

Fabrication and Characteristics of High-Order Cross-Coupling Filter Using YBa₂Cu₃O_{7-d} High-T_c Superconductor

陳立訓、王立民、許崇宜

E-mail: 9511068@mail.dyu.edu.tw

ABSTRACT

ABSTRACT In this work, we fabricated the high-T_c superconducting filters by patterning YBa₂Cu₂O_y (YBCO) films deposited on LaAlO₃ substrates. We used an off-axis magnetron sputtering system to deposit large area YBCO films for fabricating six-pole filters, four-pole filters and 4 cross-coupled bandpass filters with different feed structure. We design six-pole 15 mm-miniaturized hairpin-type filter, four-pole 10 mm-miniaturized hairpin-type filter, and 4 10 mm-cross-coupled bandpass filter with a pair of transmission zeros near the pass-band edge, in which the center frequency (fc) is around 2 GHz and 1.9 GHz with a 20 MHz bandwidth. The designs with step-impedance resonators technique for the high-order harmonics are developed in this work. The four-pole cross-coupled bandpass filter suppressed zero and non-zero spurious frequencies more than 50 dB. The six-pole cross-coupled bandpass filter suppressed non-zero spurious frequencies more than 30 dB. At 77-K temperature, where the center frequencies of the high-T_c superconducting filters are 2.11, 2.1, 2.17, and 2.25GHz, the insertion losses are 7, 5.8, 1.6 and 2.3-dB, respectively. The results are discussed and compared. Key Words : YBa₂Cu₃O_y (YBCO) , spurious frequencies

Keywords : YBa₂Cu₃O_y , Spurious frequencies

Table of Contents

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	vii
圖目錄	x
表目錄	xiv
第一章 緒論 1.1 研究背景	1
1.1.1 微帶線濾波器之發展	1
1.1.2 超導濾波器之特性與製程上之限制	2
1.1.3 高階濾波器之優良特性與設計需求	3
1.2 研究動機與目的	4
1.2.1 發展大面積鈮銅氧(YBCO)	5
1.2.2 高階濾波器微小化之設計	5
1.2.3 諧波抑制設計	6
1.3 論文綱要	7
第二章 濾波器的基本設計與原理 2.1 簡介	8
2.2 微帶線諧振器間的耦合	8
2.2.1 電場耦合	13
2.2.2 磁場(電感)性耦合	17
2.2.3 混合性耦合	21
2.2.4 交錯耦合型帶通濾波器之合成	25
2.3 微帶線原理	25
2.3.1 微帶線架構	25
2.3.2 步階阻抗諧振器之特性	28
第三章 高階濾波器之設計與模擬結果 3.1 四階微小化交錯耦合濾波器之設計	33
3.2 六階微小化交錯耦合濾波器之設計	35
3.3 波長微帶線濾波器	40
3.3.1 濾波器設計原則	40
3.3.2 濾波器模擬結果	41
3.4 零度與非零度饋入設計與探討	42
3.4.1 半波長微帶線共振器濾波器	43
3.4.2 四分之一波長微帶線共振器濾波器	45
3.5 諧波抑制與設計	49
3.5.1 開路殘段	49
第四章 實驗方法與步驟 4.1 高溫超導薄膜製程	57
4.1.1 射頻磁控濺鍍法	57
4.1.2 雙離軸式(off-axis)磁控濺鍍法	58
4.2 製作流程與製程技術	60
4.3 蝕刻方式的選擇	61
4.4 濾波器成品封裝與量測方式	62
第五章 高溫超導濾波器量測結果	65
5.1 六階交錯耦合濾波器	65
5.2 四階非零度饋入交錯耦合濾波器	67
5.3 四階零度饋入交錯耦合濾波器	70
5.4 四分之一波長交錯耦合濾波器	73
第六章 結論	77
參考文獻	78
圖目錄 圖2-1 (a) 四分之一波長短路微帶線諧振器上電場強度分佈圖 (b) 二分之一波長開路微帶線諧振器上電場強度分佈圖	9
圖2-2 電場性耦合諧振器佈圖	10
圖2-3(a) 電場性耦合之等效電路圖	10
圖2-3(b) 電場性耦合等效電路圖	10
圖2-3(c) 另一電場性耦合等效電路模型	10
圖2-4 (a) 四分之一波長短路微帶線諧振器上磁場強度分佈圖 (b) 二分之一波長開路微帶線諧振器上磁場強度分佈圖	14
圖 2-5 磁場性耦合諧振器佈	14

