

压电膜叠层对微型压电传声器性能的影响

郑洁,刘涛,梁海,陈雄,朱彪

(深圳市豪恩声学股份有限公司,广东深圳 518118)

摘要:对比分析了在微型传声器中采用4种不同的叠层方法来提高压电传声器灵敏度的效果。证实了在微型传声器中,采用直接压合或用导电胶粘接多张压电膜串联的叠层方式无效果。采用导电环连接的方式进行微型压电传声器中的叠层,叠层后压电传声器的灵敏度提高约6 dB。实验表明,采用薄导电环连接的叠层压电传声器性能比采用厚导电环连接的叠层压电传声器性能更稳定,频响曲线更平整。

关键词:压电驻极体;压电传声器;叠层;灵敏度

中图分类号:TN641

文献标识码:A

Influence of Stacked Piezoelectric Films on Piezoelectric Microphone's Performance

ZHENG Jie, LIU Tao, LIANG Hai, CHEN Xiong, ZHU Biao

(Shenzhen Horn Audio Co. Ltd., Shenzhen 518118, China)

Abstract: We analyzed the effect of 4 different methods in stacking films to improve the miniature piezoelectric microphone's sensitivity. There is no effect to stack piezoelectric film by direct laminated or conductive adhesive bonded in miniature microphones. However, using the conductive ring to connect films can increase the microphone's sensitivity of 6 dB. The experiment results show that the microphones use the thin conductive ring to connect films have more stable performance than the microphones use thick conductive ring to connect the films, and the frequency response curve become smoother.

Key words: piezoelectric; piezoelectric microphone; stack; sensitivity

0 引言

压电驻极体是一类具有压电效应的驻极体材料。其中聚丙烯泡沫压电驻极体(PP)是最常见的压电驻极体,该类驻极体研究较成熟,性能稳定^[1-2]。利用PP压电驻极体材料制成的传声器^[3-4]和扬声器^[5]具有超薄、柔软、价格低的特性,符合当下消费类产品和可穿戴式产品的潮流,具有很大的市场潜力。目前,压电传声器最大的问题是材料本身的灵敏度不高。此前, Hillenbrand 教授和 Sessler 教授采用直接压合或用导电胶粘接多张压电膜串联的叠层方式,证实了压电材料的串联在大型传声器样品中可提高压电传声器的灵敏度和信噪比^[6]。但在微型传声器中,采用直接压合或用导电胶粘接多张压电膜串联的叠层方式没有效果。所以,寻找一种在微型传声器中有效的多张压电膜串联叠层技术非常必要。

1 压电传声器结构与测试方法

1.1 压电传声器的结构

压电传声器与传统的驻极体电容式麦克风(ECM)传声器具有相似的结构,包含一个外壳,主要起电路连接、保护及屏蔽作用。外壳通过一个导电垫片与声电转换单元连接,外壳上开有入声孔,使声音信号能通过入声孔与传声器内部的声电转换单元接触。压电传声器的声电转换单元为1张或多张压电驻极体薄膜。在声压作用下,通过压电效应产生相应的电信号。声电转换单元产生的电信号通过腔体的金属片与铜环传到印刷电路板(PCB)上。最后,通过一个卷边封装的过程,使外壳与PCB紧密相连,这样整个压电传声器就变成了一个牢固的整体。

在压电膜间通过导电环进行连接时,需在外层压电膜上开一个小孔,使声音信号可和内层的压电

收稿日期:2014-06-09

基金项目:深圳市战略新兴产业发展专项资金科学基金资助项目(CXZZ20120611094042983)

作者简介:郑洁(1985-),男,江西上饶人,硕士生,主要从事电声产品的研究。朱彪(1982-),男,湖南株洲人,硕士,主要从事主导微型传声器与微型传感器的设计与封装的研究。

膜接触,每一层压电膜都产生与声音相应的电信号。根据串联电压叠加原理,多层压电膜的输出电压信号成倍增加,从而提高了压电传声器的灵敏度。

1.2 压电传声器灵敏度的测试方法

本次实验制备的压电传声器样品的性能均在深圳市豪恩声学股份有限公司的全消声室进行测试,采用业内标准的BK测试系统,声源为94 dB声压级(SPL)的自由场,声源与被测传声器间距为0.5 m。每组对比实验的样品数量均超过5个,具有统计意义。

