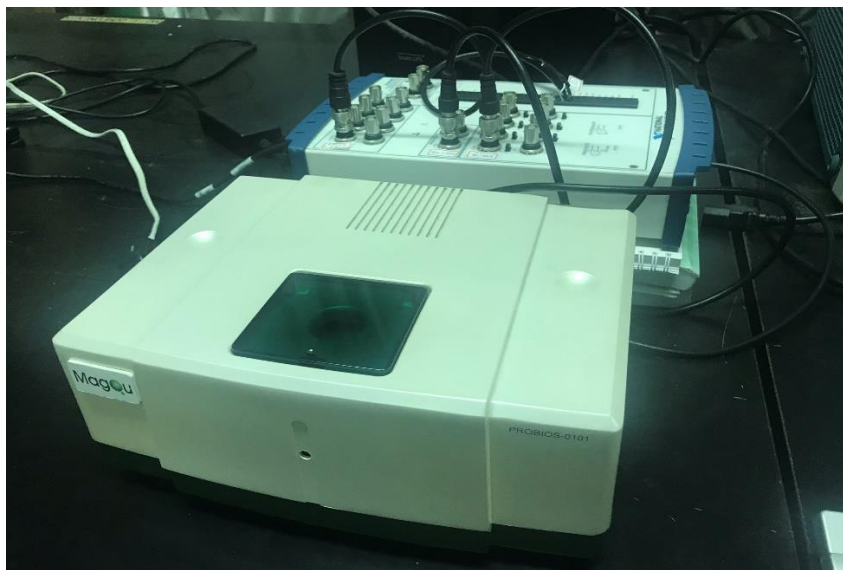


圖 2 交流磁導分析儀 ( $\chi_{ac}$ Quan)

2.2.1 Glass/ Co<sub>40</sub>Fe<sub>40</sub>B<sub>10</sub>Y<sub>10</sub> (10-50 nm)在 50 Hz-25000 Hz 不同頻率下數據圖

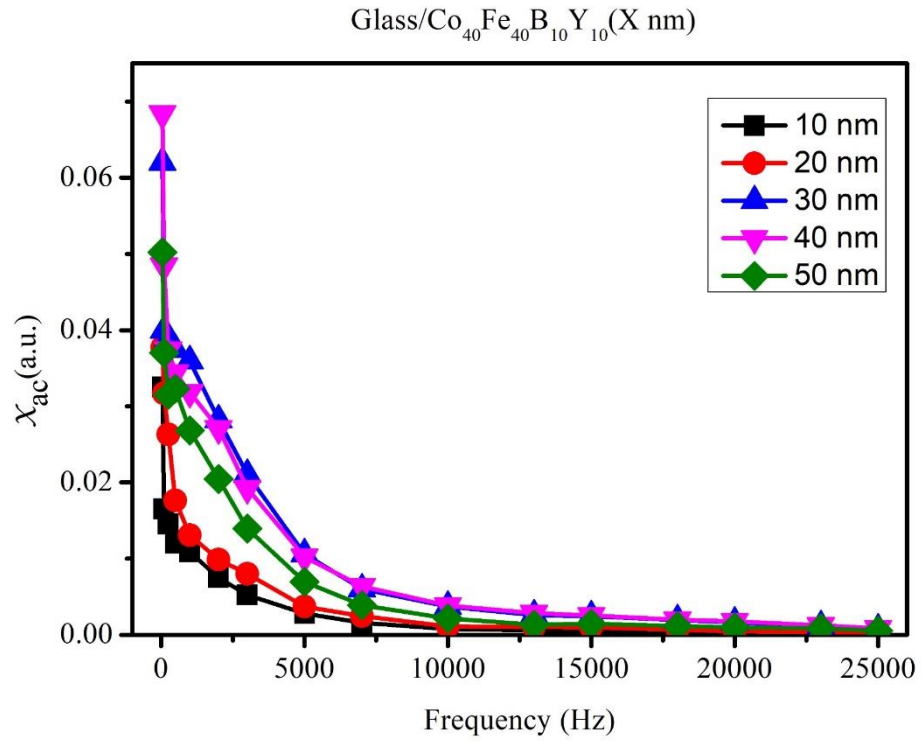


圖 1 Glass/ Co<sub>40</sub>Fe<sub>40</sub>B<sub>10</sub>Y<sub>10</sub> (10-50 nm)在 50 Hz-25000 Hz 不同頻率下數據圖

