

开展可见光—红外线—太赫兹波成像系列实验培养 解决实际问题人才

曹 硕 孔令茹 杜 增 李永庆
(辽宁大学物理学院, 辽宁 沈阳 110036)

摘 要 物理学研究成果有力推动了三次工业革命的发展。进入新世纪以来,量子计算、低维物理、量子探测等现代物理研究成果正在促进第四次工业革命暨工业 4.0 向纵深发展。笔者在大学物理实验中规划布局多层次物理实验题目,以开展可见光-红外线-太赫兹波探测与成像系列实验为例,介绍了学生深刻理解不同波段的电磁波在新旧产业领域应用性的异同。这一教学模式有利于学生掌握近现代物理成果与实验综合技能,培养他们成为解决新产业领域面临的真实问题的新理工科人才,从容面对新技术革命与职业选择。

关键词 多层次物理实验;三次工业革命;工业 4.0;可见光—红外线—太赫兹波成像

CONDUCTING A SERIES OF EXPERIMENTS ON VISIBLE LIGHT, INFRARED RAY AND TERAHERTZ WAVE IMAGING TO CULTIVATE TALENTS WHO CAN SOLVE REAL PROBLEMS

CAO Shuo KONG Lingru DU Zeng LI Yongqing

(School of Physics, Liaoning University, Shenyang, Liaoning 110036)

Abstract The research results of physics have strongly promoted the development of the three industrial revolutions. Since the beginning of the new century, the research results of contemporary physics such as quantum computing, low-dimensional physics, and quantum detection are promoting the in-depth development of the fourth industrial revolution or the Industry 4.0. The authors implement multi-level physics experimental topics in university physics experiments. Taking the visible light-infrared ray-terahertz wave detection and imaging series experiments as an example, the authors train students to deeply understand the similarities and differences in the applicability of electromagnetic waves of different bands in new and

收稿日期: 2023-05-24

基金项目: 教育部产学研合作协同育人项目(202102538017, 220602784135422)资助;2022 年辽宁省一流本科课程《近代物理实验》课程资助;2022 年辽宁省普通高等教育本科教学改革研究项目“跨校修读辅助《固体物理》双语教学开展工业 4.0 课程内涵建设”资助;辽宁大学第二批课程思政示范课程《固体物理》资助;辽宁大学本科教学改革项目(LNDXJG20183020)资助。

作者简介: 曹硕,辽宁大学物理学院副教授,shuocao@lnu.edu.cn。

通信作者: 李永庆,辽宁大学物理学院教授,yqli@lnu.edu.cn。

引文格式: 曹硕,孔令茹,杜增,等. 开展可见光-红外线-太赫兹波成像系列实验培养解决实际问题人才[J]. 物理与工程,2024,34(2):110-114.

Cite this article: CAO S, KONG L R, DU Z, et al. Conducting a series of experiments on visible light, infrared ray and terahertz wave imaging to cultivate talents who can solve real problems[J]. Physics and Engineering, 2024, 34(2): 110-114. (in Chinese)

old industrial fields. The teaching model design is conducive to students mastering the results of modern and contemporary physics and comprehensive experimental skills, cultivating them to become new science and engineering talents who can solve real problems faced by new industrial fields. They will face the new technological revolution and career choices confidently.

Key words the multilevel physical experiment; three industrial revolutions; Industry 4.0; visible light-infrared ray-terahertz wave imaging