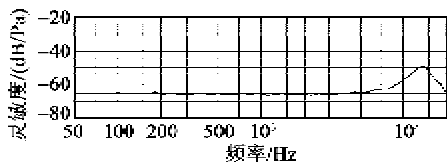
2 实验过程与结果

2.1 实验1

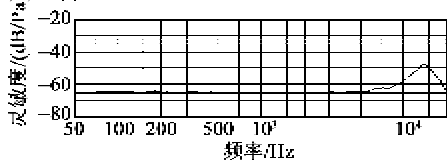
在微型传声器中采用直接压合多层压电膜的方式进行叠层。步骤:制作单层压电膜 $\varnothing 9$ mm压电传声器5个(见图1),双层压电膜直接压合的 $\varnothing 9$ mm压电传声器5个。图2为实验1测试曲线对比图。



图1 单层膜压电传声器结构图



(a) 单层压电膜 $\varnothing 9$ mm压电传声器的频响曲线

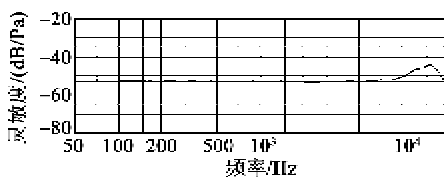


(b) 双层压电膜直接压合的 $\varnothing 9$ mm压电传声器的频响曲线

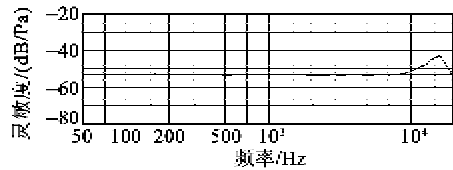
图2 实验1测试曲线对比图

2.2 实验2

在微型传声器中采用导电胶粘接多层压电膜的方式进行叠层。步骤:制作单层压电膜 $\varnothing 9$ mm压电传声器5个,导电胶粘接双层压电膜的 $\varnothing 9$ mm压电传声器5个。图3为实验2测试曲线对比图。



(a) 单层膜 $\varnothing 9$ mm压电传声器的频响曲线

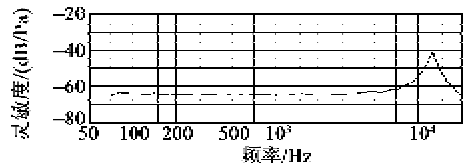


(b) 导电胶粘接双层压电膜 $\varnothing 9$ mm压电传声器的频响曲线

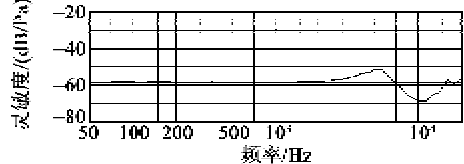
图3 实验2测试曲线对比图

2.3 实验3

在微型传声器中采用厚金属环连接多层压电膜的方式进行叠层。步骤:制作单层压电膜 $\varnothing 9$ mm压电传声器5个,采用厚金属环连接双层压电膜的 $\varnothing 9$ mm压电传声器5个。图4为实验3测试曲线对比图。



(a) 单层压电膜制成 $\varnothing 9$ mm压电传声器的频响曲线

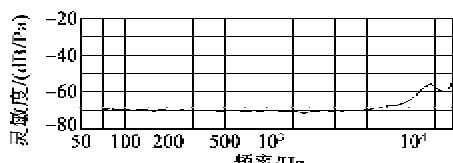


(b) 厚金属环连接双层压电膜的 $\varnothing 9$ mm压电传声器频响曲线

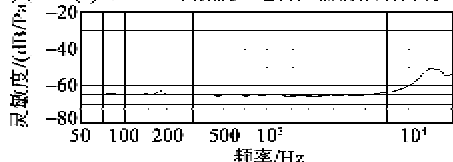
图4 实验3测试曲线对比图

2.4 实验4

在微型传声器中采用薄垫片连接多层压电膜的方式进行叠层。步骤:制作单层压电膜 $\varnothing 9$ mm压电传声器5个,采用薄垫片连接双层压电膜的 $\varnothing 9$ mm压电传声器5个。图5为实验4测试曲线对比图。



(a) $\varnothing 9$ mm单层膜压电传声器的频响曲线



(b) 薄垫片连接双层压电膜的 $\varnothing 9$ mm压电传声器的频响曲线

图5 实验4测试曲线对比图

2.5 实验总结

在上述4组实验中,不同组实验采用了不同增益的管芯,但同组实验采用的管芯相同。所以虽然不同组实验的传声器灵敏度相差很大,但同组实验

的对比还是有意义的。

表 1 传声器在 1 kHz 时的灵敏度

	灵敏度/(dB/Pa)		
	单层	双层	差值
实验 1	-65.43	-65.36	0.07
实验 2	-52.91	-53.2	-0.29
实验 3	-64.65	-58.56	6.09
实验 4	-70.68	-65	5.68

