

# 产教融合视域下校企协同育人课程的项目式教学模式探索

——以《半导体制造技术与工艺》为例

缙润娜 朱春蓉 尚飞 朱归胜 熊健

桂林电子科技大学 材料科学与工程学院 广西桂林 541004

**摘要:** 产教融合是高水平应用型人才培养的基本路径,产教融合视域下的应用型大学课程实施应促使教师课程教学与生产实践过程相统一、学生专业素质与生产实践素养相支撑、教学评价体系与实践素养评价相融合。校企合作课程则是应用型人才培养的重要载体。针对当前校企协同育人课程建设的实效性不强、融合度不足等问题,在《半导体制造技术与工艺》课程教学中,结合课程特点与企业需求,充分融合新型项目式教学模式,探索新型教学模式和评价体系,为产教融合机制的落地提供有效实践路径和经验指导。

**关键词:** 产教融合;校企协同育人;项目式教学;评价体系

## 引言

在我国高等教育追求高质量发展的背景下,产教融合与校企合作的深度整合成为教育进步的核心动力。桂林电子科技大学专注于电子信息领域,旨在培养高端应用型人才,并深入实践成果导向教育(OBE)理念于校企协同育人课程中<sup>[1]</sup>。为此,该校需重点推动三大融合创新:一是课程教学需与生产实践紧密结合,实现理论与实践的无缝对接;二是学生综合素质培养需与生产实践技能相辅相成,确保学生既掌握专业知识,又具备解决实际问题的能力;三是教学评价体系需与人才培养目标紧密结合,确保评价精准且导向明确,真实反映人才培养的效果与短板。解决这些挑战,不仅是提升产教融合成效、优化应用型大学课程实施的必要条件,也是推动桂林电子科技大学及我国高等教育高质量发展的关键所在。

**基金项目:** 桂林电子科技大学校级教育教学改革课程建设项目(校企合作课程专项)“半导体制造技术与工艺(含专业英语)”(编号:JGKQ202317);广西高等教育本科教学改革工程项目“依托省部级工程平台的创新创业人才培养模式研究”(编号:2024JGA190);广西高等教育本科教学改革工程项目“基于OBE理念的光电信息材料与器件专业多元融合、多主体协同育人的人才培养模式探索与实践”(编号:2024JGA199)。

**作者简介:** 缙润娜,女,博士研究生,担任桂林电子科技大学材料科学与工程学院专任教师,主要研究方向为光电信息材料与器件。

“项目教学法”这一概念,最初由美国教育学者威廉·赫伯特·基尔帕特里克(William Heard Kilpatrick)于1918年在其学术著作中正式提出,它倡导一种以学生为中心、教师扮演引导角色的教学模式。在此框架下,师生携手合作,共同投身于一个综合性的教学项目中,通过这一实践过程深化学习体验。项目教学法的精髓在于,它鼓励学生将课堂上学到的理论知识、专业技能与实际工程或社会问题紧密结合,使学生在项目执行的全周期中,不仅巩固并深化了对知识的理解,还熟练掌握了相关技能,实现了从理论到实践的跨越。实际上,学界已对产教融合人才培养成效问题进行了数十年的深入研究探索,也涌现出诸多采用项目式教学法的相关课程和案例,诸如在电子商务、分析化学、网页设计技术等课程中的应用<sup>[3-5]</sup>。然而,将校企协同育人课程和项目教学法结合起来用于《半导体制造技术与工艺》课程的教学实践研究的相关报道较少<sup>[6]</sup>。本文作者授课对象为桂林电子科技大学中南人才班的大四学生,专业涉及机电、通信、计算机、材料等各个专业,属于微电子技术专业设置课程,学生就业出口为集成电路和半导体制造产业。因此,作为校企协同育人体系中至关重要的课程,《半导体制造技术与工艺》以其高度的工艺实践性和丰富的实操性著称,同时融合了广泛而复杂的物理与化学基础知识,构成了该课程的独特挑战。在传统讲授模式下,这一课程面临几大教学难题:首先,学生往往难以在众多知识点中精准捕捉核心要点,导致学习方向感模糊;其次,课后回顾时,学生难以自行构建起完整的知识体系

与逻辑框架,影响知识的整合与内化;再者,理论与实践的脱节成为普遍现象,学生难以将课堂所学直接应用于实际问题解决,限制了其创新能力与动手能力的培养。因此,对于《半导体制造技术与工艺》的教学,亟需探索更加高效、互动的教学模式,如引入项目式学习、案例分析、实验室实操等多元化教学方法,以强化学生的实践操作能力,促进其对理论知识的深刻理解与灵活运用,从而有效解决传统讲授方式下的种种难题。