14 圖 2-6(a) 磁場性耦合之等效電路圖	15 圖 2-6(b) 磁場性耦合等效T電路圖
15 圖 2-6(c) 另一磁場性耦合等效電路模型	16 圖 2-7(a) 反對稱混合性耦合諧振器佈局
18 圖 2-7(b) 對稱混合性耦合諧振器佈局圖	18 圖 2-8 反對稱混合耦合等效電路模型
19 圖 2-9 對稱混合耦合等效電路模型	20 圖 2-10 微帶傳輸線架構
25 圖 2-11 步階阻抗諧振器結構之示意圖	29 圖 2-12 及之關係圖
29 圖 2-13 與之關係圖	30 圖 2-14 步階阻抗諧振器之與之關係圖
31 圖 3-1 濾波器設計流程圖	32 圖 3-2 微小型交錯耦合濾波器
33 圖 3-3 (a)混合性耦合(b)電磁性耦合(c)電容性耦合	34 圖 3-4 微小化交錯耦合濾波器頻率響應圖
35 圖 3-5 六階交錯耦合濾波器	36 圖 3-6 (a)(b)混合性耦合(c)電磁性耦合(d)電容性耦合
37 圖 3-7 六階交錯耦合濾波器模擬頻率響應圖	38 圖 3-8 八階交錯耦合濾波器模擬頻率響應圖
39 圖 3-9 頻率響應圖	39 圖 3-10 微帶線濾波器
41 圖 3-11 頻率響應圖	42 圖 3-12 非零度饋入微帶線濾波器
43 圖 3-13 零度饋入微帶線濾波器	44 圖 3-14 零饋入之交錯耦合濾波器頻率響應
44 圖 3-15 非零饋入與零饋入之頻率響應比較	45 圖 3-16 微帶線濾波器
46 圖 3-17 頻率響應圖	47 圖 3-18 非微帶線濾波器
47 圖 3-19 頻率響應圖	48 圖 3-20 零度饋入頻率響應圖
48 圖 3-21 四階SIR交錯耦合濾波器	50 圖 3-22 四階SIR交錯耦合濾波器寬頻頻率響應
50 圖 3-23 加入開路殘段之交錯耦合濾波器	51 圖 3-24 加入開路殘段之交錯耦合濾波器頻率響應
51 圖 3-25 饋入點結構濾波器	52 圖 3-26 饋入結構濾波器頻率響應圖
52 圖 3-27 饋入點結構濾波器寬頻頻率響應圖	53 圖 3-28 加入開路殘段之交錯耦合濾波器
54 圖 3-29 加入開路殘段之交錯耦合濾波器頻率響應圖	54 圖 3-30 六階交錯耦合濾波器
55 圖 3-31 六階交錯耦合濾波器頻率響應	55 圖 3-32 加入開路殘段之交錯耦合濾波器
56 圖 3-33 加入開路殘段之交錯耦合濾波器頻率響應圖	56 圖 4-1 濺鍍工作原理的示意圖
58 圖 4-2 雙離軸式(off-axis)磁控濺鍍法	59 圖 4-3 網路分析儀
63 圖 4-4 低溫量測系統	64 圖 5-1 六階交錯耦合濾波器模擬與實作比較
65 圖 5-2 六階交錯耦合濾波器	66 圖 5-3 六階交錯耦合濾波器實體電路圖
67 圖 5-4 四階交錯耦合濾波器模擬與實作比較頻率響應圖	68 圖 5-5 四階交錯耦合濾波器
69 圖 5-6 四階交錯耦合濾波器實體電路圖	70 圖 5-7 四階交錯耦合濾波器模擬與實作比較頻率響應圖
71 圖 5-8 饋入點結構濾波器	72 圖 5-9 半波長四階零度饋入交錯耦合濾波器實體電路圖
73 圖 5-10 四分之一波長交錯耦合濾波器頻率響應圖	74 圖 5-11 四分之一波長交錯耦合濾波器
75 圖 5-12 四分之一波長交錯耦合濾波器實體電路圖	76 表目錄 表2.1濾波器階數N=4, 對應之等效低通網路元件
23 表2.2 濾波器階數N=6, 對應之等效低通網路元件	23 表2.3 濾波器階數N=8, 對應之等效低通網路元件
24 表4.1 鍍膜成長條件	59 表5.1 六階交錯耦合濾波器模擬與實作比較結果
66 表5.2 四階交錯耦合濾波器模擬與實作比較結果	68 表5.3 四分之一波長交錯耦合濾波器模擬與實作結果
71 表5.4 零點饋入交錯耦合濾波器模擬與實作比較結果	74

