

集成电路产业供应端人才培养机制探索研究

郑巧^{1,2}, 程树英^{1,2}

(1. 福州大学物理与信息工程学院, 福建 福州 350108;

2. 福州大学微电子学院, 福建 福州 350108)

【摘要】 我国集成电路产业人才供应端的问题包括: 高校人才培养数量不及行业需求; 人才培养模式与产业脱节, 如集成电路专业培养方案与工程应用不符、学生的实操能力和工程经验匮乏等; 高校引进相关学科高水平师资困难。针对上述问题, 提出促进我国集成电路人才供应端发展的路径和方法, 通过优化集成电路科学与工程一级学科人才培养方案, 提升人才培养质量, 不仅面向企业实际需求调整学生在校学习进度, 还要面向实际工程问题革新教学方式。同时, 打造集成电路专业“双师型”教师队伍, 进一步深化高校人才引进及评价机制的改革。

【关键词】 集成电路; 人才供给; 培育体系; 实践能力

【中图分类号】 G643 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 2095-5065 (2023) 09-0018-05

0 引言

党的二十大报告提出加快实施创新驱动发展战略, 电子信息产业是引领新一轮产业变革和科技革命的核心力量, 是支撑社会运转和保障国

家安全的战略性、基础性和先导性产业^[1]。2022年, 国家发展改革委、工业和信息化部、财政部、海关总署、税务总局印发《关于做好2022年享受税收优惠政策的集成电路企业或项目、软件企业清单制定工作有关要求的通知》, 对享受税收优惠的企业和项目做出明确规定, 说明集成电路产业的持续发展一直是国家关注的重点。人工智能、5G、消费类电子、汽车电子、智能可穿戴设备等新兴应用端带来了强劲的市场需求, 为我国集成电路产业提供了巨大的增长空间。

当前, 我国很多省市都将集成电路作为重点发展的高科技产业, 不断加强战略部署、增加投资举措、提升支持力度^[2]。在政策扶持和市场发展下, 我国集成电路产业链中各环节都积累了良好的技术基础与产业优势, 但是在部分领域依然存在短板。从核心技术来看, 我国在芯片设计、

收稿日期: 2023-7-8

作者简介: 郑巧(1984—), 女, 湖北宜昌人, 博士, 副教授, 研究方向为太阳能材料及器件;

程树英(1966—), 女, 福建武夷山人, 博士, 教授, 研究方向为太阳能光伏技术。

基金项目: 2022年中国电子教育学会研究生教育分会“研究生教育改革与实践研究课题——基于产教深度融合的集成电路创新人才培养体系构建与改革”(项目编号: 暂无); 2021年福州大学研究生教改重点项目“基于科—产—教深度融合的集成电路创新人才培养体系研究与实践”(项目编号: 暂无)。

制造等环节中的关键设备、软件、技术等部分仍缺乏人员支撑，严重制约了我国集成电路产业向更高质量发展，还不具备国家产业的核心竞争力，难以形成保障国家信息安全等战略需求的有力支撑。

当前，构建我国自主集成电路产业链的需求迫切，推进本土化和国产化进程是“十四五”规划的重中之重。其中，人才是产业发展的核心要素，结合当前国际形势，在电子信息领域打造并维持一批能打硬仗的梯度型人才队伍迫在眉睫。

1 我国集成电路产业人才供应端存在的问题

高等院校是集成电路产业人才的主要来源，目前供应端主要存在的问题如图1所示，包括高校人才培养数量远不及整个行业需求、培养模式与产业脱节、高校引进高水平师资相对困难等因素。

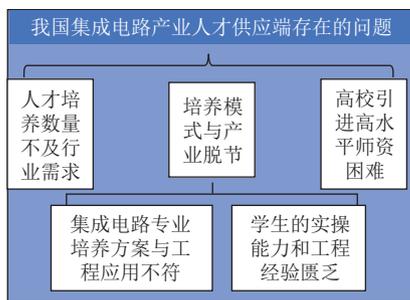


图1 我国集成电路产业人才供应端存在的问题

1.1 高校人才培养数量不及行业需求

目前，我国共有28所示范性微电子学院，招生人数逐年提升。根据《中国集成电路行业人才发展洞察报告（2023）》，全国共有84所高校开设集成电路相关专业，2022年培养学生281204名，提供生源较多的5所高校是西安电子科技大学、北京理工大学、电子科技大学、武汉理工大学和天津大学。

