

新工科背景下电介质物理课程教学改革探索

陈晓琴, 汪宝元, 陈 勇, 杨辅军

湖北大学微电子学院, 湖北 武汉

收稿日期: 2024年6月15日; 录用日期: 2024年7月18日; 发布日期: 2024年7月25日

摘要

新工科建设背景下,明晰工程人才的素质新结构,探索工程科技人才理论与实践相结合的创新教育体系,已成为国内高校工程教育亟待解决的重要课题。电介质物理作为湖北大学电子科学与技术专业必修课程,是一门实践性非常强的课程。论文以湖北大学电子科学与技术专业为例,分析了当前电子科学与技术人才培养中电介质物理课程教学存在的问题。结合新工科人才的培养目标,提出了对该课程教学体系和内容、教学手段和方法等方面的教学改革措施,并在我校2020及2021级电子科学与技术专业学生的教学中进行了初步探索。

关键词

新工科, 电介质物理, 教学改革

Exploration on the Teaching Reform of Dielectric Physics under the Background of New Engineering Education

Xiaoqin Chen, Baoyuan Wang, Yong Chen, Fujun Yang

Faculty of Microelectronics, Hubei University, Wuhan Hubei

Received: Jun. 15th, 2024; accepted: Jul. 18th, 2024; published: Jul. 25th, 2024

Abstract

It has become an important task to clarify the new quality structure of engineering talents and explore the innovative education system that combines theory with practice for engineering talents under the background of the construction of Emerging Engineering Education. As a compulsory course for Electronic Science and Technology major in Hubei University, Dielectric Physics is a very practical course. Taking the Electronic Science and Technology major in Hubei University as

an example, the paper analyzed the problems existing in course teaching of Dielectric Physics. Combining with the talent training objectives of Emerging Engineering Education, the paper put forward some teaching reform measurements in terms of the teaching system, content, teaching means and methods of Dielectric Physics, and a preliminary exploration was carried out in undergraduates, class of 2020 and 2021, who majored in Electronic Science and Technology in Hubei University.

Keywords

New Engineering, Dielectric Physics, Teaching Reform

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

为了应对新经济的挑战和加快培养新兴领域工程科技人才，我国从服务国家战略、满足产业需求和面向未来发展的高度，提出了新工科建设重大行动计划。这一行动计划提出，新工科是基于传统工科人才培养模式基础上所构建的理论与实践相结合的创新教育体系，在人才发展中致力于未来工业领域发展对人才的需求。**图 1** 所示为近年来高等学校毕业生就业情况与能力调查结果[1]。从图中可清晰地看到，用人单位对实践应用能力的要求远大于对理论知识掌握能力的要求。因此，新工科需要将理论与实践充分结合，并针对传统人才教育模式加以改革。

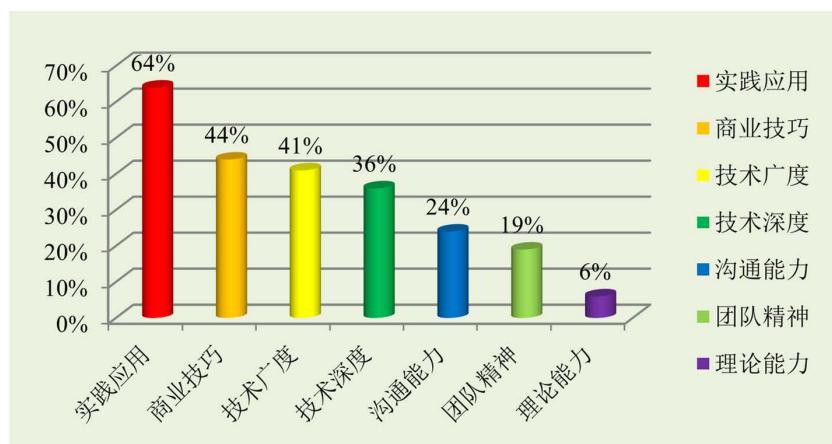


Figure 1. Survey results of employment situation and ability of college graduates
图 1. 高等学校毕业生就业情况与能力调查结果

