

基于OBE教育模式的电子封装技术专业在教学中的探索与实践

韩子豪¹, 江志豪¹, 韩太平¹, 张勇¹, 王岩¹, 袁学兵^{2*}, 杨亮^{1*}

¹厦门理工学院材料科学与工程学院, 福建 厦门

²西北工业大学自动化学院, 陕西 西安

收稿日期: 2024年10月24日; 录用日期: 2025年1月9日; 发布日期: 2025年1月17日

摘要

为培养致力于电子封装技术专业的应用型人才, 适应对电子封装技术人才的需求升级, 在电子封装技术专业的课程教学中, 引入成果导向教育理念(outcome-based education, OBE)。依托《LED照明技术》和《PCB设计与制造》课程体系进行项目安排, 以GaN LED的芯片结构分析和电子时钟PCB设计为案例, 将专业课程教学体系与实践教学体系相结合进行探索研究, 以提高学生对专业基础知识的理解和实践运用能力。基于OBE教育模式, 构建以学生为主体, 以教师为主导, 以成果为导向的具有时代特色的“OBE驱动式”教学, 通过对学生学习成果的反馈和评价来确定下一步的学习目标和内容, 充分调动学生学习的积极性, 调动其主观能动性, 形成以“我要学”与“我能学”之间的内在联系, 培养符合新时代的应用型本科高级工程技术人才。

关键词

电子封装技术, 应用型人才, OBE, 课程教学, 本科

Exploration and Practice of Electronic Packaging Technology as a Major in Teaching Based on the OBE Education Model

Zihao Han¹, Zhihao Jiang¹, Taiping Han¹, Yong Zhang¹, Yan Wang¹, Xuebing Yuan^{2*}, Liang Yang^{1*}

¹School of Materials Science and Engineering, Xiamen University of Technology, Xiamen Fujian

²School of Automation, Northwestern Polytechnical University, Xi'an Shaanxi

Received: Oct. 24th, 2024; accepted: Jan. 9th, 2025; published: Jan. 17th, 2025

*通讯作者。

文章引用: 韩子豪, 江志豪, 韩太平, 张勇, 王岩, 袁学兵, 杨亮. 基于 OBE 教育模式的电子封装技术专业在教学中的探索与实践[J]. 创新教育研究, 2025, 13(1): 303-313. DOI: 10.12677/ces.2025.131041

Abstract

To foster application-oriented professionals who specialize in electronic packaging technology and meet the evolving demands for talented individuals in this field, the curriculum for electronic packaging technology majors has incorporated the concept of outcome-based education (OBE) into its teaching methodology. Relying on the course systems of “LED Lighting Technology” and “PCB Design and Manufacturing”, the project is arranged, and the chip structure analysis of GaN LED and the PCB design of an electronic clock are taken as cases to explore and study the professional course teaching system and practical teaching system, so as to improve students’ understanding and practical application ability of professional basic knowledge. Based on the OBE education model, this paper constructs “OBE-driven” teaching with the characteristics of the times, which are student-oriented, teacher-led and results-oriented. Through the feedback and evaluation of students’ learning achievements, we can determine the next learning goal and content, fully mobilize students’ enthusiasm for learning, mobilize their subjective initiative, and form the internal relationship between “I want to learn” and “I can learn”. Train application-oriented undergraduate senior engineering and technical personnel in line with the new era.

Keywords

Electronic Packaging Technology, Applied Talents, OBE, Course Teaching, Undergraduate Course

Copyright © 2025 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

随着国家“中国制造 2025”和新工科建设的大力推进，培养大批创新能力强、适应社会需求的应用型人才是一项迫切需求。电子封装技术专业作为一个新兴的技术型专业，其人才培养目标也是培养面向社会经济发展和企业需要的应用型人才[1]。为了满足社会经济发展和企业需要，电子封装技术专业学生应具有较强的实际动手能力、良好的工程素质、扎实的电子专业基础知识和较强的综合分析、解决问题的能力。因此，对于电子封装技术人才的培养，需要科学合理的教育理念与教学方法。

OBE 教育又称为成果导向教育，是美国教育改革的一种新的教学理念。该教学模式在美国教育界得到了广泛的应用和推广，已经成为一种国际上通行的新型教育方式[2]。OBE 教学模式突出以学生为中心，以学生学习成果为导向，在教师的引导和辅助下，通过课堂教学与实践相结合的方式，激发学生对学习的兴趣和主动学习的积极性。特别是，在课程中增加或明确了促进学生发展方法和道德价值观的活动[3]。以学生毕业所需取得的优异成绩为目标，设计、实施、评价教育教学活动，帮助学生提高自学能力、学会合作。它是以成果为导向，把学生学习知识或技能的过程变成一种自我实现式地追求知识或技能，成就自己人生价值的过程；是一种以学生为中心所采取的符合现代教育理念的教育模式。学习成果是对所学知识的最终展示，学生在一门课程结束时应能达到相应要求，并且在学位课程结束时也应能展现出整个学习过程所应达到的成果[4]。OBE 不仅有科学理论依据还能充分调动学生的学习动力与积极性，是当今最科学、最具可操作性且又符合素质教育要求的一种全新教育方式[5] [6]。OBE 教育模式在西方国家起源并发展，21 世纪后才逐步引入国内，部分高校开始按照 OBE 理念进行教育改革。文献表明，教育机构在实施成果导向教育(OBE)的过程中面临着各种各样的挑战[7]。作为 OBE 教育模式起步较

