

## 新型磁性材料与智能器件团队

### ► 团队成员



王博文 教授

博士生导师，研究领域为磁致伸缩材料与器件。在磁致伸缩原理、磁致伸缩材料特性及测试和磁致伸缩器件研究方面，取得了多项研究成果。出版专著《超磁致伸缩材料制备与器件设计》《磁致伸缩材料与器件》和《磁致伸缩材料与传感器》。获国家发明四等奖、省科学技术突出贡献奖、省自然科学二等奖、省科技进步三等奖和省教委科技进步二等奖各一项。为中国物理学会相图专业委员会委员，国家“863”计划项目评审专家，国家留学基金项目评审专家，《中国电机工程学报》特约审稿专家。



翁玲 教授



黄文美 教授



曹淑瑛 教授



孙英 教授



李明明 副教授

### ► 团队简介

新型磁性材料与器件团队于1995年开始从事新型磁性材料与器件的研究，是国内最早开展新型磁性材料与器件研究的单位之一。目前，团队已建立了一支以中青年教授、博士为主体的研究队伍，形成了相对稳定的研究方向，构建了良好的科研环境和平台，建立了硕士、博士层次的人才培养模式。经过多年不懈的努力，团队在国内外取得了具有影响的科研成果。团队承担各类科研项目20余项，其中国家自然科学基金项目7项。在国内外学术期刊《IEEE Trans. on Indus. Info.》、《Appl. Phys. Lett.》、《J. Appl. Phys.》、《IEEE Trans. Magn.》、《电工技术学报》等发表论文200余篇，引用280余次。出版了学术著作3部，专著《磁致伸缩材料与器件》已再次出版印刷，成为磁性材料与器件领域公认的权威学术专著。

### ► 研究方向

新型磁性材料制备、  
特性与测试技术

多物理场磁性材料  
特性模型

基于新型磁性材料的  
换能与传感理论

基于新型磁性传感器的  
智能机器人触觉感知



## 新型磁性材料与智能器件团队

### ➤ 近五年代表性科研项目

项目名称	项目来源	时间
基于仿生学的磁致伸缩触觉传感器阵列机理分析与触觉信息映射	国家自然科学基金面上项目	2021-2024
Fe-Ga合金艾林瓦行为的组织调控与磁耦合机制研究	国家自然科学基金青年基金	2019-2021
高频激励条件下磁致伸缩换能器多场耦合效应分析与模型构建	国家自然科学基金面上项目	2018-2021
磁致伸缩触觉传感器与机器人操作感知理论研究	河北省自然科学基金重点项目	2017-2020
Galfenol悬臂梁振动器件的机-磁-电双向耦合动态非线性模型研究	河北省自然科学基金面上项目	2016-2018
多场耦合作用下超磁致伸缩换能器的非线性动态模型研究	河北省自然科学基金面上项目	2014-2016
Fe-Ga合金热弹性反常及其机理研究	河北省自然科学基金青年项目	2019-2021
基于逆磁致伸缩效应的多晶Fe-Ga合金振动发电研究	教育部留学归国人员启动基金	2014-2016
Galfenol悬臂梁振动器件的发电及阻尼减振动态非线性特性研究	河北省高等学校科学技术研究重点项目	2016-2018
螺旋磁场对磁致伸缩液位传感器的影响研究	河北省高等学校科学技术研究重点项目	2015-2018
新型磁致伸缩液位传感器的设计及影响因素研究	天津市高等学校科技发展基金计划项目	2014-2017
基于Galfenol合金逆效应的振动发电理论与实验研究	河北省人社厅	2014-2016
接触起电式加速度传感器的开发	企业自拟项目	2017-2020
磁致伸缩棒位测量系统样机	中国核动力研究设计院	2019-2020



