



科研实验反哺光纤通信技术教学的实践

谷 平, 程 勇, 谌 静*

(南京邮电大学 电子与光学工程学院、柔性电子(未来技术)学院, 南京 210023)

摘要: 教学和科研之间相辅相成、密切相关、相互协同、相互促进, “研-教”协同理念应用于教学中已经成为培养本科生具有创新科研思维能力和工程实践能力的重要抓手。将前沿的科研实验成果“超快光纤激光器的实现及性能”融入光纤通信技术的课堂教学中, 一方面可以激发学生的学习兴趣, 掌握扎实的专业知识, 提高学习成绩; 另一方面可以培养学生的创新科研思维和工程实践能力。

关键词: 科研实验; 超快光纤激光器; 光纤通信技术; 创新思维能力

中图分类号: TN91

文献标志码: A

DOI: 10.12179/1672-4550.20220484

The Practice of Scientific Research Experiment Feeding Back the Classroom Teaching of Optical Fiber Communication Technology

GU Ping, CHENG Yong, CHEN Jing*

(College of Electronic and Optical Engineering & College of Flexible Electronics (Future Technology), Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210023, China)

Abstract: Teaching and scientific research are closely related, coordinated and mutually promoted with each other. The cooperation concept of “research-teaching” has become an efficient strategy for cultivating college student’s innovative scientific research thinking ability and engineering practice ability. By incorporating the frontier results of scientific experiments “the realization and performance of ultrafast fiber lasers” into the classroom teaching of optical fiber communication technology, on the one hand, can stimulate student’s learning interest, consolidate the professional knowledge, and thus improve the academic performance; on the other hand, it can cultivate student’s innovative scientific research thinking and engineering practice abilities.

Key words: scientific research experiment; ultrafast fiber lasers; optical fiber communication technology; innovative thinking ability

我国经济正处在由粗放型向集约型发展的重大转型时期, 以及经济高质量发展的内在需求与面临的严峻国际环境, 培养具有科研创新思维能力的研究型人才和具备工程实践能力的技能型人才已经成为高等学校所面临的紧迫任务。近年来, 将“研-教”协同育人理念融入课堂教学和实践教学已经成为高等教育培养本科生科研创新思维能力和工程实践能力的重要抓手和有效办法^[1-6]。

从现代大学发展的理念来看, 教学和科研是

培养创新型人才的两个有效办法, 相互促进, 相互协同, 两者有机统一。此外, 高等学校具备得天独厚的科研设备条件, 也为“研-教”协同育人提供了良好的支撑条件。近年来, 高等院校鼓励学生参与教师科研项目、学科竞赛等“研-教”协同举措已被广泛采用和推广^[5-9]。然而, 受限于有限的资源, 这些有益举措对于学生的覆盖面较窄, 学生参与的人数也就较少。因而探索对学生覆盖面广的“研-教”协同育人举措便成为教育教学改革的热点问题之一。

收稿日期: 2022-08-05; 修回日期: 2022-10-08

基金项目: 2020 年度教育部高等学校光电信息科学与工程专业教学指导委员会研究课题(2020XGK29)。

作者简介: 谷平(1989-), 男, 博士, 讲师, 主要从事纳米光子学和超快光纤激光器的研究。

*通信作者: 谌静(1983-), 男, 博士, 教授, 主要从事纳米光子学和人工电磁超材料方面的研究。E-mail: jchen@njupt.edu.cn

在当前的高等教育中,课堂教学仍是传授知识、培养学生能力的主渠道,而教师则是课堂教学的设计者和执行者,因而如何将“研-教”协同育人理念融入教学设计和课堂教学中将惠及大部分学生,解决覆盖面较窄的难题^[4,10-11]。随着科教兴国战略的实施,我国的高等教育培养了一大批具备深厚科研底蕴和扎实工程技术能力的高素质人才,其中相当比例的高水平人才走向了教学岗位,这就为实施“研-教”协同育人提供了有力的人才支撑。因此,在教学设计层面,将相关联的前沿科研成果融入课堂教学中,将能很好地激发学生的学习兴趣、培养学生科研兴趣和创新能力。