1 物理学的发展有力推动了新产业的建立

基础物理科学理论成果与实验技术进步有力地促进了三次工业革命,特别是近代以来,物理学量子论与相对论的发展与完善,促进了包括半导体信息技术、空间与探测技术、磁共振技术、激光与光纤光谱技术、微波与射频通信技术、核能等近代诸多工业体系的建立与高速发展,使得人们的生产生活方式变得日益舒适与便捷。进入 21 世纪以来基于量子物理二次发展、凝聚态物理低维体系新奇光电性能开发、集成光子学及量子光学深入发展,量子信息融合人工智能^[1-4]、宽光谱探测多传感器融合助力自动驾驶^[5-6]、太赫兹无损安检与特征谱检测^[7-8]、量子关联成像^[9]等工业 4.0 暨第四次工业革命新产业领域向纵深发展。四次工业革命曾经以及正在深刻地改变人类生产生活方式,如何在大学物理实验规划与题目设置方面不断与时俱进,及时反映物理科学技术的进步对理工科工业体系相关高技术的建立与真实问题解决的基础性塑造与迭代推动作用,使得理工科大学生通过多层次物理实验题目学习,具有一定的科学发展全局视野,以及综合性的物理实验技能,将来从容面对新技术革命与职业选择,实现超前高技术储备,具有历史与现实意义。

2 多层次物理实验规划原则

辽宁大学物理学院基础与近代物理实验室承担面向全校理工专业“普通物理实验”“近代物理实验”和“专业与应用物理创新型实验”等物理实验课程的建设与开设。在学校教务处“真实问题导向下人才培养系列文件”的指导下以及物理学院“实践教学积极探索真实问题导向下人才

培养模式教学改革精神”的引领下,基础与近代物理实验室在规划设计面向全校相关理工专业物理实验时,系统地考虑了物理科学发展成果与实验技术进步对解决产业领域所面临的真实问题的基础性关联。通过全局规划普通物理实验-近代物理实验-专业与应用物理创新型实验多层次物理实验题目建设,着力提高理工科大学生综合物理实验技能,使其具备在近代第三次工业革命相关工业体系工作解决面临的真实问题的物理实验实践能力,并初步奠定在工业 4.0 新产业领域所面临的科学研究以及工程实践中解决真实问题必要的现代物理实验高技能储备。多个周期的物理实验课程运行表明,真实问题导向下的多层次物理实验规划有效促进了辽宁大学理工融合与新工科建设。

3 可见光—红外线—太赫兹波探测与成像多层次物理实验题目建设

以建设的可见光—非可见光探测与成像系列实验为例,多层次物理实验规划考虑了可见光—红外线—太赫兹波在不同产业领域的应用性的异同,分别建设了“人工智能图像识别实验题目”——“热成像无损检测半导体微芯片电路实验题目”——“太赫兹波成像非辐射非接触安检实验题目”,关联电磁波从可见光—红外线—太赫兹波三个电磁波段的光电探测与成像的技术发展成果,使得理工科大学生进一步深刻理解了理论课涉及的电磁波频谱与光电效应的物理意义,以及不同电磁波波段在第三、四次工业革命相关产业领域高技术应用方面的成果与解决人类生产生活面临的真实问题广阔前景。