## 新型磁性材料与智能器件团队

### ➤ 科研获奖

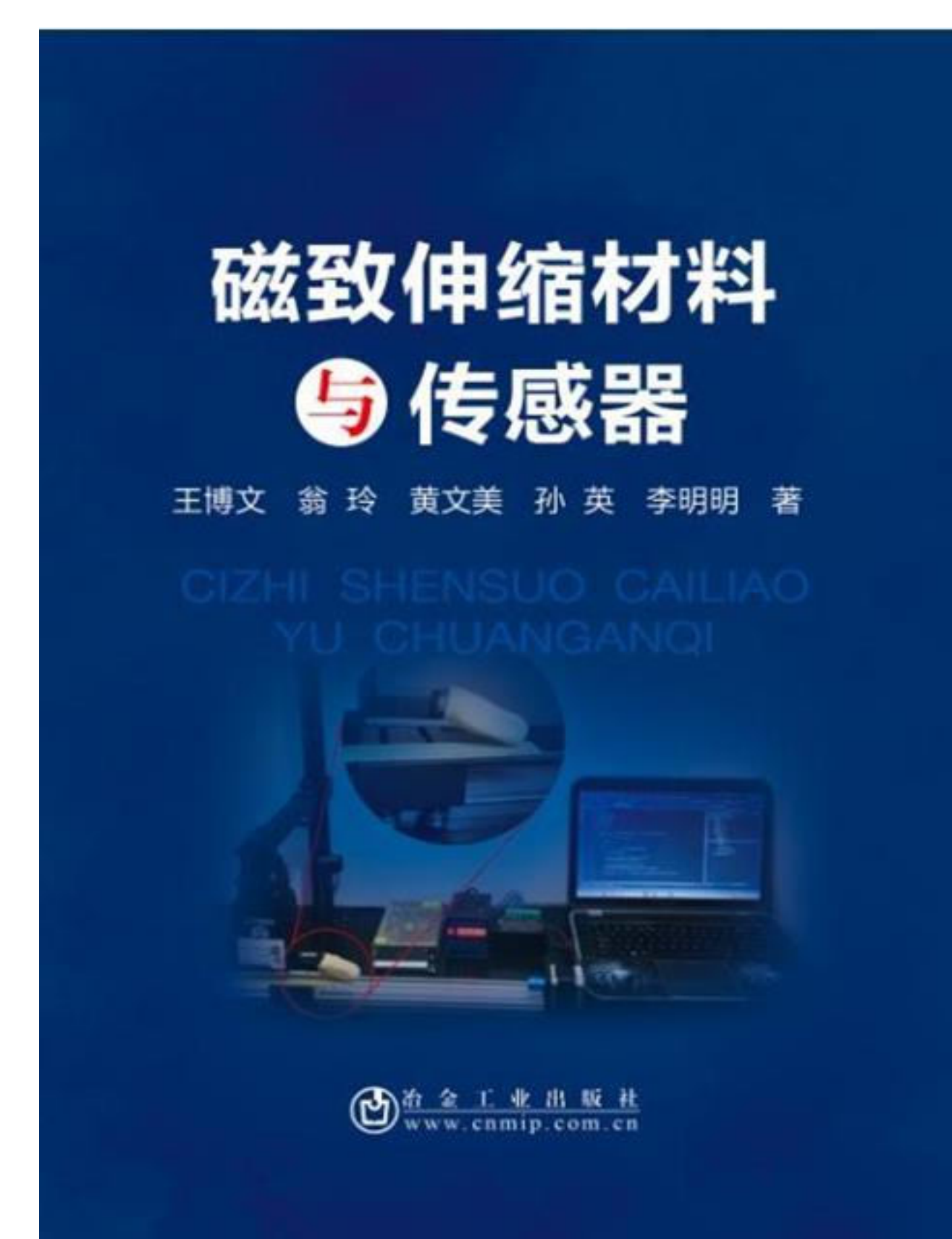
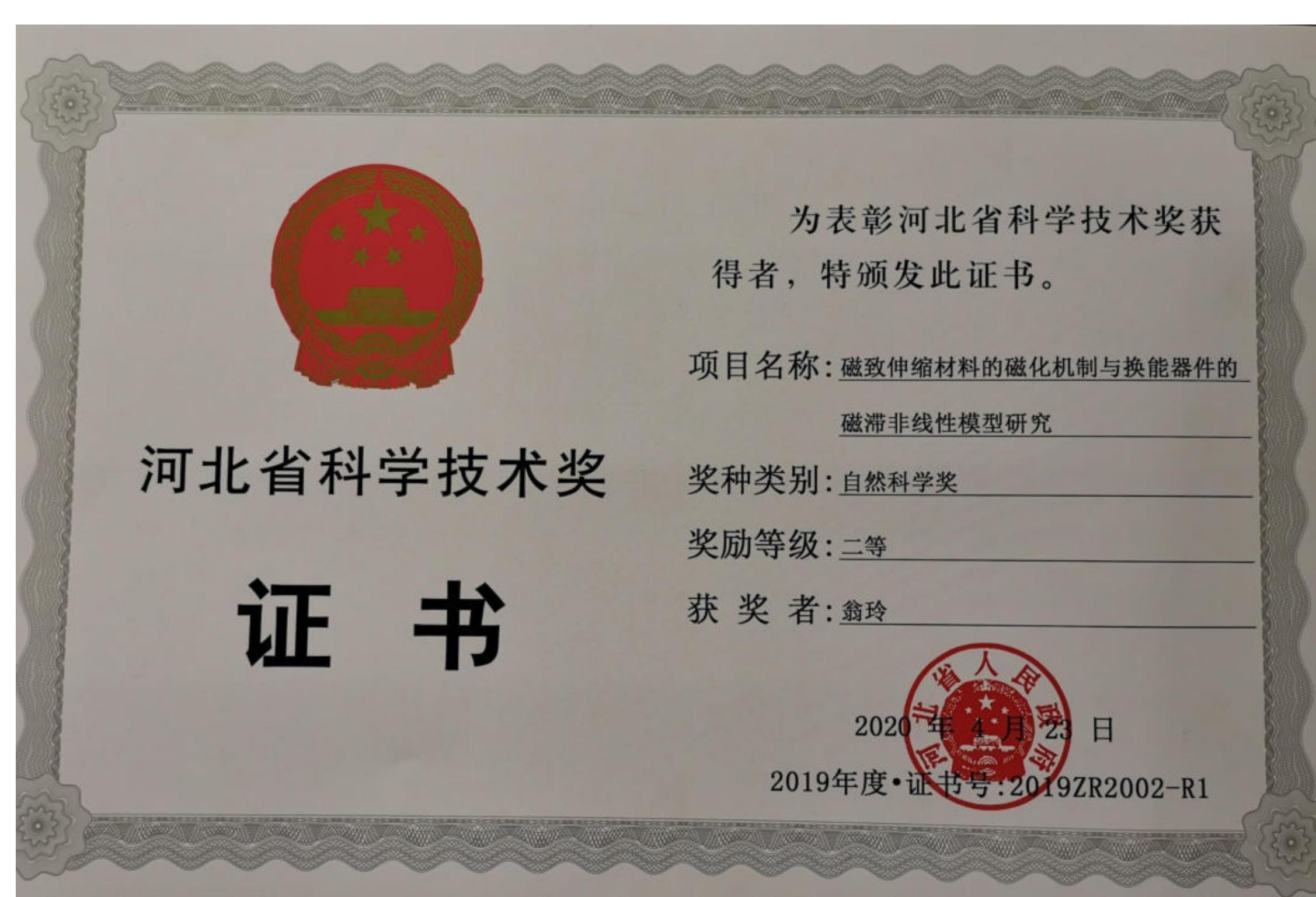
获奖项目名称	奖励名称及等级	获奖时间	获奖人
磁致伸缩材料的磁化机理与换能器件的耦合模型	河北省自然科学二等奖	2019年度	翁玲 黄文美 孙英 曹淑瑛 王博文

### ➤ 部分已授权专利

专利名称	授权号	主要发明人
基于超磁致伸缩材料Terfenol-D的无源压力传感器	201210234799.1	王博文; 翁玲; 王志华; 孙英; 黄文美
一种电磁式振动发电机	201310444325.4	王博文; 李志鹏; 王志华; 孙英; 翁玲
一种磁致伸缩材料磁特性测试仪	201310530478.X	翁玲; 罗柠; 孙英; 黄文美; 王博文
一种可控振幅的小口径非球面抛光装置	201410277316.5	王博文; 胡永志; 赵智忠; 李骥; 富大伟
一种谐振式微重量测量装置	201410621415.0	王博文; 梅海洋; 赵智忠; 吴焕丽; 翁玲
用于驱动中小型磁致伸缩换能器的变频电源	201410088092.3	黄文美; 石春园; 王博文; 翁玲
基于Fe-Ga材料的磁致伸缩液位传感器	201410081407.1	孙英; 郑奕; 翁玲; 张露予; 王博文
一种低频永磁振动发电机	201510173146.0	王博文; 李恒; 王志华; 赵智忠; 曹淑瑛
一种梯形磁轭永磁振动发电装置	201510173146.0	王博文; 李恒; 王志华; 赵智忠; 曹淑瑛
一种适用于大温度区间/高温环境的磁致伸缩位移传感器	201910782179.3	李明明; 王干; 王博文; 黄文美

### ➤ 代表性著作

著作名称	出版社	作者
磁致伸缩材料与传感器	冶金工业出版社	王博文 翁玲 黄文美 孙英 李明明
磁致伸缩材料与器件	冶金工业出版社	王博文 曹淑瑛 黄文美





## 新型磁性材料与智能器件团队

### ► 主办会议

团队于2009年成功举办了中国物理学会相图专业委员会会议，2013年主办了磁致伸缩材料与应用新进展国际研讨会。获得了国内外专家学者的高度评价，提升了研究团队在学术界的知名度和影响力。