光纤通信技术是电子信息科学与技术、电子信息工程、光电信息工程和通信工程等专业的专业课或者专业基础课。通过该课程的学习,培养学生研发光电器件和利用工程思维解决通信系统设计的能力,为培养高水平的通信人才奠定良好的基础。光纤通信技术是一项实用性很强的技术,技术的迭代速度快^[12],加上整个系统的成本昂贵,导致给学生开设相关的实验存在较大的困难,因而其教学往往停留在课本知识的传授和通信系统的理论仿真上。这些因素导致学生学习兴趣缺乏,理论和实践脱节,所学的书本知识也很难满足行业发展的需求。在光纤通信技术的教学中融入相关联的最前沿科研成果,引入“研-教”协同的育人理念,激发学生的学习兴趣,解决理论知识和实践的脱节,有助于培养学生的创新思维。

1 教学和科研的关系

19 世纪以前,大学以教学、传授知识为主要职责。“研-教”协同育人理念起源于 19 世纪初德国教育学家洪堡提出的“教学与科研统一”的重要原则,这一理念也催生了一大批研究性大学的诞生^[1]。教学和科研在培养人才上的内在逻辑关系应是相互协同、相互促进的良性循环发展,如图 1 所示。高水平的教学能够培养以创新科研思维和工程实践能力为主要特征的高水平人才,高水平的人才走向科研岗位将有力推动科研的发展和进步,从而发现大量的科研成果、新的知识,将这些科研成果、新知识融入教学中,反哺教学则可以大大提升教学的水平,最终形成闭环、良

性循环的“研-教”协同发展关系。

在 20 世纪 90 年代以前,受限于我国薄弱的经济基础,科研基础也相对薄弱,因而高校培养人才还停留在传授书本知识上,“研-教”协同育人理念尚停留在理论探讨阶段^[13]。进入 21 世纪,随着我国经济的迅猛发展,科教兴国战略的实施,国家在科研领域的投入大幅增加,科研成果也呈现井喷式发展,部分学科的研究已经走在了世界的前沿,国内一大批研究性大学在国际科研领域的学术地位稳步提升,因而逐渐奠定了科研强国的国际地位。在这个大背景下,科研反哺教学已经具备良好的硬件和人才支撑条件,因而“研-教”协同发展已经从理论探讨走向了广泛的实践探索^[14-16]。

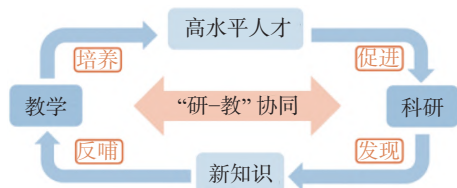


图 1 教学和科研的关系

科研实验成果反哺教学可以有效激发学生的学习兴趣、培养其创新科研思维,解决目前高等教育中存在的教师的“教”与学生的“学”之间的矛盾。这一理念适用于各个学科,所以本文探讨将“科研”反哺“教学”这一举措引入光纤通信技术的授课中。

2 科研实验成果反哺教学培养学生的创新能力

近几年,我们把前沿的“超快光纤激光器”科研成果融入光纤通信技术的课堂教学中,对激发学生学习兴趣,培养其创新思维能力进行了探索。

2.1 光纤环形激光腔理论模型

在光纤通信技术中,激光器是光发送机的核心部件,其性能参数决定了整个通信系统的性能。通信中广泛使用的是半导体法布里-珀罗(Fabry-Perot)腔激光器,并采用光栅、内外腔耦合等选模机制实现单纵模激光输出,用于传递信号^[12]。在授课中详细介绍了激光稳定输出的三要素(泵浦源、增益介质和谐振腔),推导了激光产生的阈值条件、激光波长与腔尺寸的关系和频率

间隔等重要参数。然而这些推导往往停留在理论层面,激光器的实际性能也与理论值有一定的差距。光纤激光器是前沿的研究领域,与光纤通信技术中的半导体激光器和光纤型放大器等授课内容关联度很高,因而将该科研实验成果融入教学中将很好地拓展学生的视野、激发学生的学习兴趣、培养学生的创新科研思维。