在普通物理实验中开展人工智能图像识别实验题目,如图 1 所示,指导理工科大学生掌握基于

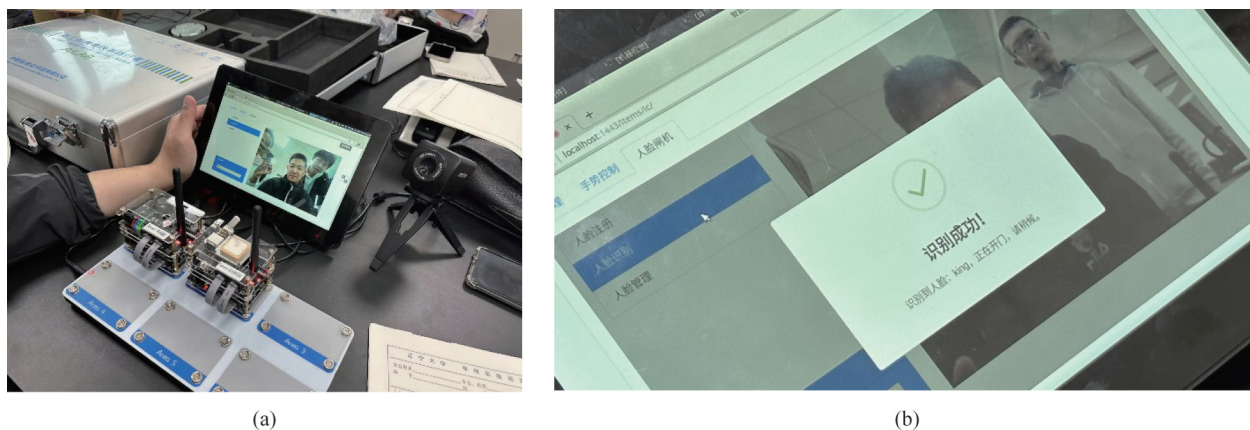


图1 基于可见光图像采集人工智能人脸识别实验

(a) 基于可见光图像采集; (b) 人工智能人脸识别

采集可见光成像的工业相机机器视觉代替人眼来进行图像测量和判断的基本原理,指导理工科大学生初步掌握人工智能机器视觉基础内容,初步了解 python 语言程序设计知识以及基本的机器视觉算法,并了解图像识别在安防监测、工业产品检测、医学设备影像分析等众多工业领域应用价值。

在近代物理实验中开展热成像无损检测半导体微芯片电路实验题目,如图2所示,在理解黑体及红外辐射原理的基础上,通过热像仪分析场效应管微芯片电路工作时发出的红外辐射,分析被测器件表面的工作温度,可以实现快速无损检测器件与电路故障。红外线是波长 $0.76 \sim 1000 \mu\text{m}$ 的电磁波,大气层环境中红外线具有 $1 \sim 2.5 \mu\text{m}$, $3 \sim 5 \mu\text{m}$, $8 \sim 14 \mu\text{m}$ 三个大气窗口的特点,实验的热像仪波长范围 $7.5 \sim 14.0 \mu\text{m}$,处在有效的热成像大气窗口范围内。通过热像仪高分辨监控微芯片在电路中正常工作时的工作温度,分析电路工作过载时芯片呈现的异常温度,可以实现快速处置电路问题。热成像电路监测实验使得理工科大学生初步掌握非可见光红外线探测在第三次工业革命信息技术工业监测领域应用的技能,并初步了解红外探测成像在工业4.0辅助自动驾驶等产业领域的巨大应用价值,理解红外探测在多雾、大雨、大雪、黑夜等极端条件下比可见光探测具有的更大优势。

在专业与应用物理创新研究型实验中开展太赫兹波成像非辐射非接触安检实验题目,太赫兹

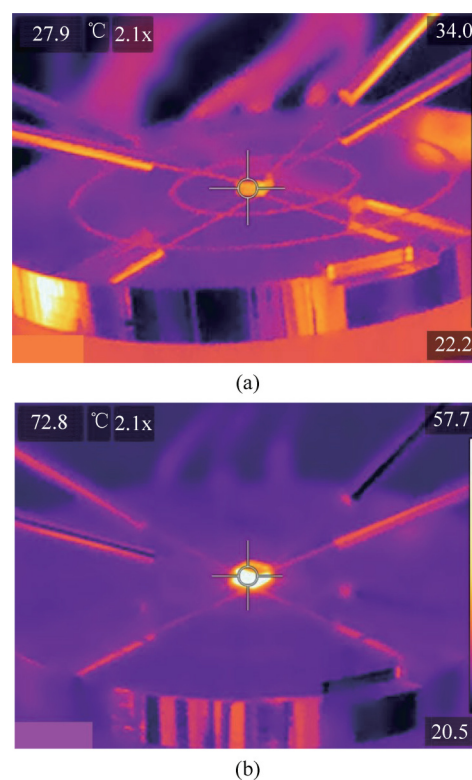
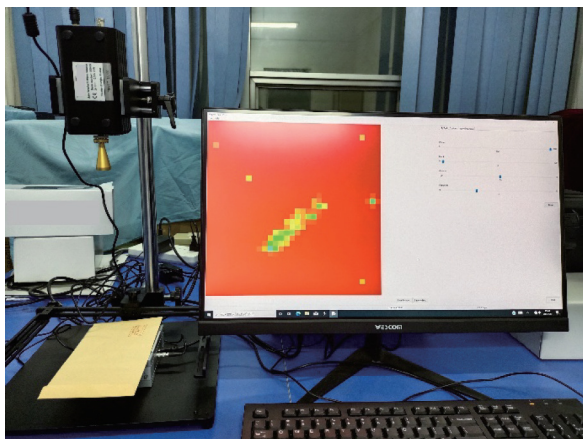


