



面向卓越工程师人才培养的校企协同育人实践教学改革与探索

石素君, 赵修臣*, 李 红, 郑 冰, 赵永杰, 许兴燕

(北京理工大学 材料学院, 北京 100081)

摘要: 以卓越工程师教育培养计划为背景, 电子封装技术专业探索了校企协同育人的人才培养模式, 以解决学校教育与企业实际脱节问题。通过构建企业参与式的多层次校企协同融合工程实践教学体系, 搭建企业延伸式的全链条实践教学平台, 建立企业贯穿式的多元化实践教学模式, 切实全面提升了人才培养质量, 培养了既满足行业企业要求又具有较强的工程实践与工程创新能力的卓越工程技术人才。

关键词: 电子封装技术; 卓越工程师; 校企协同; 实践教学

中图分类号: G642.0

文献标志码: A

DOI: [10.12179/1672-4550.20220092](https://doi.org/10.12179/1672-4550.20220092)

Reform and Research of Practical Teaching of School-Enterprise Collaborative Education for the Cultivation of Excellent Engineers

SHI Sujun, ZHAO Xiuchen*, LI Hong, ZHENG Bing, ZHAO Yongjie, XU Xingyan

(School of Materials Science & Engineering, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China)

Abstract: With the background of excellent engineer education training plan, the major of electronic packaging technology explores the talent cultivation mode of school-enterprise cooperative education to solve the problem of disconnection between school education and industrial reality. By constructing a multi-level school-enterprise cooperative integration engineering practice teaching system with enterprise participation, building a whole chain practice teaching platform with enterprise extension, and establishing a diversified practice teaching mode with enterprise penetration, the quality of talent cultivation has been improved comprehensively, and excellent engineering talents with strong engineering practice and engineering innovation ability have been cultivated to meet the requirements of industry enterprises.

Key words: electronic packaging technology; excellent engineer; school-enterprise collaboration; practical teaching

“卓越工程师教育培养计划”(即“卓越计划”)是《国家中长期教育改革与发展规划纲要(2010—2020)》组织实施的一个重大项目, 对提高高校人才培养质量, 尤其是提高工程技术人才培养质量具有十分重要的示范和引导作用^[1-2]。2018年, 教育部又启动“六卓越一拔尖”计划2.0, 推动了卓越计划全面升级, 对高校持续深化工程教育改革, 树立工程教育新理念提出了更高要求^[3]。

北京理工大学电子封装技术专业于2011年获批教育部卓越工程师培养计划专业。本专业坚持以立德树人为根本, 以学生发展为中心, 以产业需求为引领, 以培养卓越工程实践能力和创新能力为目标, 不断对电子封装技术卓越计划人才培养进行深化改革, 探索满足集成电路产业需求的人才培养新模式, 为国家集成电路产业高速发展培育和储备更多“适销对路”的高质量卓越工程技术人才。

收稿日期: 2022-02-24; 修回日期: 2022-03-19

基金项目: 北京理工大学教育教学改革项目(2017)。

作者简介: 石素君(1985-), 女, 硕士, 实验师, 主要从事电子封装技术实验教学与研究工作。

*通信作者: 赵修臣(1971-), 男, 博士, 副教授, 主要从事电子封装材料与先进封装技术、电子器件互连可靠性测试分析、微纳材料制备及应用等方面的研究。E-mail: zhaoxiuchen@bit.edu.cn

1 电子封装“卓越计划”人才培养面临的问题

电子封装技术是集成电路产业三大支柱之一,是集成电路发展进入到后摩尔时代的关键技术^[4-5],具有技术更新换代快、企业引领性强以及多学科交叉融合的新工科特征,要求其专业人才具有突出的创新能力和适应产业发展的工程技术能力,而“卓越计划”的实施对其教育教学又提出了更高的要求。

集成电路产业具有高技术型和知识密集型特点,最先进的技术往往掌握在企业里,而目前高校人才培养很难精准对接企业动态需求^[6]。高校存在课程设计和课程内容等方面与产业发展前沿脱节,师资实践经验不足,教学资源远远落后于技术发展,高校的实验设备设施有限,学生在校内难以接触到产业先进的生产测试环境等问题^[7-8]。