鉴于《半导体制造技术与工艺》在校企协同育人中的核心地位及其教学难点,本文旨在针对桂林电子科技大学中南人才班大四学生的特定背景,以OBE(成果导向教育)理念为引领,审视传统教学之利弊,融合项目教学法精髓,结合校企实际需求,创新构建该课程的教学模式。该模式将强化实践操作,促进理论与实际的深度融合,通过项目式学习、案例分析等多元化手段,提升学生系统整合知识、解决实际工程问题的能力,并配套建立科学的评价模型,以全面评估教学效果,助力学生更好地适应集成电路与半导体制造产业的就业需求。

### 一、传统教学模式的问题分析

《半导体制造技术与工艺》课程传统上依赖课堂讲授,辅以提问和答疑。学生需掌握晶圆制造、加热、光刻、等离子体、离子注入、刻蚀、化学气相沉积、金属化及化学机械研磨等工艺,并能解决该领域的复杂工程问题。《半导体制造技术与工艺》课程因其对学生就业的关键作用,教学要求严格。学生需融合数学、化学、物理等多学科知识,解决半导体制造中的复杂问题。课程组织与方法至关重要,要求学生能识别、表达复杂工程问题,并通过文献研究得出有效结论。这些高要求使得传统教学方式难以满足。为了达成《半导体制造技术与工艺》课程的教学目标,国内高校目前普遍采用教授法、问答法和讨论法等传统教学方法。教师们大多按照教材的章节顺序,利用PPT和板书等传统工具来传授知识。然而,这门课程因其包含大量复杂且相互交织的专业基础知识概念,对教学方法提出了更高的挑战。特别是在桂林电子科技大学(桂电),学生群体涵盖了电子工程与技术、艺术、机电、材料科学与工程等多个不同专业背景,这种多样性导致学生的知识基础和学习习惯存在明显的差异。在这样的背景下,传统的教学方式显得捉襟见肘,容易陷入单纯的知识灌输模式,致使学生只能通过死记硬背来应对考试,而无法真正理解和掌握知识的

内在联系,更难以构建出系统的专业知识体系。结合本门课程,传统教学方式面临以下主要问题:

#### (一)专业背景复杂,因材施教能力不足

学生专业背景和基础知识的差异影响《半导体制造技术与工艺》等课程的学习深度,尤其在材料科学基础环节。传统教师主导的教学模式难以评估每位学生的学习进度,难以实施差异化教学。这导致部分学生死记硬背,部分学生感到厌倦。为改善现状,需推动教学模式向以学生为中心转变,实施差异化教学,以提升教学质量和优化资源配置,为学生的全面发展奠定基础。

#### (二)工艺过程细节琐碎难理解

学生在学习《半导体制造技术与工艺》这门课程时,目标是深入理解并熟练掌握半导体制备领域的最前沿技术和工艺。尽管教学课件由企业提供,但半导体制造工艺极为复杂,工序繁多且每一道工序都包含众多需要精确掌握的关键技术,这些技术的细节既琐碎又至关重要。因此,如何有效地帮助学生掌握这些内容成为了一个亟待解决的问题。其中,最为关键的是找到一个能够将这些繁杂知识点串联起来的主线。创设情境或项目便是一个极为有效的方法。这种方法不仅与应用型本科院校强调的学以致用教学目标高度契合,还能极大地激发学生的学习兴趣,进而提升课堂教学的质量和水平。

#### (三)工程实例理解性不足

传统教学手段往往偏重理论知识的传授,而忽视了实践操作的重要性。然而,《半导体制造技术与工艺》这门课程旨在为集成电路制造领域培育具备高水平应用能力的人才,这就要求学生必须打下坚实的工艺基础知识,以便在未来实习期间能够迅速适应企业的实际生产环境。因此,在教学过程中融入工程实例显得尤为重要。项目式教学法在此情境下成为了一个极佳的解决方案,它不仅能够实现理论与实践的紧密结合,还能让学生更加直观地理解和掌握半导体制备工艺中的各个环节与流程。

### 二、项目教学法在《半导体制造技术与工艺》课程中的应用

“项目”具备以下几个核心特征:首先,它拥有一个清晰明确的目标,这一目标界定了项目期望达成的具体成效;其次,项目的实施需要调配资源,包括团队合作以及利用各种工具和材料;再者,项目往往伴随着预算的设定,以确保资源的合理分配;此外,项目还有明确的进度安排,从启动到完成有一个限定的时间框架;最

后，项目具有一次性特点，即其执行过程不可中断或重复，是独特且不可复制的任务。与通常意义上的项目相比，教学过程展现出其独有的特性。在教学过程中，可以根据具体的课程内容设计独立的小项目，学生的学习进程实质上就是逐步完成这些小项目的过程。在此框架下，项目教学法的具体实施流程如图1所示。

