

Fabrication and Characterization of Electrically Tunable Superconducting Filters

吳介帆、宋皇輝、許崇宜

E-mail: 9419776@mail.dyu.edu.tw

ABSTRACT

We have fabricated 2 GHz 4-pole cross-coupled superconducting microstrip filters with dielectric flip-chips. The dielectric flip-chip is a SrTiO₃ thin film deposited on a p-type Si substrate. In order to tune center frequency of the filter, a voltage bias is applied through the interdigital Au electrodes on the SrTiO₃ film to change the dielectric constant of the film. The center frequency can be modulated 4.1 MHz (0.2%) by applying electric field 0.7 V/cm at 77 K. Applying the electric field locally to change dielectric constant above different part of the filter separately, we study the tuning effects to the electric coupling part, magnetic coupling part and mixed coupling part of the filter.

Keywords : superconducting filters、dielectric constant、SrTiO₃ film

Table of Contents

封面內頁 簽名頁 授權書	iii	中文摘要	iii
.	iv	英文摘要	v
.	vii	目錄	viii
.	x	表目錄	xiii
第一章 緒論	1	1-1 研究背景	1
1.2 論文架構	2	第二章 基本原理 2.1 濾波器基本型式	8
.	3	2.1.1 頻率響應特性	7
2.2.1 傳輸線原理說明	9	2.2.2 微帶線原理	11
與物理意義	15	2.3 S參數之定義	18
.	19	2.4 直接耦合型式與交叉耦合型式濾波器之差異	18
.	27	2.5 共振器耦合型式	26
.	27	2.6 高溫超導體特性	26
.	29	2.7 介電材料(Dielectric Materials)	28
.	29	2.7.1 電極化(Electric Polarization)	28
.	32	2.7.2 高介電材料	28
.	32	第三章 電控式濾波器之設計簡介	32
.	32	3.1 濾波器調控方式簡介	32
.	35	3.2 局部電容調控	32
.	39	3.3 整體傳輸介質調控	32
.	39	第四章 實驗方法與步驟	39
.	41	4.1 實驗流程	39
.	41	4.2 超導薄膜製程	40
.	41	4.3 樣品製作流程	40
.	41	4.3.1 超導薄膜製程	41
.	41	4.3.2 高介電薄膜製程	42
.	41	4.3.3 電極製作流程	42
.	43	4.4 封裝與量測	44
.	46	第五章 實驗結果與討論	46
.	51	5.1 高介電(STO)薄膜之製程	46
.	54	5.2 高介電(STO)薄膜之電容量測	46
.	54	5.3 調控之結果	54
.	54	5.3.1 調控結果之電磁模擬	54
.	57	5.3.2 實作之調控結果	57
.	71	第六章 結論	74
.	71	參考文獻	74
器型式圖圖	4	圖2.1 四種基本濾波器型式圖圖	4
.	4	圖2.2 四種實際濾波器特性圖(a)低通(b)高通(c)帶通(d)帶阻	4
.	5	圖2.3 四種實際濾波器通過帶及阻滯帶的定義圖(a)低通(b)高通(c)帶通(d)帶阻	5
.	6	圖2.4 濾波電路的特性規格	6
.	9	圖2.5 四種低通濾波器的頻率響應圖	7
.	9	圖2.6 傳輸線等效電路	9
.	12	圖2.7 微帶傳輸線. (a) 幾何結構、(b) 電磁力線分佈	12
.	14	圖2.8 微帶傳輸線. (a) 幾何結構、(b) 電磁力線分佈	12
.	17	圖2.9 微帶線中準TEM波的等效幾何圖	14
.	19	圖2.10 雙埠網路的散射參數	17
.	19	圖2.11 直接耦合髮夾型式濾波器	19
.	19	圖2.12 交叉耦合型式濾波器	19
.	20	圖2.13 電場性耦合的共振器佈局	20
.	21	圖2.14 電場性耦合等效電路模型	21
.	22	圖2.15 另一電場性耦合等效電路模型	22
.	22	圖2.16 磁場性耦合的共振器佈局	22
.	24	圖2.17 磁場性耦合等效電路模型	24
.	24	圖2.18 另一磁場性耦合等效電路模型	24
.	25	圖2.19 混合式耦合的共振器佈局	25
.	25	圖2.20 混合式耦合等效電路模型	25
.	25	圖2.21 另一混合式耦合等效電路模型	25
.	31	圖2.22 STO (100)晶格旋轉45°後與Si (100)的晶格	31
.	33	圖3.1 局部電容調控之二階超導濾波器	33
.	33	圖3.2 隨著外加偏壓的加大，中心頻率偏移的效果	33

