

# Optimal design and manufacturing of miniature circular flat-panel speakers by bio cellulose membrane

王寶惠、賴?民

E-mail: 346466@mail.dyu.edu.tw

## ABSTRACT

This study is researching into the character of bio-cellulose membrane on the flat-panel speakers. Researching the effects of different manufacturing parameter of bio-cellulose membrane applied to the membrane of speakers. This study design and manufacture two size flat-panel speakers that are miniature circular flat-panel speakers (  $16\text{mm} \times H7.8\text{mm}$ ) and rectangular flat-panel speakers ( $L162\text{mm} \times W115\text{mm} \times H10\text{mm}$ ). For the feasibility of bio-cellulose membrane on the flat-panel speakers and the study researching into the manufacturing parameters which coating, drying temperature and thickness. This study obtains their mechanical properties (Young's modulus, Poisson ' s ratio) by tensile test and researching the sound pressure level (SPL) curve of flat-panel speakers with different bio-cellulose membrane then dig out the optimal manufacturing parameter with bio-cellulose membrane. In the analysis, the paper is using ANSYS software to calculate the amplitude of vibration and phase angle then substitution to the formula of SPL, its computing solution substitution to Fortran software solve the SPL. Manufacturing flat-panel speakers to measure the SPL curves and its experimental results compare with simulation analysis to verify the correctness of theoretical analysis. In this study, the best bio-cellulose membrane on the miniature circular flat-panel speakers which is non-surround, thickness S and drying temperature 30 with all the experiments of flat-panel speakers. We hope for the choice of membrane on the circular flat-panel speakers can be used as a reference.

Keywords : bio-cellulose membrane、 manufacturing parameter、 flat-panel speakers、 Sound Pressure Level、 membrane

