

# “中美贸易摩擦”背景下微电子专业 “半导体物理学”的教学改革初探

程立文

(扬州大学物理科学与技术学院 江苏 扬州 225002)

(收稿日期:2021-04-19)

**摘要:**中美贸易摩擦对我国半导体行业和芯片的制裁,使得半导体行业中集成电路产业中的“软肋”凸显出来.在当前形势下,应当加强我国半导体行业和芯片的发展,培养专业人才,“半导体物理学”作为微电子专业的核心课程,是集成电路和芯片技术的基础.在当前新形势和疫情防控背景下,进一步提高该课程的教学质量势在必行,笔者结合自身教学,对课程内容、“线上+线下”混合教学模式、信息化资源的引入等问题进行了一些探索,期待为新时代高校课程建设提供新思路.

**关键词:**中美贸易摩擦 芯片 半导体物理 疫情 “线上+线下”混合教学模式

## 1 引言

以智能制造为主的第四次工业革命推动了半导体行业的迅速发展,万物互联,新兴技术也在不断发展.半导体行业中,芯片被称为国家的“工业粮食”.我国科技创新技术正在不断发展,科研生产水平日益提高,集成电路产业也成为我国重点战略新兴产业.为限制我国半导体行业技术的发展,以美国为首的欧美国家对我国进行了贸易制裁.通过对以华为、中兴为代表的中方企业采取设备禁售,人才、技术、市场封锁等手段来制约中国半导体行业的发展.由于我国芯片技术相对国外还存在一定的差距,贸易争端事件之后导致我国集成电路产业发展延缓,遭遇“掐脖子”技术难题.此次摩擦使我国意识到自主掌握芯片核心技术的重要性,也同时进一步坚定了通过创新驱动自主研发芯片的决心和目标.只有建立芯片完整的产业链,各环节的自主可控,芯片实现国产化才能摆脱“卡脖子”的局面,因此对芯片产业的研究具有重大的战略意义.为了争夺半导体行业的主动权,需要培养大量本土的集成电路专业人才,这就需要高校更加注重对于微电子专业的培养,微电子专业培养的人才需要具有理论结合实际的能力,

既要学好理论知识,同时也要掌握实际操作中工程应用能力,从而推动我国尽快攻克芯片技术难关,避免外国在人才资源上限制我国半导体行业发展.

半导体物理学作为微电子专业的基础核心课程之一,是掌握集成电路知识的基础课程,主要对半导体中的物理现象进行系统介绍,详细解释半导体器件原理<sup>[1]</sup>.该课程物理概念抽象,对“高等数学”“量子力学”“固体物理”等数理基础知识要求较高,课程有一定难度,使得课堂效果难以得到保证;另一方面受当前新冠疫情的影响,为了规避线下授课给抗疫带来的风险,线上教学被普遍认可和采用,在取得一定教学效果的同时,也存在一些不足<sup>[2]</sup>.如线上教学缺乏线下教学面对面的优势,可能导致学生与教师互动性不够等.虽然目前疫情已经得到控制,线下教学重新恢复,但由于线上教学的独有特定,在空间和时间上相对于线下教学要求较少,线上教学已经成为线下教学的一种有效补充,逐渐被师生所接受.

针对目前这种现象,同时结合自身教学经验,提出对半导体物理学教学改革思考与建议,尤其注重新冠疫情后期对半导体物理学“线上+线下”混合教学模式的探讨<sup>[3]</sup>.

## 2 半导体物理教学内容的改革

### 2.1 半导体物理学课程的改革

扬州大学微电子专业“半导体物理学”课程选用的教材是《半导体物理学》<sup>[4]</sup>,该书是由电子工业出版社出版,刘恩科等人编写.教材的知识结构完善,理论推导严谨有序,学科交叉性大,学习这门课程之前,需要学生们有高等数学“量子力学”“固体物理”等数理基础知识.学生如果没有这些前导知识的积累,就会出现“学生听课难,老师授课难”的现象,导致学生学习积极性不高,还会加深对工科生“重实践轻理论”的错误观念.据统计拥有微电子专业的大部分院校中半导体物理学的前置基础课程并不齐全,许多学校已经取消了量子力学、统计物理等课程.

因此在教学之前,教师需要清楚自己学院微电子专业开设的所有课程是否齐全,充分了解学生的基础知识,合理增减教学内容,教学内容主要集中于前9章内容.教学内容主要集中于半导体的基础知识教学,如电子、载流子、非平衡载流子、PN结的原理及特性,在教学过程中尽量避免复杂难懂的推理过程,在此基础上结合学生学习情况选择教学.

例如教学中第一章“半导体”中前四小节视学生是否学习过固体物理学中的能带论来安排,如果没有这些基础可以拿出半节课单独补充能带论的知识或者其他前置知识,平时讲述新知识时可以多穿插固体物理、量子力学的理论,公式推导一步步向学

生展示.涉及复杂的玻尔兹曼函数推导等这类公式,对于微电子专业的学生可以提及但不用细讲,教学重点放在掌握实际应用能力的培养上,不必过深地研究复杂机理,适当删减这类详细的教学内容将课时时间用在侧重点上.