REFERENCES

- 參考文獻 [1] G. L. Matthaei, and G. L. Hey-Shipton, " Concerning the use of high-temperature superconductivity in planner microwave filters ", IEEE Trans. Microwave Theory Tech. vol. 42, pp.1287-1294, July 1994.
- [2] R. Levy, and S. B. Cohn, " A history of microwave filter research, design, and development, IEEE Trans. Microwave Theory Tech. Vol. MTT-32, pp 1055-1067, Sept 1984.
- [3] G. L. Matthaei, L. Young, E. M. T. Jones, Microwave Filters, Impedance-Matching Networks, and Coupling Structures, Artech House, 1980.
- [4] David M. Pozar, Microwave Engineering, Addison-Wesley, 1993, Chapter 8.
- [5] E. G. Cristal and S. Frankel, " Design of hairpin-line and hybrid hairpin-parallel-coupled-line filters, " IEEE MTT-S, pp 12-13, Digest 1971.
- [6] G. L. Matthaei, " Interdigital band-pass filters, " IEEE Trans. Microwave Theory Tech. vol. 10, pp 479-492, 1962.
- [7] R. Levy, " Filters with single transmission zeros at real and imaginary frequencies, " IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. 24, pp 172-181, Apr. 1976.
- [8] O. Llopis and Graffeuil, J. Less-Common Met., 164-165, pp.1248-1251, 1990 [9] J. S. Hong and M. J. Lancaster, " Design of highly selective microstrip bandpass filters with a single pair of attenuation poles at finite frequencies, " IEEE Trans. Microwave Theory and Tech., vol.48, No. 7,

July 2000, pp. 1098-1107.

[10] J.S.Hong and M.J.Lancaster, "Microstrip Filters for Rf/Microwave Applications" John Wiley & Sons, Inc. 2001.

[11] J.H.Lee, " Microwave Properties of Large YBCO Films on As-Prepared and Annealed MgO Substrates " IEEE TRANSACTION ON APPLIED SUPERCONDUCTIVITY , 2003年 [12] 陳彥瑞, " 高溫超導微波濾波器之設計與製作 " 碩士論文,交通大學物理系,民國90年

[13] Jia-Sheng Hong, " Design of Highly Selective Microstrip Bandpass Filters with a Single Pair of Attenuation Poles at Finite Frequencies " IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES, VOL. 48, NO. 7, JULY 2000 [14] 張盛富、載明鳳 無線通信之射頻被動電路設計 " 全華, 民國九十二年 [15] L.M.Wang, Chen-Chung Liu, Mao-Yuan Horng, Jyh-Haur Tsao " Gro-wth and Properties of

Double-sided YBCO films Deposited by Off-axis Sputtweing for Microwave Applications " Journal of Low Temperature Physics. Vol.131. Nos3/4. May 2003 [16] L.M Wang, Mao-Yuan Homg, Chen-Chung Liu, and H.H Sung, "Narrow-Band Filter for the Frequency

Range of 1.9 GHz Using Double-Sided YBCO Films on 20-mm-square LaALO3 Substrates" 中日超導量子干涉元件暨通訊電子學研討會, 2002 [17] Wang, L.M.; Mao-Yuan Horng; Chen-Chung Liu; Jyh-Haur Tsao; Sung, H.H.; Yang, H.C.; Horng, H.E.; " Narrow-band filter for

the frequency range of 1.9 GHz using double-sided YBCO films on 10-mm-square and 20-mm-square LaAlO3 substrates " Applied Superconductivity, IEEE Transactions on , Volume: 13 , Issue: 2 , June 2003 [18] M. Makimoto and S. Yamashita, " Bandpass filters using

parallel-coupled coupled stripline stepped impedance resonators, " IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. MTT-28, pp. 1413-1417, Dec. 1980.

[19] Darine Kaddour, " A Compact and Selective Low-Pass Filter With Reduced Spurious Responses, Based on CPW Tapered Periodic Structures , " IEEE Trans. Microwave Theory Tech., June. 2006.

[20] M. Makimoto, and S. Yamashita, " Bandpas filters using parallel coupled stripline stepped impedance resonators, " IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. 28, pp. 1413-1417, Dec. 1980.

[21] J. S. Hong and M. J. Lancaster, " Couplings of microstrip square open-loop resonators for cross-coupled planar microwave filters, " IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. 44, pp. 2099-2109, Dec. 1996.

[22] S. Y. Lee, C. M. Tsai, " New cross-coupled filter design using improved hairpin resonators, " IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. 48, pp. 2482-2490, Dec. 2000.

[23] 李勝源 " 具有額外傳輸零點之小型化微波平面式濾波器設計 " 博士論文, 成功大學電機系, 民國91年 [24] 謝東憲, " 可抑制諧波之高溫超導濾波器研究 " 碩士論文, 大葉大學電信工程學系, 民國93年 [25] Eisberg Robert, "量子物理學, " 民國77