电子科学与技术专业具有理工融合的特点，涵盖的学科领域包括微电子学与固体电子学、电路与系统、物理电子学、电磁场与微波技术等，培养能在相关领域从事各种电子元器件、集成电路乃至集成电子系统的设计、制造和相应新产品、新技术、新工艺的开发等工作的高级工程技术人才。在新工科建设的大背景下，电子科学与技术专业的教学改革势在必行。《电介质物理》作为我校电子科学与技术专业的必修课程，主要涉及到功能电介质材料的基础物理知识，而功能电介质材料可应用于电子、信息及自

动控制等与现代科技密切相关的各个方面，与我们的生活联系紧密。从这个意义上说，电介质物理是一门实践性非常强的课程。而目前各兄弟高校对于该课程的教学，理论知识的灌输仍然占据主体地位，且课程所涉及到的抽象概念较多，学生学习起来枯燥难懂，易产生畏难情绪。因此，对该课程的教学体系和内容、教学手段和方法等方面的教学改革势在必行。

2. 新工科背景下电介质物理教学存在的问题

2.1. 理论内容需要更新补充

电介质物理的研究对象是各种电介质材料，该门课程主要讲述电介质材料内部束缚电荷在电场作用下的极化过程。通过建立不同的物理模型，研究其电极化的微观机制，进而揭示电介质材料的宏观介电性能、分析电介质材料在实际应用中所出现的各种击穿机制。该门课程还在阐明电介质材料的极化特性及极化规律的基础上，介绍了具有各种特殊效应的材料，比如铁电材料和反铁电材料，可为开发新型功能电介质材料提供科学依据。尽管该门课程已对电介质材料的基本物理理论进行了详细的讲述，但电介质物理仍被称为“物理学中的第二片大沙漠”，依然存在大片理论空白[2]。加之近几十年来，功能电介质材料高速发展，新材料的新应用、新材料的设计、工艺的改进以及各种新理论不断涌现，比如，介电储能、压电催化、铁电光伏、电卡制冷等新兴研究方向的出现，与其相关的电介质物理的基础理论也应该不断更新。

2.2. 教学形式单一，缺乏工程实践

我校电介质物理课程，学时 40，在传统教学模式下，电介质物理的教学以教师理论授课为主，但前已述及，该门课程实际上是一门实践性非常强的课程。理论知识的学习，如果与电介质材料的实际应用脱节，学生们就会认为课程实用性不强。再加上课程所涉及到的抽象概念较多，比如洛伦兹有效电场、克劳修斯-莫索缔方程、莫索缔灾难等，学生学习起来枯燥难懂，上课容易“身在曹营心在汉”，且产生畏难情绪，最终导致部分学生的学习积极性下降，只想着平时上课摸摸鱼，期末考前再突击。因此，缺乏工程实践的单纯理论授课教学模式，不仅不利于学生专业知识的获取和创新思维能力的培养，而且与强调“理论与实践相结合”的新工科建设的大背景格格不入。

2.3. 考核形式不灵活

该门课程的考核方式为期末考试成绩和平时成绩以一定比例进行加权计算，其中期末考试为笔试，平时成绩涵盖课堂考勤(到课 + 回答问题)和作业完成情况。由于部分学生上课摸鱼，因此在课堂上，学生积极主动回答问题的情况少之又少，大都以老师点名为主且答对问题的情况不多。课后作业的完成情况及质量，也不能真实反映学生对知识的掌握程度。综上，传统考核形式的弊端凸显，亟需调整。