晚的国家,吸收借鉴国外的经验与教训,可以使国内 OBE 教育模式的开展更加高效。

本文以厦门理工学院电子封装技术专业的学生为对象,基于学校“以学生为本,为产业服务”的办学理念,建设“亲产业、开放式、国际化”的国内一流高水平应用技术大学办学环境,结合工科类大学生的特点,对《LED 照明技术》和《PCB 设计与制造》专业课的教学内容与教学方法进行改革探索,并结合当地企业实际生产任务对学生的创新能力培养进行了探究,提出一种具有时代特色的“OBE 驱动式”教学,旨在通过“OBE 驱动式”教学激发本科学生对于专业课的学习兴趣,同时也为培养应用型人才提供有效保障。

2. 电子封装技术专业传统教育模式存在的问题

电子封装技术专业是一个宽口径的技术专业,随着中国电子行业的蓬勃发展,中国的电子行业人才缺口越来越大,特别是近年来随着半导体产业迅速发展,半导体人才更是供不应求[8]。然而目前该专业在人才培养方面存在诸多问题,电子封装技术作为应用性较强的学科,对人才知识、能力、素质均要求较高[9]。

目前国内一些高校开设了这一专业,但是目前电子封装技术专业的教育模式存在以下问题:专业定位不够准确,高校培养出来的毕业生不能很好地满足行业发展需求;知识结构不够合理,电子封装技术学科是一个理论和实践要求高的学科,实践经验不足,课程设置和教学内容设置不够合理,理论与实践结合不紧密;课堂教学形式相对单一,实践教学相对滞后,课程教学体系与实践教学体系结合的不够紧密,尤其是多数实践教学任务是以学生完成繁琐的实践报告为标准,学生学习兴趣不高[10]-[12]。因此,在人才培养方案中需要明确学生在毕业后所从事行业的岗位要求和职业能力、素质水平标准,以及企业对人才规格的需求,同时结合企业的需求情况,增加专业知识与技能培养环节[13][14]。

3. 电子封装技术专业的“OBE 驱动式”教学

“OBE 驱动式”教学注重社会需求和岗位技能,结合学生发展实际,依据人才培养目标和课程体系进行教学内容、课程结构及评价方式的系统规划设计[15]。在原有专业课程教学体系框架下对新设课程进行规划、实施、评价的过程,通过课堂内外实践活动对所学知识在技能和能力上的体现而产生实际效果,激发学生的学习兴趣和提升学生参与度和完成课程任务的能力,帮助学生更好地实现学习目标,提升实践技能[16]。“OBE 驱动式”教学过程中,秉持 OBE 教育理念,笔者创新出“五化”教学方式,如图 1 所示,即系统化、项目化、自主化、选择化和个性化,具体为:

- 1) 系统化:从培养目标出发,根据学科性质与特点制定课程目标和内容体系。
- 2) 项目化:根据学生不同学习阶段所需具备的能力,调整下一阶段的项目任务,直至完成最终目标。
- 3) 选择化:给予学生一定的选择权,他们可以根据自身兴趣、能力与未来规划,去选择合适的学习项目。
- 4) 个性化:从学生能力发展需求和教师教学能力出发合理分配和使用资源、设计学习活动。
- 5) 多元化:打破传统教学中仅由教师进行评价的单一模式,采用多元评价主体。

电子封装技术专业的“OBE 驱动式”教学包含理论教学和实践教学两个模块,这两个模块依据系统化和选择化教学方式,以培养学生专业素质为核心,以实践项目和课程为载体,结合生产实际及市场需求对学生进行教学设计与考核。前者是对学生进行理论知识讲解;后者是通过实验提高学生的动手能力。为了更好地将这两方面结合起来,在理论部分采用了典型案例分析、实例介绍等教学方法;在实践教学中,以项目化教学方式为主线,并引入自主化和个性化教学方式,提升学生的专业学习兴趣,调动学生学习的积极性及主观能动性,培养学生的创新能力[17]。

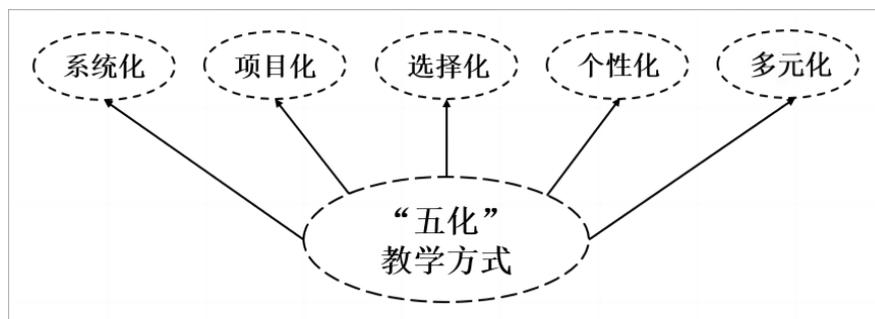


Figure 1. Schematic diagram of the “five-pronged” teaching approach
图 1. “五化”教学方式示意图

