

复旦大学微电子学专业特色的挖掘与拓展

周嘉 蒋玉龙 任俊彦 张卫

摘要:复旦大学微电子学专业拥有悠久的历史,形成了“基础与专业结合,研究与应用并重,创新人才培养国际化”特色。在教育部第二批高等学校特色专业建设中,通过课程体系的完善、课程建设及培养方法的改进和创新两方面的努力,复旦大学微电子学专业的特色得到挖掘和拓展。

关键词:特色专业建设;复旦大学;微电子学;创新人才培养

复旦大学“微电子学与固体电子学”学科有半个多世纪的深厚积累。20世纪50年代,谢希德教授领导组建了全国第一个半导体学科,培养了我国首批微电子行业的中坚力量。60年代研制成功我国第一个锗集成电路。1984年,经国务院批准设立微电子与固体电子学学科博士点,1988年、2001年、2006年被评为国家重点学科。所在一级学科于1998年获首批一级博士学位授予权,设有独立设置的博士后流动站和长江特聘教授岗位,建有“专用集成电路与系统”国家重点实验室,1998年和2003年被列入“211”工程建设学科,2000年被定为“复旦三年行动计划”重中之重学科得到学校重点支持,2005年获“985工程”二期支持,建设“微纳电子科技创新平台”。

长期以来复旦大学微电子学教学形成了“基础与专业结合,研究与应用并重,创新人才培养国际化”特色。近年来,在教育部第二批高等学校特色专业建设中,我们根据国家和工业界对集成电路人才的要求,贯彻“国际接轨、应用牵引、注重质量”的教学理念,制定了复旦大学“微电子教学工作三年计划大纲”并加以实施,在高端创新人才培养方面对专业教学的特色开展了深层的挖掘和拓展。

一、课程体系的完善和课程建设

微电子技术的高速发展要求微电子专业课程体系在相对固定的框架下不断加以更新和完善。

我们设计了“复旦大学微电子学专业本科课程设置调查表”,根据对于目前工作在企业、大学和研究机构的专业人士的调查结果,制定了新的微电子学本科培养方案。主要修改包括:

(1)加强物理基础、电路理论和通信系统课程。微电子学科,特别是系统芯片集成技术,是融合物理、数学、电路理论和信息系统的综合性应用学科。因此,在原有课

程基础上,增加了有关近代物理、信号与通信系统、数字信号处理等课程,使微电子学生的知识覆盖面更广。

(2)面向研究、应用和学科交叉的需要,增加专业选修课程。如增加了电子材料薄膜测试表征方法、射频微电子学、铁电材料与器件、Perl语言、计算微电子学、实验设计及数据分析等课程,为本科生将来进一步从事研究和应用开发打下基础。

(3)强调能力和素质训练,高度重视实验教学。开设了集成电路工艺实验、集成电路器件测试实验、集成电路可测性设计分析实验及专用集成电路设计实验等从专业基础到专业的多门实验课。

在课程体系调整完善的同时,还对于微电子专业基础课和专业必修课开展了新一轮的课程建设。包括:

(1)精品课程的建设。几年来,半导体物理、集成电路工艺原理、数字集成电路设计经过建设已经获得复旦大学校级精品课程。其中半导体物理和集成电路工艺原理课程获得学校的重点资助,正在建设上海市精品课程。另有半导体器件原理和模拟集成电路设计正在复旦大学校级精品课程建设之中,有望明年获得称号。

(2)增加全英语教学和双语教学课程。为了满足微电子技术的高速发展和学生尽快吸收、学习最新知识的需求,贯彻落实教育部“为适应经济全球化和科技革命的挑战,本科教育要创造条件使用英语等外语进行公共课和专业课教学”的要求,在本科生专业课的教学中新增全英语教学课程3门,双语教学课程4门。该类专业课程的开设也为微电子专业的国际交流学生提供了选课机会。

(3)教材建设。为了配合课程体系的完善和补充更新专业知识,除了选用一些国际顶级高校的教材之外,还依据我们的课程体系组织编写了一系列专业教材和论著。有已经出版的《深亚微米FPGA结构与CAD设计》、《Modern Thermodynamics》、《现代热力学-基于扩展卡

周嘉,复旦大学微电子学系副系主任,教授。

诺定理》，列入出版计划的《半导体器件原理》、《超大规模集成电路工艺技术》和《计算机软件技术基础》。另外根据课程体系的要求对实验用书也进行了更新。

为了传承复旦微电子学的丰富教学经验和保证教学质量，建立了完备的教学辅导制度，如课前试讲、课中听课及聘请经验丰富的退休老教师与青年教师结对子辅导等。每学期听课总量和被听课教师分别均超过所授课程和任课教师人数的50%以上。对所有听课结果进行了数据分析，并反馈给任课教师，为教师改进教学提供了有益的帮助。在保证教学内容的前提下，鼓励教师尝试新的教学手段，实现所有必修课程的电子化，建立主要必修课程的网页，完全公开提供所有课件信息，部分课件获得超过15000次的下载量。青年教师还独创了“移动课堂”的授课新方法，该方法能够完整复制课堂教学，既能高清晰展示教学课件的内容，又能把教师课上讲解的声音、动作及临时板书全部包含在内，能够使用大众化的多媒体终端进行播放，随时随地完美重现课堂讲解全过程。

