

Research on the Integration Path of Ideological and Political Education in Semiconductor Memory Teaching from the Perspective of 3D NAND Technology Game

Pengying Chang^{1,2} Lei Bao^{1,2} Yiyang Xie^{1,2}

1. School of Information Science and Technology, Beijing University of Technology, Beijing, 100124, China
2. Key Laboratory of Optoelectronic Technology, Ministry of Education, Beijing, 100124, China

Abstract

This paper starts from the teaching content of the semiconductor memory chapter in digital electronic technology, and combines the actual cases of Micron Technology's 3D NAND technology blockade and Yangtze Memory Technologies' technological breakthrough and independent innovation to attempt an exploration on integrating professional knowledge of technical personnel with curriculum ideological and political content centered on independent innovation. By deconstructing the innovative technological game logic, it combines the explanation of core knowledge points such as the working principle of memory cells and memory classification with the cultivation of patriotism and innovative spirit, guiding students to understand the development of national science and technology. It infiltrates industrial mission in the explanation of course knowledge and strengthens the guidance of national scientific and technological values in course assessment. This teaching reform has deepened students' understanding and mastery of the knowledge system, and gradually integrated the ideology of independent innovation into classroom teaching. In practical teaching, with the goal of cultivating Chinese sci-tech innovative talents through the trinity of professional technical explanation in courses, cultivation of personal practical abilities, and establishment of correct national sci-tech values, it explores the integration path of professional knowledge and curriculum ideological and political education in semiconductor memory teaching, opening up a new path for the progressive development of electronic information courses.

Keywords

semiconductor memory; integration of curriculum ideological and political education; technological game cases; cultivation of independent innovation; teaching reform path

3D NAND 技术博弈视角下半导体存储器教学的思政融合路径研究

常鹏鹰^{1,2} 包蕾^{1,2} 解意洋^{1,2}

1. 北京工业大学信息科学技术学院, 中国·北京 100124
2. 光电子技术教育部重点实验室, 中国·北京 100124

摘要

本文从数字电子技术中半导体存储器章节教学内容出发, 结合美光科技3D NAND技术的封锁与长江存储的技术突围和自主创新为实际案例, 尝试进行专业技术人员专业知识与自主创新的课程思政内容融入探索, 通过解构创新的技术博弈逻辑, 将存储单元的工作原理和存储器分类等核心知识点的讲解与家国情怀、创新精神培育进行结合, 引导学生了解国家科技发展, 在课程知识讲解中渗透产业使命, 在课程考评考查中加强国家科技价值引领。本次教学改革加深了学生对知识体系的理解与把握, 将自主创新思想逐渐融入课堂教学。在实际教学中, 以课程专业技术讲解、个人实践能力培养、正确国家科技价值观建立的三位一体的中国科技创新型人才的培养为目标, 探索在半导体存储器教学中的专业知识与课程思政融合路径, 为电子信息类课程与时俱进地发展开辟新路径。

关键词

半导体存储器; 课程思政融合; 技术博弈案例; 自主创新培育; 教学改革路径

1 引言

在数字电子技术基础的教学中, 半导体存储器技术的

知识是其中十分重要的一环。它不仅是技术知识的延伸, 更是理论与实际之间联系的纽带。半导体存储器的教学承接了组合逻辑电路与时序逻辑电路的理论, 并与数据中心、新型电子设备等电子应用密切相关。从存储单元到寄存器, 再由寄存器到存储器, 学生可以由点到面地理解复杂系统的构建逻辑, 掌握半导体存储器技术的实际应用方式。

【作者简介】常鹏鹰(1989-), 女, 中国山西定襄人, 博士, 从事微纳半导体器件与电路研究。

除此之外,教学的价值不应该仅限于技术层面的知识讲解,还要将课堂上教授的知识内容与当今国际上的半导体存储器相关发展相结合。在国际上,美光科技对3D NAND的技术封锁,为此,一些民族企业为打破国外技术壁垒,进行了相关技术的突破,具有代表性的长江存储自主研发了Xtacking®架构在一定程度上突破了国外的技术封锁,这些生动的例子在对学生进行技术教学的同时,又能够让学生对技术封锁和现实中的技术博弈拥有一定的认知^[1]。将类似的这些案例融入课堂之中,能够使学生对存储器技术的核心原理有更加深入的理解,也能够引发他们对自主科技技术的思考,以及自主创新在国家科技发展中的战略意义。

2 教学内容与思政元素的融合

2.1 知识体系的层级解构

作为数字电子技术的内容,半导体存储器教学应该从一个完整的知识结构基础上开始。静态单元和动态单元是构成存储器的最简单存储单元,一个依靠触发器来维持数据的状态,一个通过电容的充电和放电并且需要定期刷新才能够保持信息不被丢失。SRAM速度快,用于CPU缓存;DRAM便宜,容量大,用于构造主存。二者是配合使用的,它们的运行机理的差别能帮助学生从底层理解在SRAM和DRAM实际使用上的分工。然后由存储单元到寄存器,到成行成列的存储阵列,这样的知识结构能让学生层层递进掌握存储体系的结构。