4. “OBE 驱动式”教学独特之处

4.1. “OBE 驱动式”教学与传统教育

“OBE 驱动式”教学有着不同于传统的以教师或学科为主体的教育理念，OBE 强调学生是教育过程的主体，所有的教育活动、教育过程和课程设计都应围绕学生的预期学习结果来展开，这符合“以生为本”的教育哲学。同时，将课程设计、学习方式以及评价体系聚焦于学习成果，首先明确学生在期末应达到的能力标准，根据这个标准确定项目化实践教学和课程考核的具体内容，并以此为依据决定课程体系，确保教育目标与结果的一致性。

在学习过程中，教师可以根据 OBE 教育理念，设置阶段化学习成果，即学生通过某一阶段学习后所能达到的最大能力。通过阶段性的学习成果，教师能够准确把握每名学生的学习轨迹、目标、基础和进程，并按照不同的要求制定不同的教学方案、提供不同的学习机会，强调了个性化学习。这有助于激发学生的学习兴趣 and 潜能，促进学生的全面发展。这一过程中，教师的教学不是一成不变的，根据阶段性成果所展现出的学生自身能力的不同，教学方式以及后续的教学计划都可以进行调整，以保证学生能够完成最终的学习成果。

与传统的教育方式相比，“OBE 驱动式”教学更加注重对学生的思维方式、实践能力以及个性化特点上的培养，引导学生在面对复杂工程问题时，能够从最终目标出发，以自身能力为依托，将复杂问题简单化、层次化，并在解决过程中不断思考，及时地学习与调整，寻找最适合的方式去解决问题。“OBE 驱动式”教学强调达成学习成果的内涵和个人的学习进步，不强调学生之间的比较，养成一种自发式的学习氛围，培养学生的自主学习能力，有利于开展研究型教学和个性化教学，增加学生的主动性，使教学更加灵活，教师可以根据学生的学习情况和学习目标去制定教学计划，学生可以通过实际操作、问题解决、合作互动等方式来展现所学知识和技能。传统教育往往缺乏对学生实践能力、创新思维以及自主学习能力的培养，导致学生在步入社会时，需要花费更多的时间去适应。相比之下，“OBE 驱动式”教学与传统教育在教育理念、教学安排与方法、评估与反馈以及对学生发展的影响等方面都存在显著差异，“OBE 驱动式”教学更加注重学生的能力培养和个性化发展，有助于培养学生的综合素质和适应未来社会需求的能力。

4.2. “OBE 驱动式”教学与其他教学模式

项目式学习是以学生为中心，鼓励通过合作的形式，利用学到的知识，在一定时间内，去探索并解决真实世界中的某些难题与任务的学习方式。项目式学习与“OBE 驱动式”教学都是以学生为中心，注重实践，以合作的形式去解决问题，培养学生的动手实践能力，“OBE 驱动式”教学的实践阶段与项目

式学习有着紧密的联系。两者的不同之处可以从“五化”教学方式入手进行分析，“五化”教学方式体现着“OBE 驱动式”教学的本质，这种教学方式从五个方面入手，表达“OBE 驱动式”教学各个方面的特点，使教师能够更加直观地了解 OBE 教育理念，将 OBE 运用到课程体系中。

“五化”教学方式代表“OBE 驱动式”教学中的本质，其中“系统化”表示，教师要从培养目标出发，根据学科特点制定课程体系，这符合“OBE 驱动式”教学的反向设计原则，虽然项目式学习最终也要求达到某一学习目标，但整体的课程设计并不是围绕着这一目标展开的，项目式学习突出的是培养学生主动探索与实践的能力，注重的是学生在解决问题的过程中所展现出来的创造力与想象力，而且课程的设计偏向于通过团队合作去完成由教师帮助学生指定的项目计划，这与“五化”中的“项目化”也有着明显差异，“项目化”是“OBE 驱动式”教学的重要特点，“项目化”并不是简单的以完成项目的方式去学习，而是在课程体系和实践教学部分，运用项目思维去设计与调整。在课程体系中，要求教师在学期开始前，根据预期成果，制定出一份教学计划，但在每一个学习阶段结束之后，都要根据学生现阶段已具备的能力去调整下一阶段的教学计划，直到学生具备预期能力并且完成最终成果。最终成果的完成会体现在实践教学部分，这一部分致力于培养学生“项目化”的思维方式，通过反向设计项目流程并动手实践，达到能力与思维共同培养的目的，体现了“OBE 驱动式”教学独特的“项目化”特点。

问题导向学习同样是以学生为中心的教学方式，将问题作为教育核心，学生在教师设置的与现实生活紧密联系的情境中，发现、提出、分析和解决问题，在这个过程中可以通过小组讨论、查阅资料、调查访问、实践操作等方式自主探究，主动建构知识、发展能力和提升素养。问题导向学习与“OBE 驱动式”教学的不同之处也能够从“五化”教学方式的角度进行分析。

