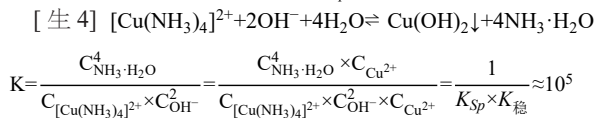
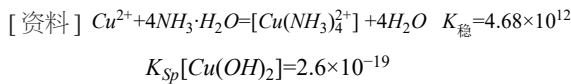


图4 探究铜的刻蚀实验的一些现象

【第三轮实验】由老师提出异常现象：用铜片在 H_2O_2 、氨水溶液中反应静置 20 分钟后表面附着淡蓝色沉淀，给予相关数据计算分析并引导学生基于反应原理进行改进。部分教学过程如下：

[师] 请大家思考并写出该过程的离子方程式，并结合数据说明蓝色沉淀生成的原因。



K 值接近 10^5 ，说明反应进行趋势大，易生成 $Cu(OH)_2$ 蓝色沉淀。

[师] 有沉淀附着会影响覆铜板的性能，如何针对这个情况进行改进呢？

[生5] $Cu(OH)_2$ 的氢氧根来自氨水的电离，加入 NH_4^+ 抑制氨水电离。

[师] 实际生产中加入 NH_4Cl 溶液进行调节。

4.2 研究硅的湿法刻蚀，完善实验思维模型

在深入探索硅的湿法刻蚀领域时，我们鼓励学生运用先前环节精心构建的实验思维模型作为导航灯塔，学生能够沿着模型对相对陌生的材料硅有条不紊地进行研究。此外查阅到芯片刻蚀液、刻蚀原理、刻蚀条件等资料，本环节教学中主要引导学生运用模型进行深刻分析并解决工艺问题。部分教学过程如下：

[师] 查询到其刻蚀机理示意图（图5）及速率方程，从动力学角度分析，体系中谁对硅的刻蚀速率影响最大？

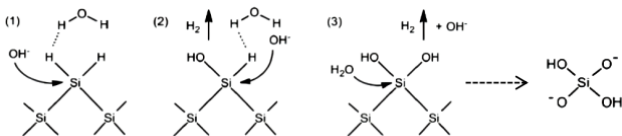


图5 Si 与 KOH 溶液反应机理示意图^[5]

[生6] 水分子影响最大，因为速率方程里它是四次方。

[师] 对于固液反应，反应物分子需经历“吸附 - 反应 - 脱附”。我们从机理中可以看到，水分子先吸附到硅的表面，OH 进攻 Si，从电性的角度分析这步过程。

[生6] Si 的电负性小于 H，Si 偏正电性，H 偏负电性，水中偏正电性的 H 与 Si 上偏负电性 H 互相吸引，然后形成 H_2 逸出，同理，溶液中 OH 进攻 Si。

[师] 刻蚀过程中，科学家们发现如果产生的 H_2 在硅表面停留太久，不仅让刻蚀面坑坑洼洼，还非常影响速率^[6]，让水和 OH 没办法吸附到活性位点，有什么办法能让氢气尽快脱附？

[生7] 可以搅拌把氢气带离体系。

[师] 工业上通过添加一种物质来带离氢气，你猜测该物质应具有什么特性？

[生7] 挥发性。

[师] 工业上选择添加异丙醇将生成的氢气脱附离开^[7]。

4.3 分析硅的定向刻蚀，建构实验思维模型

在深化硅湿法刻蚀研究的进程中，我们将依托先前构建的实验思维模型，集中探讨两大核心议题：“在单晶硅基底上实现精确图案化刻蚀的策略是什么？以及晶体硅何以展现出多样化的刻蚀表面形貌，其背后的机制是什么？”引导学生从能量状态和晶体结构两个核心维度，对硅材料的各向异性特征进行更为深刻的理解与重构，目标是帮助学生建立一个更加严谨、完善的实验思维模型，以应对更复杂问题的分析与解决。鉴于该部分知识的抽象性，课堂上提供“资料卡片”支撑并配合教师讲解，作为学生分析过程中的重要辅助工具。

5 设计实施“教学评”一体化设计

“教 - 学 - 评”一体化设计旨在将教学目标、教学活动与评价体系紧密结合，形成一个相互促进、共同发展的整体。结合本节实验的教学目标，以学生在实验设计中“明确目标”、“选择试剂”、“设计方案”、“优化评价”这四个环节为课堂重点观察环节，根据学生表现打 1~3 分。例如：设计方案时，学生直接套用教材方案，未体现变量控制或异常预判为 1 分，设计对比实验并控制主要变量，能预判部分现象但缺乏定量工具支持为 2 分，运用控制变量法设计多组实验，预判异常现象并制定检测方案，结合速率方程 / 平衡常数定量验证为 3 分。通过观察评价学生的能力水平，以评价促进学习、优化教学，从而实现教学质量的持续提升。

6 项目教学反思

本项目探索项目化化学实验教学，通过复杂情境设计激发学习热情与创造力，反思理想实验与工业应用融合的重要性，并强化实验思维训练，同时思考如何全面培养学生科学素养与责任感。

6.1 复杂情境进阶：项目化学激发创造热情

本项目化实验教学通过精心遴选具有挑战性的复杂情

境,并对其进行系统化、进阶化的提炼与设计,有效规避了传统实验教学的单一与枯燥,还促使他们在解决复杂问题的过程中不断挑战自我,从而极大地激发了学习热情与内在动力。同时,情境的进阶设计鼓励学生从基础技能向高级思维过渡,促进了创造性思维的萌发与成长^[8]。

