

《光纤通讯》教学中采用“仿真实验”的探索

刘桂东*, 杨红姣, 林琪

湘潭大学微电子科学与工程系, 湖南 湘潭

收稿日期: 2024年2月8日; 录用日期: 2024年3月6日; 发布日期: 2024年3月13日

摘要

为了提高学生的学习兴趣, 加深学生对理论知识的理解, 同时培养学生的实践能力, 将仿真实验融合到《光纤通讯》课程理论教学中, 利用理论和实践结合的教学方式, 有效提高教学质量和教学效率。

关键词

光纤通讯, 仿真实验, 实践教学, 理论教学

Exploration of Using “Simulation Experiment” in Teaching of “Optical Fiber Communication”

Guidong Liu*, Hongjiao Yang, Qi Lin

Department of Microelectronics Science and Engineering, Xiangtan University, Xiangtan Hunan

Received: Feb. 8th, 2024; accepted: Mar. 6th, 2024; published: Mar. 13th, 2024

Abstract

In order to improve students' interest in learning, deepen students' understanding of theoretical knowledge, and cultivate students' practical ability, the simulation experiment is integrated into the theoretical teaching of Optic Fiber Communication course, and the teaching method combining theory and practice is used to effectively improve the teaching quality and efficiency.

Keywords

Optical Fiber Communication, Simulation Experiment, Practical Teaching, Theory Teaching

*第一作者。

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

光纤通讯是通信技术的一个重要的分支，在社会信息化发展的进程中扮演着重要的角色。现在世界上绝大部分的通信业务都是采用光纤通讯的方式传送的。以光纤作为主要传输介质的互联网已遍布全球各地，无论海洋还是陆地，都涉及光纤传输技术。对于即将从事信息技术等工作的人来说，了解和学习光纤通讯的原理与应用是非常重要的。

《光纤通讯》是高等学校电子信息类专业核心课程之一，该课程主要研究光纤通讯的原理、特性、组成及应用。课程从光纤通讯的基本概念出发，使学生对光纤通讯系统有一个初步的认识，明白何为光纤通讯，了解光纤通讯的发展历程与发展趋势；通过对比光纤通讯与其他形式通信的区别，分析光纤通讯的优点，明确发展光纤通讯的意义。通过介绍光纤的基本结构，阐述导光原理和特性参数，使学生掌握光纤光学的基本理论，对光纤中传播模式的电磁场分布有一定的了解；系统介绍光发送设备和光接收设备的基本构成及其在光纤通讯过程中所扮演的角色与实现方式，使学生从原理上掌握端到端信息传输过程，熟悉光端机与光端机、光纤之间的连接方式和特点，从而对光纤通讯形成一个有机、整体性的认识；最后，课程还会简要介绍数字光纤通讯系统等[1][2]。

2. 《光纤通讯》课程的难点

该课程具有理论与实践紧密结合的特点，要求学生立足于基本的光学原理，对当前技术的具体应用和以后的发展方向都有一定的了解。对学生射线光学和波动光学等理论基础有一定的要求，在学习过程中，学生们经常觉得这门课程的理论推导有一定难度，对推导结果的理解和消化需要极多的时间和精力；虽然可以通过开设一些实验课来帮助学生理解比较抽象的概念，但学生通常只是按照实验说明书机械性的连接线路，然后根据观察到的结果完成实验报告，因此大多数学生对于实验原理通常一知半解[3]。除此之外，很多实验设备都比较昂贵，大部分高校难以给学生们提供所有实验，并且，实验平台的改进通常难以跟上光纤通讯发展的速度，这又为实验教学增加了一定的难度。因此，如何提高学生的学习积极性和学习效率，在有限的学时内，又快又好的掌握课程内容，并培养学生的实践能力和积极探索的科学研究兴趣，是教师们经常思考的问题。针对这些问题，我们拟通过将仿真实验引入到课堂中，建立一个更为可视化的教学模式，即带领学生一起将光纤传播理论中晦涩难懂的理论知识转变为可视化的图像图形，提高学生的参与度，培养学生的兴趣，提升学生的学习积极性，最终帮助学生更加快速且深入的理解光纤通讯的基本原理以及相关特性。