3. 新工科背景下电介质物理教学改革措施

针对上述电介质物理课程教学中存在的问题，可从以下几个方面进行教学改革。

3.1. 理论内容设置

结合现有电介质材料的发展现状，调整授课内容，适当补充新内容，做到“突出重点与全面发展”相结合。在课程内容方面，强化电子科学与技术专业背景，在介绍电介质极化部分时，引入目前处于科学研究前沿的电子材料的极化类型、相关规律及分析方法，让学生了解当前及未来该领域的发展方向；在介绍电介质损耗部分时，结合科研文献，补充目前明星电介质材料的介电松弛及介电频谱温谱，介绍

改善电介质损耗的方法；在介绍电介质击穿部分时，重点介绍电介质在弱电场和强电场作用下的不同介电行为，补充电介质击穿与其结构及外部环境的关系，介绍改善电介质耐压强度的方法。

3.2. 教学模式优化

针对电介质物理概念抽象，上课铃声一响，学生秒变特“困”生的现象，任课教师精心设计教学课件，组织教学语言，以风趣幽默的方式进行理论授课，激发学生的学习兴趣，消灭特“困”生。为了进一步优化教学效果，提高教学质量，还可在传统教学模式的基础上，应用并实施新颖的情景式、任务驱动式教学，如在介绍电介质的极化和损耗过程时，组织学生通过“角色扮演”游戏理解相关物理过程；在介绍完损耗的产生会对介质材料绝缘性造成危害后，给学生布置任务，让大家思考“是不是介质在电场的作用下产生损耗就是毫无意义，能否把损耗的特性运用起来，为人类生产生活服务？”；在介绍电介质在电能传输存储中的作用时，以类比的方式，将“电流”类比为“水流”，将“电介质”类比为“堤坝”。

3.3. 实践内容设置

基于“新工科”核心内涵，即对工科人才的培养需要将理论与实践相结合，将课程总学时的40%用于实践教学。实践教学内容分为三部分，第一部分是在任课教师引入相关科学前沿的基础上，让学生继续自主深挖相关科学前沿中与课程学习有关的部分，给学生布置调研任务，最后以小组答辩的形式进行汇报，答辩成绩计入实践成绩；第二部分是结合任课教师的科学研究方向，让学生进入实验室，在任课教师的指导下，动手实践，在参与相关科学研究的过程中，体会所学理论知识，比如电介质的电导和击穿理论，并思考如何有效改善电介质的耐压强度等，真正来解决电介质材料在实际应用中出现的击穿问题；第三部分为开展线上虚拟仿真实验。

3.4. 考核方式多元化

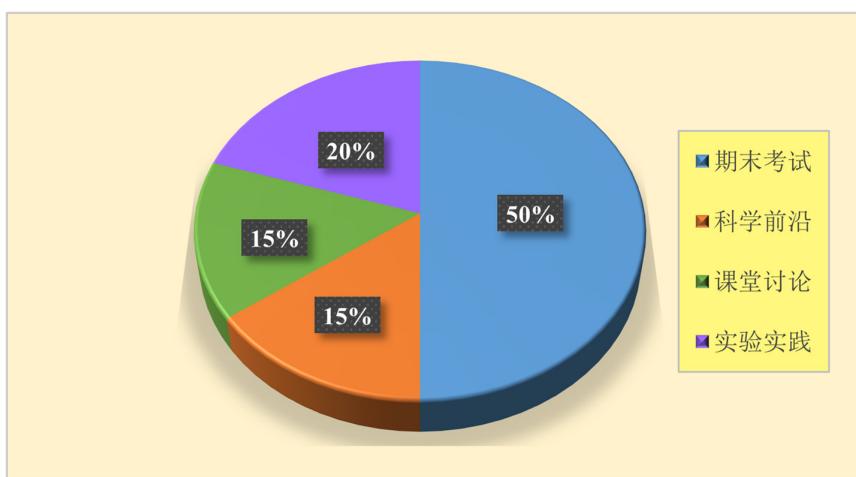


Figure 2. Distribution diagram of evaluation mode
图 2. 考核方式分布图

当课程的学时安排由100%理论讲授转变为60%理论讲授+40%实践后，对学生就应进行全方位、多角度的综合考核。为了能让考评成绩更加真实地反映每个学生对电介质物理基本知识和基本技能的掌握程度，任课教师可采用期末考试成绩、平时成绩和课程实践成绩加权平均的方式，全面考核学生，见