以ROM为例,从掩膜ROM、一次性ROM到可擦写的EPROM与EEPROM,是存储器不断追求灵活、可编程性的体现;而随着存储器、存储容量的要求日益提高,原先的ROM以及早期的电可擦写的缺点逐渐显露,如EEPROM,虽然能够电擦写,但是EEPROM结构复杂,无法高集成化,写入速度不能满足大容量要求等。

NAND Flash技术应时代而生。NAND Flash技术简化了单元结构、优化了阵列结构,实现在电擦写的前提下,存储密度、读写性能都得到大幅提升,逐渐成为大规模非易失性存储的主流技术。3D NAND技术正是在这样的大环境下应运而生,其通过垂直堆叠存储单元,突破单位面积的二维平面布局,有效提高了单位面积的存储空间。这一技术发展,顺应了人们对高密度存储空间的需求,更体现了科技工作者在元器件结构、工艺结构等积累下的创新性变革,尤其是在当前关键核心技术“卡脖子”的大背景下,更要强调创新、自力更生。

2.2 思政内涵的自然渗透

在介绍动态存储单元时,可把“刷新”机制比喻成技术更新,如同电容的电量会随时间自然衰减,科技成果也需要不断革新才不会过时,所谓“物竞天择”就是在此观念下所诞生的。如美光科技得益于前期3D NAND的技术沉淀领先一步,长江存储凭借Xtacking®架构的革新破局,甚至后

来居上,也充分验证了产业竞争时代下唯创新者才能先拔头筹的道理。

在讲授RAM和ROM功能定位时,还可以给学生提供联想参照点的,就是科研工作的两种工作状态:RAM软件,如科研人员在没有确定的环境下可以灵活变动思路;ROM则稳定持久,如基础研究中的积淀、深挖。两者在计算系统中的组合,就是科研工作中的“开拓创新”与“保守创新”。

当看到长江存储在“黑匣子”中、在技术封锁下、由几千项自主专利托起的长江全技术架构的时候,更让学生体会到芯片里装的不仅仅是电路逻辑,更是科技人的那份“自主可控”的执着。芯片里装的不仅仅是0和1,更有时代对技术自立的深切呼唤。

3 技术博弈案例的教学解构

3.1 技术封锁与自主突破:3D NAND领域的产业竞争态势

美光科技3D NAND技术领域的这种技术封锁是当前国际科技竞争大背景下的隐性技术封锁,美国美光公司通过专利布局在关键节点上筑起高墙,将初创企业拒之门外。2021年,美国美光公司以知识产权诉讼为由,多次针对中国企业试图通过司法手段扼杀中国企业。美国美光公司还在积极地说游说政策当局通过出口管制等途径,在设备、芯片材料、EDA软件等核心设备方面对中国的芯片产业链进行联合遏制,这种既是市场竞争者,又是规则制定者的矛盾角色让以长江存储为代表的中国企业一诞生就面临重重阻碍,甚至连最为常用的设计软件都很难购得。

然而,残酷的现实没有打倒中国研发团队,反而更加激起他们打碎铁链、自主创新的动力。位于武汉光谷的长江存储的研发团队没有屈服于外界的压力,而是选择以更加强悍的姿态,在自己的实验室里开展技术研发。在其实验室里,一方面总结前人方案,另一方面根据自身条件主动寻求差异化发展路线,于是在技术和战略考量之下,Xtacking®架构应运而生。通过存储粒子和外围电路分别制程、异步整合,极大地缩短了传输通道,最快速度达到2400MT/s,突破了现有方案的速度限制。更重要的是中国科研团队主导研发的架构率先在业内世界发声,让世界看到“中国方案”在高端存储行业同样可以。Xtacking®的问世,不仅是技术参数的提升,更是中国本土企业技术原创、路径自主的进步,打破了外界对“中国只能跟随”的僵化思维,使得更多的企业能够在不确定技术环境中坚定技术探索之路、走出自己的路。

3.2 技术原理层面的创新机制解析

Xtacking®技术的提出与落地,并非偶然。传统的3D NAND架构将存储单元与外围电路集中在同一块晶圆上,如同试图在同一块土地上同时搞农业和工业,空间利用与性能优化都受到限制。而Xtacking®的做法是,将两种功能分

离至不同晶圆，再通过纳米级精度的对接工艺进行键合^[2]。这样一来，既保留了各自电路结构的最优设计，又打通了系统集成的瓶颈。这种“分而治之”的思路，在闫石编著的《数字电子技术基础》中也有理论基础——教材中早有“存储矩阵与控制电路分开设计”的原则。不同的是，Xtacking®实现了从课本中的原理，到大规模量产中可行工程路径的真正跨越。