光纤环形激光腔结构如图2所示,主要包括泵浦光源、泵浦光输入耦合器、掺铒光纤、隔离器、偏振控制器、可饱和吸收体和信号光输出耦合器等部件。要实现脉冲激光的产生,可饱和吸收体起着关键的作用,所以在讲授完半导体激光器的知识点后,给学生布置课后了解可饱和吸收体、锁模等相关概念以及推导光纤锁模脉冲激光器重复频率的拓展学习任务。当学生了解了相关概念之后,在下次课上就可以对光纤激光器做进一步的讲授。

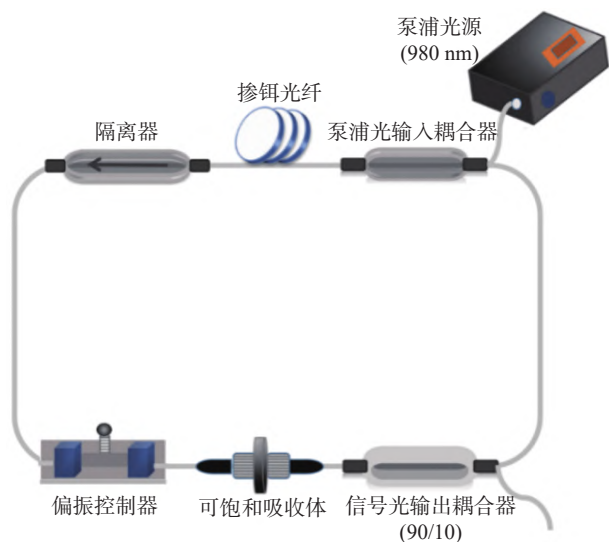


图2 光纤环形激光腔结构图

光纤激光器的工作原理和半导体激光器的工作原理类似,因而分析方法也类似,首先是对光纤环形腔结构进行分析和建立模型。泵浦激光源(波长:980 nm)首先对铒粒子进行抽运,形成粒子束反转,部分自发发射的光子诱导产生受激发射,产生的相干光子在环形腔内循环振荡,达到阈值后在输出耦合器处产生激光输出。假如腔内没有可饱和吸收体,此时的激光输出即为多纵模的连续激光。一旦在环形腔内引入可饱和吸收体,产生锁模机制,不同的激光模式之间具有固定的相位差,因而在腔内产生相干相长和相

干相消的干涉效应,最后产生锁模脉冲激光的输出。

通过上述分析,可以得知光子在环形腔内振荡一次的总光程为 nL , n 为光纤材料的折射率,光纤的主要材料为高纯二氧化硅,在1550 nm波长,值为1.46, L 为整个环形腔的总长度,因此可以推算出锁模脉冲激光重复频率(f)的理论值为:

$$f = \frac{c}{nL} \quad (1)$$

2.2 实验测试结果与理论模型结果对比

在实验测试中,环形腔的总长度约为95 m,光速为一常数($c = 2.998 \times 10^8$ m/s),将上述参数(n, c, L)代入式(1),即可得到脉冲激光重复频率的理论值,数值为2.16 MHz。

$$f = \frac{1}{\Delta t} \quad (2)$$

在科研实验中,锁模脉冲的重复频率可以由示波器测试的序列脉冲得到。图3为测试到的锁模序列脉冲,相邻脉冲之间的间隔为480 ns,因此通过式(2)就可以得到重复频率的实验值,数值为2.08 MHz。这一数值与理论值非常吻合,存在的误差可能来自于环形激光腔中的其他光纤部件存在一定长度,导致实际上的整个腔长要大于95 m。

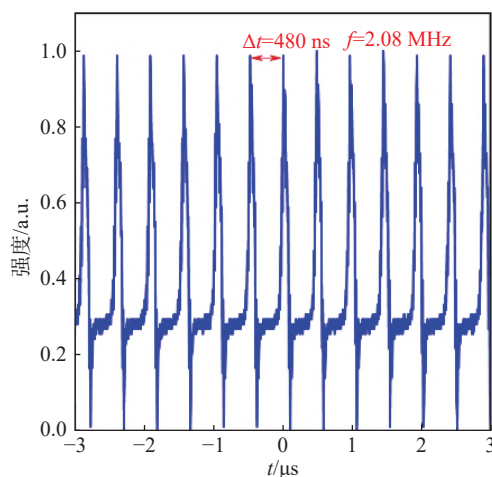


图3 光纤锁模激光的序列脉冲图

实验测量值与理论值产生偏差的根源也可以留给学生去思考和探究,启发学生主动去思考,培养学生的创新思维能力。通过建立光纤激光振荡模型,推导出重复频率的理论值,与实验值对比相吻合,这样利用最新相关联的前沿科研成