产教融合是解决学校人才培养与产业实际需求脱节问题的有效途径^[9]。2017年12月,国务院办公厅在《关于深化产教融合的若干意见》(国办发〔2017〕95号)中明确指出深化产教融合要充分发挥企业重要主体作用,全面推行校企协同育人,促进教育链与产业链有机衔接和统筹融合。

产教融合通过企业参与人才培养过程,建立校企协同双向育人长效机制,完善教育资源布局,可有效实现高校转型与行业升级的深度融合,已成为一种教育新形态^[10]。

2 电子封装卓越工程师人才培养改革内容

清华大学顾秉林教授曾指出,在人才培养工作中,高校更应该重视实践教育的创新性和创新教育的实践性,要把人才培养的实践性和创新性融合起来^[11],通过实践环节来提高学生的研究能力、创新能力和工程实践能力是最有效的一种途径,所以实践教育在“卓越工程师”人才培养的过程中具有举足轻重的地位^[12]。

针对电子封装卓越工程技术人才培养面临的问题,学校电子封装技术专业在人才培养过程中融入产业信息和资源要素^[13-14],突出企业工程项目研发与生产的优势,在实践教学体系设计、实践教学平台建设和创新型工程技术人才培养模式等方面进行积极探索,通过校企协同育人的方式,践行了教育链和产业链统筹融合的卓越人才培养模式,切实提高了“卓越计划”学生的研究能力、工程实践能力和创新能力。电子封装技术卓越人才培养思路如图1所示。