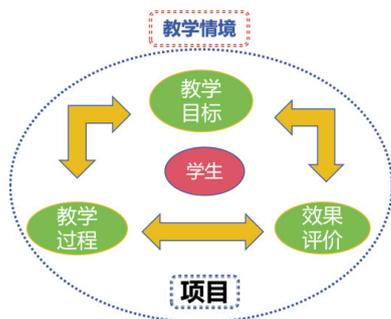


图1 项目教学法实施框图

教学过程独具的特点是“以学生为中心”，它着重关注学生的共同需求与个性差异。与此同时，在校企合作课程中，所提出的教学项目应以企业的实际需求为指引，紧密结合半导体制造工艺流程。通过课堂教学，旨在使学生不仅掌握半导体制造工艺的基础知识，还能深入理解每一道关键工艺背后的化学原理与方法，进而能够针对特定的工艺环节提出合理有效的工艺设计方案。为了达成这一目标，项目设计在教学过程中的作用尤为突出。首要任务是设计一个既具挑战性又可通过学生努力完成的随堂项目。该项目将作为贯穿整个教学过程的核心情境，引导学生积极参与，使整门课程的学习围绕着完成这一项目目标展开，确保学生学有所获。

### (一) 项目教学法的实施要点

项目之精髓在于清晰目标，它指明了预期成果。项目成功离不开资源保障，包括团队协作、工具物资的高效运用及预算规划。项目还需明确时间表，确保各阶段在限定时间内完成。项目的一次性、不可重复性是其独特之处。基于此，项目教学法通过“项目”组织教学，涵盖目标设定、流程实施及效果评价等核心环节。

教学目标聚焦于半导体芯片制造领域中的特定集成电路制造流程，需将任务目标细化并清晰界定，同时确保与学生充分沟通任务要求，最终发布详尽的项目任务书。此制造实例选取企业生产中最基础且应用最广泛的芯片制造案例，例如，在晶圆上制造一个简单的MOSFET，其中需详细阐述涉及的加热工艺、加热工艺的具体作用及其实施步骤等。

教学过程则着重于如何实现既定目标，需制定具体的实施计划。这一过程可通过融入多样化的教学方法来丰富，如构建生动的教学情境、促进课堂互动、实施分层教学以及组织小组合作汇报等，以此激发学生的学习兴趣，推动其主动探索与学习，从而实现知识的有效传授与能力的全面提升。

教学效果评价作为关键的反馈环节，构建合理的评价模式对于实施以学生为中心的项目式教学至关重要。可建立科学的过程评价体系，重视过程性评价（如作业、论文、课堂参与度等），并适当降低考试成绩的比重，以此激励学生更加积极地参与到项目式教学的全过程中，真正实现学以致用与理论与实践的深度融合。

### (二) 项目教学法实施的典型实例

半导体制造工艺涵盖了一系列复杂的流程，以典型的硅栅MOS管制造为例，其主要步骤包括：首先是晶圆的制造，这是整个工艺的基础；接着进行场氧制备，为后续的工艺步骤奠定基础；随后是掩膜（光刻）过程与栅氧化物的生长，这两步对器件的性能至关重要；紧接着是多晶硅的沉积，用以形成栅极；之后是源漏掩膜（光刻），为源区和漏区的形成做准备；接着是源/漏掺杂和再氧化步骤，用以实现器件的导电功能；最后是接触掩膜和金属化过程，完成器件与外部电路的连接，如图2所示详细展示了这些步骤。

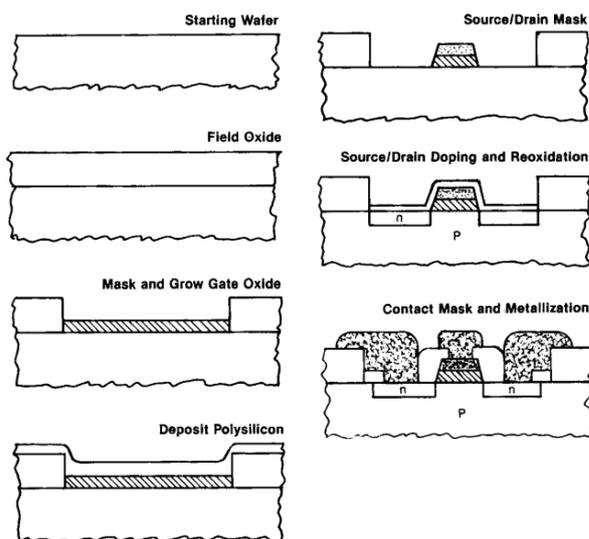


图2 硅栅MOS管制造过程

其中，光刻是半导体制造工艺中最为复杂、成本高昂且至关重要的一环，其成本占比通常超过总成本的三分之一。光刻技术主要分为两大类：光学光刻与非光学光刻。广义上的光刻技术，即利用某种方法将图案转移

