一種新式電容式感測器

學生：鄭岳明　　指導教授：黃宇中

國立交通大學電機學院產業研發碩士班

摘　　要

本論文研究一種新型的電容式感測器，由兩片半柱形金屬薄膜組成，可用於量測流過的介電質流體。其感測器的電容值與所流經之介電質流體有關，並藉由電容-頻率轉換電路進行物理量與電訊號的轉換，適合於資料數據上的統計分析，且該元件具有高敏感度，適合用於易因流體產生造成損害的系統上使用。一組與一嵌入系統將與此感測元件整合為一體。不僅其製作成本低廉且應用廣泛，因此，該感測器頗具經濟效益。

關鍵字:流量開關、電容式感測器、流體。

A Novel Capacitive Micro Sensor

student：Yueh-Mimg Cheng Advisors：Dr. Y.C.Huang

Industrial Technology R & D Master Program of
Electrical and Computer Engineering College
National Chiao Tung University

ABSTRACT

A procedure is

This paper represent a novel fluid switch device, which consists of two semi-cylindrical metal films as a capacitor to measure the dielectric fluid fulfill in the device. The capacitance changed by fluids which inside the device and a capacitance-frequency interface circuit to achieve signal transfer which suite for data analysis. The circuit will be integrated with the fluid sensor. Not only low fabrication cost and also wide application area, make this sensor a great of economical benefits. The device can use in systems that may damage by fluid to prevent any uncertainty situation.
Keywords: fluidic switch, capacitor sensor, fluidic.

誌謝

研究所兩年之內可以順利畢業，首先我要感謝我的父母，讓我在如此高齡的狀態下，讓我的生活無後顧之憂可以專心的讀書及做研究。

感謝指導教授黃宇中老師對我在研究態度及實驗上的諄諄教誨及嚴厲的指正，讓我學到何謂真正做研究的精神，當然我的論文可以成功也要感謝沛熙學長對元件架構的建議，政達學長對理論推導的指點，還要感謝我的好同學柳耀星及黃一桀對我在元件製程時對我盡最大的幫助，還要感謝中研院陳洋元博士對我提供儀器的使用，及清大博士生陳正龍對我在製程的幫助，更要感謝我的好朋友王國驊對實驗的模擬上對我的幫助。還有實驗室的好伙伴，啟賓、建均、稚閔、杰利、政偉及浩宇，為我的研究所生活頻添色彩，非常感謝你們大家的協助，希望、榮耀與喜悅與你們來分享。

目　　錄

中文提要 …… i
英文提要 …… ii
誌謝 …… iii
目錄 …… iv
表目錄 …… v
圖目錄 …… vi
第一章　緒論 …… 1
1.1　前言 …… 1
1.2　文獻回顧 …… 4
1.3　工作項目 …… 7
1.4　本文架構 …… 7
第二章　電容式流量感測器原理 …… 8
2.1　電容式感測器原理 …… 8
2.2　電容- 頻率轉換電路 …… 10
第三章　感測器製作 …… 13
3.1　RCA clean …… 14
3.2　熱氧化製程 …… 16
3.3　薄膜沈積製程 …… 18
3.3.1　低壓化學沈積技術（LPCVD） …… 18
3.3.2　電漿輔助化學氣相沈積（PECVD） …… 18
3.3.3　熱蒸鍍 …… 19
3.4　曝光微影技術 …… 21
3.5　蝕刻製程 …… 23
3.5.1　濕式蝕刻（wet etch） …… 23
3.5.2　乾式蝕刻（dry etch） …… 23
第四章　感測器製作與量測 …… 26
4.1　感測元件之製作 …… 26
4.2　元件模擬與設計 …… 32
4.2.1　感測器系統架構 …… 32
4.2.2　電容式感測器電容值估算 …… 33
4.2.3　電容-頻率（C-F）轉換電路製作 …… 34
4.2.4　Protel 99SE 模擬 …… 35
4.2.5　INTELLSUITE 模擬 …… 36
4.3　頻率與電容之量測 …… 37
第五章　結論與未來展望 …… 43
5.1　技術上的貢獻 …… 43

5.2 未來研究方向…… 43
參考文獻 …… 44
作者學經歷 …… 47

表目錄

表 1.1　根據訊號形式之感測器分類表…… 2
表 1.2　流量感測器發展年代…… 6
表 2.1　所有量測電容電路比較…… 12
表 3.1　為幾種連接金屬的材料比較…… 20
表 3.2　濕式蝕刻和乾式蝕刻製程對照表…… 25
表 4.1　頻率量測結果數據(單位:KHZ)…… 39
表 4.2　電容量測結果數據(單位:PF)…… 40

圖目錄

圖 1.1 訊號接收相關圖…… 2
圖 2.1 不同變化因子之電容式感測架構…… 9
圖 2.2 直流電壓源之量測電容…… 10
圖 2.3 AC 電流或電壓源之量測電容…… 10
圖 2.4 AC 分壓器量測電容…… 11
圖 2.5 惠司頓電橋量測電容…… 11
圖 3.1 RCA 標準清洗步驟…… 15
圖 3.2 乾式氧化成長速率…… 17
圖 3.3 濕式氧化成長速率…… 17
圖 3.4 曝光製程流程圖…… 22
圖 4.1 元件製作方塊圖…… 26
圖 4.2 電容式感測器製作流程圖…… 28
圖 4.3 光罩圖…… 29
圖 4.4 光學顯微鏡拍攝的結構俯視圖…… 30
圖 4.5 經掃描式電子顯微鏡拍攝的結構俯視圖…… 30
圖 4.6 經掃描式電子顯微鏡呈現的階層圖…… 31
圖 4.7 經掃描式電子顯微鏡顯像後結構圖…… 31
圖 4.8 製程完成圖…… 31
圖 4.9 電容式感測器量測儀表示意圖…… 32
圖 4.10 電容式感測器估算尺寸示意圖…… 33
圖 4.11 感測器電容-頻率轉換模擬（a）電路圖…… 34
圖 4.11 感測器電容-頻率轉換模擬（b）實體圖…… 34
圖 4.12 利用 Protel 99SE 模擬軟體繪製之電路圖…… 35
圖 4.13 模擬其感測器通道內無水電容及輸出頻率實際波形的輸出…… 35
圖 4.14 模擬其感測器通道內有水電容及輸出頻率實際波形的輸出…… 35
圖 4.15 intellsuite 模擬實體圖…… 36
圖 4.16 intellsuite 流速分析圖…… 36
圖 4.17 intellsuite 壓力分佈圖…… 36
圖 4.18 感測器(a)示意圖…… 37
圖 4.18 感測器(b)實體圖…… 37
圖 4.19 LCR METER 儀器實體圖…… 38
圖 4.20 （a）為無任何水及無感測器時基準的頻率…… 38
圖 4.20 （b）為當感測器內並無施加任何水流通的頻率…… 38
圖 4.20 （c）是微感測器充滿水時的頻率…… 38
圖 4.20 (d)為當感測器內流有 80nm 的奈米棒時的頻率值…… 38
圖 4.20 (e)為當感測器內流有 50nm 的奈米棒時的頻率值…… 39
圖 4.20 (f)為當感測器內流有 10nm 的奈米顆粒時的頻率值…… 39

圖 4.21 無水及充滿水之趨勢圖…… 40
圖 4.22 隨著奈米尺寸縮小電容趨勢圖…… 41
圖 4.23 量測實驗平台…… 42