## Table of Contents

封面內頁 簽名頁 摘要 i	ABSTRACT ii	目錄 iv	圖目錄 vii	表目錄 xiii
第一章 緒論 1	1.1 研究背景與動機 1	1.2 研究目的 2		
第二章 文獻回顧 6	2.1 揚聲器基本理論 6	2.1.1 磁場理論 6	2.1.2 聲壓方程式 9	2.2 生物纖維薄膜之介紹與應用 14
2.2.1 歷史背景 14	2.2.2 生物纖維之化學結構與特性 15	2.2.3 生物纖維素生物合成與纖維形成 16		
第三章 研究方法 18	3.1 生物纖維薄膜材質檢測 18	3.1.1 試片製作 19	3.1.2 拉伸試驗 22	3.1.3 楊氏係數檢測 24
3.2 電腦輔助模擬與分析 26	3.2.1 有限元素模型建立 28	3.2.2 邊界條件設定 30		
第四章 生物纖維振膜揚聲器製作與量測 32	4.1 生物纖維薄膜生產實驗 32	4.1.1 菌株來源與活化 32	4.1.2 發酵槽實驗 33	4.1.3 生物纖維薄膜製作 34
4.2 揚聲器零件製作 35	4.2.1 生物纖維薄膜 35	4.2.2 懸邊系統 37	4.2.3 平面揚聲器框架設計與製作 42	4.2.4 音圈、磁鐵與導磁片 44
4.3 平面揚聲器組裝 45	4.4 聲壓曲線量測 49	4.5 磁通密度與激振推力量測 51		
第五章 結果與討論 53	5.1 生物纖維薄膜物化特性 53	5.1.1 改質前後之生物纖維薄膜物化特性 54	5.1.2 不同烘乾溫度與厚度之SBC振膜 58	5.2 有限元素模型驗證 61
5.2.1 SBC振膜圓形平面揚聲器聲壓曲線驗證 62	5.2.2 SBC振膜矩形平面揚聲器聲壓曲線驗證 63	5.2.3 SBC振膜加勁珍珠板矩形平面揚聲器聲壓曲線驗證 64	5.3 圓形平面揚聲器框架比較 66	5.4 圓形平面揚聲器之聲壓曲線 71
5.4.1 同一烘乾溫度不同厚度之圓形平面揚聲器 72	5.4.1.1 SBC-80-LMS振膜圓形平面揚聲器之聲壓曲線比較 72	5.4.1.2 SBC-50-LMS振膜圓形平面揚聲器之聲壓曲線比較 79	5.4.1.3 SBC-30-LMS振膜圓形平面揚聲器之聲壓曲線比較 86	5.4.2 同一厚度不同烘乾溫度之圓形平面揚聲器 92
5.4.2.1 SBC-80、50、30-L振膜圓形平面揚聲器之聲壓曲線比較 93	5.4.2.2 SBC-80、50、30-M振膜圓形平面揚聲器之聲壓曲線比較 95	5.4.2.3 SBC-80、50、30-S振膜圓形平面揚聲器之聲壓曲線比較 98	5.4.3 有無懸邊之圓形平面揚聲器 101	5.4.3.1 有無懸邊SBC-50-L圓形平面揚聲器比較 101
5.4.3.2 有無懸邊SBC-30-S圓形平面揚聲器比較 105	5.4.3.3 無懸邊SBC振膜烘乾溫度比較 108	5.5 矩形平面揚聲器之聲壓曲線 110		
第六章 結論與建議未來研究方向 113	6.1 結論 113	6.2 建議未來研究方向 115		
參考文獻 116	圖目錄 圖1.1 圓形平面揚聲器示意圖 3	圖1.2 研究流程 5	圖2.1 佛來明左手定則 7	圖2.2 電動型揚聲器的動作原理 8
圖2.3 振動板與點聲源間的距離示意圖 13	圖2.4 纖維素分子結構 $n=DP$ ，聚合度 (Degree of Polymerization) 15	圖2.5 生物纖維素與植物纖維素結構比較示意圖 16	圖2.6 生物纖維素生物合成和纖維形成示意圖 17	圖3.1 膜厚度與不同製程方式之生物纖維薄膜 18
圖3.2 拉伸試片規格 20	圖3.3 生物纖維薄膜裁切試片 20	圖3.4 護片 21	圖3.5 黏貼護片之環氧樹脂與硬化劑 21	圖3.6 生物纖維薄膜試片 22
圖3.7 黏貼應變規之生物纖維薄膜試片 22	圖3.8 弘達儀器HT-9102拉伸試驗機 23	圖3.9 PCD-300A 取值系統 23	圖3.10 SHIMADZU EZTest桌上型試驗機 24	圖3.11 應力 - 應變圖 26
圖3.12 有限元素分析流程圖 27	圖3.13 Shell99元素 28	圖3.14 Combin14元素 29	圖3.15 Mass21元素 29	圖3.16 圓形有限元素模型示意圖 29
圖3.17 矩形有限元素模型示意圖 30	圖3.18 圓形振膜邊界條件設定 31	圖3.19 矩形振膜邊界條件設定 31	圖4.1 發酵槽示意圖 33	圖4.2 處理前後之生物纖維薄膜 34
圖4.3 乾燥前後之生物纖維薄膜 35	圖4.4 未改質之生物纖維薄膜 36	圖4.5 奈米塗佈之生物纖維薄膜 36	圖4.6 MSBC振膜 37	圖4.7 聚氨酯 38
圖4.8 聚氯乙烯 38	圖4.9 圓形懸邊系統成型模具 39	圖4.10		