3. 《光纤通讯》课程的仿真实验教学

简单来说，仿真实验教学就是通过将仿真实验引入到课堂教学中，完成抽象难懂的理论知识到生动形象的动画的转变、将模式的电磁场分布绘制成简单明了的彩色图片等。仿真实验的设计以学生自主探究为主，教师解决问题为辅，充分调动学生的积极性，提高学生的参与度。也可以鼓励学生基于所学习的仿真实验原理，利用开展课题研究的方式，通过主动查阅各种文献，了解课题的现状及未来发展趋势，将所学知识与科学前沿有机结合，完成从课本上的基础知识到科学问题研究的跨越。

对于光纤通讯课程的理论部分，最基本的是的光纤传输理论，即分析光波在光纤中的传输原理及特性，通常可以用几何光学和波动光学对其进行理论分析。众所周知，在波动光学中，光通常被视为一种电磁

波，具有电磁波的通性。因此，光波在光纤中传输的基本性质可以通过对麦克斯韦方程组求解得到。为了得到光波在光纤中的传播规律，需要求出每个物理量随时间和空间的变化规律。这个求解过程通常是很费时的，尤其是微结构光纤出现之后，对其的分析需要全矢量公式，除此之外，由于其横截面比较复杂，难以用单一的解析式表示其模式的电磁场分布，不得不求助于仿真实验。

3.1. 选择仿真软件

事实上，目前有几种通用的光纤分析方法，如多级展开法、传输矩阵法、有限元法和时域有限差分法，其中，有限元法有自适应网格划分算法，能够有效处理曲面等结构，极大的减小未知量，考虑到光纤的截面为曲面结构，我们可以选择有限元法来分析光波在光纤中的传播规律。

3.2. 建立模型

根据课程进度，确定实际问题，安排合适的仿真实验。首先，定义区域，给出激励方式和边界条件，根据具体情况解决问题的描述方程，从而建立正确的模型；对整个区域离散化，然后求解方程；对得到的解进行图形化处理，并和课本上的理论解进行对比，如模式的电磁场分布等；还可以得到光波在光纤中传播的动画，极大程度上提高结果的可视化程度。

3.3. 结合课堂教学与仿真实验

在实际的课堂教学中，首先给出需要研究的问题，讲授建模的基本原理，并引导学生完成模型的理论定义。光纤传输的模式理论是《光纤通讯》课程的重点，也是学习的难点。我们首先介绍利用经典电磁理论分析薄膜波导的方法，基于电磁场理论，得到更加详尽的光波信息，同时引入导模概念。无论波导是何种材料及截面，如光纤或薄膜波导等，其支持的任何模式都应满足麦克斯韦方程及边界条件。以最简单的介质薄膜波导(图 1)为媒介，完成光波导问题的严格求解，引出波导特征方程，模截止，截止波长，单模传输，波导有效厚度，归一化频率，归一化传播常数等基本概念。

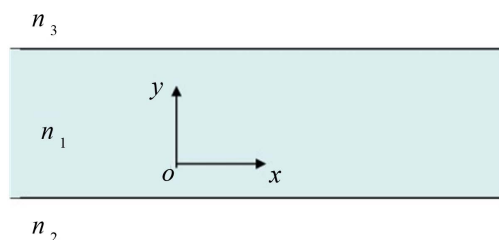


Figure 1. Thin film waveguide structure

图 1. 薄膜波导结构

为了研究介质薄膜波导的模式及其电磁场分布，需要首先从理论上给学生分析其物理模型，包括光纤的几何参数和材料参数、激励方式等，讨论光波在薄膜波导中的传播规律，分析可能存在的模式及其场分布，如图 2 所示，在第三通信波长 1550 nm 处，薄膜波导中的电场分布；其次，给学生讲解建模的步骤、建模过程中可能遇到的问题与解决方法，要求学生将仿真得到的解进行图形化等后处理，然后与教材里的理论解进行对比。

