

《印刷电子基础》课程建设与人才培养： 构建面向未来的教育模式

郑璐

西北工业大学柔性电子研究院 陕西 西安 710072

摘要：在现代科技的迅猛发展中，柔性电子以其柔性、可弯曲、可拉伸的独特势和广泛的应用前景，成为了电子信息产业的新宠，为智能穿戴、生物医疗、能源管理、智能建筑等多个领域带来了革命性的变化。以印刷技术构筑柔性电子器件作为一种新兴的电子制造技术，因其在成本效益、大面积制造和环保方面的优势，正逐渐成为推动智能穿戴、生物医疗等领域创新的关键力量。随着物联网、大数据和人工智能等技术的融合，印刷电子技术的应用范围和市场潜力不断扩大，对相关领域的人才培养提出了新的要求。本文旨在探讨和构建一个系统化的《印刷电子基础》课程，为印刷电子领域的人才培养提供全面且系统的教育方案。文章首先分析了印刷电子技术的重要性及其在现代工业中的应用；然后阐述了课程建设的目标、内容、教学方法和评估机制；最后，讨论了如何通过课程建设实现人才培养，以适应未来产业发展的需求。

关键词：印刷电子；课程建设；人才培养；教育模式；技术应用

1 引言

柔性电子以其柔性、可弯曲、可拉伸的独特势和广泛的应用前景，成为了电子信息产业的新宠，为智能穿戴、生物医疗、能源管理、智能建筑等多个领域带来了革命性的变化。^[1]印刷电子技术作为柔性电子的一个重要方向，结合了传统印刷工艺与现代电子制造革新性技术，具有制造成本低、材料利用率高、可大面积制造等优点，正以其独特的优势在多个领域引发深刻的技术变革。^[2]印刷电子技术通过使用金属、聚合物和其他功能性材料油墨，采用丝网印刷、喷墨打印等印刷工艺技术，在各种基底上印刷出电路、传感器、显示器和其他电子器件，为电子信息产业的发展带来了新的机遇。随着物联网和可穿戴设备市场的扩大，印刷电子技术的应用前景更加广阔。构筑印刷电子产品主要涉及基底材料、可印刷电子材料、印刷设备、印刷工艺、系统设计与集成等相关研究内容，这些研究内容分别可以归属于材料、化学、物理、电子、机械和印刷等学科方向。随着印刷电子技术的不断进步，其在商业化应用中的潜力不断被挖掘，对掌握相关专业知识和技术的人才需求也日益迫切。作为新兴、高度交叉融合的学科领域方向，当前现有教育体系中缺乏针对印刷电子方向专业人才的培养，这限制了技术的发展和应^[3-5]。因此，加强印刷电子技术的人才培养，不仅能够推动相关产业的创新和发展，还能够为社会的可持续发展做出贡献。这要求教育和研究机构加强课程建设，构建一个有效的印刷电子基础核