矩形懸邊系統成型模具 39 圖4.11圓形與矩形懸邊系統 40 圖4.12懸邊形狀剖面示意圖 40 圖4.13聚氨酯懸邊之第一共頻率 41 圖4.14聚氯乙烯懸邊之第一共頻率 41 圖4.15 DYNA MYTE 1007 CNC銑床 43 圖4.16圓形固定框架與磁鐵框架 43 圖4.17矩形固定框架與磁鐵框架 44 圖4.18音圈 44 圖4.19組裝完成之磁鐵 45 圖4.20音圈與磁鐵定位治具 46 圖4.21具懸邊系統之圓形平面揚聲器 47 圖4.22無懸邊系統之圓形平面揚聲器 47 圖4.23矩形平面揚聲器之零件 48 圖4.24矩形平面揚聲器 48 圖4.25 CLIO聲壓頻譜儀 49 圖4.26各參數設定 49 圖4.27 IEC268-5標準等比例縮放障板 50 圖4.28聲壓量測距離示意圖 50 圖4.29磁通密度量測 51 圖4.30推力量測 52 圖5.1拉伸試片 53 圖5.2試片斷裂狀況 54 圖5.3 MSBC振膜的荷重 - 位移圖 56 圖5.4 NSBC與NMSBC振膜的荷重 - 位移比較圖 57 圖5.5九種不同溫度與厚度之SBC振膜 58 圖5.6九種SBC振膜之試片斷裂狀況 59 圖5.7 SBC-30-S振膜圓形平面揚聲器 62 圖5.8 SBC振膜圓形-實驗與理論之聲壓曲線比對 62 圖5.9 SBC振膜矩形平面揚聲器 63 圖5.10 SBC振膜矩形-實驗與理論之聲壓曲線比對 64 圖5.11 SBC振膜加勁珍珠板矩形平面揚聲器 65 圖5.12 SBC振膜加勁珍珠板矩形-實驗與理論之聲壓曲線比對 65 圖5.13 A、B框之聲壓曲線比對 67 圖5.14 B、C框之聲壓曲線比對 68 圖5.15三種材質框架之聲壓曲線比對 71 圖5.16 SBC-80-L圓形平面揚聲器 72 圖5.17 SBC-80-L圓形平面揚聲器之聲壓曲線比對 73 圖5.18 SBC-80-M圓形平面揚聲器 74 圖5.19 SBC-80-M圓形平面揚聲器之聲壓曲線比對 75 圖5.20 SBC-80-S圓形平面揚聲器 76 圖5.21 SBC-80-S圓形平面揚聲器之聲壓曲線比對 76 圖5.22 SBC-80-LMS圓形平面揚聲器之聲壓曲線比對 78 圖5.23 SBC-80-LMS圓形平面揚聲器之楊氏係數 79 圖5.24 SBC-50-L圓形平面揚聲器 80 圖5.25 SBC-50-L圓形平面揚聲器之聲壓曲線比對 80 圖5.26 SBC-50-M圓形平面揚聲器 81 圖5.27 SBC-50-M圓形平面揚聲器之聲壓曲線比對 82 圖5.28 SBC-50-S圓形平面揚聲器 82 圖5.29 SBC-50-S圓形平面揚聲器之聲壓曲線比對 83 圖5.30 SBC-50-LMS圓形平面揚聲器之聲壓曲線比對 84 圖5.31 SBC-50-LMS圓形平面揚聲器之楊氏係數 85 圖5.32 SBC-30-L圓形平面揚聲器 86 圖5.33 SBC-30-L圓形平面揚聲器之聲壓曲線比對 87 圖5.34 SBC-30-M圓形平面揚聲器 87 圖5.35 SBC-30-M圓形平面揚聲器之聲壓曲線比對 88 圖5.36 SBC-30-S圓形平面揚聲器 89 圖5.37 SBC-30-S圓形平面揚聲器之聲壓曲線比對 89 圖5.38 SBC-30-LMS圓形平面揚聲器之聲壓曲線比對 91 圖5.39 SBC-30-LMS圓形平面揚聲器之楊氏係數 92 圖5.40 SBC-80、50、30-L圓形平面揚聲器之聲壓曲線比對 94 