更可贵的是，这个技术的研发过程。在经历了数千遍的键合实验之后，克服了晶圆翘曲、对位偏差等等的技术障碍，实现高良率对接成功。这些原本是加工细节的内容，也是对“可靠性设计”的极致追求，与教材中电路稳定性的要求可谓异曲同工。当学生的实验课看到接近长江存储芯片中真实结果的稳定的波形曲线在示波器中呈现的那一刻，书本上的一张张图像已经从抽象符号变为他们能够触摸到和感知到的真实的技术。或许，这就是最好的“落地”工程教育的时刻。

4 教学实践中的协同育人路径

4.1 理论教学环节：半导体技术案例的价值引领路径

在讲到“存储器容量扩展”这一环节时，可以考虑增加一个关于“技术路线选择”的课堂辩论赛，以美光代表的“堆叠层数不断增加”和长江存储代表的“架构创新路径”两个方案作为正反面，就“跟随式发展”还是“颠覆式突破”哪个更符合我国的当前技术发展进行辩论。学生通过自己查资料会发现，同样是堆叠层数一样，长江存储在 Xtacking®基础上存储密度提升 30% 左右，这样的数据冲击力会让学生体会到：真正的“创新”不仅是优化，更是对固有思维模式的一种打破和重建。

在介绍快闪存储器（Flash）这一知识块展开时，还可以增加长江存储产品进入苹果供应链的鲜活案例，来探讨“谁来设定标准”的问题。通过这样的产业视域的补充，学生从另一个角度看到了技术实力背后的话语权和主动权，与“科技自立自强”的国家战略形成呼应，也把“学这门课的意义是什么”这个问题从抽象的口号中解放出来，能够在具体的技术和现实中找到答案，教学重点就从“学生如何学”拓宽到“让学生为何而学”。

4.2 实验教学环节：基于半导体器件实践的创新思维培育路径

在“存储系统设计”实验课中，可以设计一个“封锁与突围”的实验：首先，给学生限定一个“受限的器件清单”内进行电路设计，以此模拟技术受限的现实情境；在第二阶段，放开限制，任由学生自主选型，体验一个从受限到自主

的过程。通过这样设计的实验，能使学生在实验实践中体察资源受控时的窘迫，以及自主选型带来的设计自由度提升^[3]。而回望长江存储从最初国际专利受限的艰难，再到后来的专利遍布全球、自主专利等，他们就能更真切地体会到，无论是实验课中，还是产业中任何的技术路线，本质上都是在突围限制，解决问题。

5 教学成效的印证

真实案例的引入，让原本抽象的电路知识变得有温度、有故事。有学生在课后提到：“现在看到手机的存储容量，脑中就会浮现长江存储的晶圆键合，原来背后还有这么多技术细节。”这类反馈正体现了学生从死记硬背到主动理解、从知识接受到现实联想的转变。教学的价值，也正是在于让知识在生活中“活起来”。

6 结论与展望

在未来的教学过程中，数字电子技术课程的内容将不再局限于由原理到公式，再由公式到习题测试这一传统路径，而是将国际产业壁垒和国内民族产业的蓬勃发展相对比，并将其与国家科技创新战略需求有机结合，完成从扎实理论知识的教学到核心技术能力的培养，再到深层价值引导的深化过程。在美光科技 3D NAND 领域的技术封锁压力之下，长江存储近年来取得的突破性成果印证了真正的科创并不是空穴来风，而是在理解并掌握核心技术原理并精准识别产业难点的基础上进而实现的。

展望后续的教学生涯，在数字电子技术课程的教学中可以进一步丰富案例的素材，例如将长鑫存储在 DRAM 领域的进展与国外技术的封锁和博弈纳入课堂教学的内容，使教学更加贴近当前科学技术的发展。除此之外，建设“存储技术发展史”相关的虚拟仿真模块，引导学生通过互动操作更直观地理解存储技术的演变历史以及其中包含的科技创新观念。通过使用这些新颖的教学方法，帮助学生在专业学习的同时，更深刻地体会到芯片技术背后的国家意志、更清晰的认识在中国新时代背景下肩负着自主创新的时代使命，使“为什么而学”这一时代之问，在实践中找到输入每一位学生自己的答案。

参考文献

- [1] 阎石. 数字电子技术基础（第六版）[M]. 北京：高等教育出版社，2016：189-235.
- [2] 中国半导体行业协会. 中国存储芯片产业发展白皮书（2023）[R]. 北京：电子工业出版社，2023.
- [3] 长江存储技术有限公司. Xtacking®架构技术白皮书[Z]. 武汉：长江存储，2021.