果,理论与实验相结合的讲授方式,不仅可以大大激发学生的学习兴趣,拓展其科研视野,而且还可以加深学生对激光器工作原理的掌握深度。从建立激光振荡模型,到理论推算重复频率,最后与实验结果比较分析也在一定程度上培养了学生的“发现问题-提出问题-解决问题”的创新思维能力^[17-19]。

2.3 脉冲激光的信噪比

在光纤通信技术中,激光功率以分贝每毫瓦(dBm)为单位对于通信系统的设计非常关键,主要是因为光纤的损耗以及系统中其他器件的损耗往往以分贝为单位。掌握这一概念可以简化通信系统的设计,也标志着学生已具备了一定的工程设计思维。而实际上学生通常对以瓦(W)为单位的功率概念更为熟悉。因此可以进一步借助光纤激光器的信噪比的实验数据(如图4所示),一方面加深学生对分贝这一概念的理解,另一方面也启发学生去思考实验数据中除了激光信号的强度,为什么还存在很大的噪底?这样可以继续启发学生进行深入的思考,拓展学生的科研视野,培养他们的创新科研思维能力^[17, 19]。

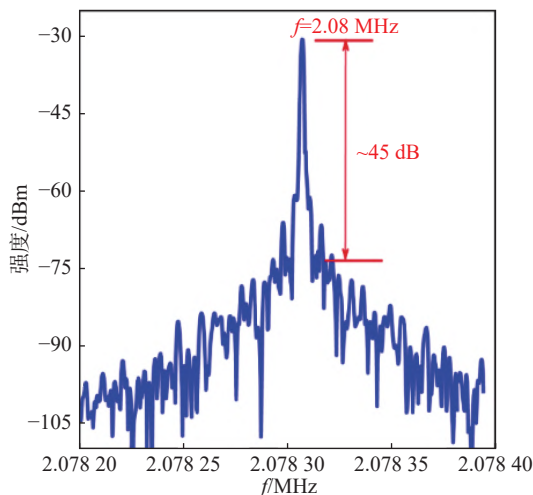


图4 光纤锁模激光的信噪比

3 学生成绩显著提升

将前沿的、与课堂授课内容关联度高的科研成果很好地融入课堂教学中,利用科研成果反哺教学有助于激发学生学习兴趣、培养其创新思维^[11-12]。但是这种思维和能力培养往往是一个长期的过程,而学生学习兴趣的提高最直接的体现就是学习成绩的提升。表1给出了将“超快光

纤激光器”等科研实验结果融入光纤通信技术课堂教学前/后学生的期末卷面成绩的变化。发现学生的卷面成绩的平均分有显著的提高,成绩良好(高于80分)的学生人数及占比也有所增加,尤其是不及格(低于60分)人数及占比显著下降。学生期末成绩的显著提升证明了科研反哺教学起到了不错的效果,在今后的课堂教学中应当继续坚持这一举措,并积极跟进这一举措在学生创新能力培养上产生的成效。

表1 学生期末卷面成绩融入科研成果前后对比

参数	18级(融入前)	19级(融入后)
学生人数	54	54
平均分	62.5	67
良好人次(占比)	7 (13.0 %)	9 (16.7 %)
不及格人次(占比)	19 (35.2 %)	15 (27.8 %)

4 科研实验反哺课堂教学实施的探讨

将科研实验成果反哺课堂教学,利用其内在的前沿性、创新性和实践性等诸多特性达到培养学生的创新能力和实践能力的最终目的,需要从转变教师理念和建立专业建设制度保障等多方面实施。

在转变教师理念方面,鼓励教师转变只讲授已有课本和实践知识的思想,鼓励教师勇于将与课程关联度高的前沿的、最新的科研实验成果融入课程教学实践,这样能够很好地开拓学生的前沿视野、激发学生的探索兴趣,培养学生的创新思维和能力。