圖5.41SBC-80、50、30-L圓形平面揚聲器之楊氏係數比較 95 圖5.42 SBC-80、50、30-M圓形平面揚聲器之聲壓曲線比對 96 圖5.43 SBC-80、50、30-M圓形平面揚聲器之楊氏係數比較 97 圖5.44 SBC-80、50、30-S圓形平面揚聲器之聲壓曲線比對 99 圖5.45 SBC-80、50、30-S圓形平面揚聲器之楊氏係數比較 100 圖5.46 Non-SBC-50-L圓形平面揚聲器 102 圖5.47 Non-SBC-50-L圓形平面揚聲器之聲壓曲線比對 103 圖5.48有無懸邊之SBC-50-L圓形平面揚聲器之聲壓曲線比對 104 圖5.49 Non-BC-30-S圓形平面揚聲器 105 圖5.50 Non-SBC-30-S圓形平面揚聲器之聲壓曲線比對 106 圖5.51有無懸邊之SBC-30-S圓形平面揚聲器之聲壓曲線比對 107 圖5.52 Non-SBC-80-L上框架示意圖 108 圖5.53 Non-SBC-50-L上框架示意圖 109 圖5.54 Non-SBC-30-L上框架示意圖 109 圖5.55 Non-SBC-80-S上框架示意圖 110 圖5.56 SBC振膜矩形平面揚聲器聲壓曲線 111 圖5.57珍珠板矩形平面揚聲器聲壓曲線 112 圖5.58三種矩形平面揚聲器聲壓曲線比對 112 ? 表目錄 表3.1生物纖維薄膜密度表 19 表4.1 HS培養基 33 表4.2推力比對 52 表5.1 SBC振膜卜易淞比 54 表5.2生物纖維薄膜楊氏係數表 55 表5.3 不同溫度與厚度之SBC振膜 58 表5.4九種SBC振膜楊氏係數表 60 表5.5振膜基材之材料參數 61 表5.6懸邊之材料參數 61 表5.7圓形平面揚聲器框架規格表 66 表5.8 A、B框之聲壓曲線變異數 68 表5.9 B、C框之聲壓曲線變異數 69 表5.10實體框架 69 表5.11三種材質框架之聲壓曲線數據比對 70 表5.12 SBC-80-L圓形平面揚聲器之聲壓量測數據 73 表5.13 SBC-80-M圓形平面揚聲器之聲壓量測數據 74 表5.14 SBC-80-S圓形平面揚聲器之聲壓量測數據 76 表5.15 SBC-80-LMS圓形平面揚聲器之聲壓量測數據比對 77 表5.16 SBC-50-L圓形平面揚聲器之聲壓量測數據 80 表5.17 SBC-50-M圓形平面揚聲器之聲壓量測數據 81 表5.18 SBC-50-S圓形平面揚聲器之聲壓量測數據 83 表5.19 SBC-50-LMS圓形平面揚聲器之聲壓量測數據比對 84 表5.20 SBC-30-L圓形平面揚聲器之聲壓量測數據 86 表5.21 SBC-30-M圓形平面揚聲器之聲壓量測數據 88 表5.22 SBC-30-S圓形平面揚聲器之聲壓量測數據 89 表5.23 SBC-30-LMS圓形平面揚聲器之聲壓量測數據比對 90 表5.24 SBC-80、50、30-L圓形平面揚聲器之聲壓量測數據 93 表5.25 SBC-80、50、30-M圓形平面揚聲器之聲壓量測數據 96 表5.26 SBC-80、50、30-S圓形平面揚聲器之聲壓量測數據 98 表5.27較佳SBC振膜製作參數表 101 表5.28 Non-SBC-50-L圓形平面揚聲器之聲壓量測數據 102 表5.29有無懸邊之SBC-50-L圓形平面揚聲器之聲壓量測數據 104 表5.30 Non-SBC-30-S圓形平面揚聲器之聲壓量測數據 105 表5.31有無懸邊之SBC-30-S圓形平面揚聲器之聲壓量測數據 107

