

配合物压电性质测量实验的课程思政设计

李伟*, 常泽, 于美慧, 张瑛

南开大学材料科学与工程学院, 天津 300350

摘要: 为贯彻新时期党的教育方针, 服务国家战略, 针对领域研究热点, 本实验选用新型配合物压电材料, 将晶体合成、结构表征、器件制备和测量等流程进行有机结合, 实现对学生的全方位训练。通过在实验教学中融入课程思政设计, 旨在提高学生的自主学习能力和学习兴趣, 并培养学生勇于创新的科学精神和学以致用的社会责任感。

关键词: 综合性实验; 压电配合物; 压电性能测试; 课程思政

中图分类号: G64; O6

Curriculum Ideological and Political Design of Piezoelectricity Measurement Experiments of Coordination Compounds

Wei Li*, Ze Chang, Meihui Yu, Ying Zhang

School of Materials Science and Engineering, Nankai University, Tianjin 300350, China.

Abstract: To implement the educational policy of the Party in the new era and serve the national strategy, this experiment focuses on a current hot topic in the field by employing novel piezoelectric coordination compound materials. By organically integrating procedures like crystal synthesis, structural characterization, device fabrication and measurement, students can be comprehensively trained. The integration of ideological and political design into the experimental teaching aims to enhance students' self-directed learning abilities and interest in the subject matter, while also fostering a courageous spirit of scientific innovation and a sense of social responsibility through practical application.

Key Words: Comprehensive experiment; Piezoelectric coordination compound; Piezoelectricity measurement; Course ideology and politics

1 引言

材料化学作为化学学科的一个重要分支, 能够为国家经济发展、国防现代化和人民生活水平提高提供重要支撑。为贯彻落实新时期党的教育方针^[1], 把思政工作贯穿在高等教育的全过程, 材料化学教学亟需融入课程思政。配合物压电性质测量是材料化学专业的一门重要基础实验。至今, 压电效应已广泛应用于人体传感、能量收集、声波探测、军事国防等领域, 不断改变着我们的生活方式。但压电材料的性能还不够稳定, 这将直接影响器件的实际应用范围, 因此需要对各类压电材料进行不断研究与改进, 提高其性能, 拓宽其实际应用范围^[2]。传统的教学方法仅限于对单一外力激励下材料压电响应现象的演示, 学生对于压电性质的理解非常有限, 学习积极性不高, 课程思政建设也难以和实验教学实现融合。

收稿: 2023-08-01; 录用: 2023-09-11; 网络发表: 2023-10-18

*通讯作者, Email: wl276@nankai.edu.cn

基金资助: 南开大学“魅力材料”研究生教育教学改革项目

针对以上问题, 本实验在传统压电性能测试实验的基础上加以改进: 以配合物压电材料为研究主体, 一方面将化学合成、结构表征、器件制作和性能测试的整个流程融入到实验课程中, 加深学生对于压电配合物结构与性能关系的理解, 提高学生的学习兴趣; 另一方面, 通过分组讨论, 激发学生的创新意识, 提升学生的团结协作精神。该案例通过将原本的单一验证性实验升级为综合性实验, 实现了知识传授、素质培养与价值塑造的有效融合。

2 课程思政案例的设计与实施

2.1 研究背景

压电材料是一种能够将电能和机械能相互转化的重要功能材料^[2]。1880年, 居里兄弟在石英晶体中发现当晶体受到外力作用时, 晶体结构会发生一定形变并且在相应表面分别产生等量正负电荷, 这种现象即为压电效应^[3](图1)。自压电效应被发现以来, 已经广泛应用于超声探测、压力传感、能量收集和滤波换能等领域^[2,4,5]。压电材料主要分为无机材料、高分子材料和有机-无机杂化材料(表1), 其中有机-无机杂化压电配合物由于其合成条件温和、化学可调性高、弹性模量远低于无机压电陶瓷, 有望弥补无机压电陶瓷的不足, 成为当前压电材料领域最前沿的研究方向之一。

