**项目公示信息（自然科学奖）**

**一、项目名称**：夹心式压电陶瓷复合超声换能器的耦合振动及负载特性研究

**二、提名者及提名意见**

**提名单位**：陕西省物理学会

**提名意见**：

在三项国家自然科学基金的资助下，项目对夹心式压电陶瓷复合超声换能器的耦合振动模态及负载特性开展了系统深入的研究工作。提出了一种基于换能器耦合振动理论来实现夹心式压电陶瓷换能器复频振动的新方法；同时，通过改变换能器电负载阻抗实现了换能器共振频率的连续改变。提出了一种可以实现全方位声波辐射的大功率超声波三维辐射器，并给出了其解析分析理论。探讨了换能器的声电负载对换能器共振频率以及有效机电耦合系数的影响规律。提出了一种基于电功率计的夹心式压电陶瓷复合换能器电声效率以及辐射功率的测试方法，为功率超声换能器的优化设计及大功率性能参数测试以及评价提供了奠定了理论基础。

7篇代表性研究成果包括5篇SCI论文以及2部著作。5篇代表性论文发表在声学顶级学术刊物《美国声学杂志》等期刊上，被SCI论文引用126次，其中他引113次。

成果材料齐全、规范，无知识产权纠纷，人员排序无争议，符合陕西省自然科学奖提名条件，特提名为陕西省自然科学奖二等奖。

**三、项目简介**

本项目属于超声学领域中有关超声换能器的应用基础研究课题，其主要研究成果及科学价值概述如下：

主要研究成果：

1、 针对传统的夹心式压电陶瓷换能器单一工作频率问题，提出了一种利用换能器耦合振动理论来实现夹心式压电陶瓷换能器复频振动的新方法，给出了换能器复频振动的共振频率方程，并进行了实验验证。提出了一种通过改变换能器电负载阻抗改变换能器共振频率的方法，实现了传统的压电陶瓷换能器共振频率的连续改变。

2、 对夹心式压电陶瓷纵-弯复合超声换能器进行了研究，得出了此类复合模态换能器纵向振动及弯曲振动的耦合振动方程，并得出了纵向振动和弯曲振动的同频共振条件。得出了切向极化压电陶瓷圆环厚度剪切振动的机电等效电路及其共振频率设计方程。

3、 针对传统的夹心式压电陶瓷超声波换能器存在的一维单向声波辐射问题，结合换能器的耦合振动理论以及振动模态转换理论，提出了一种可以实现全方位声波辐射的大功率超声波三维辐射器，给出了其机电等效电路、耦合振动共振频率方程及其三维声场分布。

4、 研究了夹心式压电陶瓷换能器的负载特性，给出了考虑声负载情况下的换能器的共振频率方程，探讨了换能器的声负载对换能器共振频率以及有效机电耦合系数的影响规律，为换能器的优化设计奠定了理论基础。

5、 对大功率压电陶瓷超声波换能器测试困难问题，提出了一种基于电功率计的夹心式压电陶瓷复合换能器电声效率以及辐射功率的测试方法，为功率超声换能器的大功率性能参数测试以及评价提供了一种新的途径。

科学价值：

本项目得出的有关复频超声换能器的研究成果，对于改善超声液体处理技术中声场的均匀性具有实际应用价值。关于全方位声波辐射器的研究成果，不但可以提高换能器的输出功率，而且扩大了声波的作用范围，实现了三维全方位超声波辐射，克服了传统的超声波换能器存在的单向辐射问题。关于纵弯复合夹心式压电陶瓷换能器的研究成果，对于改善传统的超声波手术刀侧向切割效率，具有理论指导意义和实际参考价值。

**四、客观评价**

本项目共包括7篇代表性研究成果。其中5篇代表性论文都发表于声学学科顶级学术刊物，如J.Acoust.Soc.Am，IEEE Transactions on UFFC,Ultrtasonics以及Journal of Sound and Vibration等SCI源期刊杂志上。5篇代表性论文被SCI期刊引用126次，其中他引113次。2部著作已成为声学专业研究生以及超声科技工作者的主要参考书目。

五、代表性论文专著目录（**不**超过8篇，其中代表作论文不超过5篇）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 论文专著名称 | 刊名 | 作者 | 第一完成单位 | 年卷页码 | 发表时间 | 通讯作者 | 第一作者 | 国内作者 | 他引总次数 | 知识产权是否归国内所有 |
| 1 | Thickness shearing vibration of the tangentially polarized piezoelectric ceramic thin circular ring | J.Acoust.Soc.Am | Lin Shuyu | 陕西师范大学 | 2000年107卷2487-2492页 | 200005 | 林书玉 | 林书玉 | 林书玉 | 15 | 是 |
| 2 | Measurement of ultrasonic power and electro-acoustic efficiency of high power transducers | Ultrasonics | Lin Shuyu，Zhang Fucheng | 陕西师范大学 | 2000年37卷  549-554页 | 200001 | 林书玉 | 林书玉 | 林书玉，张福成 | 32 | 是 |
| 3 | Effect of Electric Load Impedances on the Performance of Sandwich Piezoelectric Transducers | IEEE Transactions on UFFC | Lin shuyu | 陕西师范大学 | 2004年51卷  1280-1286页 | 200410 | 林书玉 | 林书玉 | 林书玉 | 16 | 是 |
| 4 | Load characteristics of high power sandwich piezoelectric ultrasonic transducers | Ultrasonics | Lin Shuyu | 陕西师范大学 | 2005年43卷  365-373页 | 200503 | 林书玉 | 林书玉 | 林书玉 | 32 | 是 |
| 5 | A new type of high power composite ultrasonic transducer | Journal of Sound and Vibration | Shuyu Lin, Long Xu，Wenxu Hu | 陕西师范大学 | 2011年330卷  1419-1431页 | 201103 | 林书玉 | 林书玉 | 林书玉，许龙，胡文旭 | 18 | 是 |
| 6 | 超声换能器的原理及设计 | 科学出版社 | 林书玉 | 陕西师范大学 |  | 200406 | 林书玉 | 林书玉 | 林书玉 |  | 是 |
| 7 | Composite Ultrasonic Transducers(英文专著) | 陕西师范大学出版社 | 林书玉 | 陕西师范大学 |  | 200307 | 林书玉 | 林书玉 | 林书玉 |  | 是 |

六、主要完成人情况

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓名 | 排名 | 行政  职务 | 技术  职称 | 工作  单位 | 完成  单位 | 对本项目贡献 |
| 林书玉 | 1 | 无 | 教授 | 陕西师范大学 | 陕西师范大学 | 完成了项目的立项、科研实施以及结题等工作，包括理论分析、数值模拟以及实验研究和论文撰写等工作。 |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |

七、主要完成单位情况

陕西师范大学是项目唯一完成单位。

八、完成人合作关系说明

该项目主要工作由林书玉教授独立完成。