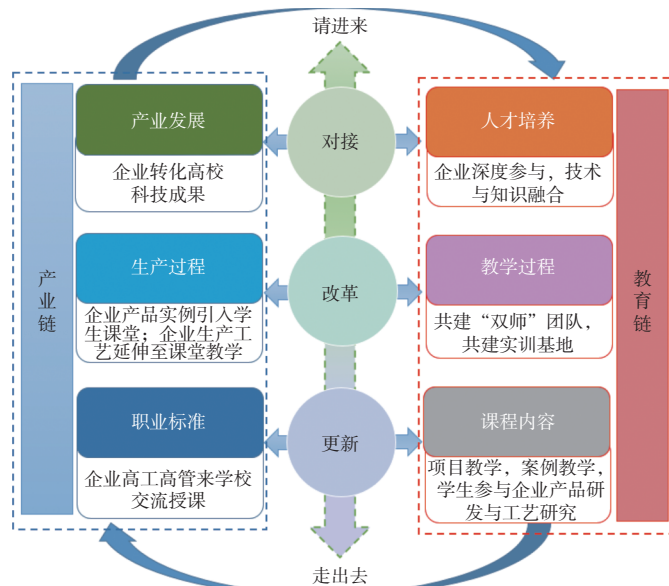


图1 电子封装技术卓越人才培养思路框架图

2.1 构建企业参与式的“多层次”工程实践教学体系

深入调研日月光封装测试有限公司、天水华天电子集团股份有限公司、航天772所(北京微电

子技术研究所)等知名封装测试企业对人才需求,吸引企业深度参与专业人才培养,建立了精准对接产业链的协同融合的具有专业特色的工程实践教学体系,如图2所示。

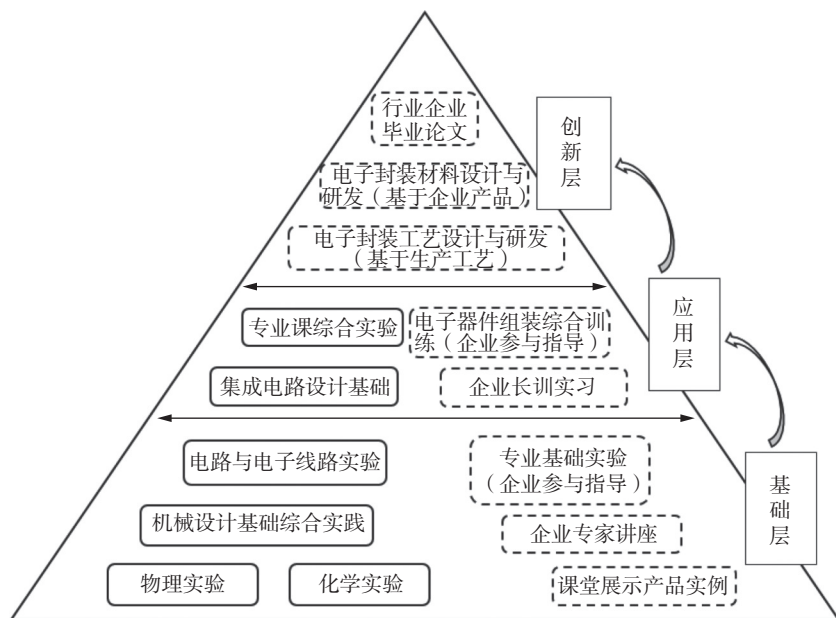


图2 电子封装卓越计划人才培养的实践教学体系

面向产业人才需求，将实践教学按照能力层次划分，建立“基础-应用-创新”多层阶梯式的能力提升途径，实现了从操作训练的基础培养到专业综合实验的能力提升，到企业长训实习的工程强化，再到项目研究、毕业论文的创新拔高，做到了理实结合、人才共育，形成了全过程工程能力培养的卓越计划实践教学体系。

如 2017 年与航天 772 所共同签订《电子封装技术专业本研一体化校企协同育人协议书》，并长期聘请研究所的 10 余名工程师作为电子封装技术专业的兼职教师参与实践教学的各个环节。

2.2 搭建企业延伸式的“全链条”实践教学平台

实验平台的建设是保证实验教学顺利开展的前提条件。“卓越计划”的目标是培养工程师，而工程师培养最重要的是企业环境^[15]。电子封装技术的快速发展，要求实验教学平台要与时俱进，跟得上行业企业对卓越人才培养实践平台的要求。为此，依托学校材料科学与工程“双一流”学科优势，整合现有教学设备与资源，建设了能完成电子产品封装或器件制造的、完整工艺线的校内实验平台，具体包括芯片互联工艺平台、表面组装工艺平台、微观分析平台、封装材料性能测试平台、印刷线路板(PCB)制造工艺平台等；通过与华天科技、航天 772 所等行业企业院所深度合作与交流，延伸了拥有先进封装技术研发和生产能力的校外实训平台，学生可共享到企业制造超大规模单片集成电路、功率器件与电路

等的先进设备和技术资源，为学生卓越工程能力提供了重要支撑。由此，通过校内实验覆盖基础工程能力和校外实训接轨前沿工程创新能力，最终打造了一个“全链条”“互促互补”“集约共享”的校企协同实践创新平台，推动校企间合作育人和发展，提升“卓越计划”人才的工程实践能力和创新能力。图 3 为学生基于完整工艺线的校内实验照片。



图3 学生实验照片

2.3 建立企业贯穿式的“多元化”实践教学模式

在校企协同育人的建设过程中，通过共建“双师”团队，企业渗透实践教学，开展多形态实践教学，建立了企业深度参与的实践教学模式，积极探索以企业需求为导向的“共享共赢”发展之路，其基本构思如图 4 所示。