越趨明顯。Df = 20%(0.19 GHz)	33	圖3.3 施與外加偏壓前後頻率偏移之頻率響應圖	34
圖3.4 介電常數與溫度之關係圖	34	圖3.5 整體傳輸介質調控示意圖 (a) 俯視圖, (b)側視圖	35
圖3.6 電容值與溫度之關係圖	36	圖3.7 施與不同偏壓所造成頻率偏移之頻率響應圖	36
圖3.8 模擬與實作之頻率響應圖。圖中可知因介質吸收與接觸損耗 所造成模擬與實作之誤差	37	圖3.9 調控部份區域之介電值所造成的頻率偏移結果	38
圖4.1 實驗流程架構	39	圖4.2 雙離軸(off-axis)式濺鍍系統	40
圖4.3 超導濾波器電路製作流程	42	圖4.4 電極製作流程	44
圖4.5 HP E5071B 網路分析儀	45	圖5.1 不同溫度下成長之鈦酸鋇薄膜	48
圖5.2 不同壓力時成長之鈦酸鋇薄膜	49	圖5.3 不同溫度及不同壓力下, STO (110)與(200)相對強度變化	50
圖5.4 不同溫度時STO成長之表面平整度	50	圖5.5 EDS分析STO薄膜成份之結果	51
圖5.6 自組夾具示意圖	52	圖5.7 不同量測頻率之電容與外加偏壓關係圖	52
圖5.8 介電常數與外加偏壓關係圖	53	圖5.9 電極擺設位置示意圖	55
圖5.10 YBCO/STO/LAO/YBCO之電磁模擬結構示意圖	55	圖5.11 YBCO/STO/LAO/YBCO之電磁模擬結果	56
圖5.12 STO基座調控之頻率響應圖	58	圖5.13 調控超導濾波器之結構示意圖	60
圖5.14 以不同外加偏壓調控之頻率響應圖	60	圖5.15 以不同外加偏壓調控之頻率響應圖	61
圖5.16 調控電耦合部份電容值之結構示意圖	63	圖5.17 不同外加偏壓調控電耦合之頻率響應圖	63
圖5.18 不同外加偏壓調控電耦合之頻率響應圖	64	圖5.19 調控磁耦合部份電容值之結構示意圖	65
圖5.20 不同外加偏壓調控磁耦合之頻率響應圖	66	圖5.21 不同外加偏壓調控磁耦合之頻率響應圖	66
圖5.22 調控混合耦合部份電容值之結構示意圖	68	圖5.23 不同外加偏壓調控混合耦合之頻率響應圖	69
圖5.24 不同外加偏壓調控混合耦合之頻率響應圖	69	表目錄 表4.1 YBCO超導薄膜製程參數	41
表5.1 不同介電常數之電磁模擬結果	56	表5.2 施予外加偏壓下調控整個超導濾波器之結果	61
表5.3 施予外加偏壓下調控電耦合部份之結果	64	表5.4 施予外加偏壓下調控磁耦合部份之結果	67
表5.5 施予外加偏壓下調控混合耦合之結果	70		

REFERENCES

- [1]謝章浩, “ 溫超導濾波器微波特性之磁通釘扎效應研究 ” 碩士論文, 民國93年.
- [2]曹智濠, “ 交叉耦合式高溫超導濾波器之設計與特性之研究 ” 碩士論文, 民國92年.
- [3] David M. pozar, “ Microwave engineering second edition, ‘ John Wiley&Sons, Inc. , 1998.
- [4] J. S. Hong and M. J. Lancaster, “ Microstrip Filters for Rf/Microwave Applications ” John Wiley&Sons, Inc. , 2001 [5] 陳奕璋, “ 具高選擇性微帶線方形開迴路共振濾波器 ” 碩士論文, 民國89年.
- [6]洪連輝、劉立基、魏榮君譯, “ 固態物理學導論, ” 高立, 民國91年.
- [7]鄭湘原、李嘉平、羅正忠譯, “ 半導體工程 先進製程與模擬, ” 普林斯頓, 2002.
- [8] Hiroyuki Fuke, Yoshiaki Terashima, Hiroyuki Kayano, Hisashi Yoshino, “ Electrically tunable YBa₂Cu₃O_y resonators using interdigital electrodes and dielectric film, ” PHYSICA C 336(2000) 80-84 [9] H. Fuke, Y. Terashima, H. Kayano, M. Yamazaki, F. Aiga, and R. Katoh. “ Tuning Properties of 2 GHz Superconducting Microstrip-line Filters ”, IEEE TRANSACTIONS ON APPLIED SUPERCONDUCTIVITY, VOL. 11, NO.1, MARCH 2001 pp.434-437.
- [10] Zhi-Yuan Shen. “ High temperature Superconducting Microwave Circuits. ” [11] B.Marcilhac, D.G.Crete, Y. Lemaitre, D. Mansart, J. C. Mage, K. Bouzehouane, C. Dolin, E. Jacquet, P. Woodall, J. P. Contour. “ Frequency Agile Microwave Devices Based on Y-Ba-Cu-O/Sr-Ti-O//La-Al-O Structure ” IEEE TRANSACTIONS ON APPLIED SUPERCONDUCTIVITY, VOL. 11, NO.1, MARCH 2001 pp.438-441 [12] Brian H. Moeckly and Yongming Zhang “ Strontium Titanate Thin Films for Tunable YBa₂Cu₃O₇ Microwave Filters ” IEEE TRANSACTIONS ON APPLIED SUPERCONDUCTIVITY, VOL. 11, NO.1, MARCH 2001 pp.450-453