

# Study on Characteristics of a Piezoelectric Micro Bubble Generator and Application to Oxygen Saturation

張佳倫、鄭江河

E-mail: 9806445@mail.dyu.edu.tw

## ABSTRACT

In this study, a micro bubble generator was design by the microelectro-mechanical system (MEMS) technique using piezoelectric actuator. The main components include a ring shaped piezoelectric ceramic and a nickel nozzle plate. Due to the small size, high precision, easy control and fast response of frequency of piezoelectric plate, it was used as a power source in this study. In proper conditions, the oxygen gas can be ejected and formed micro-bubbles. The goal of this study is to design a proper system to formed micro-bubbles used for increasing the oxygen concentration in blood and keeping the blood oxygen content saturated. The design of Micro bubble generator includes the piezoelectricity actuator and the micro nickel-nozzle plate. The experimental procedures in this study can be divided into two parts. First, the effect of actuate piezoelectricity actuators, frequency, oxygen pressure and flow rate on bubbles size formed in pure water were studied. In second part, the pure water was changed by real blood. The blood oxygen content and the damage of blood cells caused by the micro bubble generator was also studied.

Keywords : Piezoelectricity、 Micro Bubble、 Micro-Electro-Mechanical-System、 Micro Electroforming、 Micro-Ejector

