

课程详述

COURSE SPECIFICATION

以下课程信息可能根据实际授课需要或在课程检讨之后产生变动。如对课程有任何疑问，请联系授课教师。

The course information as follows may be subject to change, either during the session because of unforeseen circumstances, or following review of the course at the end of the session. Queries about the course should be directed to the course instructor.

1.	课程名称 Course Title	小尺寸集成电路器件选讲 Selected Small Size Integrated Circuit Devices
2.	授课院系 Originating Department	深港微电子学院 School of Microelectronics
3.	课程编号 Course Code	SMES206
4.	课程学分 Credit Value	1
5.	课程类别 Course Type	专业选修课 Major Elective Courses
6.	授课学期 Semester	夏季 Summer
7.	授课语言 Teaching Language	中英双语 English & Chinese
8.	授课教师、所属学系、联系方式 (如属团队授课, 请列明其他授课教师) Instructor(s), Affiliation & Contact (For team teaching, please list all instructors)	蒋玉龙 复旦大学微电子学院 yljiang@fudan.edu.cn Yu-Long Jiang, School of Microelectronics, Fudan University, yljiang@fudan.edu.cn
9.	实验员/助教、所属学系、联系方式 Tutor/TA(s), Contact	无 NA
10.	选课人数限额(可不填) Maximum Enrolment (Optional)	

11. 授课方式 Delivery Method	讲授 Lectures	习题/辅导/讨论 Tutorials	实验/实习 Lab/Practical	其它(请具体注明) Other (Please specify)	总学时 Total
学时数 Credit Hours	14	2			16
12. 先修课程、其它学习要求 Pre-requisites or Other Academic Requirements	大学物理(下) B (PHY105B)、高等数学(下) A (MA103A)、半导体器件导论 (EE204)				
13. 后续课程、其它学习规划 Courses for which this course is a pre-requisite					
14. 其它要求修读本课程的学系 Cross-listing Dept.					

教学大纲及教学日历 SYLLABUS

15. 教学目标 Course Objectives

掌握 MOSFET 基本工作原理、基本器件参数定义和制造流程，了解小尺寸 MOSFET 的工作原理、典型小尺寸效应的机制和三维器件制造流程，能基本解释小尺寸器件的实验数据，能关联到制造工艺层面进行器件电学行为的解释。

Understanding the principle of basic MOSFETs, definition of device parameters and fabrication process. Understanding the principle of small size MOSFETs, typical small size effects and the mechanisms behind them, and the 3D FinFET fabrication process. Being able to explain the experimental data of small size devices, and to explain the electrical behaviour with the correlation to specific process.

16. 预达学习成果 Learning Outcomes

能推导出 MOSFET 基本电流电压关系，会测量阈值电压，能推导出小尺寸 MOSFET 的基本电流电压关系，能区分小尺寸效应，能画出 3D FinFET 的基本制造流程图。

Being able to derive the basic I-V relationship of MOSFET, measure the V_t . Being able to derive the basic I-V relationship of small size MOSFET, identifying the small size effects, drawing the basic fabrication process of FinFET.

17. 课程内容及教学日历（如授课语言以英文为主，则课程内容介绍可以用英文；如团队教学或模块教学，教学日历须注明主讲人）

Course Contents (in Parts/Chapters/Sections/Weeks. Please notify name of instructor for course section(s), if this is a team teaching or module course.)

Credit Hour 1-2

3 MOSFET 的基本特性/Basic Characteristics of MOSFET

3.1 MOSFET 的结构和工作原理/Structure and principle of MOSFET

3.1.1 MOSFET 简介/Introduction

3.1.2 MOSFET 的结构/Structure

3.1.3 MOSFET 的基本工作原理/Principle

3.1.4 MOSFET 的分类和符号/Classification and symbols

3.1.5 MOSFET 的输出特性和转移特性/Output and transfer characteristics

3.2 MOSFET 的阈值电压/Threshold voltage

3.2.1 半导体的表面状态/Surface states

3.2.2 阈值电压的表达式/Expression of V_t

3.2.3 影响 V_t 的因素/Impact factors of V_t

3.2.3.1 功函数差的影响

3.2.3.2 衬底杂质浓度 N_B 的影响

3.2.3.3 界面固定电荷 Q_{SS} 的影响

3.2.3.4 离子注入调整 V_t

3.2.3.5 MOS 栅电极的发展历史

3.2.3.6 衬底偏置效应

Credit Hour 3-4

3.3 MOSFET 的直流特性/DC Characteristics of MOSFET

3.3.1 MOSFET 非平衡时的能带图/Non-equilibrium band diagrams

3.3.2 $I_{DS} - V_{DS}$ 的关系/ I_{ds} vs. V_{ds}

3.3.2.1 缓变沟道近似 (GCA)

3.3.2.2 可调电阻区 (线性区)