2021年我国集成电路从业人员约为57.07万人，预计2024年全行业人才需求为78.9万人，整体人才缺口依然巨大^[3]。以福建省为例，仅厦门大学与福州大学是国家“双一流”建设高校，这两所高校均为国家示范性微电子学院筹建单位。近年来，集成电路科学与工程专业从无到有，招生人数也增加了近一倍。但从专业占比上看，微电子科学与工程、集成电路设计与系统、电子科学与技术3个核心专业年招生数量仅占27.4%，尚不足电子信息类招生数量的一半^[4]。福建省内高校集成电路相关专业硕士、博士年培养规模仅800人左右，同时这些专业培养的人才也可能从事其他行业。如2021年福州大学集成电路科学与工程专业硕士研究生的就业方向中，选择信息传输、软件和信息技术服务行业的占比63%；选择金融业的占比15%；选择半导体制造业相关行业的占比仅为11%。2022年，选择信息传输、软件和信息技术服务行业的占比下降至51%；选择金融业的上升至21%；选择半导体制造业的基本保持不变。为了尽快培育集成电路产业急需的工程型技术人才，2018年起，福州大学微电子专项培养计划专门进行了扩招，但微电子专项培养人数在研究生阶段的扩招人数依然远不能满足产业的人才需求。另外，集成电路产业对学习化学、材料、理论物理等相关专业的学生吸引力不大，也不利于人才基数的增加。

1.2 高校人才培养模式与产业脱节

(1) 集成电路专业培养方案与工程应用不符。根据调研，微电子科学与工程、电子科学与技术、集成电路设计与集成系统等目标专业成为企业热招岗位的前3位。微电子科学与工程、集成电路相关专业毕业生，因其在校期间有着相对完善的理论知识学习经历，在后期进入职场时企业接受度较高，其在工作也因有理论基础，以及后期研发经验的积累，较容易实现突破。因此企业对目标人才的专业背景较为关注。但存在的问题是，集成电路产业链中，研发技术快速更新换代，目前与集成电路相关的部分课程理念和内容

并未根据行业发展的实际需求及时更新，课堂里学到的知识与行业主流技术方法和工艺手段有较大的差异。例如，集成电路行业内光刻、提纯技术、掺杂扩散等半导体芯片制造流程方面的技术手段迭代很快，而高校教师缺乏对这方面的紧密跟踪，导致集成电路设计和制造等教学内容陈旧或课程体系设置不完整。

(2) 学生的实操能力和工程经验匮乏。对相关企业的问卷调查显示，集成电路企业对人才经验要求集中分布在10年以内，拥有3~5年工作经验的人员最受欢迎。集成电路产业的高速发展迫使企业更加青睐于有一定工作经验的人才。

其中，希望人才拥有3~5年工作经验的占比为39.1%；拥有5~10年工作经验的占比为32.48%；要求最低工作年限不低于10年的岗位占比为5.66%。以上数据说明，相关专业的应届毕业生进入社会工作后，企业需用3~5年才能使其具备成熟稳定的岗位技能。可见，在校期间的短暂实习经验并不足以支撑应届研究生掌握熟练的实操技巧和积累丰富的实际工程经验。同时，高校因缺乏硬件条件，即便了解人才需求也难以为学生提供充足的实操机会。例如，在芯片制造和封测流程中，应用到的设备非常昂贵，还要经过上千道加工工序，涉及的设备类型也较多。半导体设备是半导体行业产业链的关键支撑环节，不管是芯片设计还是晶圆制造和封装测试，都需要在设备技术允许的范围内进行。但高校很难拥有一套完整的芯片制造和封测设备，学生的实操能力得不到锻炼。在软件设计实操方面，电子设计自动化(EDA)软件是目前超大规模集成电路设计环节的基础软件，国际上的主流芯片设计公司都使用该软件，而购买EDA软件的成本较高，造成高校的集成电路设计实践教学与行业主流技术衔接有一定困难。

1.3 高校引进相关学科高水平师资困难

半导体行业具有产业链条长且各产业链条间又可独立成链的特点，这也使得从事半导体行业的工作人员差异较大，特别是占半导体产业份额八成的集成电路板块，其人员学历构成差异尤为