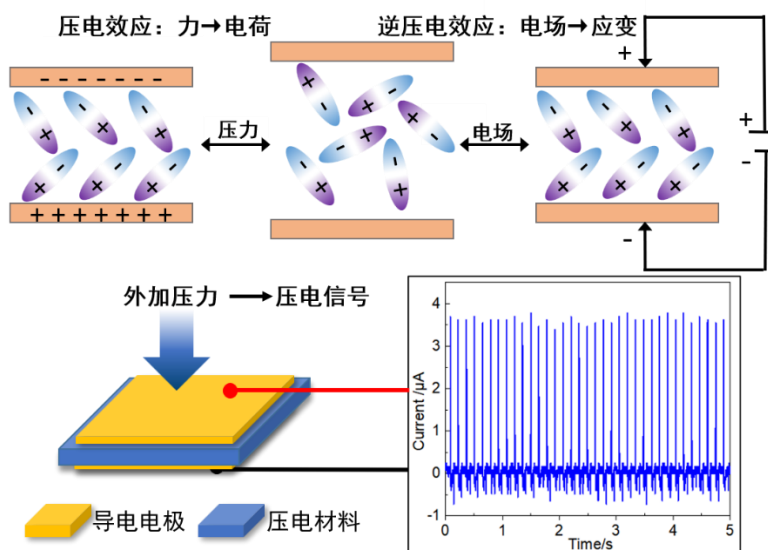


图1 压电效应机理图^[6]

表1 压电材料的分类

压电材料分类	相关材料	优点	应用
无机材料	锆钛酸铅(PZT)、陶瓷等	压电性能优越、稳定、介电常数高	滤波器、超声换能器、压电传感器
高分子材料	聚偏氟乙烯(PVDF)及其共聚物等	低密度、低声阻、高压电电压常数、易加工	水声换能器、压力传感器
杂化有机-无机材料	杂化有机-无机钙钛矿、配合物等	质量轻、低声阻、生物相容性好	纳米能源转化及柔性可穿戴器件等领域

传统的压电性能实验仅限于对材料压电性质的简单测量, 是一种走马观花式学习, 难以激发学生的学习兴趣, 思政教育融入困难。针对以上问题, 本实验做出以下改进: 首先, 将材料合成、结构表征、薄膜制备、器件制作和性能测试全部流程引入到实验课程中, 实现学生对基本原理、化学

实验操作和工艺控制的融会贯通，激发学生学习热情；其次，通过建立实验小组并进行组内讨论，提升学生相互学习意识和团结协作精神^[7]；最后，本实验课程结合领域研究最前沿，有利于培养学生的科研和创新思维，突显实验课程的实用价值，鼓励学生投身国家科技事业，培养学生的社会责任感^[8,9]。

2.2 课前研讨

2.2.1 实验流程

本实验利用反溶剂法合成压电配合物粉末样品并利用X射线粉末衍射仪确定其相纯度，将纯相压电配合物粉末与高分子材料混合制备压电薄膜，并分别制成压电粉末器件和压电薄膜器件，利用示波器、 d_{33} 测试仪、电流放大器、点击器等对器件的开路电压和短路电流进行测试，实验的具体流程图如图2所示。由于本实验有些步骤需耗费较长时间，因此将该课程分为两次实验教学。第一次实验进行晶体合成与纯度表征、压电系数(d_{33})的测定、薄膜的制备；第二次实验进行粉末器件、薄膜器件的制备及其开路电压和短路电流的测试。

