

doi:10.3969/j.issn.1674-7100.2014.04.017

印刷电子学发展背景下印刷工程专业教学改革

吴 伟

(武汉大学 印刷与包装系, 湖北 武汉 430072)

摘 要: 印刷领域新兴技术不断发展, 促使培养满足行业实际需求的创新型人才成为印刷工程专业高等教育改革与发展的关键。探讨了在印刷电子学发展背景下, 印刷工程专业加强印刷电子学教学的必要性, 分析了现有印刷工程专业教学中存在的问题, 提出了印刷工程专业教学改革的措施。

关键词: 印刷电子学; 印刷工程; 课程体系; 专业知识结构

中图分类号: G642.0

文献标志码: A

文章编号: 1674-7100(2014)04-0088-05

Educational Reform of Printing Engineering Program Under the Background of Developing Printed Electronics

Wu Wei

(School of Printing and Packaging, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

Abstract : With the continuous development of new printing technology, the cultivation of innovative talents to meet the actual needs of printing industry has become one of the key issues for the reform and development of printing engineering program. Under the background of developing printed electronics, the necessity of strengthening the teaching of printed electronics in printing engineering program was discussed with the analysis of drawbacks and problems in the current cultivation system of printing engineering program. The effective solution for educational reform of printing engineering program was proposed.

Key words: printed electronics; printing engineering; curriculum; professional knowledge

0 引言

印刷电子学 (printed electronics) 被作为一种可实现大面积和柔性电子器件制造的重要技术已引起研究人员广泛的关注, 并已成为当今印刷科技发展的前沿。印刷电子技术是基于印刷原理的电子制造

技术, 主要是将一些分散性好或水溶性的无机有机材料进行印刷图案化处理而最终实现电子元器件的制造^[1-5]。与传统的电子器件制造技术相比, 印刷电子技术具有薄度高、柔软性强、成本低、制造容易、制造的回复时间高速化、绿色环保、能源利用效率高等技术上的优点, 可实现传统电子产品的大批量

收稿日期: 2014-06-05

基金项目: 武汉市青年科技晨光计划基金资助项目 (2013070104010011), 国家自然科学基金青年基金资助项目 (51201115), 湖北省自然科学基金资助项目 (2014CFB261)

作者简介: 吴 伟 (1984-), 男, 湖北鄂州人, 武汉大学副研究员, 博士, 主要从事可印刷功能纳米材料的合成与印刷电子学应用研究, E-mail: weiwu@whu.edu.cn

和高速生产,并能有效降低生产成本。

H. Minemawari 及其同事于2011年在Nature上报道了利用喷墨打印技术在一个表面对两种溶液进行受控混合的做法:一种是处在其溶剂中的半导体材料;另一种是一种液体,在该液体中,这种半导体是不溶的。他们用这种“反溶剂结晶”技术实现了具有极高的、均匀的结晶性能的半导体薄膜的制造,可有效应用于制造廉价、大面积、柔性电子器件^[6]。然而,大量的研究报道都相当浅显,采用喷墨印刷的方式将无机或有机材料打印到衬底表面,可快速实现电子器件的制造,这也是印刷电子学研究的主要内容^[7-10]。可见,印刷电子学涉及新材料、新设备、新技术,它的出现和发展将带动一个新的产业。该技术涉及到大量的基础学科问题,包括印刷技术、材料、设备、印刷工艺与电子电路设计等多方面的行业共性技术^[11]。

但是,随着印刷电子学及相关技术的发展,中国高等学校印刷工程专业原有的教育模式存在着明显的滞后现象,凸显出了许多问题。作为印刷工程专业教育工作者,有必要对这些问题加以探讨,并提出相应的改革措施。

1 印刷工程专业加强印刷电子学教学的必要性

印刷电子学中常用丝网印刷、柔性版印刷、凹版印刷、胶印和喷墨印刷等方法,它们都属于功能印刷,其将具有电学功能的材料或者光学墨水沉积在衬底之上,从而形成有源或无源器件,如射频识别(radio frequency identification, RFID)电子线路、薄膜晶体管、电阻器、太阳能电池等。印刷电子学有望在低成本、高性能的电子器件在卷轴显示器和射频识别等应用产品中得到应用。当前,不管在基础研究还是在应用研究领域,印刷电子学已经成为印刷工程领域一个新兴、前沿并得到快速发展的方向。由于以下几个方面的原因,印刷电子学在印刷工程专业教学中亟待引入并加强。