## Table of Contents

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 前言

1.1研究背景 2

1.1.1呼吸系統 2

1.1.2血氧濃度的定義 4

1.2現有微氣泡產生器之技術與應用 5

1.3研究動機 7

1.4研究方法 8

## 第二章 結構設計

2.1微氣泡產生器主體之設計製作 9

2.1.1最佳化設計 11

2.2壓電致動器之製作方法 12

2.3微電鑄噴嘴片之製作方法 12

2.3.1黃光微影製程 13

2.3.2電鑄製程 13

2.4壓電式微氣泡產生器組裝製作 15

## 第三章 壓電微致動器模組量測

3.1共振頻率之量測 16

3.2液體腔有水之量測與分析比較 17

## 第四章 微米氣泡觀測

4.1微氣泡觀測系統 23

4.1.1 高速 CCD 23

4.2 壓電驅動下微米氣泡之生成狀態 25

4.3 氣泡直徑量測與每秒產生顆數計算 25

4.4 固定電壓、孔洞、流量、改變頻率、壓力 26

4.5 固定電壓、孔洞、壓力、改變頻率、流量 39

4.6 固定孔洞、壓力、流量、改變電壓 48

第五章 微米氣泡應用於血液循環系統

5.1 血液含氧量測試實驗 54

5.1.1 血液之取用 55

5.2 血氧實驗量測 56

5.2.1 壓電式氣泡產生器對飽和含氧量的維持 58

5.3 壓電式氣泡產生器對紅血球的影響 59

## 第六章 結論

6.1 結論 62

參考文獻 64

## REFERENCES

- [1] B. Bustgens, W. Bacher, W. Menz, W. K. Schomburg, " Micropump Manufactured by Thermoplastic Molding, " Micro Electro Mechanical Systems, MEMS, Proceedings, pp. 18-21, 1994.
- [2] 張淵竣, " 廣用型血氧濃度儀系統初探:以視網膜為?, ' ' 碩士論文, 私立中原大學電機工程學系, 2004.
- [3] A. Vogel, W. Lauterborn and R. Timm, " Optical and acoustic investigations of the dynamics of laser-produced cavitation bubbles near a solid boundary, " J. Fluid Mech. Vol. 206, pp. 299-338, 1989.
- [4] 郭志祥, " 水電式氣泡產生器的特性研究 ' ' , 碩士論文, 國立成功大學機械工程研究所, 2003.
- [5] Pavel Sunka, " Pulse electrical discharges in water and their applications " , Physics of plasmas, Vol. 8, No. 5, 2587-2594, 2001.
- [6] 林聰得, " 水中載具減阻技術之實驗研究, " 博士論文, 中原大學機械工程研究所, 2005.
- [7] 林俊明, " 邊界層附近減阻氣泡之特性, " 碩士論文, 國立成功大學系統及船舶機電工程學系, 2003.
- [8] 謝志明, " 微泡減阻技術在船模上的應用研究, " 碩士論文, 國立台灣大學工程科學與海洋工程學系, 2003.
- [9] 劉驥佑, " 微泡減阻技術之基礎研究, " 碩士論文, 國立台灣大學工程科學與海洋工程學系, 2002.
- [10] 嚴祖照, " 微氣泡技術在減阻上之研究, " 碩士論文, 國防大學中正理工學院造船工程研究所, 2000.
- [11] 張維剛, " 微氣泡產氣模組參數設計對水下潛體減阻影響研究, " 碩士論文, 國防大學中正理工學院造船工程研究所, 2006.
- [12] 陶德容, " 微氣泡減阻技術應用於水面艦之效能評估, " 碩士論文, 國防大學中正理工學院造船工程研究所, 2003.
- [13] 林俊成, " 微氣泡對潛體阻力之研究, " 碩士論文, 國防大學中正理工學院造船工程研究所, 2002.
- [14] 葉婉凌, " 應用實驗計算法對微氣泡減阻參數分析, " 碩士論文, 國防大學中正理工學院造船工程研究所, 2005.
- [15] Madavan, N. K., Merkle, C. L. and Deutsch, S., " Numerical investigations into the mechanisms of microbubble drag reduction, " Journal of Fluids Engineering, Vol.107, 1985, pp. 370-377.
- [16] 侯文祥、陳威光, " 應用氣泡柱於循環水養鰻系統中去除顆粒之效率評估 "。台灣水產學會會刊, 25 ( 2 ) :117-127, 1998.
- [17] 甘連正, " 微氣泡技術在減阻上之研究, " 碩士論文, 臺灣大學/生物環境系統工程學研究所, 2004.
- [18] 蘇揚根, " 奈米微氣泡浮除技術於半導體工業化學機械研磨廢水處理之應用, " 碩士論文, 國立交通大學環境工程研究所, 2003.
- [19] Burns S.E., Yiacoumi S. and Tsouris C. " Microbubble generation for environmental and industrial separations " , Separation and Purification Technology, Vol. 11, pp. 221-232, 1997.
- [20] 李春宏, " 工業廢水處理曝氣裝置之試製及其性能分析之研究, " 碩士論文, 國立成功大學/土木工程研究所, 1979.
- [21] Smith, J.S. et al., " Bubble Column Reactors for Wastewater Treatment. Theory and Modeling of Continuous Countercurrent Solvent Sublation, " Ind. Eng. Chem. Res., 35, 1688-1699, 1996.
- [22] 蔡宗霖, " 簡易微細氣泡產生裝置開發與應用在淡水與海水中曝氣與傳輸臭氧研究 ' ' , 碩士論文, 國立台灣大學生物環境系統工程研究所, 2004.
- [23] 陳修斌, " 氣泡形成對臭氧質傳及其對含2-氯酚水溶液分解反應行為之影響 ' ' , 碩士論文, 國立台灣科技大學化學工程系, 2000.
- [24] G. Korpany, P. A. Grayburn, R. V. Shohet and R. A. Brekken, " Targeting vascular endothelium with avidin microbubbles, " Ultrasound Med. Biol., Vol.31, pp. 1279-83, 2005.
- [25] 李承翰, " 高頻超音波血流成像, ' ' 碩士論文, 國立台灣大學電機工程學研究所, 2005.
- [26] E. Unger, T. O. Matsunaga, P. A. Schumann and R. Zutshi, " Microbubbles in Molecular Imaging and Therapy, " Medicamentum, Vol. 47,

pp. 58-65, 2003.

[27]K. Ferrara, R. Pollard, M. Borden, " Ultrasound microbubble contrast agents: fundamentals and application to gene and drug delivery, " Ann. review of biome. eng., Vol. 9, 415-44, 2007.

[28]G. Korpany, J. G. Carbon, P. A. Grayburn, J. B. Fleming, R. A. Brekken, " Monitoring response to anticancer therapy by targeting microbubbles to tumor vasculature, " Clinical Cancer Research, Vol. 13, 323-330, 2007.

[29] <http://www.feihwa.com.tw/index.htm>[30]姚培智, " 壓電陶瓷總論及應用簡介, " 國防部中山科學研究院材料研發中心, 1995。

[31]涂昇利, " 新型壓電致動器的設計與製作, ' ' 碩士論文, 私立大葉大學機械工程研究所, 2001。

[32]許文誌, " 指叉型壓電元件極化之分析與製作, ' ' 碩士論文, 私立大葉大學機械工程研究所, 2004。

[33] <http://www.healthsystem.virginia.edu/internet/hematology/HessEDD/Horn-cell.cfm>[34]

<http://www.hsc.virginia.edu/internet/hematology/HessEDD/BenignHematologicDisorders/redbloodcelldisorders/blister-cell.cfm>[35]

<http://www.healthsystem.virginia.edu/internet/hematology/HessEDD/Schistocyte.cfm>