## REFERENCES

- 1.周紹儒, "揚聲器的認識與製造", 財團法人徐氏文教基金會, 中華民國92年。
- 2.Wylie C. and Barrett L., "Advanced Engineering Mathematics.", McGraw-Hill, New York., 1995.
- 3.Muhlethaler, K., "The structure of bacterial cellulose.", *Biochim. Biophys. Acta.*, 3: 527 – 535, 1949.
- 4.George, J., Ramana, K. V., Sabapathy, S. N. and Bawa, A. S., "Physico-mechanical properties of chemically treated bacterial (*Acetobacter xylinum*) cellulose membrane.", *World J. Microbiol. Biotechnol.* 21: 1323 – 1327, 2005.
- 5.Watanabe, K., Tabuchi, M., Morinaga, Y. and Yoshinaga, F., "Structural features and properties of bacterial cellulose produced in agitated culture.", *Cellulose*. 5: 187 – 200., 1998.
- 6.Schrecker, S. and Gostomski, P., "Determining the water holding capacity of microbial cellulose.", *Biotechnol. Lett.* 27: 1435 – 1438. 2005.
- 7.Wanichapichart, P., Kaewnopparat, S., Buaking, K. and Puthai, W., "Characterization of cellulose membranes produced by *Acetobacter xylinum*.", *J. Sci. Technol.* 24: 855 – 862. 2002.
- 8.Łaskiewicz, B., "Solubility of bacterial cellulose and its structural properties.", *J. Appl. Polym. Sci.* 67: 1871 – 1876. 1998.
- 9.Jesus, E. G., Andres, R. M. and Magno, E. T., "A study on the isolation and screening of microorganisms

for production of diverse textured Nata. ”, Philipp. J. Sci. 100: 41 – 52. 1971. 10.Hestrin, S. and Schramm, M., “ Synthesis of cellulose by *Acetobacter Xylinum* 2. Preparation of freeze-dried cells capable of polymerizing glucose to cellulose. ”, Biochem. J. 58: 345-352. 1954.

11.William, W. S. and Cannon, R. E., “ Alternative environmental roles for cellulose produced by *Acetobacter xylinum*. ”,Appl. Environ. Microbiol. 55: 2448 – 2452.,1989. 12.Blacljwell, J., “ The macromolecular organization of cellulose and chitin. In Brown, R. M., Jr.(ed.) Cellulose and Other Natural Polymer Systems. ”, Plenum Publishing Corp. 327-339. 1982. 13.Yamanaka, K., Hasegawa, A., Sawamura, R. and Okada, S., “ Dimethylatedarsenics induce DNA strand breaks in lung via the production of active oxygen in mice. ”,Biochemistry and Biophysical Research Communications 165: 43-50. 1989. 14.Ross, P., Mayer, R. and Benziman, M., “ Cellulose biosynthesis and function in bacteria. ”, Microbiological Reviews 55: 35-58. 1991. 15.Klemm, D., Heublein, B., Fink, H. P. and Bohn, A., “ Cellulose: fascinating biopolymer and sustainable raw material. ”, Angewandte Chemie International Edition 44: 3358-3393. 2005. 16.Vandamme, E. De-Bates, S., Vanbaelen, A., Joris, k. and De-wulf, P., “ Improved production of bacterial cellulose-production *Acetobacter* strains suitable for agitated culture. ”, Biosecience Biotechnilogy and Biochemistry 59: 1498-1502. 1998. 17.Yoshinaga, F., Tonouchi, N. and Watanabe, K., “ Research progress in production of bacterial cellulose by aeration and agitation culture and its application as a new industrial material. Bioscience. ”, Biotechnology and Biochemistry 61(2): 219-24. 1997. 18.Keshk, S., “ *Gluconacetobacter xylinus*: a new resource for cellulose. ”, Egypt Journal of Biotechnology 11: 305-310. 2002. 19.Brown, R. M. Jr., “ Cellulose structure and function aspects. ”,Ellis Howoodide 144-151. 1989. 20.陳精一, “ ANSYS 7.0電腦輔助工程實務分析 ”, 全華圖書股份有限公司, 2008。 21.田惠萍, “ 以*Acetobacter xylinum*生產生物纖維之最適培養條件及其抗菌應用之研究 ”, 大葉大學生物產業科技學系, 2009。 22.陳裕偉, “ 振動板與平面揚聲器之研發 ”, 大葉大學工業工程與科技管理研究所碩士論文, 2011。