1.1 印刷电子学全面推动印刷产业发展

印刷电子技术和产业涉及面很广,包括能印制形成电路或者电子元器件的有机、无机或者合成材料,电子书、电子报纸、显示器、传感器、光伏电池、纸电池、存储器、智能标签等器件,而这些产品都和未来发展最强劲的云计算、互联网电子信息产业关系极其密切,因此印刷电子学领域将成为传统印刷行业转型和升级的重要方向,传统印刷产业

也将得到极大的发展。

印刷电子技术推动现代印刷技术的发展,主要体现在4个方面:1)印刷电子学推动新型印刷材料技术发展。随着印刷电子学的应用范围越来越广,其对应的印刷材料也得到快速发展,出现了半导体油墨、导电电子浆料、有机导电油墨、绝缘体油墨等。2)印刷电子学推动传统印刷技术的发展。一些新型的印刷技术得到延伸与拓展,如生物印刷电子技术、3D打印技术、印刷薄膜晶体管技术等。3)印刷电子学推动传统印刷工艺的改进。印刷电子学虽然是基于传统印刷工艺,但在许多方面与传统印刷工艺存在差异,如丝网印刷电子所使用的红外烘道就较传统丝网印刷要长,这是由于丝网印刷所使用的导电银浆所决定的。4)印刷电子学能够提高印刷企业经济效益。传统印刷企业在不需要大规模引进设备和技术人员的前提下就能开展印刷电子业务,这就能够拓展企业的经营范围,提高传统印刷企业的经济效益。因此,印刷电子学的发展对传统印刷工程专业人才的知识、能力、素质提出了新要求,如要求学生从相关基础课程开始就扩宽在印刷材料学方面的知识范围,掌握新型印刷技术的基本原理和应用领域,理解印刷电子工艺的实际需求。因而同时给高校印刷工程专业教育提出了新的要求,如在开展印刷电子业务时,印刷企业管理人员必须具有处理新问题的能力,这就需要高校在印刷工程教育和人才培养中对传统教育进行拓展和延伸。

1.2 印刷电子学引领传统印刷技术研究前沿

由于纸质出版业市场的萎缩,传统印刷行业发展陷入低迷,相应的印刷技术研究的发展也极其缓慢。通过将印刷术与电子技术相结合,新型的印刷电子技术为人们展示了一幅微电子加工的全新图景。与传统的硅基半导体微电子加工技术相比,印刷电子技术省去了涂胶、光刻、刻蚀、溅射、真空沉积等高成本工序,大幅简化了生产过程,具有节约原料、降低成本、绿色环保等优势。尽管其性能目前无法与硅基微电子技术相比,但凭借批量化能力与低成本特点,以及大面积、柔性化等优势,印刷电子技术已经成为一个新兴领域,蕴含着巨大的发展机遇,处于印刷技术研究的前沿。为此,世界许多国家和地区纷纷制定印刷电子技术发展战略与科技计划,建立研究中心与技术联盟,以推动印刷电子研发及产业化,从而占领印刷技术的前沿高地。

1.3 印刷电子产业市场巨大

将传统印刷产业与电子信息产业有机结合起来将大大拓展“印刷”这一传统工艺的内涵与外延,也

必将带领传统印刷技术进入一个新的领域。2010年2月,欧盟委员会宣布在第七框架计划下资助电解质门控有机场效应生物传感器(electrolyte-gated organic field-effect biosensors, BIOEGOFET)项目,重点发展便捷诊断传感器,通过有机晶体管提供电转换,并采用印刷技术在柔性塑料或纸基底上进行制备。同年6月,在第七框架计划下启动了墨水导电低成本(conductive low-cost ink project, CLIP)项目,主要目标是发展一系列低成本油墨,以确保中小规模企业满足印刷电子产业发展的需求。英国一家市场调查公司预测,到2020年,各类非硅基电子产品的市场规模将达到近570亿美元,其中83%的产品将基于印刷制造技术^[13]。可见,印刷电子产业市场巨大,未来几年,全球印刷电子产业将有可能进入高速成长期。作为全球最大的电子产品的生产国与消费国,中国也极有可能成为未来全球印刷电子产品最大的市场。因此,中国必须依托现有印刷工程专业教育机构,提前布局,全面推动我国印刷电子技术与产业的发展,并反过来促进印刷工程专业教育与时俱进。