中国物理学会相图专业委员会会议



磁致伸缩材料与应用新进展国际研讨会



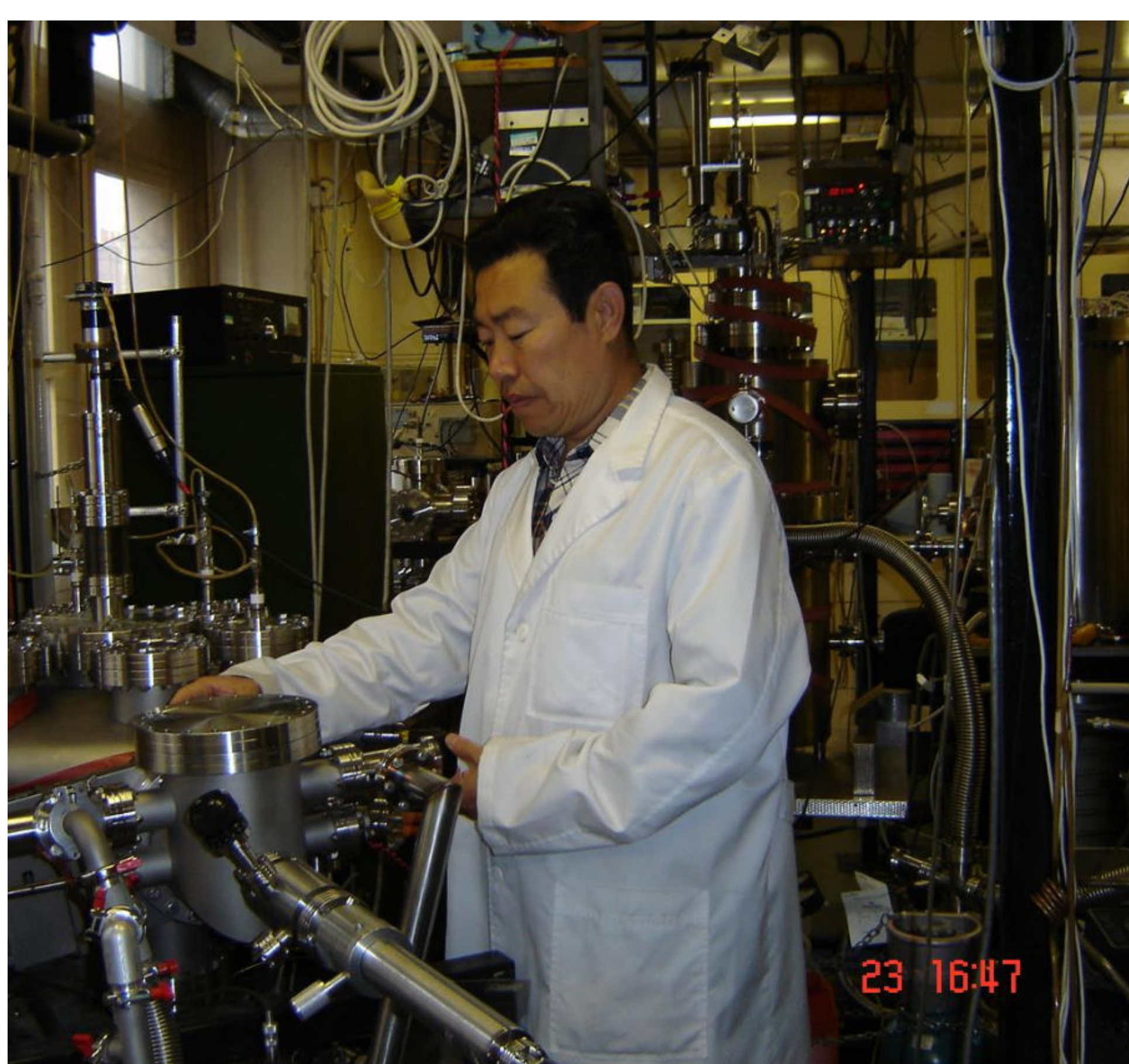
中国科学院梁敬魁院士到会并讲话



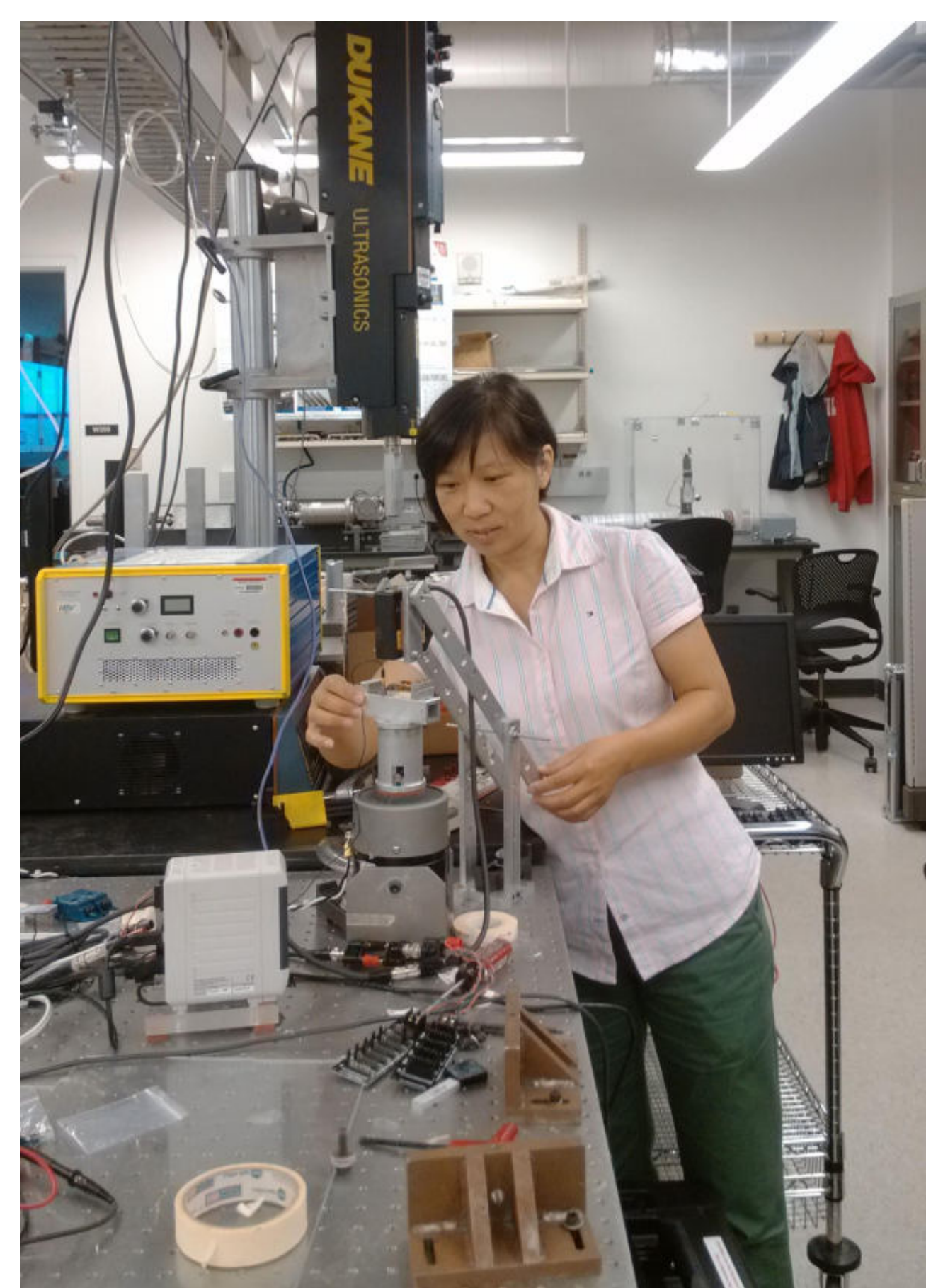
美国俄亥俄州立大学Dapino M J 教授  
做学术报告

### ► 学术交流

团队与美国俄亥俄州立大学、英国布莱顿大学、北京航空航天大学、北京科技大学、有色金属研究总院等建立了学术交流与合作关系。



王博文教授在剑桥  
大学实验室工作



黄文美教授在美国智能  
材料与器件实验室工作



孙英教授在美国匹兹堡大学  
计算神经科学实验室访学

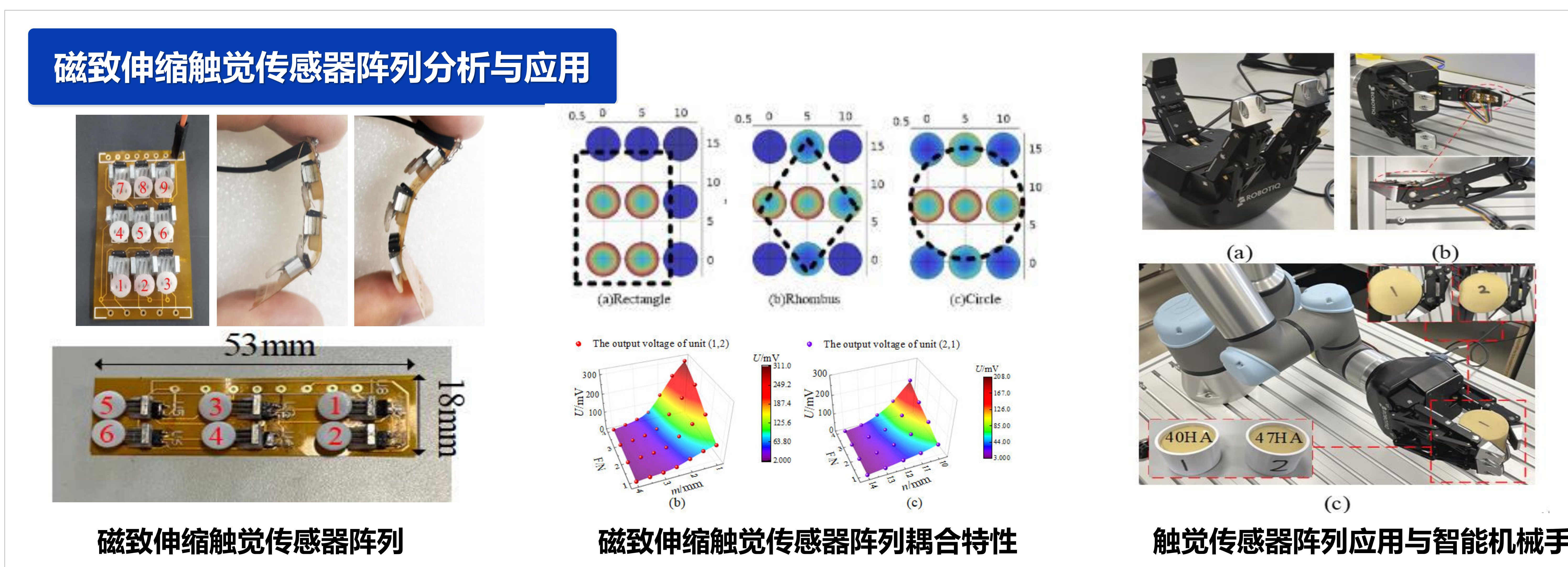
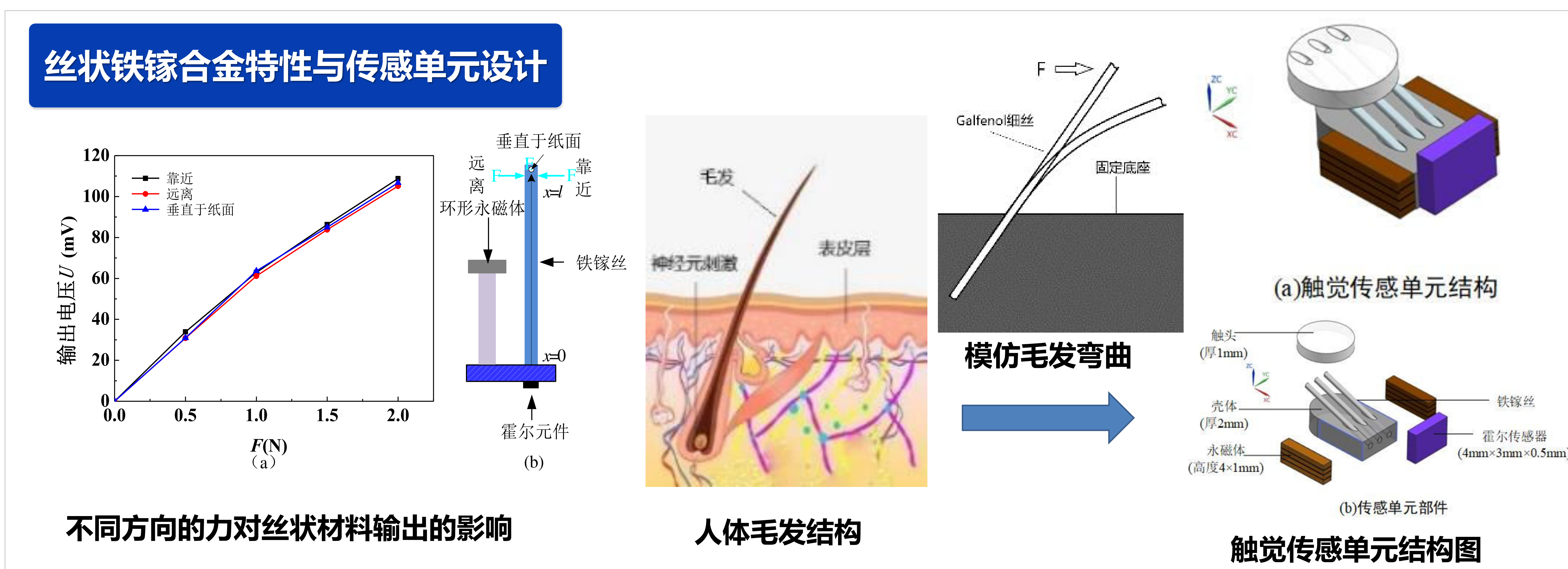


# 磁致伸缩触觉传感器机理分析及应用

## ➤ 研究方向

- ◆ 敏感材料特性测试与仿生学原理
- ◆ 磁致伸缩触觉传感单元设计与分析
- ◆ 磁致伸缩触觉传感器阵列多场耦合机理分析
- ◆ 触觉传感器在电工装备智能感知中的应用

## ➤ 研究成果



## ➤ 代表性成果

### 科研获奖：

[1] 磁致伸缩材料的磁化机理与换能器件的耦合模型，河北省自然科学二等奖，2019

### 科研项目：

- [1] 河北省自然科学基金重点项目(E2017202035)，磁致伸缩触觉传感器与机器人操作感知理论研究，2017-2020，100万元  
 [2] 国家自然科学基金面上项目(52077052)，磁致伸缩触觉传感阵列机理分析与触觉信息映射，2021-2024，60万元

### 代表性论文：

- [1] Gao Shaoyang, Weng Ling, Deng Zhangxian, Wang Bowen, Huang Wenmei. Biomimetic tactile sensor array based on magnetostrictive materials [J]. IEEE Sensors Journal, 2021, 21(12): 13116-13124.  
 [2] Ling Weng, Guanran Xie, Bing Zhang, Wenmei Huang, Bowen Wang, Zhangxian Deng. Magnetostrictive Tactile Sensor Array for Force and Stiffness Detection [J]. Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 2020, 513: 167068.  
 [3] Yunkai Li, Bowen Wang, Yuanyuan Li, et al. Design and Output Characteristics of Magnetostrictive Tactile Sensor for Detecting Force and Stiffness of Manipulated Objects [J]. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 2019, 15(2):1219-1225.  
 [4] Bing Zhang, Bowen Wang, Yunkai Li, et al. Magnetostrictive Tactile Sensor Array for Object Recognition[J]. IEEE Transactions on Magnetics, 2019, 55(7): 4002207.  
 [5] Wendong Zheng, Bowen Wang, Huaping Liu, et al. Structural design and output characteristic analysis of magnetostrictive tactile sensor for robotic applications[J]. AIP Advances, 2018, 8, 056622.