问题导向学习以教师设置情境，引导学生发现问题为起点，与“OBE 驱动式”教学相比，学生的选择权被限制在一定的情境中，可能导致部分学生无法找到合适的学习项目，“OBE 驱动式”教学中的“选择化”强调学生的选择权，他们可以根据自身条件与兴趣去选择适合的学习项目，只需对最终目标负责，不局限在具体情境中，具有更多的可选择性。问题导向学习的学习过程围绕着问题的发现、提出、分析和解决，学生不再是被动接受知识的容器，而是作为主动探究知识的主体。在整个学习过程中大部分问题的解决都是通过团队合作的形式来完成，但每个团队的人数较多，无法充分考虑到每个学生在学习方式、学习效率、基础知识等方面的差异，所以从“个性化”的角度进行分析，“OBE 驱动式”教学与问题导向学习有较大差异，“OBE 驱动式”教学的“五化”教学方法提出“个性化”的教学特点，根据学生的不同特点设计教学。例如，在一个班级中，有些同学更擅长通过听觉的方式去学习，有些则擅长通过视觉去学习，那么在课堂上就可以多采用图文并茂的教学资源，来满足不同学生的需求。同时，由于每位学生的学习能力是不同的，对于学习能力较差的学生，要通过额外的辅导去帮助他们，对于学有余力的学生，可以给予他们更多的学习拓展类知识的机会。“OBE 驱动式”教学更加注重个体化差异，“个性化”不只体现在教学过程中，也体现在教学评价环节。

“OBE 驱动式”教学具有“多元化”的评价体系，打破传统教育中只由教师单一评价的体系，采用多元和梯次的评价标准，强调成果的内涵和个人的进步，并不是学生之间的比较。项目式学习是由教师进行课程评价，问题导向式学习的课程评价主要是学生的自我反思和总结，这两种学习方式的评价体系比较单一，包含学生之间的比较，会对最终的教学成果产生影响。作为具有“多元化”评价体系的“OBE 驱动式”教学，可以从以下几个方面入手：成果整体达成度评价、团队合作能力评价、实践能力评价、创新思维评价、成果质量评价、反思与自我学习能力评价等。多元和梯次的评价标准，可以更加客观与全面的反应学生在学习过程中的综合表现，促进学生自我认知水平的提高，激发学习动力，有效促进教育质量的提升，增加教育的公平性。

通过“OBE 驱动式”教学与项目式学习、问题导向学习的对比分析，说明“五化”教学方法确实是

对“OBE 驱动式”教学特点的总结,教师可以通过“五化”教育方式了解 OBE 教育理念的总体思路,从五种角度出发,剖析“OBE 驱动式”教学的整个学习过程,使教师更加容易理解,降低 OBE 教育理念的应用难度。“OBE 驱动式”教学的整个过程都体现着反向设计原则,这使得整个教学计划虽然有着明确的目标,但是每一个学习阶段的链接显得格外重要,在每一个“连接点”都需要教师对学生的情况有着充分的认识,并能够合理的安排下一阶段的教学计划,不影响最终成果的完成。因此,笔者创新出“五化”教学方式,教师可以在每一个教学部分都以“五化”教学方式作为思路开拓的起点,可以从“系统化”出发,根据最终成果与学科性质确定思维方向,由“项目化”确定过程,再通过“选择化”和“个性化”明确以学生为中心的原则,锚定起始点,最后以“多元化”收尾,对整个过程进行评价,发现问题并及时反馈,总结经验,不断地对教学体系进行修改和完善。因此,“五化”教学方式在“OBE 驱动式”教学中发挥着不可替代的作用,要充分理解“五化”教学方式的内涵,在教学过程中合理的运用“五化”教学方式,达到将 OBE 教育理念融入到教学中的目的。

5. 实验案例分析

5.1. 基础性仿真实验——LED 器件芯片的结构分析实验

以 GaN 基蓝光 LED 多量子阱结构分析设计为例,LED 器件芯片大都是用金属有机物气相沉积法(Metal-organic Chemical Vapor Deposition, MOCVD)或分子束外延法(Molecular Beam Epitaxy, MBE)在蓝宝石衬底上先生长一层低温 GaN 缓冲层,再在高温条件下外延一层 n-GaN,接着在 n-GaN 外延层上生长 5~12 层多量子阱层,然后在多量子阱层上外延电子阻挡层(Electron Blocking Layer, EBL)和 p-GaN 层,接着在 p-GaN 层上制作 ITO,淀积金属 Ni/Au 作为 p 电极,最后刻蚀掉部分 p-GaN 与 n-GaN,露出 n-GaN 并制作 n 电极, n 电极采用金属 Ti/Al/Ni/Au。