2.3.1 企业指导教师走进实践教学课堂

针对本领域前沿技术和方法，定期邀请企业高工给学生开展讲座，授课内容包含专业知识实

例剖析、企业发展情况、国内外封装测试行业发展现状等,结合企业生产现状,让学生深入了

解行业需求、企业需求,切实了解企业的产品与技术。

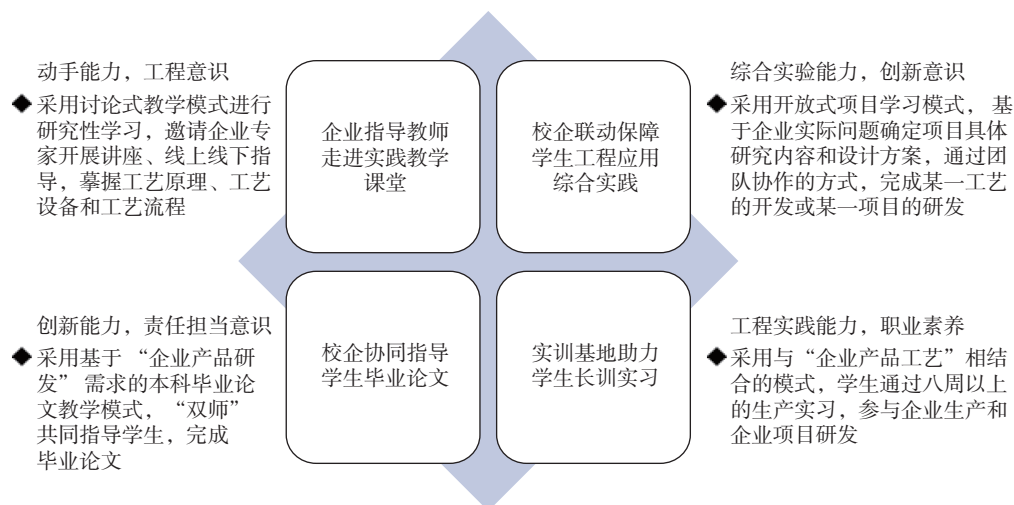


图4 企业贯穿式的实践教学模式

针对实验设备及设备生产能力,在开设的电子封装技术专业实验课程中邀请宁波尚进自动化科技有限公司、无锡华文默克仪器有限公司等企业工程师走进实验课堂,介绍键合机、印制电路板系统及表面贴装设备的结构、原理及国内外设备发展现状。实验内容结合企业产品,让学生利用现有完整工艺平台,采用反复探究式的实验模式,在做中学,确定制造电子部件或产品的工艺参数,并通过工艺设备的实际操作和工艺参数设计,掌握工艺流程、关键工艺因素以及合适的工艺参数,增强学生的动手能力、工艺研发能力和工程意识。

2.3.2 校企联动保障学生工程创新综合实验

校外指导教师参与实践教学,为同学们以大视野了解国内外封装测试行业提供了依据,有利于从行业水平了解目前最先进的封装测试手段。

本专业设有电子封装材料工艺研发、电子器件组装综合训练等课程,该类课程采用开放式项目研究的的教学模式,为各小组配校外指导老师,即企业的研发工程师或工艺工程师,根据企业中出现的工艺问题,学生确定具体研究内容和设计方案,通过团队协作的方式,完成某一产品的工艺开发或改进,提高学生创新能力、项目研究能力、工艺研发能力及团队协作精神。

2.3.3 实训基地助力学生长训实习

电子封装技术专业“卓越工程师教育培养计划”把学生深入企业生产实习作为本科阶段的一门必修课。学校选择北京微电子技术研究所、中

国科学院空天信息研究院、中科院半导体所等科研院所,与其建立了长期有效的合作机制,共同设计企业实训培养方案。卓越计划生产实习提前到第6学期暑期开始,并增加学生企业生产实习时间(8周以上)。企业为学生配备生产一线工程师,学生跟随工程师进行生产设备与工艺的学习。

为培养同学们发现问题、解决问题及创新方面的能力,生产实习中设置了实习小课题攻关项目。题目来源于生产实习中发现的问题,或技术人员讲解中指出需要改进的工艺或方法,以小组为单位在讨论、交流的基础上共同完成,以训练学生运用所学的专业知识解决实际生产问题,更好地提高生产实习教学效果,切实增强学生综合实践能力。

2.3.4 校企协同指导学生毕业论文

毕业论文是大学实践教学的一项至关重要的环节。为了深入了解行业企业的发展需求,践行卓越工程师教育计划,电子封装技术专业针对“卓越计划”学生采用学校导师和企业导师共同指导的“双导师”制,以企业现有的技术问题或难点为研究课题,由企业指导老师协同校内指导老师共同确定学生毕业论文的研究内容、研究方案,采取企业指导教师进行工程应用指导,学校指导教师提供理论指导的“双导师、同指导”策略,实现为企业解决实际问题,学生掌握解决工程实际问题能力的双赢目的。

近四年,卓越工程师计划学生参与20余项企业的毕业论文题目,如高频超大规模集成电路电

学设计技术, SiP 封装方案设计及热分析技术研究, 微波电路芯片粘接工艺技术研究等, 为企业解决了多项工艺和研发问题。

3 实践成效

实践表明, 校企协同育人的人才培养模式使学生较早地感受到了专业理论学习对实际工作指导的重要性, 体会到了深入企业实践对深入理解专业理论、锻炼分析与解决问题能力的重要价值, 从而很好地调动了学生学习的积极性, 切实增强了学生综合实践能力, 提升了人才培养质量。

学校电子封装技术专业与华天科技、北京航天 772 所、中国科学院空天信息研究院、深圳先进电子材料国际创新研究院等多家优秀企业建立了合作关系, 并聘请企业高工 30 余人作为指导教师, 建设了一支高水平企业指导教师团队, 为学生开展技术前沿讲座和实践指导 50 余次。