在专业建设的制度保障方面,首先,设置研究课题,建立激励机制,鼓励教师将关联度高的前沿科研实验优化、转化为综合性的课程实验设计,教师则需要把握科研实验与课程的关联度和可操作性;其次,以学科为基本单元,将各个专业教师的科研实验成果进行整合,专门为学生开设前沿的科研实验课程,培养学生的创新意识和实践能力;最后,建立追踪学生能力培养指标和学生评价反馈的机制,为课程实践的优化和调整提供依据。

5 结束语

随着我国科研事业的迅猛发展,科研反哺教学,培养高素质、符合社会需求的人才正当其

时。坚持科研反哺教学举措,将“光纤激光器”等最新科研成果融入光纤通信技术的课堂教学中已经证明能够很好地激发学生兴趣、提升成绩、培养其创新能力。然而,学生思维和能力的培养不是一门课、非短时间就能完成,是一个长期、系统性的工程。因而,需要身处一线的广大教师群策群力,从理念、课堂、科研、竞赛和实践等多个维度协同合作,最终培养出具有创新思维和工程实践能力的高水平人才。

参考文献

- [1] 侯向锋,周兆丰,司佑全,等.学研教协同在传感技术及应用课程中的应用[J].湖北师范学院学报(自然科学版),2014,34(3):92-95.
- [2] 邹念育,张云翠,贺晓阳,等.专业转型背景下教学科研一体化的研究探索[J].实验室科学,2018,21(6):226-229.
- [3] 宋哲,冯秋菊.教师科研引入“电子科学技术专业实验”课程教学模式的探索[J].实验科学与技术,2018,16(6):71-74.
- [4] 于亚婷,杜平安,王振伟.“科研-教学”互动模式驱动下的本科教学[J].实验科学与技术,2019,17(2):138-141.
- [5] 柳兴凤,肖智.研教协同模式促进大学生创新创业训练的开展[J].中国继续医学教育,2021,13(27):60-64.
- [6] 姬海宁,余鹏,童鑫,等.基于导师科研团队的研究生国际合作联合培养模式研究[J].实验科学与技术,2022,20(2):57-61.
- [7] 王金发,戚康标,何炎明.实行研究性实验教学培养学生的研究能力[J].中国大学教学,2005(4):8-9.
- [8] 周珥.以物理实验课程教改促进新工科本科生创新型人才培养的探索[J].大学物理实验,2020,33(5):150-152.
- [9] 叶晟波,余潘.物理实验教学培养拔尖人才创新素养的探索[J].物理教师,2022,43(4):10-14.
- [10] 曾文炉,陈翠红,马维琦,等.通识选修课教学模式改革与大学生科研素质培养[J].实验室科学,2019,22(5):238-240.
- [11] 丁洪良.聚焦课堂情景教学 培养创新思维能力——以“变压器创新教学片段实录为例”[J].物理教师,2022,43(4):7-9.
- [12] 李振宇.光纤技术的应用及发展[J].现代工业经济和信息化,2021,11(12):129-130.
- [13] 鲁鲁峰,陆建隆.源于科研 乐于育人——写在陆焱先生诞辰90周年之际[J].物理教师,2022,43(6):76-79.
- [14] 赵青山,李健,孙占海.教学与科研实验室协同开放的探索[J].实验科学与技术,2019,17(6):157-160.
- [15] 任二辉,肖红艳,郭荣辉,等.科研成果向本科综合实验的转化探究[J].实验室科学,2020,23(2):144-146.
- [16] 刘德宝,李春亮.科研成果向创新性实验转化的研究与实践[J].实验室科学,2021,24(1):237-240.
- [17] 杨双伟,项华,史艺,等.小课题,大作为——基于教研组的科研意识与能力提高的行动研究[J].物理教师,2011,32(4):43-44.
- [18] 黄吉平.奇妙的热超构材料[J].物理教师,2016,37(6):71-74.
- [19] 于士博,于海波.国内科学思维研究内容的综述与思考——以物理学科视角[J].物理教师,2022,43(4):2-6.

编辑 张俊