2 现有印刷工程专业教学中存在的问题

随着计算机技术和印刷材料领域的高速发展,在印刷产业技术发达的国家及地区,印刷产业发生了革命性的变化。如计算机制版、数字印刷、网络印刷、绿色印刷、印刷电子、功能印刷等新技术得到迅速发展和应用,这使得当前印刷工程专业教育问题凸显^[14]。目前,中国高校印刷工程专业教育中普遍存在的问题主要表现在以下几个方面。

2.1 培养模式相对滞后

高校培养模式理应随社会和经济的发展不断调整和完善,但我国高校的印刷工程专业的人才培养却一直沿用计划经济时期的模式。教育思想落后,致力共性培养,忽略个性发展,注重学生的可塑性,忽视其主观能动性;课程结构呆板,专业课程结构单一并且有老化的趋势,印刷专业知识老化现象得不到及时的修订,导致学生综合能力下降;培养模式陈旧,窄渠道培养导致学生适应性差。对于印刷工程专业教育来说,部分高校仅重视印刷生产过程中的某一环节,导致学生出现工艺知识强而设备知识和操作技能差,或设备知识掌握扎实而工艺技术知识欠缺等问题。

2.2 教学环境亟待改善

我国高校教学环境问题较多,大致表现为课程

内容老化,印刷专业教材更新缓慢,跟不上技术的发展;有的教材内容早已淘汰,但一直在继续使用,远离前沿领域。教师缺乏专业实践及生产经验,印刷工程专业实践操作性极强,专业普及领域相对比较狭窄,许多院校从事印刷理论教学的教师大多在实际操作技能方面存在短板。许多学校实训实验仪器和设备短缺,导致教学方式单调,知识传播体系不完整,不利于培养企业急需的人才。

2.3 学科交叉问题凸显

近年来,我国一直反复强调交叉学科发展的重要性。中华人民共和国国务院在《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020)》中提出,应当“加强基础科学和前沿技术研究,特别是交叉学科的研究”。印刷工程专业是一个学科高度交叉的专业,涉及学科众多,尤其是与材料领域、计算机领域和机械领域的学科交叉明显。但当前大多数院校的印刷工程专业教学人员长期从事单一学科的科学研究和教学,知识面相对狭窄,在一些学科交叉领域,尤其是印刷电子学等新兴前沿热点领域的研究与实践显得不足。

3 印刷工程专业教学改革措施

在印刷电子学发展背景下,印刷工程专业教育须采取改革措施,加强相关学科教育,切实提高学生在电子学方面的专业知识与技能。

3.1 加强印刷专业知识结构调整

印刷学科专业结构调整是高校根据社会和学科自身发展的要求,对现有印刷专业知识结构进行调整、优化、更新和补充。当前,印刷高等教育应在培养学生的知识结构纵向深化的基础上,对教学知识结构明显滞后和已经被行业淘汰的专业知识进行甄别并加以剔除,对现有最新的印刷发展前沿知识进行补充和更新,使得一些新兴的、亟待发展的高新技术能逐渐引入传统印刷工程专业知识体系中。同时,印刷电子人才知识结构还亟待调整甚至重新搭建,必须加强涉及印刷电子基础知识体系的补充,既要注意印刷电子学与传统印刷技术的共性,也要注意其差异性。例如,在印刷电子技术发展的大背景下,涉及印刷电子学的相关知识应该在传统印刷知识上得到体现,在讲授印刷油墨时应补充讲授导电油墨、绝缘体油墨等知识;在讲授印刷工艺课程时,应该对丝网印刷电子技术与传统丝网印刷技术等的差异进行比较说明。新兴的印刷电子技术对传统印刷工程实践教学提出了新的要求。

3.2 改革印刷专业培养模式

印刷专业教育强调理论与实践并进。在当前数字化的浪潮中,创建专业设置齐全、专业性强、多样化的培养模式显得尤为重要且势在必行。目前,高校人才培养中普遍提倡的是构建“工学结合,校企合作,产学研一体化”的印刷专业人才培养模式。该模式主要是将学习和工作有机地结合在一起,以职业为导向,把以课堂为主的学校教育和直接获取实际经验的印刷企业工作有机地结合,并贯穿于学生培养过程始终。这样有利于学生将课堂知识具体化与系统化,因而也是目前印刷专业培养过程中较为理想的培养模式。然而,如何形成校企合作,如何建立校企双方深度融合的长效机制还有待进一步探索。构建合理的、先进的、适应当代科学技术发展和社会需求的人才培养模式是决定人才培养质量的关键因素。高校要提高印刷工程专业人才培养质量,就必须将印刷工程专业人才培养模式的改革与创新作为重点。