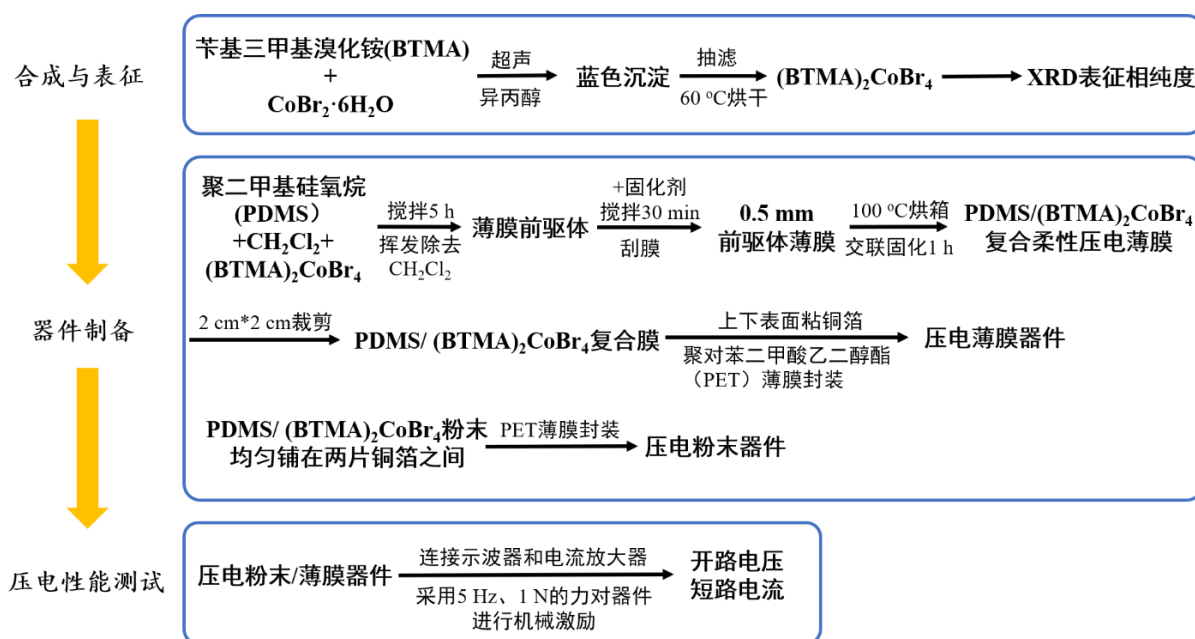


图2 实验流程图

2.2.2 案例导入

采用问题驱动法教学，以学生为主体，以压电领域现存问题为学习起点，使学生带着问题进入课堂。在实验课程开始之前，鼓励学生自主查阅资料，对压电材料的发展历史、压电材料的分类、各类压电材料的优缺点，以及压电材料结构与其性质的关系有一些大致的了解，再由教师在课堂上向大家进行一些细致的介绍，提高学生自主学习的能力^[10]。在搜集资料过程中若有任何疑问，可通过线上向教师提问并由教师为同学们解答疑惑。实验课程开始前，为鼓励学生对该实验的科学思考，教师向大家提出以下问题：

(1) 压电配合物的合成有溶剂法和反溶剂法，两种合成方法有何利弊？

本实验中，溶剂法可生长大块单晶，较易进行晶体结构表征及相纯度表征，但其生长速度较慢，且晶体生长过程中受温度湿度影响较大。而反溶剂法所制备材料虽难以进行结构表征，但其粒径小且分布均匀，在制备薄膜器件时能够均匀分散于高分子材料中。通过对该问题进行回答，学生可以对压电配合物的化学合成过程有更层次的了解，明确材料具有多种合成方法，且每种合成方法都

存在其优缺点，要选择性采纳。

(2) 选用不同高分子材料与压电配合物混合制成薄膜为何会产生不同的压电响应？

由于高分子材料本身结构和化学组成有所差异，其电荷传导能力也有所不同。有些高分子材料本身就具有一定的压电性质，会对配合物本身压电性质的测试带来一定影响。有些高分子能与压电配合物产生化学反应，使配合物变质，影响其压电性能。提醒学生在科研过程中要不断尝试，从失败中积累经验教训，同时要学会搜集资料，吸取此前研究者的经验教训，以此来不断提高自身科研水平。

(3) 影响器件压电性能的原因可能有哪些？在实验过程中需要注意哪些问题？

压电配合物的纯度、粒径，高分子的种类，与压电配合物的比例，溶剂种类，搅拌时间，压电薄膜的厚度，器件制备的密闭性等一系列因素都会对器件的压电性能产生影响。因此在实验过程中要注意做好实验记录，便于在后续对实验结果进行分析并不断改进实验流程。该问题意在引导学生注重实验细节，见微知著，培养严谨认真的科研态度^[11]。

(4) 压电和逆压电效应在生活中有广泛应用，举几个应用此类效应的实例。

目前，压电材料已被广泛应用于日常生活中，例如利用聚合物压电双/单晶片在外电场驱动下产生的弯曲振动生产麦克风、扬声器等，利用不同类型和形状的压电聚合物材料制备水声器件，可应用于水下监视系统、声波测试设备等^[12]。自压电效应被发现以来，一代代研究者不断完善相关理论，并据此实现了一系列产业化应用，给人们生活带来便利。教师引导学生秉承“科研的最终目的是为人类服务”的宗旨，抛弃“科研就是为了发文章和做产品”的急功近利思想，树立正确的科研和人生目标^[13]。

学生通过自主查阅资料和小组交流讨论等方式对以上问题进行思考和回答，并通过撰写预习报告将所搜集的资料整合起来，明确实验目的、实验原理、实验过程中的注意事项等，为实验的安全、顺利进行打好基础。