# 磁致伸缩材料与器件高频特性测试与建模

## 研究方向

- ◆ 磁致伸缩材料高频变温特性测试
- ◆ 磁致伸缩材料高频损耗模型
- ◆ 磁致伸缩换能器多场耦合特性模型
- ◆ 磁致伸缩换能器输出特性测试

## 研究成果

### 材料高频特性测试与损耗模型

**高频变温特性测试系统**

**高频变温云图及特性曲线**

**高频变温变偏置场损耗模型与测试系统**

$$p(f_i, H_{dc1}) = \begin{bmatrix} p(f_1, B_{m11}, H_{dc1}) & p(f_1, B_{m12}, H_{dc1}) & \dots & p(f_1, B_{m1n}, H_{dc1}) \\ p(f_2, B_{m21}, H_{dc1}) & p(f_2, B_{m22}, H_{dc1}) & \dots & p(f_2, B_{m2n}, H_{dc1}) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ p(f_n, B_{mn1}, H_{dc1}) & p(f_n, B_{mn2}, H_{dc1}) & \dots & p(f_n, B_{mn}, H_{dc1}) \end{bmatrix}$$

$$p(f_i, B_{mij}, H_{dc1}) = \begin{bmatrix} k_1(f_i, B_{m11}, H_{dc1}) + k_2(f_i, B_{m11}, H_{dc1})f \\ + k_3(f_i, B_{m11}, H_{dc1})f^{0.5} \\ k_4(f_i, B_{m21}, H_{dc1}) + k_5(f_i, B_{m21}, H_{dc1})f \\ + k_6(f_i, B_{m21}, H_{dc1})f^{0.5} \\ \vdots \\ k_n(f_i, B_{mn1}, H_{dc1}) + k_{n+1}(f_i, B_{mn1}, H_{dc1})f \\ + k_{n+2}(f_i, B_{mn1}, H_{dc1})f^{0.5} \end{bmatrix}$$

$$p(B_m, f, H_{dc}) = \left( k_1 B_m^{\alpha_1} f^{\beta_1} H_{dc}^{\gamma_1} \right) B_m^2 f + \left( k_2 B_m^{\alpha_2} f^{\beta_2} H_{dc}^{\gamma_2} \right) B_m^2 f^2 + \left( k_3 B_m^{\alpha_3} f^{\beta_3} H_{dc}^{\gamma_3} \right) B_m^{1.5} f^{1.5}$$

### 换能器件多场耦合模型与输出特性测试

**高频换能器测试系统**

**换能器高频变温激励与输出特性测试**

**换能器多场耦合建模**

电磁场  $H$  控制方程公式 (5.16)

机械场  $u$  控制方程公式 (5.29)

热场  $T$  控制方程公式 (5.31)

磁化强度  $M$  考虑各向异性磁化强度方程公式 (2.21)

材料参数 表示为以温度为变量的函数

考虑动态损耗磁化强度方程公式 (2.50)

磁致伸缩棒的高频磁能损耗公式 (3.11)

激励线圈的铜损耗公式 (4.10)

高频损耗  $Q$

初始条件 边界条件

磁场分布 温度分布 输出位移 输出加速度 输出力

## 代表性成果

代表性论文：

- [1] Pingping Guo, Wenmei Huang, Zhiyu Xia, Ling Weng, Variable Coefficient Magnetic Energy Losses Calculating Model for Magnetostrictive Materials Considering Compressive Stress, AIP Advances, 2021, 11(3):035227.
- [2] Wenmei Huang, Xiaoqing Wu, Pingping Guo, Variable Coefficient Magnetic Energy Losses Calculation Model for Giant Magnetostrictive Materials IEEE Trans. on Magn., 2021, 57(2):6300505.
- [3] Li Y, Huang W, Wang B, et al. High-Frequency Output Characteristics of Giant Magnetostrictive Transducer[J]. IEEE Trans. on Magn., 2019, 55(6): 8202305.
- [4] Wenmei Huang, Chunyan Gao, Yafang Li, Bowen Wang, Experimental and Calculating Analysis of High-Frequency Magnetic Energy Losses for Terfenol-D Magnetostrictive Material, IEEE Trans. on Magn., 2018, 54(11): 2802004.
- [5] Wenmei Huang, Yafang Li, Ling Weng, Shuying Cao, and Bowen Wang, Multifield Coupling Model With Dynamic Losses for Giant Magnetostrictive Transducer, IEEE Trans. on Applied Superconductivity, 2016, 26(4), 4900805.
- [6] Wenmei Huang, Zhangxian Deng, Marcelo J. Dapino, Ling Weng, Bowen Wang, Electromagnetic-mechanical-thermal fully coupled model for Terfenol-D devices, Journal of Applied Physics, 2015, 117(4), 17A915.

专利：

- [1] 黄文美, 石春园, 王博文, 翁玲, 用于驱动中小型磁致伸缩换能器的变频电源, (ZL 2014 1 0088092.3), 2016.10.12
- [2] 黄文美, 冉超, 翁玲, 王博文, 张博, 一种磁致伸缩换能器自动阻抗匹配器, (ZL 2019 2 1651312.3), 2020.6.16