3.3.2.3 饱和区

Credit Hour 5-6

3.3.3 MOSFET 的亚阈值特性/Sub-threshold characteristics

3.3.3.1 亚阈值现象

3.3.3.2 亚阈值区的扩散电流

3.3.3.3 亚阈值摆幅

Credit Hour 7-8

3.3.4 MOSFET 直流参数/DC parameters

3.3.4.1 输出特性和转移特性

3.3.4.2 直流参数

3.3.4.3 低频小信号参数

3.3.5 MOSFET 的二级效应/Second-order effects

3.3.5.1 非常数表面迁移率效应

3.3.5.1.1 栅电场影响 (E_x)

3.3.5.1.2 漏电场 E_y 影响 (载流子速度饱和效应)

3.3.5.1.3 对 g_m 的影响

3.3.5.2 体电荷变化效应

3.3.5.3 非零漏电导

3.3.5.3.1 沟道长度调制效应

3.3.5.3.2 漏电场静电反馈效应

3.3.5.4 源漏串联电阻对 g_D 和 g_m 的影响

3.3.5.6 Gate-Induced drain leakage (GIDL)

Credit Hour 9-10

4 小尺寸 MOSFET 的特性/Small-size effects of MOSFET

4.1 MOSFET 的短沟道效应和窄沟道效应/Short channel and narrow width effects

4.1.1 MOSFET 的短沟道效应 (SCE) /Short channel effects (SCE)

4.1.2 阈值电压“卷曲” (V_T roll-off) / V_t roll-off

- 4.1.2.1 现象
- 4.1.2.2 原因
- 4.1.2.3 电荷分享模型 (Poon-Yau)
- 4.1.3 反常短沟道效应/Inverse SCE
 - 4.1.3.1 现象
 - 4.1.3.2 原因
 - 4.1.3.3 分析
- 4.1.4 窄沟道效应 (NWE) /Narrow width effect (NWE)
 - 4.1.4.1 现象
 - 4.1.4.2 边缘耗尽效应
 - 4.1.4.3 三种氧化物隔离结构的 NWE
 - 4.1.4.4 杂质横向扩散的影响

Credit Hour 11-12

- 4.1.5 漏感应势垒降低/Drain induced barrier lowering
 - 4.1.5.1 现象
 - 4.1.5.2 原因
- 4.1.6 短沟道 MOSFET 的亚阈特性/Sub-threshold characteristics of short channel MOSFET
 - 4.1.6.1 现象
 - 4.1.6.2 原因
 - 4.1.6.3 抑制次表面穿通的措施
- 4.1.7 热载流子效应抑制-新型漏结构/Novel source/drain structure for hot carrier suppression

Credit Hour 13-14

- 4.2 小尺寸 MOSFET 的直流特性/DC characteristics of small size MOSFET
 - 4.2.1 载流子速度饱和效应/Velocity saturation effect
 - 4.2.2 短沟道器件沟道中的电场/Electrical field in short channel
 - 4.2.2.1 突变结耗尽层近似模型
 - 4.2.2.2 恒定电场梯度模型
 - 4.2.2.3 准二维模型

Credit Hour 15-16

- 4.3 MOSFET 的按比例缩小规律/MOSFET down-scaling rules
 - 4.3.1 按比例缩小规律概述/Introduction
 - 4.3.2 MOSFET 的 scaling 规则/Down-scaling rules
 - 4.3.2.1 恒电场 (CE) scaling
 - 4.3.2.2 恒电压 (CV) scaling
 - 4.3.2.3 准恒电压 (QCV) scaling
 - 4.3.2.4 亚阈值特性退化
 - 4.3.3 Scaling 的限制及对策 (新结构) /Limits and solutions for down-scaling
 - 4.3.3.1 x_j
 - 4.3.3.2 t_{ox}
 - 4.3.3.3 WS, WD
 - 4.3.3.4 现状和未来
- 5 小尺寸 MOSFET 的制造/Manufacturing of small size MOSFET
 - 5.1 平面 MOSFET 的制造/Manufacturing of planar MOSFET
 - 5.2 三维 FinFET 的制造/ Manufacturing of FinFET

18. 教材及其它参考资料 Textbook and Supplementary Readings

- 1、曾树荣, 半导体器件物理基础, 北京大学出版社, 2002
- 2、S. Wolf. Silicon Processing for the VLSI Era, Vol. 3, Lattice Press, 1995

课程评估 ASSESSMENT

19. 评估形式 Type of Assessment	评估时间 Time	占考试总成绩百分比 % of final score	违纪处罚 Penalty	备注 Notes
出勤 Attendance				
课堂表现 Class Performance				
小测验 Quiz	Every two credit hours	60		10 for each quiz
课程项目 Projects				
平时作业 Assignments				
期中考试 Mid-Term Test				
期末考试 Final Exam	1 credit hour	40		
期末报告 Final Presentation				
其它（可根据需要 改写以上评估方 式） Others (The above may be modified as necessary)				

20. 记分方式 GRADING SYSTEM

A. 十三级等级制 Letter Grading
 B. 二级记分制（通过/不通过） Pass/Fail Grading

课程审批 REVIEW AND APPROVAL

21. 本课程设置已经过以下责任人/委员会审议通过
This Course has been approved by the following person or committee of authority