通过国际合作的研究生项目及教师出国交流，复旦大学微电子学专业教师的教学水平得到进一步提升。在研究生的联合培养项目（如复旦-TU Delft 硕士生项目、复旦-KTH 硕士生/博士生项目等）中海外高校教师来到复旦全程教授所有课程，复旦配备青年教师跟班听课和担任课程辅导。这使得青年教师的授课理念、授课方式及授课水平都有大幅提高。同时，由于联合培养项目及其他合作项目，复旦的青年教师也被邀请参与海外高校的教学，担任对方课程的主讲，青年教师利用交流的机会，引进海外高校的一些课程用于补充复旦微电子的培养方案。这些都为集成电路专业特色的挖掘和拓展起到重要的作用。

经过几年的努力，微电子专业的教学水平普遍得到提升，在教学评估中得到各个方面的好评。

二、培养方法的改进和创新

培养适应时代要求的微电子专业创新人才也需要在培养方法上加以改进和创新。

针对微电子工程的特点，在坚持扎实的理论的基础上，强调理论联系实际，开展实践能力训练。在学校的支持下，教学实验室环境得到及时更新，几个方面的实验教学在国内形成特色。

(1) 本科的集成电路工艺实验可以在学校自己的工艺线上完成芯片的清洗、氧化、扩散、光刻、蒸发、腐蚀等基本工艺制作步骤，为学生完整掌握集成电路制造的基本能力提供了很好的实际训练。

(2) 在集成电路测试方面，结合自动化测试机台（安捷伦 SoC93000ATE），开设了可测性设计课程，附带实验。

(3) 集成电路设计课程都附带课程项目实践，培养了学生实际设计能力和素质，取得很好效果。

通过课程教学训练学生创新思维和分析问题的能力。尝试开设了部分本科生和研究生同时共同选修的研讨型课程。在课程学习的过程中，本科生不仅可以得到研究生的指导，在课堂上就某些课程内容进行探究，还可以在开展课程设计时在小组内和研究生同学共同开展小型项目研究，对于提高本科生进一步学习微电子专业的兴趣和培养他们发现问题解决问题的能力有很大的帮助。

参加科研无疑是培养学生创新能力的一个最为有效的途径。配合复旦大学的要求，微电子学专业在本科阶段，持续设置多种科研计划，给予本科生进实验室开展科研以支持。

(1) 大一的“启航”学术体验计划。计划鼓励大一学生在感兴趣的领域进行探究式学习和实践，为学生打造一个培养创新意识、锻炼学术能力的资源平台。“启航”学术体验计划的所有学术实践项目均来自各个微电子专业的导师，学生通过对感兴趣的项目进行申报与自荐的形式申请加入各学术实践小组。引导学生领略学科前沿，体验研究乐趣。

(2) 二、三年级曦源项目。项目建立在学生自主学习和创新思想的基础上，鼓励志同道合的同学组成研究团队，独立提出研究方向，寻找合适的指导教师。加入自己感兴趣的研究方向的团队。在开放课题列表中寻找合适的课题方向，并向该课题指导教师进行申请。还有更多的学生在大三甚至更早就进入各个研究小组，参与教授领导的各类国家级、省部级项目及来自企业、海外等的合作项目的研究。在完成的计划和项目成果之外，学生们还在收集文献资料、获取信息的能力，发现问题、独立思考的能力，运用理论知识解决实际问题的能力，设计和推导论证、分析与综合的能力，科学实验、发明创造的能力，写作和表说的能力等方面，都有不同的收获。

通过学生参加国际交流活动及外籍教师讲授课程给学生提供国际化的培养，提供层次更高、路径多元的培养方案，培养了学生的国际化眼光，开拓了学生的培养渠道。

几年来，微电子学专业学生的出国交流人数逐年增长，从2008年起，共有20位本科生赴国外多个高校交流学习。交流的项目包括双学位、长学期和暑期项目等，交流时间从3个月到2年不等，交流学校包括美国（耶鲁、UCLA等）、欧洲（伯明翰、赫尔辛基等）、日本（早稻田、庆应等）及我国港台高校。大多数同学在学习成绩达到交流学校的优秀等级，同时积极参加交流学校教授小组的科研工作，得到了很好的评价。个别同学由于表现优异在交流结束回国后被对方教授邀请再次前去完成毕业论文；也有同学交流期间（下转第60页）