图2 基于红外线热成像监测场效应管芯片电路工作时发出的红外辐射

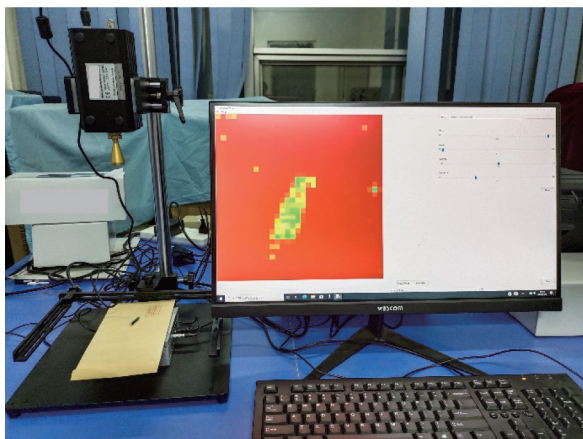
(a) 效应管芯片电路正常工作温度; (b) 芯片电路异常工作温度

波是频率 $0.1 \sim 10 \text{THz}$ 之间的电磁波,太赫兹成像在生物医药特征谱检测、安防监控领域有独特的探测优势。实验的太赫兹发射器输出频率 100GHz ,太赫兹面阵成像器接收频率范围 $50 \text{GHz} \sim 0.7 \text{THz}$,通过探测信封中隐藏的金属棒模拟安防实验,如图3所示。通过太赫兹波源激

发目标物体,结合太赫兹成像相机被动接收目标物体反射的太赫兹波,由于太赫兹波很容易穿透纸张、陶瓷、衣物等材料,可以非接触发现隐藏金属违禁物形状阴影,由于太赫兹波光子频率很低,从而可以实现无辐射非接触探测,实验使得理工科大学生深刻理解太赫兹波具有的有安全性、透视性,以及太赫兹波探测成像在安防领域的巨大应用价值。



(a)



(b)

图3 探测信封中隐藏的金属物体太赫兹波成像实验
(a) 信封中隐藏金属棒太赫兹波成像;(b) 金属棒放置信封外对比太赫兹成像

4 第三次工业革命——工业 4.0 人才培养展望

从四次工业革命进程可以看到,物理学科成果与实验技术的进步极大促进同期工业体系的建立,以及在相关产业领域应用物理高技术便捷高效地解决人类面临的真实问题。目前第三次工业

革命暨信息技术发展已经进入后摩尔时代,物理学基础研究成果正推动工业 4.0 的到来,第三、四次工业革命过渡期间,经典计算与量子计算的芯片制备与算力提升将并存于世、低维物理体系新奇光电性能与激子特性的持续探索、集成光子学与量子光学以及红外太赫兹探测的深入发展,将持续助力人工智能、虚拟现实、量子信息、自动驾驶、量子探测成为工业 4.0 新技术革命的支柱性产业体系。

辽宁大学物理学院基础与近代物理实验室在大学物理实验系列课程中规划布局多层次物理实验题目,以利于理工科大学生掌握近现代产业领域需要的前沿物理发展成果与获得超前高技术物理实验复合技能训练,进而从容面对新技术革命与职业选择,实现超前高技术储备。目前,基础与近代物理实验室以可见光—非可见光探测与成像系列实验为例,进一步深化实验内容,扩展人工智能机器视觉从可见光到红外与太赫兹波段应用范围,以利于理工科大学生在工业 4.0 进程中,具备人工智能图像识别经典算法+红外与太赫兹宽光谱探测成像,以及初步结合量子关联成像量子算法的复合实验技能,在新技术革命相关产业领域占有高技术储备优势。