图 2。其中，期末试卷考核内容不仅包括基础理论知识，还要附加学生对当前电介质材料的应用及瓶颈问题的思考；平时成绩要参考出勤情况、主动回答问题情况及作业完成情况；课程实践考核不仅包括学生进行相关科学实验时对电介质进行宏观电学性能的测试及分析(以实验报告形式呈现)，更要囊括各小组成员分工合作完成的对科学前沿问题的调研总结及汇报答辩情况。以上多元化的考核方式，不仅可以让任课教师全面了解学生对电介质物理理论及实践方面的理解、掌握程度，更能有效激发学生的学习热情，让学生深度参与课程的“教”与“学”、培养学生利用所学理论知识解决实际问题的工程实践能力。

4. 教学改革措施的实施及成效

电介质物理为我校电子科学与技术专业必修课程，于大三上学期开设。下面以 2020 及 2021 级电子科学与技术专业学生的教学情况为例，阐述新工科背景下电介质物理课程教学改革措施的实施及初步成效。

4.1. 补充科学前沿内容

针对理论内容的更新补充，教师在讲授教材基本理论内容的基础上，结合最新功能电介质科研文献，为学生补充电介质材料相关的前沿内容。比如在引入“洛伦兹有效电场”的教学内容时，借用 2023 年发表于《硅酸盐学报》上“无监督学习探索高介电常数的 ABO_3 型钙钛矿材料”一文，让学生了解到，结合时下热门的机器学习，可以在电介质物理的经典模型下，挖掘高介电常数的电介质材料。又比如在讲解“实际电介质中的介质损耗”这部分内容时，教材中只讲述了介电系数、介质损耗、介质损耗角正切与频率的关系，而在实际中分析电介质的频谱数据时，阻抗、电模量、导纳都是非常重要的物理量，可根据相应的 Arrhenius 理论拟合出氧化物电介质中与性能密切相关的氧空位的激活能。因此，教师在讲授这部分内容时，向学生介绍相应科学前沿，并为学生补充讲解如何获得阻抗、电模量、导纳与频率的关系曲线，如何进行激活能的数据拟合等。

4.2. 教学语言风趣化，提升学生学习兴趣

针对课程内容枯燥难懂，概念抽象不易理解等问题，任课教师精心设计教学课件，并用幽默风趣的语言讲解晦涩难懂的理论知识。例如在介绍“极性液体电介质的昂沙格有效电场”时，为了引出昂沙格有效电场，在温习洛伦兹有效电场和克劳修斯-莫索缔方程的基础上，首先将克劳修斯-莫索缔方程进行适用范围拓广，拓广的结果会导致莫索缔灾难：如若将温度为 273 K 的空气压强增大到 10^4 个大气压时，空气的极化强度会首先趋向无穷大然后变负；又比如，居里温度以下的水具有铁电性，地球上不可能存在生命等[3][4]。在以上温故及知识拓展的基础上，任课教师采用诙谐幽默的语言，如“科学家洛伦兹和克劳修斯在莫索缔灾难前，面面相觑，不知如何是好时，昂沙格缓缓走来……”，以此来引出该节课的课程内容“极性液体电介质的昂沙格有效电场”，并在此介绍科学家昂沙格何以能成为跨学科创新大师，在电介质物理的教学中，融入课程思政内容，鼓励学生向长辈学习，精耕细收，广种厚收，培养科学素养。