由于仿真相比起实际试验,在时间、金钱、精力成本而言具有很明显的优势,能够很大程度上提高科研工作者的工作效率。此外,由于实验条件的限制,有的器件特性无法准确地被测试者测得或测试成本过于高昂,可以通过模拟实验来获得。为方便教学实验设计,模拟实验中未设计出 GaN 缓冲层和 ITO,建立的 GaN 基蓝光 LED 基本结构如图 2 所示,后续的结构研究均以此为基础。LED 器件的 p 电极采用金属 Ni, n 电极采用金属 Ti。在蓝宝石衬底上的是 3 μm 厚 Si 掺杂的 n-GaN 层,其上面是多量子阱有源区,其中包括 InGaN 量子阱,两边为 i 型 GaN 量子垒;紧接着是 45 nm 厚的 EBL(Mg 掺杂的 p-AlGaIn);最后为 200 nm 厚的 Mg 掺杂的 p-GaN。

实验小组人数为 1~2 人,实验目的是让学生掌握 LED 的基本结构、工作原理以及器件设计的基本方法,分析量子阱结构参数对器件光电特性的影响。实验内容是针对 GaN 基蓝光 LED 多量子阱结构进行研究,利用 SILVACO(工艺与器件开发的专业性半导体仿真软件)进行建模,先后进行网格划分、区域定义、材料定义、电极的定义、掺杂特性及计算方法等一系列设定,求解 LED 的功率谱密度、能带、载流子浓度、伏安特性及电场强度等,图 3 为 GaN 基蓝光 LED 网格划分图。在之后的仿真结果基础上保持量子阱的其他参数不变,更改其中一个参数作为单一变量(如量子阱的阱厚),将多组仿真结果进行对比分析,确定该参数是否为最优参数[18]。对于本实验,要求每个小组做 5 组对比实验。一组在其他条件相同的情况下进行不同 In 掺杂浓度的仿真,分析不同 In 浓度对光电特性的影响;一组在其他条件相同的情况下进行量子阱阱厚的仿真,分析不同阱厚对光电特性的影响;一组在其他条件相同的情况下进行不同量子阱的垒厚的仿真,分析不同量子阱的垒厚对光电特性的影响;一组在其他条件相同的情况下进行不同掺杂分布的仿真,分析不同掺杂分布对光电特性的影响;一组在其他条件相同的情况下进行不同量子阱数目的仿真,分析不同量子阱数目对光电特性的影响。通过对比分析每一组的结果,综合得出 GaN 基蓝光 LED 多量子阱结构的优化结果。

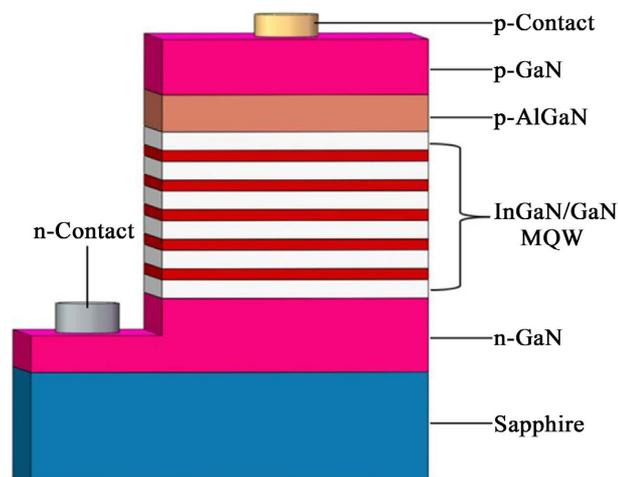


Figure 2. Basic structure of GaN-based blue LED

图 2. GaN 基蓝光 LED 基本结构

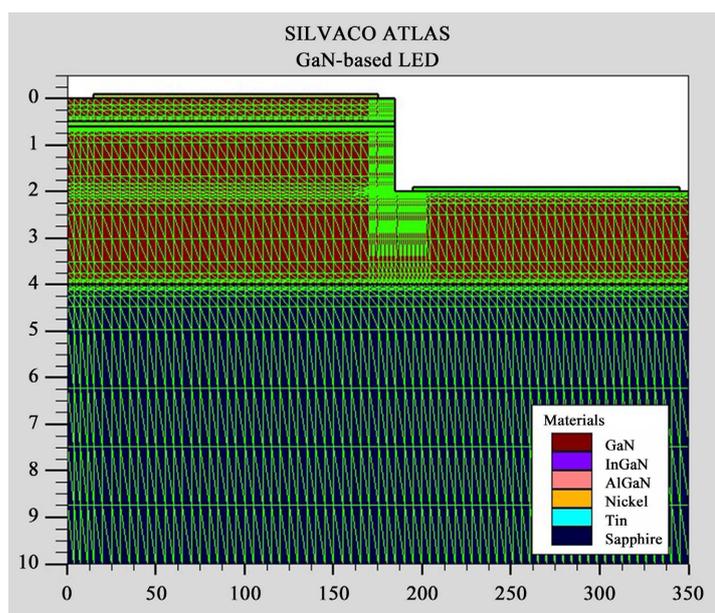


Figure 3. GaN-based blue LED gridding diagram

图 3. GaN 基蓝光 LED 网格划分图

5.2. 实用性实验——电子时钟 PCB 的设计实验

实用性实验由学生根据自己的兴趣爱好及能力，进行自选题设计，可 1~2 人为一组，但更鼓励学生独立一人完成实验设计。以电子时钟 PCB 的设计为例。基于相关课程体系的教学，学生利用 Altium Designer 软件，设计电子时钟的 PCB 电路，这需要学生掌握电路设计的原则及了解相关器件知识。