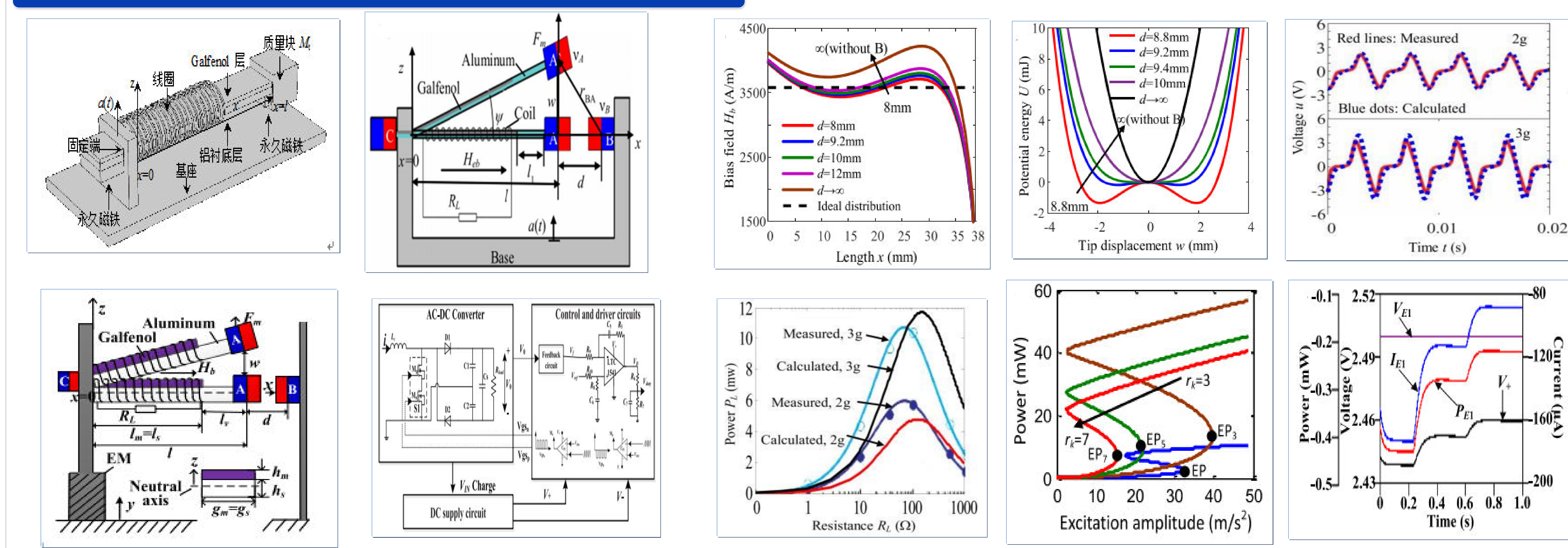
# 磁致伸缩振动系统发电及减振性能研究

## 研究方向

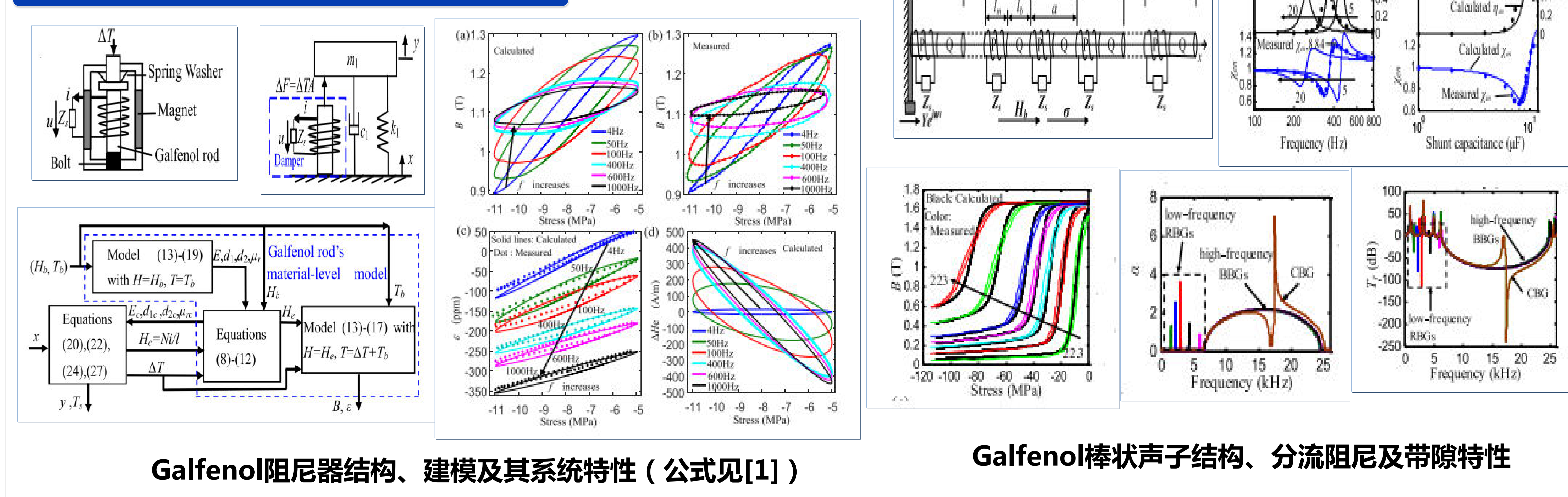
- ◆ 磁致伸缩悬臂梁和棒状器件设计
- ◆ 器件发电和减振机电耦合非线性模型
- ◆ 器件能量采集控制电路
- ◆ 器件发电和减振非线性特性研究

## 研究成果

### 磁致伸缩悬臂梁器件结构、控制电路原理及特性



### 磁致伸缩棒状器件结构、建模与特性



Galfenol阻尼器结构、建模及其系统特性 (公式见[1])

Galfenol棒状声子结构、分流阻尼及带隙特性

## 代表性成果

[1] Shuying Cao, Xiufeng Yue, Jiaju Zheng, et. al. Dynamic Coupled Model of Vibration System With Galfenol Damper Considering Eddy Currents and Hysteresis [J]. IEEE Transactions on Magnetics, 2020, 56 (1): 7501204.

[2] Shuying Cao, Lu Liu, Jiaju Zheng, et. al. Modeling and Analysis of Galfenol Nonlinear Cantilever Energy Harvester with Elastic Magnifier [J]. IEEE Transactions on Magnetics, 2019, 55 (6): 8200905.

[3] Shuying Cao, Xueyuan Wang, Jiaju Zheng, et. al. Modeling and Design of an Efficient Magnetostrictive Energy Harvesting System with Low Voltage and Low power [J]. IEEE Transactions on Magnetics, 2018, 54 (11): 8207005.

[4] Shuying Cao, Shuaishuai Sun, Jiaju Zheng, et. al. Modeling and Analysis of Galfenol Cantilever Vibration Energy Harvester with Nonlinear Magnetic Force [J]. AIP Advances, 2018, 8(5): 056718.

[5] Shuying Cao, Jiaju Zheng, Bowen Wang, et. al. Mechanical-magnetic-electric Coupled Behaviors for Stress-driven Terfenol-D Energy Harvester [J]. AIP Advances, 2017, 7(5): 056714.

[6] Jiaju Zheng, Shuying Cao, Ruzheng Pan, et. al. Bandgap and Vibration Reduction of Laminated Galfenol Phononic Crystal With Shunt Circuit IEEE Transactions on Magnetics, 2021, 57 (2): 2500306.

[7] Jiaju Zheng, Shuying Cao, Ruzheng Pan, et. al. Dynamic Modeling and Optimization for Vibration Control of a Composite Cantilever with Magnetostrictive Shunt Damper [J]. IEEE Transactions on Magnetics, 2018, 54(11): 9100106.