明显。

上游的设计领域属于高知识密集型，汇集了大量优秀院校毕业的高学历专业人才；而中下游产业如晶圆制造和封装测试，因工厂生产需要，对一线作业人员的衡量标准多以其过往工作经验为主，学历不是优先考虑因素。从相关上市公司员工学历数据分布来看，2022年上市公司员工整体学历占比较高的为本科学历(26.87%)。高校的入职条件一般要求人才具有博士学位且发表过高水平学术论文，在晋升职称时，主要的评价指标为获批项目的类别和发表论文的篇数。这对集成电路行业内的纯技术人员和行业隐性知识丰富的实操型人才的入职和晋升造成困难。

2 促进我国集成电路人才供给端发展的路径和方法

(1) 优化集成电路科学与工程一级学科人才培养方案。集成电路科学与工程是培养集成电路人才的主要学科，是交叉学科下的一级学科。该学科依托项目研发和产品创新，面向实际工程问题的培养体系是近年来国际工程人才培养改革的新方向。集成电路人才培养以产品运行的生命周期为载体，要用与时俱进和贴合实际的方式呈现并落实。

为支撑集成电路产业中各行业需求，集成电路科学与工程一级学科应包含物理学、数学、材料及计算机等诸多学科。集成电路科学与工程一级学科与集成电路产业知识图谱如图2所示。与此相对应，高校培养的行业人才也应该是综合素质过硬、具有家国情怀的复合型人才，各高校应不断根据社会 and 行业的发展需求推动人才培养模式的变革与迭代，具体包括以下两方面。

一是面向企业实际需求调整学生在校学习进度。在开设课程之初，学校邀请企业相关技术人员与具体课程的任课教师共同讨论，规划好学校单独开设及校企合作开设的课程。例如，在学生专业学习之前(研一阶段)，学校可安排

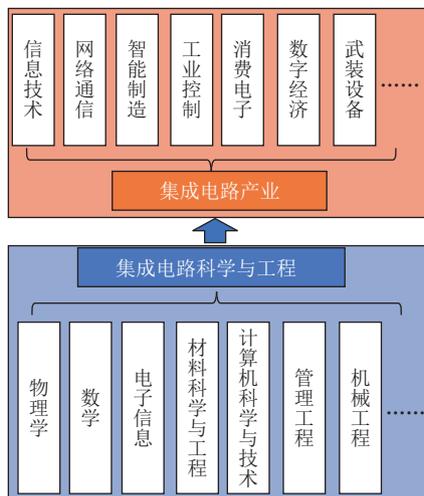


图2 集成电路科学与工程一级学科与集成电路产业知识图谱

学生到集成电路相关企业参观学习（1周），让学生初步了解企业工作需要的知识和技能，提出问题、发现问题，带着这些问题上课。教师针对每名学生关注的问题，系统地讲述理论知识，帮助学生理解并掌握较为艰深的理论知识。在研二阶段，学生再次进入相关企业实习，结合毕业实习和毕业论文选题进行深入学习，时间为3~6个月，在此期间，企业导师要根据每名学生的不同能力，安排不同的岗位，着重训练学生的实操能力、运用理论知识解决实际问题的能力，以及能够解决较为复杂的系统性工程问题的能力。企业导师定期组织工作汇报，学生对每周的工作进行总结反思，提出阶段性计划。实习结束后，学生获得了充分的实践经验，在此基础上设计及撰写毕业论文，课题可由校内导师和企业导师共同指导，理论和实践相结合，学习能力再次得到升华。经过不同阶段的学习，在这种模式下培养出来的研究生基本能够满足集成电路企业对学生理论知识和动手能力的要求，毕业即能上岗，缩短学生再培训的时间，尽早进入管理岗，成为集成电路行业的中坚力量。

二是面向实际工程问题更新教学方式。教师在授课过程中将实际工程问题引入课堂，引导学生带着问题学习。研究生3~5人为1组，自行查阅文献资料，提出解决方案和建议，再进行课堂交流讨论。通过案例教学，引导学生分析、讨论、评价，提出改进方案或新的思路，让学生参与与

计、开发和研究的全过程^[5]。教师在授课过程中发挥主导性作用，同时提高学生在教学活动中的主体性地位，教师与学生之间做到相互协调、相互配合，共同提高课堂教学的效果。教师根据不同层次学生的理解和消化程度，选择不同的教学手段，通过讨论式、探究式、问答式等多种教学方式，培养学生的学习兴趣和逻辑思维能力，鼓励学生发表自己的见解，启发学生树立自主创新、善于发问、主动思考、勤于动手的习惯。改变陈旧的教学观念，使用多媒体辅助教学、虚拟仿真实验室，将网络教学融入集成电路的设计、制造、测试及封装等教学当中，方便学生理解工艺过程，加深学生对课程内容的记忆，增加课程的实际工程信息量。另外，教师与企业技术人员形成结对教学项目，围绕某一系统性的复杂问题，让学生自主完成前端研发、中端管理和后端维护等工作，形成书面报告。日本曾实行超大规模集成电路产学研结合计划，半导体行业龙头企业纷纷与高校进行产教结合，最终实现了集成电路行业的飞跃发展和快速升级^[6]。

