

“半导体工艺原理”教学方法的改革

王彩琳

(西安理工大学 电子工程系, 陕西 西安 710048)

摘要: 笔者从“半导体工艺原理”课程的教学内容、教学方法和实践能力培养等方面探索了应用型人才的培养模式, 提出了以教学内容的整合为中心, 以教师引导式多媒体教学与学生自主式学习相结合, 并辅以必要的工艺模拟与实验、综合课程设计、生产实习等实践环节为特色的教学方法。

关键词: 应用型人才培养; 半导体工艺; 教学方法

中图分类号: G424.1

文献标识码: A

文章编号: 1008-0686(2011)01-0108-03

Reform and Practice on Teaching Method of Semiconductor Process Principle

WANG Cai-lin

(Department of Electronic Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China)

Abstract: The author explores the application oriented personnel training mode from teaching content, teaching method and practice ability cultivation of Semiconductor Process Principle course. We propose a new distinctive teaching method which center is coordination of teaching content, and combined the teacher introductory multimedia teaching and the students extracurricular active learn, moreover, the necessary practices, such as, process simulation and experiment, and integrated course design, productive practice, as assistant means.

Keywords: application oriented training; semiconductor process; teaching method

“半导体工艺原理”课程主要介绍半导体分立器件和集成电路制造的基本工艺方法及原理, 是理论与实际结合较为紧密的一门课程。本课程的目的是使学生掌握半导体关键工艺方法及其原理, 熟悉典型的半导体分立器件与集成电路芯片制作的工艺流程, 并具有一定的工艺设计、分析及解决实际工艺问题的能力。

1 教学内容

我校的“半导体工艺原理”课程共 56 学时。在实际教学中, 教师必须考虑如何在有限的时间内让学生掌握该课程的内容。

(1) 基本教学内容

根据该课程教学大纲的要求, 介绍半导体衬底

材料的制备、掺杂技术(包括扩散和离子注入)、薄膜制备技术(包括外延、氧化、化学气相淀积及物理气相淀积)、图形加工技术(包括制版、曝光及刻蚀等)、芯片键合与封装技术和工艺集成技术。针对这些内容, 先后选择了文献[1-3]作为教材。这三本教材除了对基本工艺均有介绍外, 各有其特点: 教材[1]侧重基础, 其中对扩散、离子注入、外延和氧化等单项工艺介绍很详细, 而且每章后都提供了很好的习题。教材[2]侧重新工艺、新技术的介绍, 其中对掺杂、薄膜、光刻等单项工艺的新技术, 及集成技术介绍很多。教材[3]较为全面, 简单介绍了当代集成电路制造的基础工艺, 重点介绍了基本原理, 详尽的阐述了当前集成电路芯片制造技术的最新发展。在实际教学中, 我们将以上三本教材相结合, 可以很好地满足

“半导体工艺原理”课程的教学。

(2) 重点和难点

半导体工艺集成涉及到集成电路制造的整个生产流程,是培养应用型人才的重要环节,应该强化该部分内容。但是,要熟悉整个工艺流程中前后道工序之间的相互联系,必须对各个单项工艺的原理进行认真的学习。而且,对分立器件和集成电路侧重点有所不同。分立器件涉及到扩散、氧化、光刻和物理气相淀积等工艺。由于器件的结深较深、浓度较低,所需的薄膜厚度较厚,所以,工艺温度较高、持续时间也较长,前道工序对后道工序的影响较大。集成电路芯片制造涉及离子注入、化学气相淀积和光刻等关键技术,必须对典型的CMOS芯片制造工艺、集成电路的隔离技术以及VLSI的接触与互连技术等内容加以介绍。

(3) 教学内容间的联系

要掌握半导体器件的工艺流程,熟悉工艺之间的相互关系很关键,比如氧化与扩散可以通过 SiO_2 的掩蔽作用与热氧化过程中的杂质再分布结合起来;外延与扩散可以通过外延过程中的对流扩散与外延层的隔离扩散结合起来;扩散与离子注入可以通过注入后的退火与推进等结合起来。在实际教学中,应重点介绍这些知识点之间的相互联系,并通过练习题或思考题的形式予以巩固。