首先根据电子时钟来设计符合需求的硬件电路，这也是电路设计的第一步，即设计需求分析。接下来就是进行电路原理图设计，在设计原理图时要尽量选择常见和购买方便的元器件，并且这些元器件最好有可替代品，做到兼容性原则。在绘制原理图时，须遵循各信号含义，查看元器件手册，选取合适的封装，最好使用和借鉴稳定的电路，划分模块和功能，绘制完整、正确、清晰的原理图。在绘制好原理图并检查编译后，接下来以原理图为依据进行 PCB 的设计，遵循 PCB 设计过程中的生产加工、安全规则、

可测试性等技术规范要求，设计精确、性能稳定的 PCB。最后是 PCB 设计检查、加工制作、飞针测试、焊接等工序[19]。

图 4 为学生绘制电子时钟 PCB 2D 图，图 5 为学生在电子时钟 PCB 2D 图基础上选取合适的 3D 封装，设计了 PCB 的 3D 图。3D 封装能够让学生在 PCB 实物之前就能够看到真实的 3D 模型，可以直观的知道有没有空间干涉问题，准确的 3D 模型，可以用于在真实的 3D 中进行电路板布局，通过对 PCB 设计的 3D 图形化，能够以 3D 的形式检查设计的内外各个方面。

学生在原理图中分别设计了单片机外围电路和 LCD 显示屏(12,864 图形点阵液晶显示器)外围电路。单片机(STC89C52)外围电路包括时钟电路、复位电路和电源电路，电源电路由三端稳压器 7805 将输入的直流电压稳压输出为 5 V 直流电压，为单片机最小系统供电。复位电路由点动按键、电阻、电容组成，其主要作用是把特殊功能寄存器的数据恢复成默认数据，防止寄存器在运算过程中由于干扰等外界原因出现数据混乱而发出错误的指令、执行错误操作。时钟电路是可使单片机按一定时间顺序工作的振荡电路，为其提供准确的运行时钟，由晶体振荡器、电阻和电容组成。LCD 显示屏外围电路由温度检测电路和时钟电路组成。

学生在绘制 PCB 时，将直流电正极端的线宽绘制为 20 mil，负极端为接地端，不再进行单独布线，采取整体铺地的设计。单片机外围电路中的晶体振荡器下面不进行布线且引脚与单片机靠近。