3.3 构建新的专业课程体系

电子技术、激光技术、数字技术、网络技术、纳米技术等前沿科技虽不是印刷业的发明和专利,却早已进入印刷科技领域,并得到迅速发展。针对这一情况,高校必须结合印刷前沿科技发展状况构建新的印刷专业课程体系,培养与时俱进的印刷工程专业人才。当前,我国开设印刷工程类专业的高等院校仍然在不同程度上存在专业课程体系老化的问题,一些已经被印刷行业所淘汰的专业知识还存在于教科书中,而一些得到大力发展的新技术却难以寻觅。因此,应当优化课程体系,使教学内容尽可能符合时代发展的新需求。从印刷工程专业创新性人才培养目标定位出发,建立相适应的课程体系,组织力量编写有特色、高质量的教学参考书及选修课教材。创造条件,引进有特色的原版教材,推进双语教学,并让学生尽可能多地接触学科发展新成果与最新动态信息。通过教学与科研的有效结合,针对印刷前沿科技发展构建新的印刷工程专业课程体系。对于印刷电子来说,要在原有印刷工程专业课程体系中补充,如扩展信息记录材料和印刷材料学课程的内容,开设涉及印刷电子学的专业基础课程,开设印刷电子学专业课程等,进一步加强涉及印刷电子学前沿技术的专业课程体系。在印刷专业人才培养过程中,需要加强印刷电子实践方面的教学,如开设导电油墨的性能测量、导电电路的丝网印刷印制、简单功能性印刷器件的制作等简单印刷电子实验课程,开设印刷电子生产的教学观摩课

程等,使印刷工程专业教学方式多样化,从而使學生更好地掌握理论教学内容。此外,印刷专业教育者还必须认识到未来的印刷行业不仅仅是停留在目前的发展状态,因此,在培养学生的技能之外,还必须挖掘学生的专长并对其进行培养,以提高学生的主观能动性与创新性。

3.4 加强学科交叉研究

随着科技的进步,印刷技术与其他学科间的交叉应用呈现日趋增长的趋势,同时交叉应用的领域也呈现逐渐扩大的趋势,印刷工程专业正是一门学科交叉较广、发展迅速的学科。在过去的印刷专业人才培养体系中,学校更多地注重专业课程的教育,而且这种专业课程教育主要反映在常规印刷技术的知识结构中,没有充分地反映出现代印刷技术的发展,因此原有的人才培养目标已不能满足社会对人才的需求。当前,有机/无机材料电子器件制作在柔性/可延性塑料和薄金属基板上的柔性电子已经出现,其综合了材料、半导体、电子等方面的知识,体现了功能性印刷领域的巨大进步,这种进步是交叉学科的研究应用与印刷技术相结合的结果。因此,必须加强交叉学科的学习与研究,在深入学习的同时进行创新。在此基础上,高校应成立面向印刷行业产业和技术发展的印刷学科协同创新中心,以印刷工程技术学科为主体,以培育战略新兴产业和改造传统产业为重点,通过高校与高校、高校与科研院所,特别是高校与大型骨干企业的强强联合,使其成为支撑我国印刷行业产业发展的核心共性技术研发和转移的重要基地。

3.5 加强师资队伍建设

印刷工程专业作为一门应用性学科,其人才培养必须倡导建立“工学结合,校企合作,产学研一体化”的培养模式,也必须建立一支相应的高水平师资队伍。这要求印刷工程专业高等教育机构推动高校建立印刷工程专业教师教学发展中心,有计划地开展印刷工程教学培训、教学咨询等活动,提升青年教师的专业水平和教学能力。在印刷电子学发展背景下,高校需要专门引进印刷电子教学人才,完善印刷工程专业教研室、教学团队、课程组等基层教学组织,坚持集体备课,深化教学重点难点问题研究。高校还需健全老中青教师传帮带机制,实行新开试讲制度;完善助教制度,加强助教、助研、助管工作;探索科学评价教学能力的办法;鼓励高校聘用具有印刷电子实践经验的印刷工程专业技术人员担任专兼职教师;支持专业教师获得境外、校外工作或研究经历,最终实现印刷工程专业教学