2.2.4 Si(100)/Co<sub>40</sub>Fe<sub>40</sub>W<sub>20</sub>(10-50 nm)在 50 Hz-25000 Hz 不同頻率下數據圖

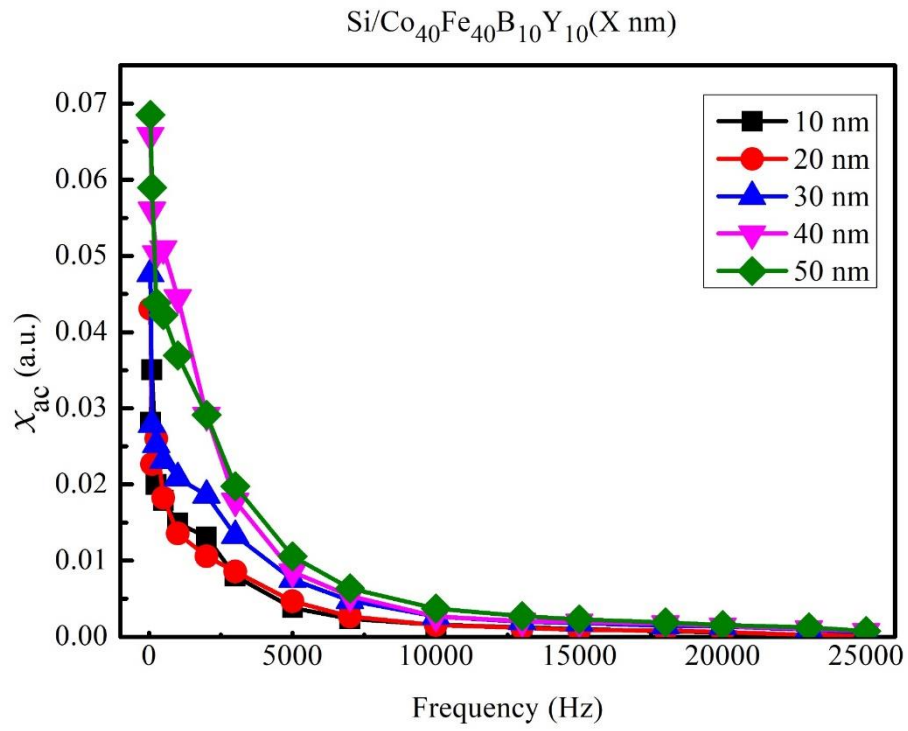


圖 4 Si(100)/ Co<sub>40</sub>Fe<sub>40</sub>B<sub>10</sub>Y<sub>10</sub> (10-50 nm)在 50 Hz-25000 Hz 不同頻率下數據圖

### 第三章 預期成果

- (1) 根據目前實驗檢測，從 $\chi_{ac}$ 的交流磁化率測量結果得知 Si(100)/Co<sub>40</sub>Fe<sub>40</sub>B<sub>10</sub>Y<sub>10</sub> (X nm)和 Glass/ Co<sub>40</sub>Fe<sub>40</sub>B<sub>10</sub>Y<sub>10</sub> (X nm) 其不同的厚度都隨著量測頻率的增加 $\chi_{ac}$ 有明顯下降的趨勢。其中 Si(100)/ Co<sub>40</sub>Fe<sub>40</sub>B<sub>10</sub>Y<sub>10</sub> (X nm)在膜厚等於 50 nm 時， $\chi_{ac}$ 值有最大值，且 $\chi_{ac}$ 值是隨著膜厚越厚， $\chi_{ac}$ 值越大。Glass/ Co<sub>40</sub>Fe<sub>40</sub>B<sub>10</sub>Y<sub>10</sub> (X nm)，則也是 $\chi_{ac}$ 值是隨著膜厚越厚， $\chi_{ac}$ 值越大。Glass/Co<sub>40</sub>Fe<sub>40</sub>W<sub>20</sub>(X nm) 當膜厚 50 nm 時， $\chi_{ac}$ 值有最大值。
- (2) Glass/ Co<sub>40</sub>Fe<sub>40</sub>B<sub>10</sub>Y<sub>10</sub> 量測光學量測結果得知，在可見光光波長的範圍內(400 nm~800 nm)當薄膜越薄時，穿透率越高，反之，當薄膜越厚時，穿透率越低，而 10 nm 厚 Co<sub>40</sub>Fe<sub>40</sub>B<sub>10</sub>Y<sub>10</sub> 薄膜有最佳的穿透率 24%，吸收則當薄膜越薄時，吸收率越低，反之，當薄膜越厚時，吸收率越高。在 Glass/ Co<sub>40</sub>Fe<sub>40</sub>B<sub>10</sub>Y<sub>10</sub> 量測光學量測吸收圖中發現當 Co<sub>40</sub>Fe<sub>40</sub>B<sub>10</sub>Y<sub>10</sub> 沉積在玻璃上高過 50 nm 時，出現不明震盪波，導致訊號混亂，未來等其他測試完成後，希望能找出震盪的原因。
- (3) 依照目前實驗觀測以及期刊的了解，添加釷元素或許可以改善其耐熱性。我們可以目前已得知 Co<sub>40</sub>Fe<sub>40</sub>B<sub>10</sub>Y<sub>10</sub> 薄膜在薄膜低於 40 nm 下能有較穩定的光學特性，以及待 AGM 量測完畢後，能分析出 Co<sub>40</sub>Fe<sub>40</sub>B<sub>10</sub>Y<sub>10</sub> 薄膜是否在退火之後磁特性依然具優秀的表現。

## 第四章 未來研究進度

未來研究進度將利用接觸角量測儀藉由 DI Water 跟 Glycerol 量測不同基板與薄膜厚度的接觸角以計算表面能，再利用 X 光繞射分析儀(X-ray Diffractometer, XRD)去分析在不同的基板與薄膜厚度的  $\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{W}_{20}$  合金的晶體結構，再以 (Alternating Gradient Magnetometer, AGM) 進行磁性測量，量測不同厚度所產生出來的  $M_s$ 、 $H_c$  等磁性參數，最終考觀察出  $\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{10}\text{Y}_{10}$  是否為良好的新型 Substrate，若其磁特性有符合現今鈷鐵合金的使用需求，並可在未來應用於磁性設備上。