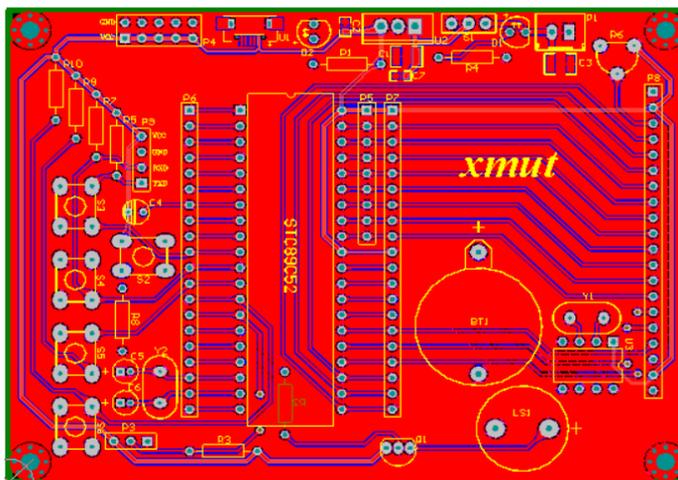


Figure 4. Electronic clock PCB 2D diagram
图 4. 电子时钟 PCB 2D 图

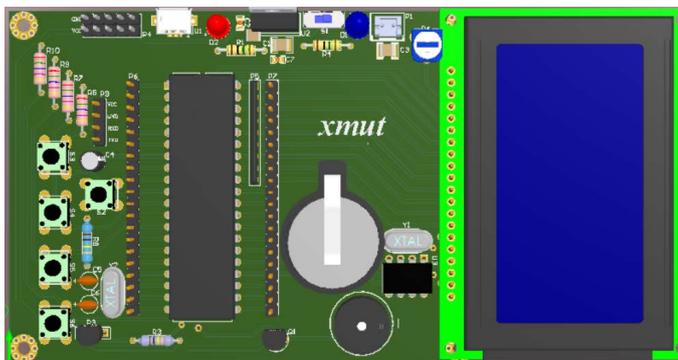


Figure 5. Electronic clock PCB 3D diagram
图 5. 电子时钟 PCB 3D 图

5.3. 实验案例效果

实验设计分为基础性实验和实用性实验，以 LED 的结构分析和电子时钟 PCB 设计为案例，通过划分实验小组来完成任务。基础性实验为教师指定的实验，细化小组成员的实验任务，通过 SILVACO 软件模拟计算，综合得出结论。对于实用性实验，为调动学生的主观能动性，由学生自主选题并设计，由 1~2 人为一组完成实验设计。实验期间，通过同学之间相互讨论与合作，能够让学生将电子器件封装工艺、电子器件结构设计、电子线路设计等的相关知识与实践相结合，让学生从实践中加深对相关课程的理论知识的理解，同时可以将实验中发现的问题通过讨论相互协作给予解决[20]。此外，学生在实验之初需要熟悉有关器件和软件，如 SILVACO、Altium Designer 等软件，有助于学生学习行业前沿知识和专业软件，充分发挥学生的主观能动性，锻炼创新能力，提高专业技能，开拓综合能力[21]。

6. 项目化实践教学与考核评价

6.1. 项目化实践教学——复杂工程问题

项目化是实践教学的主线，学生在完成理论部分及典型案例的学习后，可将复杂工程问题作为项目化的实践之一，展现 OBE 教育模式在培养学生解决复杂工程问题能力方面的作用。学生在面对复杂工程问题时需考虑工期、成本、安全、环境以及质量等多个维度，为更好地开展教学任务，在此以工期为例进行分析。

工期是项目流程管理的重点，在面对此类问题时，往往需要使用甘特图、PERT 图、逻辑网络图、时间轴图等进行分析，以 PERT 图，图 6 所示为例，在开展项目前学生要充分结合 OBE 教育理念，以最终成果为导向，规划每一个节点所需的工期，抓住关键路径，保证在要求的时间内完成项目。这与“OBE 驱动式”教育的反向设计原则有着紧密的联系，即从最终学习成果出发，反向进行课程设计，开展教学活动。这种设计方式能够确保教学的针对性和有效性，潜移默化的转变学生们思考问题的方式，使学生在面对项目中的复杂工程问题时能够明确知道他们需要达到的最终成果，从而有针对性地学习和实践。这是一个反向的，或者自上而下的思考过程，同学们在面对复杂工程问题时能否正确运用 OBE 教育模式的相关理念，以最终成果为起点，以理论知识为终点，将整个难题层层剖析，结合自身每个阶段的学习反馈以及老师的指导，将难题分解为一个个可以解决的小问题，可以充分的展现 OBE 教育模式在培养学生解决复杂工程问题能力方面的作用。

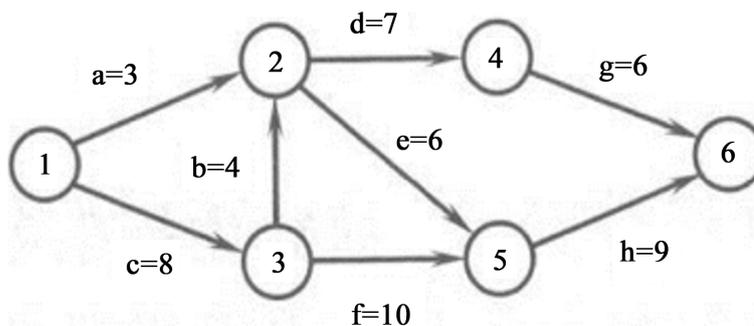


Figure 6. PERT diagram

图 6. PERT 图

6.2. 课程考核评价

OBE 教育模式的教学评价聚焦在学习成果上，采用多元和梯次的评价标准。它强调达成学习成果的

内涵和个人的学习进步,而不是学生之间的比较。这种评价方式能够全面、客观地反映学生的学习情况,为老师改进教学提供参考,同时也能够激励学生不断追求更高的学习成果。针对项目化实践教学,以复杂工程问题为例,结合 OBE 教育理念,课程考核评价应从以下几个方面入手:1) 项目整体目标达成度评估:此环节旨在衡量学生是否准确捕捉并深刻理解项目的整体目标,同时考察他们通过实际动手操作和应对挑战的能力,是否能够达到甚至超越预设的项目目标。2) 团队协作能力评价:该部分着重评价学生在团队中的合作表现,包括沟通能力、协作精神、任务分配与协作效率、资源共享等,判断他们是否能与团队成员紧密协作,共同高效完成项目任务。3) 问题解决技能评估:此环节评估学生在项目实践中面对问题时,从问题分析到解决方案选择、实施计划制定以及结果评估的整个过程,以检验他们的问题解决能力。4) 创新思维发展评价:此部分考察学生在项目实施过程中展现的创新思维能力,包括独立思考的深度、新方案的策划与提出能力、技术创新与改进意识,以及新问题预估与解决策略的创新性。5) 实践成果质量评估:该环节聚焦于学生项目实践所产生的具体成果,如项目报告、设计方案、原型或实物制作、演示展示等,评估其质量、完整性及实际应用价值。6) 反思与自我学习能力评价:此部分旨在评价学生对项目实践过程的反思深度和自我学习能力,包括对自己在项目中的角色定位、表现评估、经验总结与反思,以及自主学习的主动性和有效性。