(4) 特殊的教学内容

除了要掌握基本工艺和芯片制作工艺流程及其相互影响外,还要注意半导体工艺中的特殊现象,如影响扩散的“场助效应”、“荷电空位效应”和“发射极陷落效应”等;影响离子注入的“沟道效应”及其退火过程中的“扩散增强效应”等;影响氧化工艺的“离解效应”和“鸟嘴效应”等;影响光刻工艺的“邻近效应”,以及电极金属化的“台阶覆盖”和“电迁移”等问题。随着集成电路集成度的不断提高,这些因素对集成电路芯片的设计和制造影响更加明显,必须加以重视。在实际的教学过程中,对这些特殊的问题可以单独进行讲解。

2 教学方式

(1) 传统教学与多媒体教学相结合

半导体工艺教学中,由于有大量的工艺流程和工艺实施后的芯片剖面图,只有通过多媒体才能给学生以直观、清楚的认识。笔者收集了大量集成电

路的结构剖面图、设备图片及视频资料,改进整理而成多媒体的教学课件,并对典型的工艺制作了形象生动的Flash动画。比如,杂质原子在硅片中的扩散过程;单个硅原子在硅片表面运动形成硅外延层的生长过程;以及通过涂胶、前烘、曝光、显影、坚膜、腐蚀和去胶等七个工艺步骤实现集成电路图形由掩模(mask)转移至光刻胶、以及光刻胶图形转移至硅片的光刻工艺过程等。

(2) 录像教学

对于学生无法了解到的一些工艺实验与设备,可通过录像教学来补充。我系购置了清华大学微电子所的集成电路工艺设备录像与多媒体教学系统。通过工艺设备录像可以把实际工艺和设备形象地展示在课堂。多媒体教学系统提供了氧化、扩散和离子注入三项工艺设备操作模拟,可使学生身临其境地对所学的基本工艺进行简单的模拟。

(3) 引导式学习

我们在介绍相关半导体工艺前沿知识时,给学生介绍相关网站,同时布置几个与工艺动态和前沿相关的题目,比如半导体存储器的发展过程、半导体光刻技术的发展情况及半导体器件封装的新工艺、新技术等,要求学生根据自己的兴趣爱好组成小组,充分利用各种资源查阅整理,然后各组推荐一名同学在讨论课上进行交流。此外,我们还定期邀请国内外相关的专家、学者来校开展一些讲座,让学生及时了解国内外半导体工艺方面的最新发展方向,熟悉半导体新技术和新工艺。

3 实践能力的培养

(1) 工艺模拟训练

我系购置了Tsuprem4和ISE软件,建立了工作站和微机机房,供学生进行半导体工艺模拟。学生可采用这些软件先对单项工艺进行设计,然后结合具体器件的实际工艺流程,对整个器件前后道工序之间的相互联系进行模拟分析,进而全面了解半导体器件制造流程及其各项工艺之间的相互影响。

(2) 综合课程设计

为了巩固学生的专业理论知识,培养其创新能力,结合“半导体工艺原理”与“半导体器件物理”课程的学习,设置专业综合课程设计环节。在半导体工艺模拟的基础上,使学生利用自己所学的器件知识和工艺知识,根据所给的具体器件(如二极管、晶

体管和 MOSFET 等)的设计指标,利用 Tsuprem4 和 ISE 软件来设计器件的工艺流程,并通过工艺模拟来优化工艺条件。然后将工艺模拟的结果导入到器件模拟软件 ISE 或 MEDICI 中,能够较为精确地模拟器件特性。最后通过反复的讨论修正,确定出该器件的工艺实施方案。

(3) 生产实习

我系利用中央与地方共建项目资助建成一条半导体工艺线,作为学生的实习基地。生产实习时,学生可在这条工艺线上进行扩散、氧化、光刻及淀积等工艺的实践。学生既可以进行各种工艺试验,也可对自己设计的器件工艺实施方案进行验证。

(4) 参观学习

我们每年组织学生在校内和外参观学习。我校晶体科技有限公司具有 12 寸单晶炉的制备技术(<http://www.2.xaut.edu.cn/ceshizhongxin/>),学生可去参观单晶硅棒的拉制过程;我校检测中心具备先进的测试设备(<http://www.xacgt.com/main.asp>),可满足半导体工艺所需的一些基本检测等。