第九章之后剩下4章的内容是研究光学性质和发光现象、非晶态半导体等,一般不作要求.但我国芯片核心技术的研发需要一个长期的周期发展,芯片研制的各环节困难众多.其中就芯片的功率而言,随着性能的不不断提升,功率也随之提高,这就意味着需要更高性能的散热和冷却,如何做出一种微小、高效且散热性能优异的芯片结构才是现在芯片封装技术人员所面临的难题,而微电子器件的封装应用研究进展较为缓慢,通过对半导体热电性质的研究,能促进培养本土集成电路芯片封装的人才,应当把第十一章“半导体热电性质”的内容作为半导体物理学的必修章节.

### 2.2 半导体物理实验的改革

半导体物理学的实验课程基于由浅入深的原则,将书上的实验分为两部分:基础实验和创新实验,半导体物理实验总计32课时.

#### 2.2.1 基础实验

主要是以半导体基础结构来展开实验,包括其晶体结构、电子结构、光学特性以及载流子的输运特性和MOS结构的实验来巩固学生理论知识.基础实验项目总计24课时,具体安排如表1所示.

表1 基础实验项目安排

实验名称		实验目标	课时
基础 实验	1. 硅单晶中晶体缺陷的腐蚀显示	掌握晶体缺陷的形成原因及特征,学会使用金相显微镜观察缺陷	4 课时
	2. 霍尔效应实验	掌握霍尔效应实验	4 课时
	3. 硅单晶少子寿命	了解少子概念,掌握光电导法	4 课时
	4. PN结正向特性的研究和应用	掌握PN结的工作原理	4 课时
	5. PN结势垒特性及杂质分析	掌握PN结概念	4 课时
	6. MOS的高频C-V测试	理解MOS结构特征,掌握测量C-V曲线的试验方法	4 课时

通过这6个基础实验,学生能够在基础理论知识上结合实验,从单一的书本知识到动手实验,具备

了一定的研究基础.因此,在基础实验上增添创新实验.

### 2.2.2 创新实验

结合理论知识以及基础实验的学习,学生们分成各小组按照自己的研究兴趣展开调研、实验、写小论文的方式完成,总共8课时.这种创新实验目的在于激发学生的科研兴趣,鼓励学生积极调研文献,参与讨论.这样有助于今后在从事相关行业时能够得心应手.

## 3 线上线下混合教育模式 教学形象化

因为新冠肺炎疫情防控的原因,各地高校开学推迟甚至取消开学,教育部部署停课不停学措施,为了响应号召,一种不同于传统的教学形式,“线上教学”应运而生.线上教学虽然帮助我们规避了线下接触带来的风险,但这种新的教学方式也渐渐展露出弊端.

### 3.1 对比线上教学和线下教学

根据线上教学一年多的活动总结,线上教学的优势能解决线下教学时场地和生源流动问题,不用在乎时间和空间的约束.线上教学同时也存在一些缺点,线上教学过程中教师无法及时监督学生学习状态,导致课堂效果不佳.而传统的教学模式(线下)的优势就是能有效地监督学生的学习情况,学生们的反应也能及时地反馈给教师进行互动,其缺点就是课堂时间有限、讲述内容多、学生们很难消化完.

综合以上优缺点来说,对于半导体物理学这门物理概念抽象、涉及复杂物理模型、内容深奥、知识点繁多的课程,我们可以采用“线上+线下”混合教育的模式,利用这两者的互补性,合理地安排时间和空间资源.教师将教学内容细分,然后再整合到不同的教学模式里,各取所需.这样既能帮助学生有计划地学习这门课程,也能便于教师的教学工作.

### 3.2 “线上+线下”的具体创新措施

在教学过程之前,以在线开放课程为辅<sup>[5]</sup>.通过学校的教育平台或者网络学习的平台让学生有一个预学习阶段,然后完成每章节的线上单元检测,最后要求学生能自主构建每章节的知识点,这样能够做到以学生为中心,提升学生的学习自主性<sup>[6]</sup>.线上教学过程中应当防止学生不自律的情况发生,例如学生刷视频这类现象,学校可以采取在观看视频过程中提问、视频无法快进的方法来改善,将视频中的问

题得分算入期末考核成绩,用来考查学生是否认真观看教学视频.线上的课程不需要解释书中深奥难懂的知识点,其内容要求能简单形象地让同学们理解书中的复杂物理模型,形式不限(动态示意图、视频等),使学生直观感受器件的工作过程,然后自己总结此过程涉及的原理.还可以搭建微信公众号平台,用作补充微电子行业的实时前沿信息,半导体物理学的知识也就可以得到不断更新,这样不仅解决了书本上内容滞后的问题,而且也为设计创新实验提供新途径和新思路,充分调动了学生们的热情.

