

# 磁通轉換線圈於SQUID非破壞性檢測系統之應用與研發

林益聖、洪振義 羅正忠

E-mail: 9607853@mail.dyu.edu.tw

## 摘要

高溫超導量子干涉元件 SQUID ( Superconducting Quantum Interference Device)獨特的磁通與極高靈敏度特性，應用於差動式渦電流探頭來對金屬導體進行非破壞性檢測 (nondestructive evaluation)。本實驗用SQUID 作為系統的放大器，配合四極激發線圈與差動式感應作為探頭設計，找出探頭激發線圈、感應線圈與SQUID 間的共振頻率，在靈敏度最佳化的情況下，設計一套完整的非破壞性檢測系統，其自行設計研發整套系統內容包括杜爾瓶(Dewar)、屏蔽桶(magnetically shielding box)，與線圈的製作並且做一連串的特性量測和二維影像顯現。為了改善傳統 SQUID 應用於NDE 系統的實用性與便利性，我們將感應電流經由傳輸線傳回屏蔽桶內並讓二次激發線圈 (input coil)產生磁場，讓SQUID 感應，達到量測的目的。

關鍵詞：超導量子干涉元件，非破壞檢測，差動式渦電流探頭

## 目錄

封面內頁 簽名頁 授權書 .....	iii	中文摘要 .....	iv	英文摘要 .....	v
誌謝 .....	vi	目錄 .....	ix	圖目錄 .....	xi
第一章 緒論 .....	1	1.1 研究背景與動機 .....	1	第二章 文獻回顧 .....	3
2.1 渦電流檢測法 .....	3	2.2 實驗架構 .....	6	第三章 系統設計與實驗原理 .....	8
3.1 杜爾瓶 .....	8	3.2 探針(Preobe)設計 .....	12	3.3 高溫超導量子干涉原件 .....	21
3.4 屏蔽系統 .....	15	3.4.1 屏蔽桶屏蔽係數量測 .....	19	3.5 探頭系統 .....	24
3.6 平面式線圈梯度計 .....	30	3.7 量測系統與人機介面 .....	36	3.7.1 二維滑軌平台(X-Y table) .....	37
3.7.2 人機介面LabVIEW .....	38	第四章 數據量測與分析 .....	40	4.1 一維掃描數據量測與分析 .....	40
4.1.1 空間解析度量測 .....	43	4.1.2 不同缺陷深度與訊號和相位關係 .....	45	4.2 二維影像掃描數據量測 .....	47
4.2.1 兩組探頭對不同角度缺陷之量測 .....	48	第五章 結論 .....	51	參考文獻 .....	52

## 參考文獻

- [1] Yoshihiro Nonaka, "A Double Coil Method for Simultaneously Measuring the Resistivity, Permeability, and Thickness of a Moving Metal Sheet," IEEE Trans. Inst. & Measurement, vol. 45, no. 2, pp. 478-482, 1996.
- [2] 李家傳, 陳積懋, 無損檢測手冊, 北京: 機械工業出版, 2002.
- [3] C. C. Tai, J. H. Rose, and J. C. Moulder, "Thickness and Conductivity of Metallic Layers from Pulsed Eddy Current Measurements," Rev. Sci. Instrum, vol. 67, pp. 3965-3972, 1996.
- [4] W. G. Jenks, S. S. H. Sadeghi, and J. P. Wikswo, Jr., "SQUIDs for Non-Destructive Evaluation," J. of Physics D: Appl. Phys., vol. 30, pp. 293-323, 1997.
- [5] 李冠勳, "差動式渦電流探頭於缺陷偵測之最佳激發頻率研究", 國立台北科技大學製造科技研究所碩士論文, 2005 [6] J. B. Hull, and V. B. John, Non-destructive testing, London: MacMillan Education LTD., 1988.
- [7] 徐智魁, "高溫超導量子干涉元件一階梯度計之製作與特性研究", 國立台灣師範大學光電科技研究所碩士論文, 2005 [8] J. T. Jeng, H. E. Horng, and H. C. Yang, "High-T<sub>c</sub> SQUID magnetometers and gradiometers for NDE application," Physica C, vol. 368, pp. 105-108, 2002.
- [9] Jen-Tzong Jeng, Guan-Shiun Lee, Hsin-Chin Hung, Ju-Chien Chen, Wen-Sung Chiou, Li-Lun Chen, Ji-Cheng Chen, Chiu-Hsien Wu, Hong-Chang Yang, and H. E. Horng, Proc. of 6th European Conference on Applied Superconductivity (EUCAS 2003), Sorrento, 2003.
- [10] Tadayuki Kondo and Hideo Itozaki, "Normal conducting transfer coil for SQUID NDE", Supercond. Sci. Technol. 17, pp. 459-462, 2004.
- [11] 鄭振宗, "直流高溫超導SQUID的特性及其在非破壞性檢測上之應用", 國立台灣師範大學物理研究所博士論文, 2001 [12] 物理會刊, 5卷4期, P.189-193 (1984) [13] 物理雙月刊, 24卷5期, P.652-665, 2002年10月 [14] Akihiko KANDORI, Daisuke SUZUKI, Koichi YOKOSAWA, Akira TSUKAMOTO, Tsuyoshi MIYASHITA, Keiji TSUKADA and Kazumasa TAKAGI, "A Superconducting Quantum [15] D F He, H Itozaki and M Tachiki, "Improving the sensitivity of a high-T<sub>c</sub> SQUID at MHz frequency using a normal metal transformer", Supercond. Sci. Technol. 19, S231-S234, 2006.
- [16] W G Jenksy, S S H Sadeghiz and J P Wikswo Jr., "REVIEW ARTICLES SQUIDs for nondestructive evaluation", J. Phys. D: Appl. Phys.

30,pp. 293 – 323, 1997.

[17] John P. Wikswo, Jr., “ SQUID Magnetometers for Biomagnetism and Nondestructive Testing: Important Questions and Initial Answers, ” IEEE Trans. Appl. Supercond., vol. 5, No. 2, pp. 74-120, 1995.

[18] H. Fukutomi, T. Takagi, and M. Nishikawa, “ Remote field eddy current technique applied to non-magnetic steam generator tubes, ” NDT&E International, vol. 34, pp. 17-23, 2001.

[19] C. Rem, E. M. Beunder, and A. J. van den Akker, “ Simulation of Eddy-Current Separators, ” IEEE Trans. on Magnetics, vol. 34, no. 4, pp. 2280-2286, 1998.