7. 结论

本文针对电子封装技术专业传统教育模式存在的问题,深入探讨基于 OBE 教育模式的电子封装技术专业在教学中的应用,学生主导地位贯穿于整个教学过程,提出具有时代特色的“OBE 驱动式”教学。理论教学中,将理论知识与实际生活中的应用进行结合授课,让学生更好的理解与掌握。在实践教学中,划分为基础性实验和实用性实验,学以致用,锻炼和培养学生的实践能力和创新能力,推动个性发展的同时提高学生的综合素养。本文提出的“OBE 驱动式”教学为其他工科专业的建设、协同育人平台的建设提供了一定的理论指导和参考价值,为培养新时代社会发展的应用型和技术技能型人才贡献力量。

基金项目

本研究得到了厦门理工学院教育教学改革研究项目(本科教育类)(JG202308)、厦门理工学院教育教学改革研究项目(研究生教育类)(YJ202306)基金的资助。

参考文献

- [1] 杨院,王天琦.以色列理工学院工程教育模式及启示——基于四重螺旋创新生态系统的分析[J].黑龙江高教研究,2022,40(3):63-68.
- [2] 王海明,曾令艳,宋彦萍,等.基于 OBE 工程教育模式的能源动力类专业创新实验类课程体系研究与实践[J].教育教学论坛,2020(23):217-219.
- [3] Barman, L., Silén, C. and Bolander Laksov, K. (2014) Outcome Based Education Enacted: Teachers' Tensions in Balancing between Student Learning and Bureaucracy. *Advances in Health Sciences Education*, **19**, 629-643. <https://doi.org/10.1007/s10459-013-9491-3>
- [4] Syeed, M.M., Shihavuddin, A., Uddin, M.F., Hasan, M. and Khan, R.H. (2022) Outcome Based Education (OBE): Defining the Process and Practice for Engineering Education. *IEEE Access*, **10**, 119170-119192. <https://doi.org/10.1109/access.2022.3219477>
- [5] 彭苗.地方高校应用型土木工程专业“卓越计划”的实践与思考[J].高等建筑教育,2018,27(4):34-38.
- [6] 李德丽,刘立意.“科教产教”双融合拔尖创新人才培养逻辑与范式改革——基于创新创业实验室的探索[J].高等工程教育研究,2023(1):189-194.
- [7] Khan, M.S.H., Salele, N., Hasan, M. and Abdou, B.O. (2023) Factors Affecting Student Readiness Towards OBE Implementation in Engineering Education: Evidence from a Developing Country. *Heliyon*, **9**, e20905.

<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e20905>

- [8] 刘东静, 周福, 刘利孙. 项目导向型教学在电子封装技术专业课程教学中的应用[J]. 学园, 2022, 15(18): 12-14.
- [9] 金鑫, 李良军, 杜静, 等. 基于 BOPPPS 模型的教学创新设计——以“机械设计”课程为例[J]. 高等工程教育研究, 2022(6): 19-24.
- [10] 刘景军, 史宝玉, 杨长龙. 基于 OBE 理念工科专业赛课结合教学模式探建[J]. 高分子通报, 2021(12): 93-99.
- [11] 杨华. 基于 OBE 教育理念的大学英语读写课程教学改革——评《学习成果导向高等(职业)教育专业与课程开发指南: 基于 OBE 专业(群)认证与高水平建设》[J]. 中国教育学刊, 2022(5): 145.
- [12] 杨慧, 闫兆进, 慈慧, 等. OBE 驱动的工程教育课程教学创新设计[J]. 高等工程教育研究, 2022(2): 150-154.
- [13] 李志义, 王泽武. 成果导向的课程教学设计[J]. 高教发展与评估, 2021, 37(3): 91-98, 113.
- [14] 刘强. 基于 OBE 理念的“软件工程”课程重塑[J]. 中国大学教学, 2018(10): 25-31.
- [15] 冯慧娟, 苗青, 苗双, 等. 面向新工科的智能机器人教学模式改革[J]. 控制工程, 2020, 27(10): 1700-1704.
- [16] 安毅, 王宏伟, 仇森, 等. “新工科”背景下“电机与拖动”虚拟仿真课程教学建设探讨[J]. 工业和信息化教育, 2022(10): 7-12.
- [17] 李童, 杨楠. 新工科背景下学生友好型案例教学的理念、构建与实践[J]. 高等工程教育研究, 2022(1): 29-34.
- [18] 朱筠. 利用 SILVACO TCAD 软件改进集成电路实践教学的研究[J]. 数字技术与应用, 2012(7): 114-116.
- [19] 张朋飞, 秦伟, 刘疆, 等. 基于介质谐振器和 PCB 技术的 SPDT 滤波开关[J]. 重庆邮电大学学报(自然科学版), 2022, 34(4): 694-699.
- [20] 吴玲英, 李滢波, 郭龙. 现代大学教育: “结果导向教育”与“产出导向法”[J]. 现代大学教育, 2022, 38(6): 30-38.
- [21] 罗远新, 王树新, 李正良, 等. 创新引领, 特色发展——重庆大学新工科教育的探索与实践[J]. 高等工程教育研究, 2023(3): 31-36.