通过表 1 可看出,采用直接压合或用导电胶粘接多张压电膜串联的叠层方式,在微型传声器中无效果。其原因可能是在微型传声器中,直接压合或用导电胶粘接多张压电膜声音的振动只能与外层的膜接触,没有与内层膜发生作用。大型传声器之所以压合叠层有效是因为它不是采用卷边这样的密闭封装方法,膜片间与外界相对开放,所以声音振动仍可与每层膜片接触。

采用导电环连接的方式进行微型压电传声器中的叠层,且外层留有声孔使声音振动可与内层膜片接触,叠层后压电传声器的灵敏度提高。采用薄导电环连接的叠层压电传声器性能比采用厚导电环连接的叠层压电传声器性能更稳定,频响曲线更平整。因为采用薄导电垫片进行叠层,入声孔处未形成较大腔体,所以曲线高频没有形成较明显的峰和谷。

3 结束语

通过 4 组对比实验,验证了 4 种不同的压电膜

叠层方法对压电传声器灵敏度的影响。其中,直接压合或用导电胶粘合的叠层方式,在微型传声器中没有效果,灵敏度基本不变。采用导电环连接的方式叠层,叠层后压电传声器的灵敏度提高约 6 dB。且采用薄导电环叠层压电传声器性能比采用厚导电环叠层压电传声器性能更稳定,与声学理论相符。

参考文献:

- [1] ZHANG X, HILLENBRAND J, SESSLER G M. Piezoelectric d_{33} coefficient of cellular polypropylene subjected to expansion by pressure treatment[J]. *Appl Phys Lett*, 2004, 85(7): 1226-1228.
- [2] ZHANG X, HILLENBRAND J, SESSLER G M, et al. Fluoroethylenepropylene ferroelectrets with patterned microstructure and high, thermally stable piezoelectricity[J]. *Appl Phys A*, 2012, 107: 621-629.
- [3] NYKA-NEN H, ANTILA M, KATAJA J, et al. Active control of sound based on utilizing MFI-technology[J]. *Active*, 1999, 1159-1170.
- [4] KRESSMANN R. New piezoelectric polymer for airborne and water-borne sound transducers[J]. *Acoust Soc Am*, 2001, 109(4): 1412-1416.
- [5] ANTILA M, MUURINEN T, LINJAMA J, et al. Measurement methods of flat panel electromechanical film loudspeakers[J]. *Active*, 1997, 97: 607-618.
- [6] HILLENBRAND J, SESSLER G M. High-sensitivity piezoelectric microphones based on stacked cellular polymer films[J]. *Acoust Soc Am*, 2004, 116(6): 3267-3270.
- [7] WALEED A A, MATTHIAS H, TOBIAS H, et al. Enhanced energy harvesting using multiple piezoelectric elements: Theory and experiments[J]. *Sensors and Actuators A*, 2013(200): 138-146.
- [8] HUANG P C, TSAI T H, YANG Y J. Wide-bandwidth piezoelectric energy harvester integrated with parylene-C beam structures[J]. *Microelectronic Engineering*, 2013(111): 214-219.
- [9] TANG Lihua, YANG Yaowen, SOH C K. Improving functionality of vibration energy harvesters using magnets[J]. *Journal of Intelligent Material Systems and Structures*, 2012, 23(13): 1433-1449.
- [10] ERTURK A, INMAN D J. Broadband piezoelectric power generation on high-energy orbits of the bistable duffing oscillator with electromechanical coupling[J]. *Journal of Sound and Vibration*, 2011, 330: 2339-53.
- [11] 赵剑. 基于双稳态特性的加速度开关研究[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2008.
- [12] 陈仲生, 杨拥民. 悬臂梁压电振子宽带低频振动能量俘获的随机共振机理研究[J]. *物理学报*, 2011, 60(7): 074301-074306.
- [13] CHEN Zhongsheng, YANG Yongming. Stochastic resonance mechanism for wideband and low frequency vibration energy harvesting based on piezoelectric cantilever beams[J]. *Acta Physica Sinica*, 2011, 60(7): 074301-074306.
- [14] 孙舒, 曹树谦. 双稳态压电悬臂梁发电系统的动力学建模及分析[J]. *物理学报*, 2012, 61(21): 2105051-21050511.
- [15] SUN Shu, CAO Shuqian. Dynamic modeling and analysis of a bistable piezoelectric cantilever power generation system[J]. *Acta Physica Sinica*, 2012, 61(21): 2105051-21050511.

(上接第 244 页)