6.2 项目式教学的双重价值:模型建构与工程思维培养

依托“铜→硅”这一递进式素材体系,推动学生思维从“单一反应解析”向“复杂工艺拆解”实现跨越式提升。在模型构建过程中,系统整合热力学、动力学及晶体结构等核心知识模块,形成立体化认知框架。项目化化学实验教学实践表明,实验价值的呈现具有多维特征,尤其需要重视理想实验与工业转化的协同设计对提升学生综合素养的关键作用,强化实验内容与实际生产需求的关联性,构建问题解决能力培育体系。

6.3 反应原理与绿色化学:项目化学教学双重视角

本项目在化学实验教学设计上,加强对实验思维深广度的训练,通过设计综合性强、逻辑严密的实验项目,有效促进了学生批判性思维、系统思维及创新思维的发展。因此,更应通过多课时围绕化学实验做层层递进的大单元设计,培养学生的社会责任感^[9]。

参考文献

- [1] 廖群英.高中化学实验教学现状及审思[J].中学化学教学参考,2024,(32):40-42.
- [2] 张勇刚.对“素养为本”化学实验教学的探索与思考[J].中学化学教学参考,2024,(20):34-37.
- [3] 冯存良.基于项目式学习的高中化学实验教学设计与实践[J].中学化学教学参考,2024,(12):38-41.
- [4] 陈懿,陈静.高中化学项目化学习设计的实践和探索[J].化学教学,2022,(01):27-32.
- [5] 杨弢,朱志江.高中化学实验教学的目标任务和方法路径[J].化学教学,2024,(01):33-36.
- [6] Seidel H,Csepregi L,Heuberger A, et al.Anisotropic Etching of Crystalline Silicon in Alkaline Solutions:I.Orientation Dependence and Behavior of Passivation Layers[J].Journal of The Electrochemical Society,2019,137(11):3612-3612.
- [7] 姚明秋,唐彬,苏伟.单晶硅各向异性湿法刻蚀的形貌控制[J].光学精密工程,2016,24(02):350-357.
- [8] 张凯,顾豪爽,胡光,等.MEMS中硅的深度湿法刻蚀研究[J].湖北大学学报(自然科学版),2007,(03):255-257.
- [9] 张丽华.学科核心素养视阈下的实验课教学策略[J].中学化学教学参考,2024,(15):43-45.

Exploration and Practice of the Internship Model for the “AI+ Industry” Intelligent Science and Technology Major

Xiaofei Xu Shuangshuang Wu Hang Ma

Beijing Information Science & Technology University, Beijing, 100192, China

Abstract

In the face of the rapid development of the artificial intelligence industry, there is a significant disconnection between the current talent cultivation of intelligent science and technology and the practical demands of the industry. This paper analyzes the shortcomings of the existing internship models and, in combination with the integrated development trend of “AI+ industry”, constructs an internship teaching model of “hierarchical progression - multi-party collaboration”. This model adopts a three-stage progressive training path of “cognitive internship - on-the-job internship - full-time internship”, integrates a five-dimensional integration mechanism of “position, course, competition, certificate and research”, and jointly builds a practical platform with leading enterprises in the industry, thus forming an internship system characterized by project-driven and industrial empowerment. The practical results show that this model significantly enhances students’ engineering practice ability, innovation ability and employment competitiveness, providing a referenceable solution for the construction of the internship system of the intelligent science and technology major in similar institutions.

Keywords

AI+ Industry Intelligent Science and Technology Internship mode Hierarchical progression; Integration of industry and education

“AI+ 产业” 智能科学与技术专业实习模式探索与实践

许晓飞 吴双双 马航

北京信息科技大学自动化学院, 中国·北京 102206

摘要

面对人工智能产业的迅猛发展,当前智能科学与技术专业人才培养与产业实践需求之间存在显著脱节。本文通过分析现有实习模式的不足,结合“AI+产业”融合发展趋势,构建了“分层递进-多元协同”的实习教学模式。该模式通过“认知实习-跟岗实习-顶岗实习”三阶段递进培养路径,融入“岗课赛证研”五维融通机制,与行业领军企业共建实践平台,形成了以项目驱动、产业赋能为特色的实习体系。实践结果表明,该模式显著提升了学生的工程实践能力、创新能力和就业竞争力,为同类院校的智能科学与技术专业实习体系建设提供了可借鉴的方案。

关键词

AI+产业; 智能科学与技术; 实习模式; 分层递进; 产教融合

1 引言

随着人工智能技术持续革新与广泛应用,全球正迎来“AI+”产业化浪潮。智能科学与技术专业作为培养人工智能领域人才的核心专业,其实践教学环节尤其是专业实习,已成为连接理论教学与产业应用的关键纽带。然而,我国高校

智能科学与技术专业的实习体系仍存在诸多问题:实习内容与产业发展需求脱节、企业参与度不高、实习过程管理松散、评价机制不完善等,导致人才培养质量无法充分满足产业需求。相关研究表明,传统按专业人才培养的模式已难以适应AI产业对人才岗位能力的精细化要求。

在“新工科”建设与产教融合战略驱动下,智能科学与技术专业实习模式改革势在必行。本文在此基础上,深入探讨“AI+产业”背景下智能科学与技术专业实习模式的创新路径,结合多所高校实践经验进行了深入研究,提出一套系统化、可操作的“AI+产业”实习方案,提出保障机制和具体解决措施。

2 “AI+ 产业” 背景下实习模式改革必要性

人工智能产业具有技术迭代快、应用场景多元、跨界

【基金项目】北京信息科技大学教改项目(2026JGAI10),北京市高等教育学会课题(MS2025161),北京市大学生科技创新项目(2026年),教育部产学合作协同育人项目(241004232164350),许晓飞主持横向项目(S2526011)。

【作者简介】许晓飞(1980-),女,中国江西湖口人,博士,高级实验师,副高六级,从事智能科学与技术研究。