综上所述,本文以多层次物理实验规划开展可见光—红外线—太赫兹波探测与成像系列实验培养解决真实问题新理工科人才为例,说明了辽宁大学基础与近代物理实验室开展多层次物理实验系列题目规划培养适应第三次工业革命过渡到工业 4.0 解决产业领域真实问题的新理工科人才的建设思路。该教学改革既有坚实的物理科学成果支撑,又有物理高技术前瞻性培训布局,必将推动我国理工科物理实验课程建设在新时代向纵深发展,为破解“卡脖子”若干重大科学技术真实问题,培养新时代理工科高水平人才奠定建设物理实验系列一流课程的坚实基础。

参 考 文 献

- [1] LI W G, Liriam Michi ENAMOTO, Denise Leyi LI, et al. New directions for artificial intelligence: Human, machine, biological, and quantum intelligence[J]. Frontiers of Information Technology & Electronic Engineering, 2022, 23(6):

- 984-991.
- [2] 唐豪,金贤敏.量子人工智能:量子计算和人工智能相遇恰逢其时[J].自然杂志,2020,42(4):288-294.
TANG H, JIN X M. Quantum artificial intelligence: Quantum computing and artificial intelligence meet at the best time[J]. Chinese Journal of Nature 2020, 42(4): 288-294. (in Chinese)
- [3] 汪淑贤,欧阳玉梅.基于深度学习的三维人脸识别方法研究[J].集成电路应用,2023,40(1):73-75.
WANG S X, OUYANG Y M. Study on 3D face recognition method based on deep learning[J]. Applications 2023, 40(1): 73-75. (in Chinese)
- [4] 赵淑欢.基于深浅特征融合的人脸识别[J].电子技术应用,2020,46(2):28-35.
ZHAO S H. Fusion of deep and shallow features for face recognition[J]. Application of Electronic Technique 2020, 46(2): 28-35. (in Chinese)
- [5] 宣斌,赵泽宇,罗曜伟,等.宽光谱可见-短波红外成像光学系统设计[J].红外与激光工程,2023,52(4):210-217.
XUAN B, ZHAO Z Y, LUO Y W, et al. Design of optical system for wide-spectrum visible-short wave infrared imaging, 2023, 52(4): 210-217. (in Chinese)
- [6] 王金强,黄航,邳朋,等.自动驾驶发展与关键技术综述[J].电子技术应用,2019,45(6):28-36.
WANG J Q, HUANG H, ZHI P, et al. Application of electronic technique, 2019, 45(6): 28-36. (in Chinese)
- [7] 周强国,黄志明.太赫兹成像技术研究进展及应用[J].红外技术,2022,44(4):328-342.
ZHOU Q G, HUANG Z M. Review of research and application of terahertz imaging technology[J]. Infrared Technology, 2022, 44(4): 328-342. (in Chinese)
- [8] 韩丽娜,教媛媛,宁威.太赫兹成像和光谱在医疗领域的应用综述[J].重庆邮电大学学报(自然科学版),2021,33(2):242-252.
HAN L N, JIAO Y Y, NING W. Application of terahertz imaging and spectroscopy in medical field[J]. Journal of Chongqing University of Posts and Telecommunications (Natural Science Edition), 2021, 33(2): 242-252. (in Chinese)
- [9] 李虎,刘雪峰,姚旭日等.多块合并压缩感知实时成像(英文)[J].红外与毫米波学报,2023,42(1):61-71.
LI H, LIU X F, YAO X R, et al. Multiblock compressed sensing imaging in real time[J]. Journal of Infrared and Millimeter Waves, 2023, 42(1): 61-71. (in Chinese)