4.3. 多重实践方式，实现科教融汇

针对该门课程缺乏工程实践的问题，任课教师设计了三类实践教学模式。

在讲授理论知识的过程中，结合目前全人类所面临的能源危机和过量碳排放等重大难题，向学生补充电介质材料的多重应用，主要有电卡制冷、介电储能、铁电光伏和压电催化四大板块的科学前沿。因此实践内容一为，学生自由组合，分工协作，调研以上四个课题中的一个，以 PPT 的形式汇报调研成果并进行答辩。PPT 图文并茂、条理清晰；答辩环节气氛活跃，部分学生亦可运用诙谐幽默的语言，将科

学前沿讲解得通俗易懂。第一类实践有效地将课程内容与科学前沿结合起来，极大地调动了学生们对课程的学习热情及对当前相关科学热点问题的关注及思考。

实践内容二为，让学生进入实验室，参与教师的科研实验，运用所学理论知识，对实际陶瓷电容器的相关介电性能进行实战表征分析。第二类实践极大程度上弥补了单一课堂教学模式下学生动手实践的缺乏，锻炼了学生的实操能力，通过具体分析所测性能数据，加强了学生对介电性能的深入理解，提升了学生运用教材中的理论知识解决实际问题的能力，实现了科教融汇。部分优秀学生的实验报告，从研究背景介绍到相关实验操作，从实验数据的优化处理到科学规律的归纳总结，逻辑清晰，分析透彻，堪称一篇小的学术论文。

实践内容三为，在科大奥锐虚拟仿真教学云平台上开展线上虚拟实验，实验项目包括“交流谐振电路及介电常数测量”、“利用迈克尔逊干涉仪测量压电陶瓷的压电常数”和“压电陶瓷及二维平移台位移测量”等。该类实践针对第二类实践所不能涉及到的项目进行了补充，让学生以虚拟实验的方式，直观了解更多的与电介质材料相关的性能及应用，进一步开拓了学生的科学视野。

4.4. 多维度考核方式，培养创新型人才

综合期末阶段对学生理论知识的考核、授课期间对学生实践能力的多元化考核，本课程从科学前沿思考方面、基础理论应用方面、实际电介质性能分析方面、实际电介质应用问题解决方面，全方位多角度地让学生体会新工科建设的内涵，让学生在“自我学习、自我培养、自我完善、自我成长”的过程中，由传统工科人才升级成为新工科创新型人才，见图 3。



Figure 3. Connotation of new engineering construction: training of innovative talents
图 3. 新工科建设内涵：创新型人才培养

5. 结语

经过近两年的教学改革探索，电介质物理课程的教学效果虽然得到了有效提升，但仍有以下几个方面需要继续改进：适当借鉴其它课程的先进教学模式，如“翻转课堂”，将教学模式由“先教后学”向“先学后教”进行转变[5]；在课程教学中，融入课程思政元素，培养大学生成为德才兼备、全面发展的

创新型科技人才[6]。

基金项目

本文获湖北大学教育教学改革研究项目(2021061, JGYJS202318)支持。

参考文献

- [1] 岳昌君, 邱文琪. 疫情防控常态化背景下高等学校毕业生就业状况及影响因素[J]. 教育研究, 2022, 43(6): 28-44.
- [2] 李景德, 陈敏. 物理学中的第二片沙漠——电介质物理学[J]. 中山大学学报论丛, 1998(2): 208-213.
- [3] Von Hippel, A. (1954 & 1994) Dielectrics and Waves. Artech House, New York.
- [4] Drozd-Rzoska, A., Rzoska, S.J., Szpakiewicz-Szatan, A., Łoś, J. and Orzechowski, K. (2022) Pretransitional and Pre-melting Effects in Menthol. *Chemical Physics Letters*, **793**, Article ID: 139461.
<https://doi.org/10.1016/j.cplett.2022.139461>
- [5] 王海鸿. 浅谈翻转课堂在电气教学中的实践研究[J]. 现代职业教育, 2022(25): 64-72.
- [6] 王楠. 机械制图课程思政案例探索研究[J]. 时代汽车, 2022(13): 54-56.