心课程，培养具有创新能力和实践技能的复合型电子与印刷技术专业人才，以满足未来产业发展的需求，对于推动产业发展和科技进步具有重要意义^[6-7]。

本文介绍了柔性电子专业《印刷电子基础》课程建设的大致思路及课程建设过程中的一些具体做法。

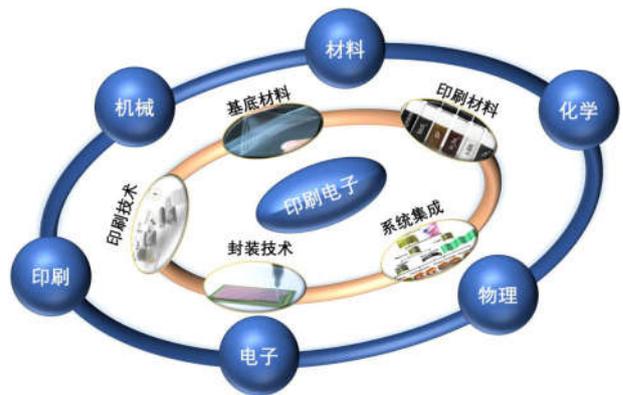


图1 印刷电子的相关研究内容及其所属学科方向

2 印刷电子基础课程

2.1 课程建设目标

《印刷电子基础》课程探索一种具有创新能力和创业意识的复合型电子与印刷技术人才培养的新模式，以提升学生在电子与印刷技术领域的理论基础，挖掘学生创新能力、创业意识和工程实践能力为目标，培养国家经济建设和社会发展，以及印刷电子和柔性电子领域发展急需人才。课程旨在提高学生的创新思维、实践操作能力和解决复杂工程问题的能力，为学生未来的职业生涯

和终身学习打下坚实的基础。印刷电子基础课程的建设目标主要集中在以下几个方面:

(1) 知识传授与技能培养:

培养学生对印刷电子技术的全面理解,包括基本原理、材料特性、制造工艺、器件设计和系统集成;强化学生对印刷电子材料(如导电油墨、半导体材料等)和印刷工艺(如丝网印刷、喷墨打印等)的掌握;教授学生如何运用印刷电子技术进行创新设计和制造,以及如何解决实际生产中的问题。

(2) 实践能力提升:

将最新的科研成果融入教学内容,设计学生实验,通过实验和实践课程,提高学生的动手操作能力,使其能够独立进行印刷电子器件的制作和测试;企业合作,为学生提供实习机会,让学生在真实的工业环境中应用所学知识,增强其工程实践能力;紧跟前沿文献及印刷电子产业的发展趋势和技术需求,调整和优化课程内容,确保教学内容与行业需求紧密对接。

(3) 创新思维与跨学科能力:

培养学生的自主学习能力和终身学习意识,使其能够不断更新知识,适应技术发展的快速变化;鼓励学生进行创新思维的培养,通过项目驱动和问题导向的学习方式,激发学生的创新潜能;强调跨学科学习,将印刷电子技术与材料科学、化学、物理学、计算机科学等领域相结合,培养复合型人才。

通过实现这些目标,印刷电子基础课程将为学生提供一个坚实的学习平台,使其能够在未来的职业生涯中发挥重要作用,并为印刷电子领域的发展做出贡献。

2.2 课程内容

课程内容应包括印刷电子的基本理论、材料科学、印刷工艺、器件制造和应用案例等。此外,还应不断更新前沿的研究成果和技术趋势,以确保课程内容的时效性和前瞻性。以下是该课程的主要教学内容:

(1) 印刷电子学绪论:介绍印刷电子技术的发展历程、现状及未来趋势,探讨印刷电子技术与传统电子制造技术的区别与联系。

(2) 印刷电子材料的制备与表征:讲授印刷电子的材料分类,以及各类材料的制备与合成方法;分析表征各类材料的化学组成、物理性质;材料的墨水化方法及墨水性能调控、及其对印刷电子器件性能的影响。

(3) 印刷电子工艺及原理:讲授了解各类印刷工艺技术丝网印刷、喷墨打印、柔版印刷等印刷工艺的原理、优缺点分析;了解各种印刷设备的结构、工作原理和维护方法。

(4) 可印刷电子器件结构与原理:主要讲授如何设计印刷电子器件,包括电路布局、材料选择和工艺流程;学习可印刷传感器、晶体管、太阳能电池、储能器件、发光与显示器件的制备、结构及工作原理等。

(5) 印刷电子系统集成与应用:主要讲授印刷电子系统的构成单元、集成方法及工作原理;分析印刷电子技术在智能包装、柔性显示、传感器、能源存储等领域的应用案例。

(6) 印刷电子与未来:总结与探讨印刷电子对未来智能时代的潜在影响,分析印刷电子对信息时代的支撑;探讨印刷电子产品的商业化潜力和市场前景。

2.3 教学方法

《印刷电子基础》采用理论课程讲授为主,结合实验设计、互动式课堂、翻转课堂、项目导向学习等多种教学方法,提高学生的参与度和兴趣,以培养学生的理论知识、实践能力和创新能力。