2.3 课程创新设计

为有效培养学生创新精神和社会责任感^[14]，本案例将“配合物压电性质测量实验”与课程思政设计紧密结合，主要体现在以下几个方面(图3)。

传统压电材料实验课程大多使用无机陶瓷压电材料，而本实验选用了最前沿的有机-无机杂化压电配合物作为研究对象。这类新兴的压电材料具有性能优越、合成简便、成本低廉等特点，在纳米能源转化和柔性可穿戴器件等领域具有巨大的应用潜力^[15]。该实验设计可以让学生直接面向世界科技前沿，激发学生投身国家科技事业的热情。

在该实验过程中，通过教师讲解学生了解到这类新型压电配合物可应用于水下声波探测和智能传感^[15]。一方面，使用这类新型压电材料制备的器件在深海探测等国防领域具有重要应用价值，符

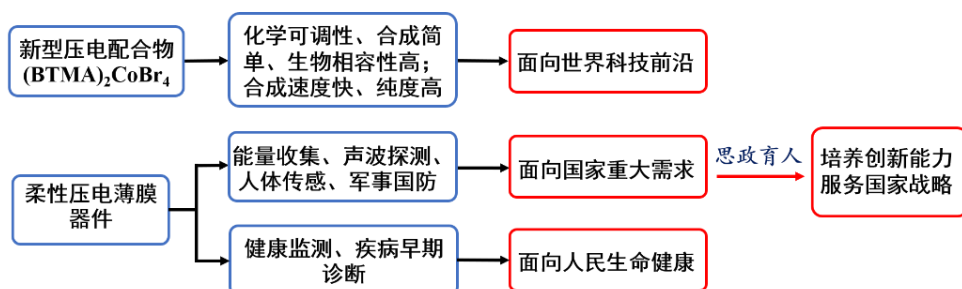


图3 课程创新设计示意图

合国家重大需求；另一方面，这类柔性压电薄膜器件还能够实现对人体生化信号的实时监测，在健康监测和疾病早期诊断等领域具有广阔应用前景，可以为人民生命健康提供有效保障。通过该实验设计，学生可以深切体会科学研究“面向国家重大需求”和“面向人民生命健康”的重要意义，进而肩负起为国家科技创新贡献力量的历史责任。

2.4 实施阶段

本课程采用线下授课方式，通过任务驱动式教学、小组讨论、课堂展示等多种教学方法，开展以教师为主导、学生为主体的教学模式，充分发挥专业实验课程的育人作用。通过该课程实现两个目标：一是通过专业课程教学，使学生能够掌握压电配合物的合成、表征，压电器件制备，压电性能测试的基本实验方法和操作步骤；二是通过课程思政教育，培养学生严谨认真、实事求是的科学精神，增强学生服务国家战略的责任感。

该课程主要分为三个阶段进行。

预习阶段：实验课程开始前，由教师向同学发送实验课程相关资料并进行分组(每组2-4人)，向学生提出设计性问题。学生通过自主思考、查阅文献、小组讨论等方式明确实验过程中的重点难点，回答教师提出的问题，并完成实验预习报告的撰写。

教学与实验阶段：实验课程开始前由教师向大家讲解实验原理、实验方法及实验过程的重点难点，通过师生面对面交流研讨，鼓励学生提出问题和见解，培养学生的自主思考和概括能力。实验过程中要求学生实验操作规范并写好实验记录，通过小组内分工合作按要求完成实验，强调实验的真实性、安全性、规范性，培养学生的团队合作能力和实事求是的科研精神。

学习总结阶段：实验结束后，学生以小组为单位进行数据处理、讨论交流、课后总结等，就实验过程中存在的问题、实验的改进方法、实验值与理论值产生差异的原因等问题进行充分讨论，各成员形成完整的实验报告。

2.5 课后拓展

小组选用实验报告、论文综述、小组展示等方式进行课后拓展学习，鼓励学生对实验进行批判性思考，提出实验方案的修改意见，阐述实验过程的心得体会。课后拓展的内容有：(1) 了解X射线单晶衍射确定单晶结构的基本原理，掌握粉末衍射确定物质相纯度的方法，提高学生的专业基础知识水平。(2) 将多次测得的试样 d_{33} 值求取平均值，并与理论值($d_{33} = 14 \text{ pC/N}$ ；每施加1牛顿力，产生14皮库伦电量)进行对比，分析理论值与实验值差异的来源，提高学生的分析判断能力。(3) 分析粉末样品产生的电压信号图谱，判断电压信号是否由压电效应产生，并得到输出电压的大小，评估其用作能量收集装置的可行性，提升学生独立思考的能力。(4) 对柔性压电薄膜的开路电压和短路电流进行测试，评估其输出性能的优劣，并找到应用场景，引导学生树立正确的科研目标。(5) 阐述压电材料的发展现状和研究存在的困难，鼓励学生为国家发展和社会进步贡献自己的力量。