校企协同育人的培养模式显著增强了学生的专业技能和创新能力。学生积极参加“互联网+”大学生创新创业大赛、“挑战杯”首都大学生课外学术科技作品竞赛、全国大学生金相大赛、大学生电装技术大赛等各项竞赛, 获奖百余项。其中, 2019 年代表北京理工大学参加全国金相大赛的 3 名电子封装技术专业学生中, 获二等奖 1 项和三等奖 1 项。

校企协同育人的培养模式极大地激发了学生对专业的认同感, 促进了学生职业能力的提升。毕业生中 70% 以上就业单位集中在我国集成电路产业的重点企业, 包含华为、中芯国际、华天科技、中国电子科技集团研究所等。毕业学生综合素质高、工程实践能力强, 迅速成长为企业的技术骨干, 为国家重大专项、技术攻关项目做出贡献。

近四年, 电子封装技术专业培养“卓越工程师”40 人, 为集成电路产业输送了一批时代担当的卓越工程技术人才。

4 结束语

电子封装技术专业坚持企业、高校是人才培养共同体的建设理念, 将教学、科研和生产有机融合于人才培养中, 科技先行、育人为本、产业实践, 使高校与企业共享、互补、互动, 将企业优质资源转化为育人资源、企业技术优势转化为教学优势、行业特色转化为专业特色, 实现了由学

校单方育人向校企协同一体化、全要素育人新局面。

通过校企协同育人, 提升了课程内容的前瞻性, 提高了学生解决工程实际问题的能力和创新实践能力, 是教育链与产业链深度融合的有益探索。

参考文献

- [1] 教育部. 教育部关于实施卓越工程师教育培养计划的若干意见[EB/OL]. [2011-01-08]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/moe_742/s3860/201101/t20110108_115066.html.
- [2] 林健. “卓越工程师教育培养计划”通用标准研制[J]. 高等工程教育研究, 2010(4): 21-29.
- [3] 杨印生, 王瑞, 张强. “卓越计划”2.0 背景下工程交叉学科专业课程体系的构建和优化[J]. 中国大学教学, 2019(4): 50-53.
- [4] 陈炳欣. 芯粒落地, 先进封装延续摩尔定律[N]. 中国电子报, 2019-10-11(1).
- [5] 许居衍. 复归于道——封装改道芯片业[J]. 电子与封装, 2019, 19(10): 1-3.
- [6] 李斌, 吴朝晖, 贺小勇, 等. 面向产业的集成电路人才培养模式探究[J]. 教育教学论坛, 2021(14): 73-76.
- [7] 王卫民, 吴永乐, 张一凡. 产教融合视域下芯片领域校企合作双元育人模式探索与研究[J]. 中国大学教学, 2021(6): 67-71.
- [8] 孙雷. 新工科背景下产教融合育人路径探析[J]. 江苏高教, 2021(1): 74-77.
- [9] 全月荣, 陈江平, 张执南, 等. 产教深度融合协同探索面向新工科的创新人才培养模式——以上海交通大学学生创新中心为例[J]. 实验室研究与探索, 2021, 39(11): 194-198.
- [10] 胡敏强. 产教融合新工科育人模式探索与研究[J]. 中国大学教学, 2019(6): 7-11.
- [11] 顾秉林, 王大中, 汪劲松, 等. 创新性实践教育——基于高水平学科建设的创新人才培养之路[J]. 清华大学教育研究, 2010, 31(1): 1-5.
- [12] 米伟哲, 刘思嘉, 聂志强. 以卓越工程师为培养目标的工程实践教学作用分析[J]. 实验技术与管理, 2013, 10(30): 18-20.
- [13] 施晓秋, 徐赢颖. 工程教育认证与产教融合共同驱动的人才培养体系建设[J]. 高等工程教育研究, 2019(2): 33-39.
- [14] 冯晓丽, 张进成, 郑雪峰. 面向国家急需, 构建“三位一体”集成电路人才培养模式的改革与实践[J]. 电子元器件与信息技术, 2019, 3(11): 122-125.
- [15] 陈启元. 对实施“卓越工程师教育培养计划”工作中几个问题的认识[J]. 中国大学教学, 2012(1): 4-6.

编辑 钟晓