课程的最后，布置开放性的课程作业：引导学生关注光纤通讯领域的科学前沿课题，要求学生进行文献调研，并完成一篇学术论文的仿真与复现，鼓励学生进行科学研究并撰写论文[4]。通过理论学习和科学研究相结合的方式，引导学生完成从被动的接受者到主动的探索者的蜕变，从而极大提升学生的学习积极性，增强学生解决实际问题的能力。

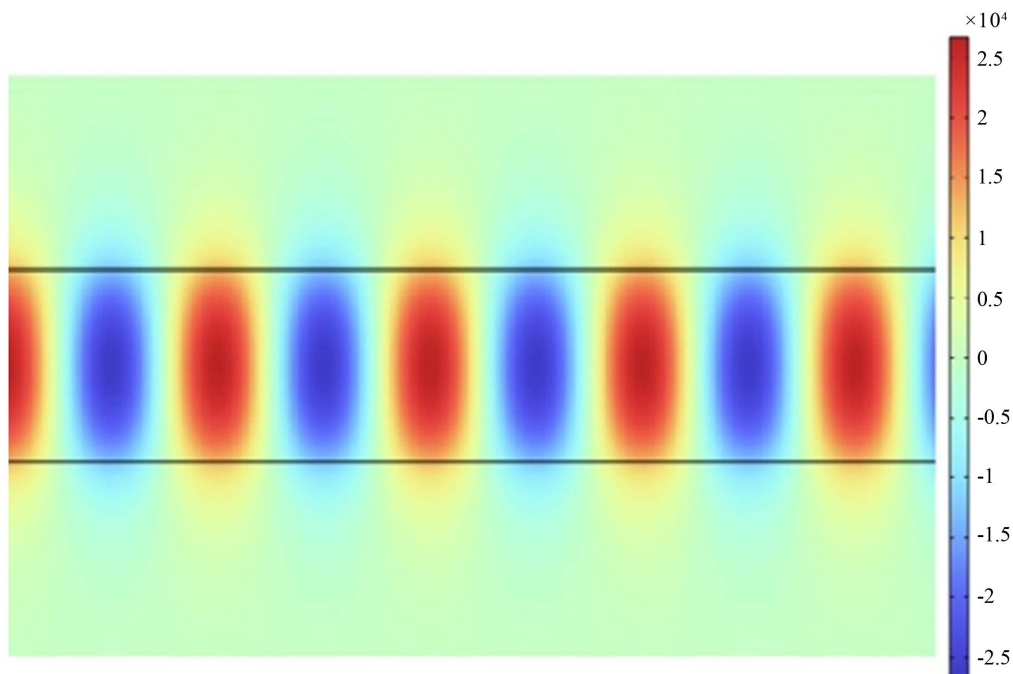


Figure 2. Electric field in thin film waveguide at wavelength $\lambda = 1550$ nm
图 2. 波长 $\lambda = 1550$ nm 时, 薄膜波导中的电场

4. 结束语

综上所述, 通过将仿真实验融合到《光纤通讯》课程理论教学中, 结合该课程的工程应用性, 进行理论和实践结合的教学方式, 从而提高学生的学习兴趣, 加深学生对理论知识的理解, 同时培养学生的实践能力。其次, 学生可以在课后自主进行仿真实验, 可以节省课堂时间, 有效提高教学质量和教学效率。

基金项目

湖南省 2016 年校企合作创新创业教育基地《电子类专业校企合作创新创业教育基地》(项目编号: 湘教通[2016] 436 号)。

参考文献

- [1] 方志豪, 朱秋萍, 方锐. 光纤通信原理与应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2019.
- [2] 廖延彪, 黎敏, 夏历. 光纤光学[M]. 北京: 清华大学出版社, 2021.
- [3] 李茜. 软件仿真平台在光纤通信实验教学改革中的应用[J]. 实验室研究与探索, 2019, 38(12): 165-168.
- [4] 张振荣, 岳岫峪, 唐秋玲, 覃团发. 仿真在《光纤通信》教学中的应用[J]. 广西大学学报(哲学社会科学版), 2009, 31(z1): 54-55.