（2）打造集成电路专业“双师型”教师队伍。“双师型”教师不仅要具备教授专业理论知识的能力，能与学生良好互动，还要求具备扎实的实际工程经验，面对复杂的工程问题，能使用技巧、经验灵活处理。“双师型”教师既要能把艰深的理论知识讲述得浅显易懂，又要能把复杂的工程问题庖丁解牛般逐一攻破，这样的教师需

要精心培养。

在学校和政府相关部门的合力支持下,学校可与本地集成电路企业搭建合作平台,给予教师充分的锻炼机会。对新入职的青年教师,安排其到集成电路相关企业进行为期半年的挂职和现场学习。对从事多年教学工作的资深教师,其教学理念和教授内容更容易出现与行业技术发展不符的情况,因此更应该加强其与相关企业互动的频率,形式包括在线培训、线下讲座、外出交流和派送实习等,鼓励高校教师利用假期进行短期的挂职锻炼,以提高教师实践能力。除此之外,还可定期安排企业技术人员与教师举办教学研讨会,让企业人员与教师分享行业前沿技术和热点话题,有利于教师把新知识和新技术带入课堂。

(3) 深化高校人才引入及评价机制改革。积极深化高校职称晋级和科研评价改革,鼓励高校和集成电路企业人才双向聘用。推进分类评价,推行以创新能力、质量、实效、贡献为导向的科技人才评价体系^[7]。充分利用同行、用户、市场等多元评价,发挥考核评价指标的指挥棒作用,将科研成果转化纳入高校人才考核评价体系和教师职称评审制度,开展特殊贡献人才评审机制,建立职称晋级绿色通道。支持科研人员在高校、科研院所和企业之间的双向流动,支持高校科研人员离岗创业,鼓励企业聘任高校教师参与项目研发。设置一定比例的流动岗位,通过资源配置、调整资金使用方式,加强校内教研人员和企业科技骨干的双向交流。针对双聘岗位,出台专项考核指标,根据在校和在企业的工作时长,按比例建立考核指标。对于参与高校实验课程建设的教师,减免其在本单位一定比例的教学工作量,对于参与企业技术创新、实践课程体系建设和科技平台建设并且表现突出者,可降低职称评审条件。

3 结语

集成电路是电子信息产业的核心与基础,支撑着国家经济社会的发展。在当前的国际环境下,集成电路不仅关系到国家安全,更是实现中华民族伟大复兴战略目标的关键因素。发展集成电路,人才是关键,要增加人才供给。促进我国集成电路人才供应端的发展,不仅要优化集成电路科学与工程一级学科人才培养方案,建立科学的人才培育体系,使教学内容及方式与工程实际相匹配,加强学生的实践能力,还要打造集成电路专业“双师型”教师队伍,深化高校人才引入及评价机制的改革。只有集成电路人才供应端健康高质量地发展,才能保证我国在电子信息技术领域的国际竞争中实现“弯道超车”。

【参考文献】

- [1] 管开轩,余江,周建中,等.高水平科技自立自强下我国集成电路人才培养“痛点”与对策[J].中国科学院院刊,2023,38(2):324-332.
- [2] 邓子立.破解集成电路产业人才难题[J].中国人才,2021(8):35-37.
- [3] 佚名.国家加强集成电路人才培养工作[J].考试与招生,2022(4):17.
- [4] 王少昊,曾勇杰,施隆照,等.浅析福建省集成电路人才供求现状[J].中国集成电路,2022,31(5):18-21.
- [5] 李红双,赵群.构建校企协同应用创新型人才培养模式与机制探索[C].辽宁省高等教育学会2017年学术年会优秀论文二等奖论文集.沈阳:辽宁省高等教育学会,2018:132-139.
- [6] 李德辉,徐璐岩,王涛,等.集成电路产业创新发展中的人才驱动[J].决策咨询,2021(5):81-84.
- [7] 孙蚌珠.深化推进重点领域改革[J].中国党政干部论坛,2023(1):22-26.