水平的提高。

4 结语

随着印刷电子技术的不断应用和迅速发展,印刷工程专业高等教育亟待改革,以适应行业发展的需要,改变行业内部高端技能型和科技创新型人才紧缺的现状。当然,印刷电子等功能印刷是印刷工程专业发展的一个方向,并不是唯一的方向,但作为在传统印刷专业基础上的重要嫁接和延伸,印刷工程专业高等教育机构在培养人才的过程中必须对现有专业课程体系进行改革,对课程内容进行更新,对专业知识结构进行优化,对教学方式和手段进行改进。同时重视师资队伍的建设以及成立印刷行业产业和技术发展的印刷学科协同创新中心。只有这样,印刷工程专业高等学校才能培养出适应印刷前沿科技发展的高端技能型人才。

参考文献:

- [1] Briseno Alejandro L, Mannsfeld Stefan C B, Ling Mang M, et al. Patterning Organic Single-Crystal Transistor Arrays [J]. Nature, 2006, 444 (7121): 913-917.
- [2] Noh Yongyoung, Zhao Ni, Caironi Mario, et al. Downscaling of Self-Aligned, All-Printed Polymer Thin-Film Transistors[J]. Nature Nanotechnology, 2007, 2 (12): 784-789.
- [3] Hübner Arved, Trnovec Bystrík, Zillger Tino, et al. Printed Paper Photovoltaic Cells[J]. Advanced Energy Materials, 2011, 1(6): 1018-1022.
- [4] Takeo Kawase, Tatsuya Shimoda, Christopher Newsome, et al. Inkjet Printing of Polymer Thin Film Transistors[J]. Thin Solid Films, 2003, 438: 279-287.
- [5] Kjellander B K Charlotte, Smaal Wiljan T T, Anthony John E, et al. Inkjet Printing of TIPS-PEN on Soluble Polymer Insulating Films: A Route to High-Performance Thin-Film Transistors[J]. Advanced Materials, 2010, 22 (41): 4612-4616.
- [6] Minemawari Hiromi, Yamada Toshikazu, Matsui Hiroyuki, et al. Inkjet Printing of Single-Crystal Films[J]. Nature, 2011, 475 (7356): 364-367.
- [7] Sirringhaus H, Kawase T, Friend R H, et al. High-Resolution Inkjet Printing of All-Polymer Transistor Circuits [J]. Science, 2000, 290 (5499): 2123-2126.
- [8] Yan He, Chen Zhihua, Zheng Yan, et al. A High-Mobility Electron-Transporting Polymer for Printed Transistors[J]. Nature, 2009, 457 (7230): 679-686.
- [9] Tatsuo Hasegawa, Maki Hiraoka, Toshikazu Yamada. Double-Shot Inkjet Printing of Donor Acceptor-Type Organic Charge-Transfer Complexes: Wet/Nonwet Definition and Its Use For Contact Engineering[J]. Thin Solid Films, 2010, 518 (14): 3988-3991.
- [10] Yang Shengyang, Wang Caifeng, Chen Su. A Release-Induced Response For the Rapid Recognition of Latent Fingerprints and Formation of Inkjet-Printed Patterns [J]. Angewandte Chemie: International Edition, 2011, 50 (16): 3706-3709.
- [11] Yin Zhouping, Huang YongAn, Bu NingBin, et al. Inkjet Printing for Flexible Electronics: Materials, Processes and Equipments[J]. Chinese Science Bulletin, 2010, 55 (30): 3383-3407.
- [12] 范丽娟. 数字化印刷背景下印刷图文信息处理专业教育改革[J]. 包装学报, 2012, 4(3): 93-96.
Fan Lijuan. Educational Reform of Printing Information Processing Specialty in the Background of Digital Printing [J]. Packaging Journal, 2012, 4(3): 93-96.
- [13] [佚名]. BioEGOFET[EB/OL]. [2014-09-09]. http://cordis.europa.eu/project/rcn/93734_en.html.
[Anon]. BioEGOFET[EB/OL]. [2014-09-09]. http://cordis.europa.eu/project/rcn/93734_en.html.
- [14] [佚名]. 政府资助成推动印刷电子发展的主力[EB/OL]. [2014-05-06]. <http://www.chnyin.com/html/2012-07/8559.html>.
[Anon]. Government Funding as Main Force to Promote the Development of Printed Electronics[EB/OL]. [2014-05-06]. <http://www.chnyin.com/html/2012-07/8559.html>.

(责任编辑:蔡燕飞)