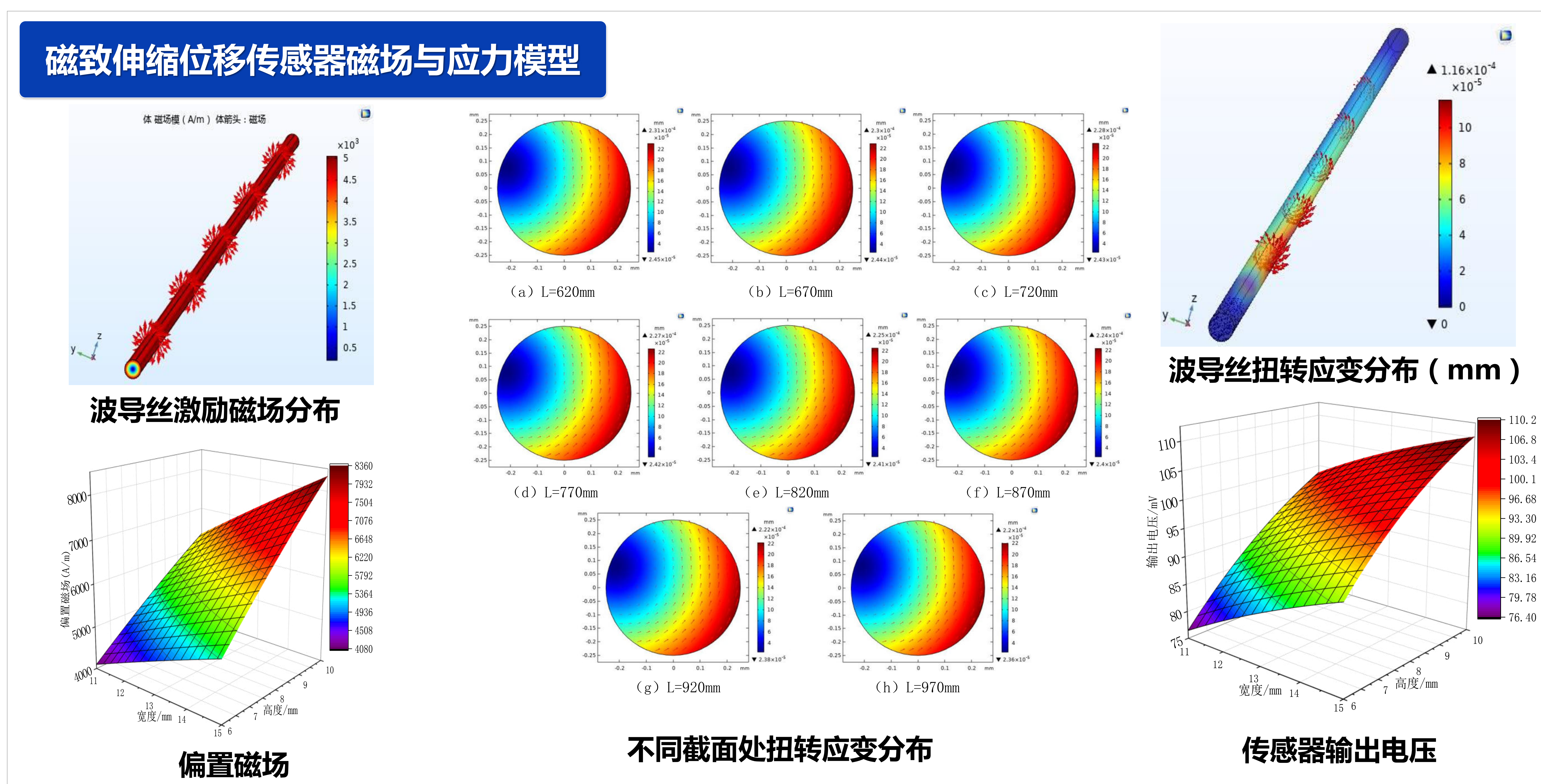
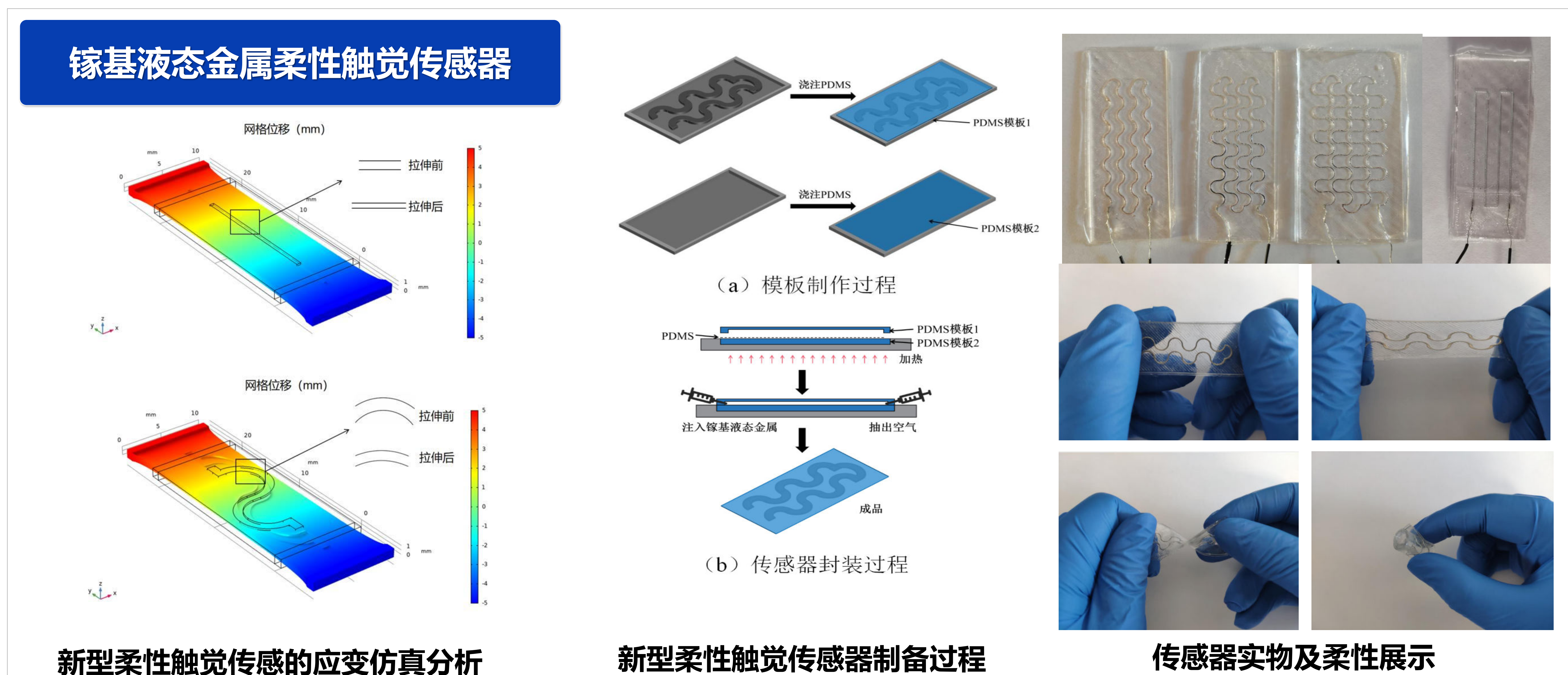
# 新型液态金属传感器

## ➤ 研究方向

◆ 镓基液态金属柔性触觉传感器

◆ 磁致伸缩位移传感器磁场与应力模型

## ➤ 研究成果



## ➤ 代表性成果

- [1] 孙英, 刘乃源, 翁玲, 等. 基于镓基液态金属的高带宽柔性NFC标签天线设计及特性测试[J]. 仪器仪表学报, 2021, 42(07): 216-225.
- [2] 孙英, 武泽航, 张耀松, 等. 永磁体对磁致伸缩位移传感器波导丝扭转应变的影响分析, 仪器仪表学报, 2021, 42(4): 10-23.
- [3] 孙英, 刘乃源, 余臻伟, 等. 基于NFC的可穿戴传感器中柔性/可拉伸天线的研究进展, 仪器仪表学报, 2020, 41(12): 122-137.
- [4] 孙英, 张耀松, 陈铮, 等. 磁致伸缩位移传感器反射波电压特性与阻尼参数优化, 农业机械学报, 2021, 52(5): 412-419.
- [5] Ying Sun\*, Fei Liu, Zipeng Yuan, et al. A novel three-axial force tactile sensor based on the fringing effect of electric field. IEEE Transactions on Magnetics, 2019, 55(9), 7500305.
- [6] 孙英, 郑岩, 翁玲, 等. 磁致伸缩液位传感器双检测线圈温度补偿与噪声抑制. 光学精密工程, 2019, 27(1): 156-163.
- [7] 孙英, 边天元, 王硕, 等. 偏置磁场对磁致伸缩液位传感器检测电压的影响, 光学精密工程, 2016, Vol. 24(11): 2783-2791.
- [8] 获2019年河北省自然科学二等奖。
- [9] 王博文, 翁玲, 黄文美, 孙英, 李明明著《磁致伸缩材料与传感器》, 2020.5, 冶金工业出版社。