到另一媒介上的过程，其历史可追溯至1796年，由Aloys Senefelder发现经过化学处理的石头能将图像转移到纸张上。至1961年，光刻技术已被应用于硅片上晶体管的制造，当时的制造精度达到了5微米。时至今日，X射线光刻、电子束光刻等先进技术已被纳入半导体制造领域，实现了最小精度可达10纳米（注意：原文中的“10微米”可能是一个笔误，因为现代半导体制造技术的精度远高于此，故在此更正为“10纳米”以符合当前技术水平）的制造能力。其中，光学投影式光刻是半导体生产中最为常用的光刻技术，其流程包括涂胶/前烘、曝光、显影、后烘等关键步骤。非光学光刻技术则涵盖了极深紫外光刻（EUV）、电子束光刻（E-beam Lithography）以及X射线光刻（X-ray Lithography）等。评价光刻技术的主要性能指标包括分辨率（即能够曝光出的最小特征尺寸）、对准精度（衡量套刻精度的标准）以及生产效率。以光刻工艺中的一个具体制造过程为例，其详细流程如图3所示，展示了光刻技术在半导体制造中的实际应用。

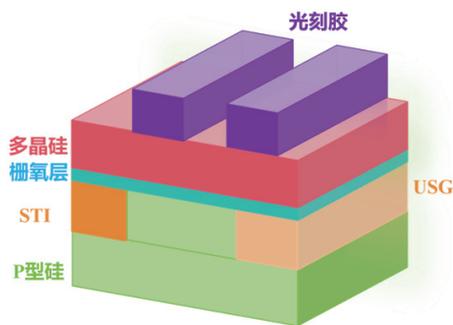


图3 简单的光刻工艺实例

通过这个实例，我们可以清晰地看到，在利用光刻技术制作出图3所示形状的过程中，需要遵循以下关键步骤：首先是晶圆的彻底清洗，以确保表面无杂质；随后进行前烘处理并涂覆底漆，以增强光刻胶的附着力；接着是光刻胶的均匀涂覆，这是形成图案的基础；之后是软烘步骤，旨在去除光刻胶中的溶剂并增强其粘性；紧接着是掩膜版的精确对准，这是保证图案转移精度的关键；随后进行对准和曝光，将掩膜版上的图案转移到光刻胶上；曝光后进行后烘处理，以稳定光刻胶的形态；

最后是曝光后显影，通过化学作用去除未曝光部分的光刻胶，从而显现出所需的图案。通过这样的项目设计，学生能够深入探索每一道工序背后的原理与技术细节，不仅加深了对光刻技术操作工艺的理解，还实现了项目对教学过程的有效促进和引领，使学习过程更加实践导向和高效。

### 小结

综上所述，针对传统教学模式中存在的种种不足，随堂实施的项目式教学法提供了一个有效的解决方案。这种方法通过构建真实具体的情境，引导学生深入项目之中进行思考，带着实际问题去学习，逐步掌握半导体制造的核心工艺要点。在坚持“以学生为中心”的教育理念，并顺应成果导向教育（OBE）原则的指导下，该模式展现出显著的成效。在未来的教学实践中，我们将继续深化这一模式的应用与探索，旨在为我国集成电路制造业培育更多高素质的技术人才，同时也为我国半导体行业的人才培养提供有益的参考和借鉴。

### 参考文献

- [1] 李璐, 杨婉霞等. 工程认证背景下高校课程教学质量提升策略研究[J], 辽宁科技学院学报, 2022.12, 24(6): 49-54.
- [2] 黄丹丹. 电子商务课程教学中项目教学法的实践与研究[J], 职业, 2023.8(640): 18-20.
- [3] 高慧颖, 李艳青等. “新工科”背景下基于项目驱动教学法的“分析化学”课程教学改革[J], 云南化工, 2023.7, 50(7): 172-175.
- [4] 田玉昆. 项目教学法在网页设计技术教学中的应用探析[J], 电脑知识与技术, 2023.8, 19(24): 140-142.
- [5] 王金婵, 孟庆端等. 半导体制造技术教学方法探讨, 科技创新导报, 2011(3): 138-140.
- [6] 吕品, 邱巍等. 《半导体制造技术之CMOS工艺集成》双语教学浅谈, 教育教学论坛, 2017.3(11): 213-214.