有文学史的广度认识,又有文化认同的深度理解,突破了以往过分看重文学史平面的描述体系,有利于帮助学生构建合理的古代文学知识谱系,又具有鲜明的师范特色。在此基础上形成了既符合小教大专培养目标又适合专科学制的教材框架,即以文学史为线索,以文化为落脚点,以专题呈现为形式,以文体演进阶段为单元,辅以相关知识典故、最新研究动态和拓展练习等。各章节的标题不再沿用诸如“两汉文学”、“唐代文学”这样的语言客观地概括,而用带有主观色彩的感性词语来描述,诸如“唐诗江山”、“宋词庭院”、“浪漫传奇”等,有着更为鲜明的文学特征。

(2) 构筑人文关怀的诗意课堂,给学生一种思维方式。与基础教育的语文课堂一样,大学的文学课堂缺的也不是技术而是情怀。所以,课堂教学的改革不必纠结于表面形式上是灌输还是互动,更应该立足于审美阐释与人格塑造。课程的立意固然重要,但课程的实施更为关键。课堂是实现当下关怀的最好渠道,体现为两方面:

授课教师自身的人格魅力与人文风范。教师也是课程的组成部分,教师对文学、文化、职业及人生的理解,对于学生的引领作用不容小觑,民国时期陈寅恪、刘文典、钱穆、吴宓等皆以别具一格的大师风范为人所称颂;

授课教师的生命激情与教学语言。以诗意情怀感染学生情绪,以诗化语言引导诗性思维,这样的课堂一定也是充满了人文关怀的课堂。叶嘉莹认为诗的好坏,“第一要看有无感发的生命,第二要看能否适当的传达。”^[4]笔者认为,这两点用来评价文学课的教学也十分恰当,感发与传达,实际上也是给学生提供一种学文学的思维方式和教语文的职业示范。

(3) 引导学生建立诗意人生观,给学生一种生活方式。文学是人生也是哲学,大学的文学课是生命教育课

也是精神成长课,这门课的学习不应该只有课堂教学一个维度,还应该结合以丰富的文学实践活动。笔者的做法如下:鼓励个性化表达。就小教大专的培养目标来看,培养学生的学术思维和研究意识是必要的,但以专科教育的现状看,要求学生撰写专业论文是不现实的,与其因目标过高导致学生大量地网上下载应付,不如引导学生走进文本走近作家,将感悟表达出来,论文可,随笔可,创作也可。搭建网络学习交流的平台。充分开发和利用课程资源,调动学生积极参与学习实践活动。改变传统的批改纸质作业的方式,将感悟上传至博客,借助微博开展诸如“我们的论语”等主题活动,将学习过程计入学习评价,变单一的考试成绩评价为开放性的多元评价。组织诵读活动。师范院校有着良好的推普传统和诵读氛围,将专业学习与基本功训练结合起来,也是一种有效的学习方法。诗意课堂引领诗化学习,诗化学习引导诗意生活,当学习变成了一种生活方式,其意义就升华了。

让诗意回归文学课堂,让文学成为生命的底色。文学教育是参与人的精神生活的过程,真正的教育必然要超越功利、超越专业化的狭窄视野,直抵人性、人生,其最高境界就是诗性教育。

参考文献:

- [1][2] 俞晓红. “中国古代文学史”教学中应注意的若干问题[J]. 中国大学教学, 2010(7).
- [3] 杨柏岭. 文本·美育·文化[J]. 中国大学教学, 2010(9).
- [4] 叶嘉莹. 从中西诗论的结合谈中国古典诗歌的评赏[J]. 求是学刊, 1985(5).

[责任编辑:陈立民]

(上接第36页)参加国际级大师的科研小组工作,获益匪浅,直研后表现出强于一般研究生的科研能力。可以看到,国际交流不仅为同学们提供了专业知识和研究能力的不同培养模式,也为他们提供了更加广阔的视野和体验多种文化的机会,为他们今后的发展和进步打下了很好的基础。自特色专业建设以来,每学期均新开设“前沿讲座”课程,课程内容不固定,授课人为聘请的海外教师,有的来自海外高校,有的来自海外企业,课程均为全英语课程或双语教学课程。这类课程直接引进了海外高校的课程和教学方式,不仅学生受益,同时也培养了复旦微电子专业的青年教师。企业还提供与课程内容直接相关的软件,在改善教学环境的同时,还为学生参加科研提供了培训。

经过2年多特色专业项目的建设,复旦微电子学专业在巩固已有教学特色基础上,在高端创新人才培养方面进行了深层的挖掘和拓展,取得了一系列的成果。

通过以上各方面的努力,集成电路特色专业方向的本科生培养体系更加完善,成为培养具备集成电路研发能力的高端人才与工程师的优质基地,正在努力实现为学术界和产业界培养具有前瞻性、综合素质高、创新能力强、实现能力强和具有国际竞争力的高层次集成电路研发人才与产业工程师的目标。

[本论文工作由教育部第二类特色专业建设项目资助]

[责任编辑:文和平]