然后再结合线下教学,利用PPT或者科研工具等方法协助教师讲述理论知识.半导体物理学绝大多数讲述的是一个微观世界的物理现象,学生无法理解,课堂气氛枯燥.教师可以将物理现象用宏观事物比喻分析,从而提升课堂的活跃气氛;然后结合半导体物理实验来验证和实践原理,巩固对知识点的理解.另外,教师可以将微电子专业近些年发生的热点事件分成若干专题给每一位学生,让学生负责查询资料和调研,利用小部分课堂时间让同学分别讲述自己的专题,提出疑问,老师协同解答,大家共享信息.这样不仅能够活跃气氛,还能让每个人积极参与其中,彼此交流汇报内容,在学生的潜意识里加深对半导体物理学的认识.

工科生的线下教学既要重视理论也要重视实践,但大学里的实验室和设备很难满足微电子工艺的要求,能拥有芯片生产线的学校更是凤毛麟角,学生就算有想法也没有平台去实现.因此,高校的微电子专业需要和当地的半导体企业多交流合作,建立校企合作关系.一来学生能借用企业的技术资源,可以实地去企业车间里学习和操作,提升他们的实操技能;二来企业联合学校培养学生能大大缩减学生与企业之间的磨合期,同时合适的人才也能为企业贡献自己的力量.

理论结合实践的过程当中,还可组织学术讲座以及学术交流活动,线上线下的形式不限,彼此探讨研究领域的新发展,促进高校之间的交流;还可以邀请名校教授或者企业技术人员做技术报告、专题讲座,使学生能及时把握微电子领域的技术发展,在学好基础理论知识的同时把握行业最新动向,今后从

# 非惯性系中大摆角单摆周期的积分形式及数值分析

赵清锋

(武汉市卓刀泉中学建和分校 湖北 武汉 430065)

(收稿日期:2021-03-24)

**摘要:**以悬点可在水平方向无阻尼运动单摆模型为例进行分析.首先对单摆的运动轨迹进行计算,得到摆球运动轨迹为椭圆,结合系统水平方向动量守恒和机械能守恒定律计算摆球在任意位置的速度,并结合轨迹和速度求出单摆运动周期的积分形式;然后分析其周期与摆线初始角度的关系,并与相关文献计算的小角度摆动周期进行比较分析.

**关键词:**非惯性系 单摆 振动周期 数值分析

单摆问题是基础物理中的重要模型,在物理学中有广泛的应用,对于单摆的研究非常多,而其中的研究多限于固定悬挂点单摆做圆周运动的周期,包括大摆角周期公式、有无空气阻尼的影响、不同摆次单摆的周期、解析解等<sup>[1~6]</sup>.对于非惯性系单摆运动

事相关行业更加得心应手<sup>[7]</sup>.

“半导体物理学”课程的“线上+线下”混合教学模式,将理论、实践、行业的前沿信息综合一起,三者结合能够提高微电子专业人员的综合素养<sup>[8]</sup>.

## 4 结束语

“半导体物理学”作为微电子专业的核心课程之一,其专业性强,需要很多前置课程来铺垫,同时由于知识理解难度大、交叉学科多等特征,学生学习起来较为吃力.本文结合中美贸易摩擦局势和国内新冠疫情的情况,提出了对半导体物理学合理增减教学内容的改革措施,制定具有微电子专业针对性的教学计划;引入“线上+线下”混合的教学模式,多元化线上教学手段能极大地提升教学效率和培养兴趣,线下的教学既要重视理论基础也要重视实践,搭建校企合作平台为学生锻炼实践能力,不仅能够让学生了解到最新的行业前沿信息,联系产业实际应用,还能使学生深刻理解课上的知识点.这门课程中认真学习并通过考核的学生,一定会对学习半导体物理的基本原理和方法有清晰的认识,后续学习微电

问题在近几年中学生物理竞赛中出现的次数较多,相关文献也对此有研究,文献<sup>[7]</sup>用不同方法计算了无固定悬挂点单摆周期,文献<sup>[8,9]</sup>利用机械能守恒分析了匀加速直线运动系统和定轴转动非惯性系统单摆周期,但都只分析了小角度振动周期,对于

子工艺、激光原理、封装技术等课程将很容易上手.

由于自身的教学水平和经验限制,对于本课程的建议可能不太成熟,在今后的教学工作中,将会对上述措施逐步完善和改进,促进“半导体物理学”课程的教学效果不断提高.

## 参考文献

- 1 王印月,赵猛.改革半导体课程教学融入研究性学习思想[J].高等理科教育,2003(1):69~71
- 2 杜佳,禹文东.特殊背景下的高校线上教学探索[J].产业与科技论坛,2020,19(22):198~199
- 3 陈志刚,姜伟,杨娜,等.“线上+线下”混合式教学模式的探讨[J].中外企业家,2020(13):195
- 4 刘恩科,朱秉升,罗晋生.半导体物理学(第7版)[M].北京:电子工业出版社,2011
- 5 张俊举,张益军,高建坡,等.“半导体物理”课程教学改革[J].电气电子教学学报,2018,40(3):37~39
- 6 吕淑媛,刘崇琪,李晓莉,等.以学生为中心,提升课程质量的教学改革初探——以《半导体物理与器件》课程为例[J].高教学刊,2020(21):143~146
- 7 周沁涵.浅谈微电子技术的应用与发展[J].科技风,2019(1):89
- 8 王阳元.21世纪的硅微电子学[J].中国科技奖励,2000(3):6~11