3 实施效果考核

本课程作为一门实验课程，考核内容应与学生的独立思考能力、自主创新能力、小组合作能力、实践动手能力密切相关。因此，对应不同的侧重点，本课程制定了不同的教学目标和考核内容，如表2所示。

对本案例的课程思政设计主要有“知识传授”“能力培养”和“价值塑造”三个方面，在进行实施效果考核时，要综合考虑三方面内容，一是考核学生对基本理论知识的理解与掌握程度，重视学生对所学知识的应用能力；二是考核学生的科研态度，通过设计开放性问题等多种形式考核学生的批判思维和创新的能力；三是考核学生的社会责任感和价值观，通过论述或个人陈述等方式要求学生对一些社会问题进行分析 and 思考并表达自己的观点。另外，要确保考核能够客观、全面地评价学生的学习情况和能力水平，注重对综合素质的评价。

表2 课程思政建设的实施考核设计

教学目标	考核内容	思政目标
知识传授	基本理论知识	让学生了解科研领域的世界前沿
能力培养	实验操作, 小组合作, 科研态度	培养学生严谨认真的实验态度, 提高小组内成员的团结合作能力, 锻炼学生的组织协调能力
价值塑造	创新思维, 家国情怀	培养学生的创新思维, 坚定理想信念, 树立正确的世界观、人生观、价值观

4 结语

本实验课程以配合物压电性质测量实验为核心内容, 在材料化学专业教学中有机融入思政元素。通过开展本实验课程教学, 学生能够加深对压电效应的理解, 了解压电效应的基本原理和性能测试方法, 提高自身的科研素养和创新能力, 实现课程思政与材料化学专业实验教育的有机结合, 在潜移默化中引导学生树立远大理想, 通过所学化学知识帮助国家解决实际问题, 增强其社会责任感。

参 考 文 献

- [1] 习近平: 把思想政治工作贯穿教育教学全过程. [2023-08-28]. http://www.xinhuanet.com/politics/2016-12/08/c_1120082577.htm
- [2] 栾桂冬, 张金铎, 王仁乾. 压电换能器和换能器阵. 北京: 北京大学出版社, 2005: 7.
- [3] Liu, H. C.; Zhong, J. W.; Lee, C. K.; Lee, S. W.; Lin, L. W. *Appl. Phys. Rev.* **2018**, 5 (4), 041306.
- [4] Jung, Y. H.; Hong, S. K.; Wang, H. S.; Han, J. H.; Pham, T. X.; Park, H.; Kim, J.; Kang, S. H.; Yoo, C. D.; Lee, K. J. *Adv. Mater.* **2020**, 32, 1904020.
- [5] Manjón-Sanz, A. M.; Dolgos, M. R. *Chem. Mat.* **2018**, 30 (24), 8718.
- [6] Li, K.; Qin, Y.; Li, Z. G.; Guo, T. M.; An, L. C.; Li, W.; Li, N.; Bu, X. H. *Coord. Chem. Rev.* **2022**, 470, 214692.
- [7] 刘玲, 王海滨, 强根荣. 大学化学, **2024**, 39 (2), 82.
- [8] 阮文红, 姜久兴, 章明秋, 李厚, 金朱芳. 大学化学, **2023**, 38 (11), 69.
- [9] 张越, 郝俊生. 实验技术与管理, **2020**, 37 (3), 17.
- [10] 李伟, 胡燕. 中国农业教育, **2015**, 127 (5), 44.
- [11] 李杰, 朱延明, 柏锡. 东北农业大学学报(社会科学版), **2005**, No. 3, 53.
- [12] 施浩然, 孔淑婷, 高桂玲, 陈赵江, 刘世清. 电子设计工程, **2021**, 29 (21), 27.
- [13] 董可杰, 刘爱荣. 基于环境能量的能量采集器研究进展//第30届全国结构工程学术会议论文集(第III册). 第30届全国结构工程学术会议, 广州, 2021: 352-358.
- [14] 习近平. 当代党员, **2021**, 545 (18), 3.
- [15] Guo, T. M.; Gong, Y. J.; Li, Z. G.; Liu, Y. M.; Li, W.; Li, Z. Y.; Bu, X. H. *Small* **2022**, 18, 2103829.