参考文献:

- [1] 李乃平. 微电子器件工艺[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1995
- [2] 关旭东. 硅集成电路工艺基础[M]. 北京: 北京大学出版社, 2008
- [3] 李惠军. 现代集成电路制造技术原理与实践[M]. 北京: 电子工业出版社, 2009

(上接第 97 页刘军民等文)

根据表 1,可归纳出平面电磁波旋向快速判别方法: 设系数 Direction 表示电磁波沿坐标轴的传播方向, $\text{Direction}=1$ 表示沿正轴向传播, $\text{Direction}=-1$ 表示沿负轴向传播; 计算乘积项 $\text{Direction} \times \Delta\varphi$, 结果大于 0 为左旋, 结果小于 0 为右旋。

为了更加形象方便地判断圆极化波和椭圆极化波的旋向, 将上述分析总结为图形法, 步骤如下:

(1) 将参考分量定在相应轴的正方向上;

(2) 计算另一分量与参考分量的相位差 $\Delta\varphi$ 。

当 $\Delta\varphi > 0$ 时, 将另一分量画在相应轴的正方向上, 当 $\Delta\varphi < 0$ 时, 将另一分量画在相应轴的负方向上;

(3) 将拇指朝向电磁波传播方向, 其余四指从另一分量转向参考分量, 哪只手满足条件即为哪种旋向。

按照上述作图法判断旋向的举例如图 7 所示。根据上述理论分析, 可以得出平面电磁波极化方式判别的一般流程如图 8 所示。

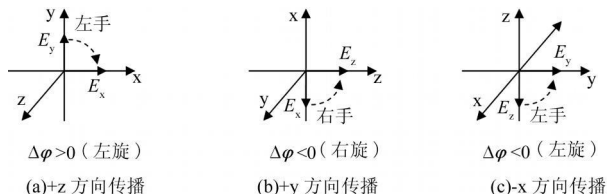


图 7 圆极化波旋向判断作图法举例

4 结语

本文在系统分析平面电磁波极化理论的基础上, 总结了椭圆极化、圆极化、直线极化的特点, 给出

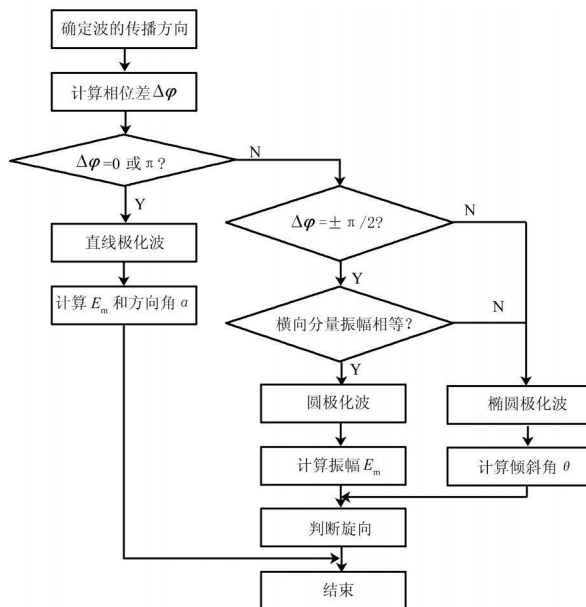


图 8 极化方式判别流程图

了平面电磁波极化方式判别的一般流程。特别是对椭圆极化和圆极化时的旋向判别问题, 提出了生动形象、简便易行的图形法和计算法, 对学生理解和正确判别平面电磁波的极化方式会有较大的帮助。

参考文献:

- [1] 谢处方, 饶克谨编, 赵家升, 袁敬阁修订. 电磁场与电磁波(第三版). 北京: 高等教育出版社, 1999
- [2] B. S. Gurn, H. R. Hiziroglu 著, 周克定, 张肃文等译. 电磁场与电磁波. 北京: 机械工业出版社, 2002
- [3] 倪光正主编. 工程电磁场原理. 北京: 高等教育出版社, 2002
- [4] 周希朗主编. 电磁场. 北京: 电子工业出版社, 2008