(1) 理论授课:采用传统的课堂讲授方式,介绍印刷电子学的基本概念、原理、材料、工艺和应用;利用多媒体教学工具,如PPT、视频、动画等,来辅助解释复杂的概念和过程。

(2) 互动式教学:通过课堂讨论、问答、头脑风暴等互动形式,激发学生的思考和参与;使用课程群,鼓励学生在课堂之外进行讨论和交流。

(3) 翻转课堂:提前布置信息检索任务,让学生在课前通过在线材料自学新知识,课堂上主要进行深入讨论、实践操作和问题解决;教师扮演引导者和协助者的角色,而不是单纯的知识传递者。

(4) 项目导向学习:鼓励学生参与创新竞赛和创业项目,如开发新型印刷电子产品或创业计划;通过项目导向学习,让学生在解决实际问题的过程中学习和应用知识。

通过这些多样化的教学方法,同时穿插更迭国内外相关技术前沿知识,寓教于学、寓教于研,印刷电子基础的教学可以更加生动、有效,并能够满足不同学生的学习需求和风格。

2.4 实验教学与产学研合作

为了进一步巩固理论知识、提高学生实践能力,需要开展实验教学与产学研合作。

受限于《印刷电子基础》课程的课时安排,单独开设配套实验课程《印刷电子综合设计》。学生将学习基础实验技能训练,学习使用各种印刷电子相关的实验设备,如丝网印刷机、喷墨打印机、涂布机等,掌握基本的实验室安全操作规程和化学品处理方法;材料制备与

表征实验,制备功能性油墨,利用各种表征设备,如粘度计、表面张力仪、扫描电子显微镜(SEM)、原子力显微镜(AFM)等来分析墨水材料的性质及印刷适性;印刷工艺实验,使用不同的印刷技术,包括丝网印刷、喷墨打印、柔版印刷等设计并印刷简单的柔性电子传感器器件,探索印刷参数对印刷质量的影响,优化印刷工艺;系统集成与测试实验,将印刷好的电子器件与商业电子组件集成,制作功能性系统,测试印刷电子器件的电学性能,如电阻、电容、频率响应等。通过这一系统的实验教学,有助于学生将抽象的理论知识与实际操作相结合,加深对印刷电子学理论的理解。

联系相关企业开展企业实习项目,安排学生到印刷电子相关的企业,如宏星浆料进行实习,参与实际的生产和研发项目,学生可以在企业导师的指导下,了解行业的实际需求和技术挑战;与企业合作开展印刷电子材料、工艺或器件的研究项目,教师和学生团队与企业研发团队共同工作,解决具体的技术问题;定期举办印刷电子技术的工作坊和研讨会,邀请行业专家分享最新进展,学生可以通过这些活动了解行业趋势,扩展专业网络;设立产学研联合培养项目,学生在完成学术课程的同时,参与企业的实际工作,学生可以在企业完成部分学分,将前沿理论知识与实践技能的培养结合起来。通过与企业的合作,学生可以在真实的工业环境中进行实习和项目工作,了解行业的最新需求和技术发展。产学研合作不仅为学生提供了实践机会,也为教师提供了与行业接轨的途径。

2.5 评估与反馈

在印刷电子基础课程建设过程中,评估与反馈是确保教学质量和持续改进的关键环节。课程评估应包括形成性评估和总结性评估,以全面评价学生的学习成果;通过定期收集学生和教师的反馈,可以不断改进课程内容和教学方法,提高教学质量。在课程建设阶段,主要采用以下的评估与反馈方法:

(1) 课程评估问卷:设计详细的课程评估问卷,收集学生对课程内容、教学方法、实验设施、教材和教师表现的反馈,针对共性问题予以改进。

(2) 课程报告和项目评估:通过学生的课程报告和项目作业来评估学生对课程内容的掌握程度和实践能力。

(3) 同行评估:邀请其他教师或行业专家进入教学课堂、审核教学资料、对课程内容和教学方法进行评审,提供专业的意见及反馈。

(4) 教师自我评估:教学团队定期研讨,进行自我评估,反思教学方法和课程内容的有效性,并提出改进

措施。

(5) 多平台学生反馈:提供多元化的反馈渠道,如问卷、面试、在线平台等,让学生可以通过各种方式直接向教师和课程负责人提供意见和建议。

(6) 毕业生跟踪调查:对毕业生进行跟踪调查,了解他们对课程的看法以及课程对他们职业发展的影响,定期进行行业需求调研,确保课程内容与行业发展趋势保持一致。

3 印刷电子人才培养与未来展望

通过全面且系统的课程建设,明确的学习目标、精心设计的课程内容、多样化的教学方法、实践机会以及评估与反馈机制,《印刷电子基础》的建设将为学生提供坚实的学术基础和实践平台,培养出具有扎实理论基础、实践能力和创新能力的印刷电子专业人才,使他们能够在未来的职业生涯中发挥重要作用。这些人才满足未来智能时代对高素质人才的需求,将成为推动印刷电子产业发展的重要力量。

展望未来,印刷电子领域的新兴材料与技术的不断发展,对教育内容和教学方法提出了新的挑战。这就要求我们持续更新课程内容,引入最新的研究成果和技术进展,同时探索更加创新的教学方法,如虚拟现实(VR)、增强现实(AR)等,以提高学生的学习兴趣和实践效果。此外,随着跨学科研究的深入,印刷电子学与材料科学、计算机科学、生物医学等领域的结合将更加紧密,因此,我们的课程也需要加强跨学科的教学设计,培养学生的综合解决问题能力。除了技术层面的更新,还需要关注学生的软技能培养,如团队合作、沟通能力、项目管理等,这些都是未来职场中不可或缺的技能。通过组织各类团队项目、研讨会等活动,学生可以在实践中提升这些技能。

4 结论

《印刷电子基础》课程建设在培养未来印刷电子领域专业人才方面扮演着举足轻重的角色。这一过程不仅涉及对现有知识和技能的传授,而且包括对学生创新能力、批判性思维和终身学习能力的培养。通过精心设计的课程体系和多元化的教学方法,能够培育出一批既掌握扎实理论基础又具备实践技能的高素质人才。此外,建立有效的评估和反馈机制可以使教师及时调整教学策略,以更好地满足学生的学习需求和行业的发展需求。总之,印刷电子基础课程的建设是一个动态的、不断发展的过程,它需要教师、企业和学生之间的紧密合作和持续交流合作,以培养出能够适应未来产业发展需求的高素质人才,为印刷电子产业的持续繁荣和进步做出重

要贡献。

参考文献

[1]黄维.“柔性电子+”未来产业：努力发展“根部技术”，加快打造“中国碳谷”[J].智慧中国,2023,26.

[2]朱先军,刘蕾蕾,郭艳东,许吉.交叉融合性新专业柔性电子学的课程体系建设[J].高等工程教育研究,2024,第3期.

[3]张奎奎,杨波,郑素娟.“数智化”背景下柔性电子学专业课程建设研究[J].江苏科技信息,2023,No.33, November,2023.

[4]钟云飞,张传香,冷娴,陈挺,赵东柏.包装智能化背景下的《印刷电子学》课程教学实践[J].教育现代化,2019,6

(96):11-13.

[5]褚夫强,晁季蕾,王鑫,林茂海,赵公文.硕士研究生课程案例库建设研究——以“印刷材料科学与技术”为例[J].印刷教育技术专栏,2023,6:65-66.

[6]吕斌.创新服务，匠心育人，推动学科专业转型，助力产业发展——记陕西科技大学轻工科学与工程学院（柔性电子学院）院长吕斌[J].北京皮革,2024,JUL.

[7]朱纯欣.科教融合视域下创新型研究生培养模式的探索与实践——以南工海外人才缓冲基地第二课堂建设为例[J].高等教育学刊,2018,9期.