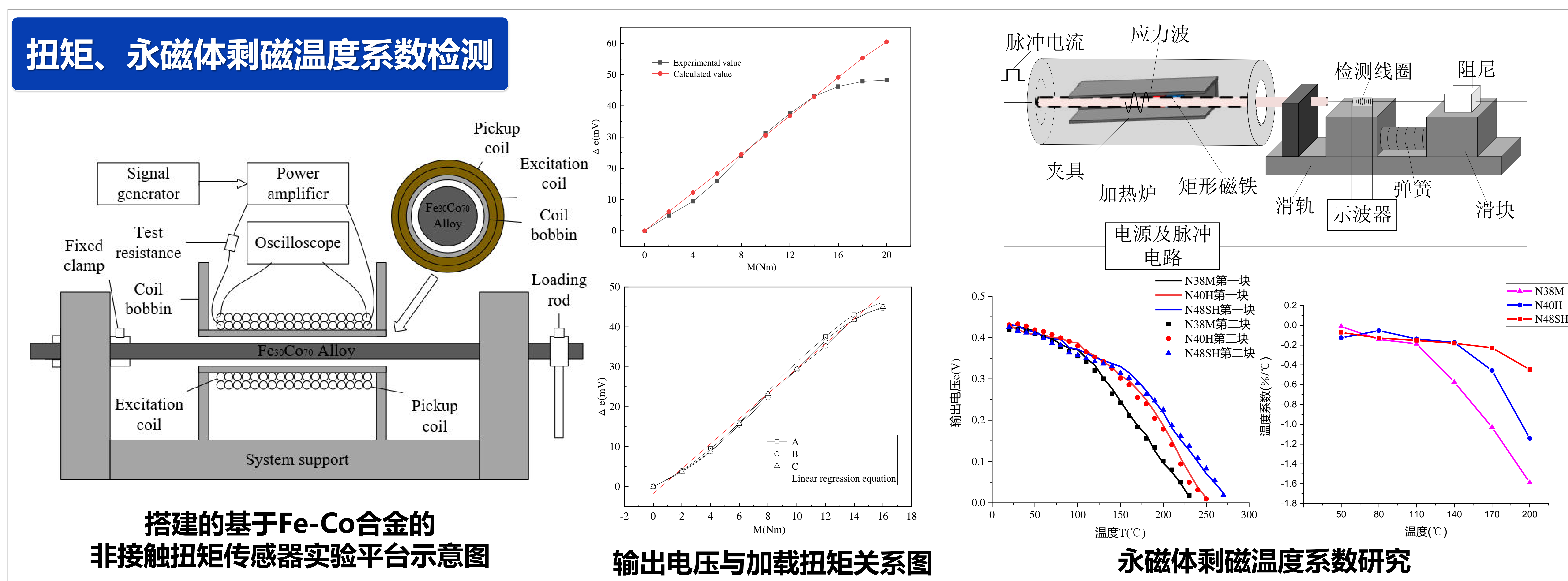
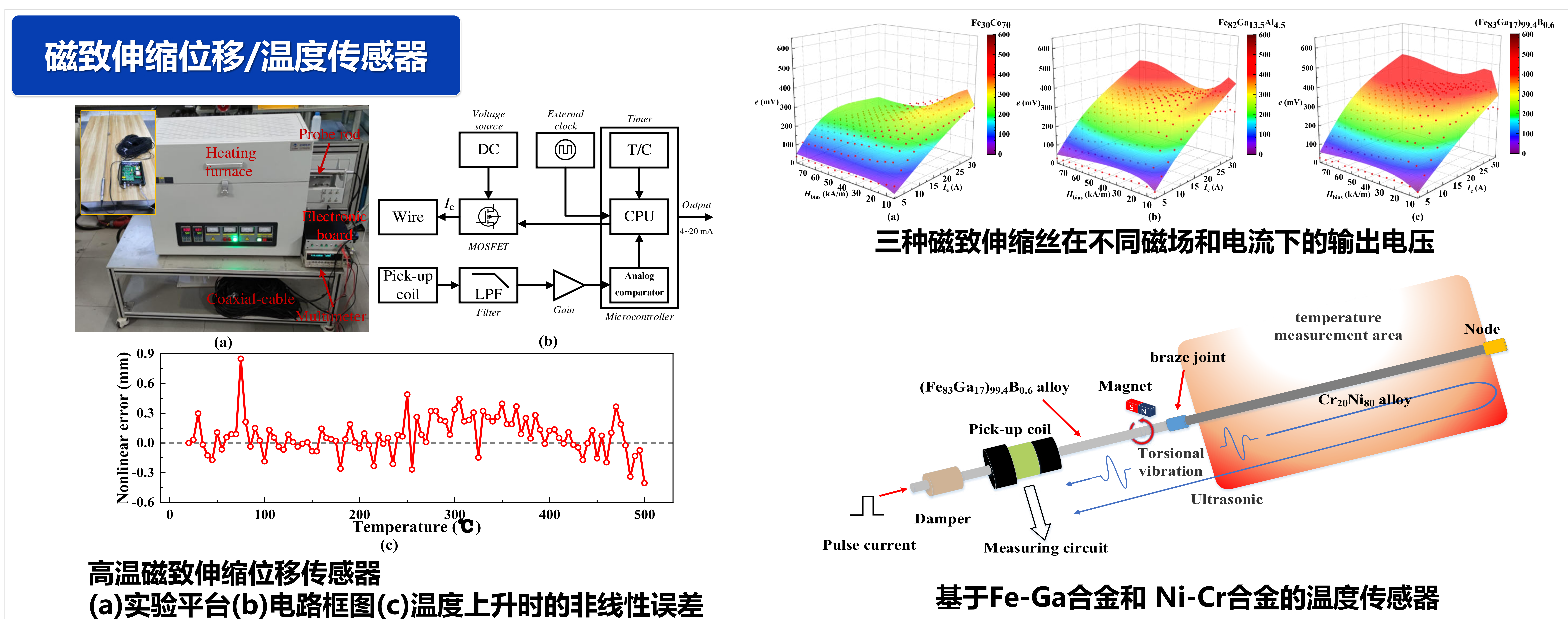


# 基于磁致伸缩波导丝传感器研究

## 研究方向

- ◆ 高温磁致伸缩位移传感器
- ◆ 非接触磁致伸缩扭矩测量
- ◆ 磁致伸缩测温技术
- ◆ 永磁体剩磁温度系数检测技术

## 研究成果



## 代表性成果

- [1] Wang Qian, Li Mingming\*, Niu Xiaodong, Liu Mengfei, Wang Bowen. Model and Design of High-Temperature Ultrasonic Sensors for Detecting Position and Temperature Based on Iron-Based Magnetostrictive Wires [J]. IEEE Sensors Journal , 2021 , 21 ( 23 ) : 26868-26877.
- [2] Li Mingming, Gao Xuexu, et al. Anomalous temperature dependence of Young's modulus in Fe73Ga27 alloys [J]. Journal of Alloys and Compounds , 2017, 701:768-773.
- [3] Li Mingming, Gao Xuexu, et al. Variable stiffness Fe82Ga13.5Al4.5 spring based on magnetoelastic effect [J]. Applied Physics Letters , 2017, 110:142405.
- [4] Li Mingming, Gao Xuexu, et al. Electromagnetic induced voltage signal to magnetic variation through torquing textured Fe81Ga19 alloy [J]. Applied Physics Letters , 2020, 111:042403.
- [5] Li Mingming, Gao Xuexu, et al. Magnetostrictive Fe82Ga13.5Al4.5 wires with large Wiedemann twist over wide temperature range [J]. Materials & Design , 2017, 135:197-203.
- [6] Li Jiheng, Li Mingming\*, Gao Xuexu, et al. Temperature and magnetic field dependencies of the Young's modulus in magnetostrictive Fe-Ga alloys [J]. Journal of Applied Physics , 2018, 123, (7):075102.
- [7] Li Jiheng, Li Mingming\*, Gao Xuexu, et al. Magnetostrictive Fe-Ga Wires for Application in the High-Temperature Waveguide Device [J]. Materials Transactions , 2018, 59, (4):679-684.
- [8] 李明明, 王干, 王博文, 黄文美. 一种适用于大温度区间/高温环境的磁致伸缩位移传感器. CN110375632B (中国发明专利).