

# “半导体物理、器件物理与集成电路”（801）

## 复习提纲

### 一、 总体要求

“半导体物理、器件物理与集成电路”（801）由半导体物理、半导体器件物理和数字集成电路三部分组成，半导体物理占 60%（90 分）、器件物理占 20%（30 分）、集成电路各占 20%（30 分）。

“半导体物理”要求学生熟练掌握半导体的相关基础理论，了解半导体性质以及受外界因素的影响及其变化规律。重点掌握半导体中的电子状态和带、半导体中的杂质和缺陷能级、半导体中载流子的统计分布、半导体的导电性、半导体中的非平衡载流子等相关知识、基本概念及相关理论，掌握半导体中载流子浓度计算、电阻(导)率计算以及运用连续性方程解决载流子浓度随时间或位置的变化及其分布规律等。

“器件物理”要求学生掌握 MOSFET 器件物理的基本理论和基本的分析方法，使学生具备基本的器件分析、求解、应用能力。要求掌握 MOS 基本结构和电容电压特性；MESFET 器件的基本工作原理；MOSFET 器件的频率特性；MOSFET 器件中的非理想效应；MOSFET 器件按比例缩小理论；阈值电压的影响因素；MOSFET 的击穿特性；掌握器件特性的基本分析方法。

“数字集成电路”要求考生应深入理解数字集成电路的相关基础理论，掌握数字集成电路电路、系统及其设计方法。重点掌握数字集成电路设计的质量评价、相关参量；能够设计并定量分析数字集成电路的核心——反相器的完整性、性能和能量指标；掌握 CMOS 组合逻辑门的设计、优化和评价指标；掌握基本时序逻辑电路的设计、优化、不同形式时序器件各自的特点，时钟的设计策略和影响因素；定性了解 MOS 器件；掌握并能够量化芯片内部互连线参数。

“半导体物理、器件物理与集成电路”（801）研究生入学考试是所学知识的总结性考试，考试水平应达到或超过本科专业相应的课程要求水平。

### 二、 各部分复习要点

#### ● “半导体物理”部分各章复习要点

## (一) 半导体中的电子状态

### 1. 复习内容

半导体晶体结构与化学键性质，半导体中电子状态与能带，电子的运动与有效质量，空穴，回旋共振，元素半导体和典型化合物半导体的能带结构。

### 2. 具体要求

半导体中的电子状态和能带

半导体中电子的运动和有效质量

本征半导体的导电机构

空穴的概念

回旋共振及其实验结果

Si、Ge 和典型化合物半导体的能带结构

## (二) 半导体中杂质和缺陷能级

### 1. 复习内容

元素半导体中的杂质能级，化合物半导体中的杂质能级、位错和缺陷能级。

### 2. 具体要求

Si 和 Ge 晶体中的杂质能级

杂质的补偿作用

深能级杂质

III-V 族化合物半导体中的杂质能级

等电子杂质与等电子陷阱

半导体中的缺陷与位错能级

## (三) 半导体中载流子的统计分布

### 1. 复习内容

状态密度，Fermi 能级，载流子统计分布，本征和杂质半导体的载流子浓度，补偿半导体的载流子浓度，简并半导体

### 2. 具体要求

状态密度的定义与计算

费米能级和载流子的统计分布

本征半导体的载流子浓度

杂质半导体的载流子浓度

杂质补偿半导体的载流子浓度

简并半导体及其载流子浓度、简并化条件、简并半导体的特点与杂质带导电

载流子浓度的分析计算方法及其影响载流子浓度的因素

#### (四) 半导体的导电性

##### 1. 复习内容

载流子的漂移运动，迁移率，载流子的散射，迁移率与杂质浓度和温度的关系，电阻率与杂质浓度和温度的关系，强场效应与热载流子

##### 2. 具体要求

载流子漂移运动

迁移率

载流子散射

半导体中的各种散射机制

迁移率与杂质浓度和温度的关系

电阻率及其与杂质浓度和温度的关系

强电场下的效应

高场畸变与 Gunn 效应；

#### (五) 非平衡载流子

##### 1. 复习内容

非平衡载流子的产生与复合，非平衡载流子寿命，准费米能级，复合理论，陷阱效应，非平衡载流子载流子的扩散与漂移，爱因斯坦关系，连续性方程。

##### 2. 具体要求

非平衡载流子的注入与复合

准费米能级

非平衡载流子的寿命

复合理论

陷阱效应

载流子的扩散运动

载流子的漂移运动

Einstein 关系

连续性方程的建立及其应用

## ● “器件物理”部分各章复习要点

### (一) 金属-氧化物-半导体场效应结构物理基础

#### 1. 复习内容

MOS 结构的物理性质，能带结构与空间电荷区，平带电压与阈值电压，电容电压特性

#### 2. 具体要求

MOS 结构的物理性质

n 型和 p 型衬底 MOS 电容器的能带结构

耗尽层厚度的计算

功函数的基本概念以及金属-半导体功函数差的计算方法

平带电压的定义与求解；阈值电压的影响因素；

MOS 电容的定义，理想的 C-V 特性；影响 C-V 特性的主要因素

### (二) MOSFET 基本工作原理

#### 1. 复习内容

MOSFET 基本结构，MOSFET 电流电压关系，衬底偏置效应。MOSFET 的频率特性。闩锁现象

#### 2. 具体要求

MOSFET 电流电压关系的定性分析，漏极电流与栅压之间的关系；

衬偏效应的概念及影响

小信号等效电路的概念与分析方法

MOSFET 器件频率特性的影响因素

CMOS 基本技术及闩锁现象

### (三) MOSFET 器件的深入概念

#### 1. 复习内容

MOSFET 中的非理想效应；MOSFET 的按比例缩小理论；小尺寸器件的阈值电压；MOSFET 器件的击穿特性

#### 2. 具体要求

理解实际器件与理想特性之间的偏差及其原因

器件按比例缩小的基本方法动态电路方程及其求解

短沟道效应与窄沟道效应对 MOSFET 器件阈值电压的影响

MOSFET 器件的各种击穿模式，击穿电压的影响因素

## ● “数字集成电路”部分各章复习要点

“数字集成电路”考试范围及要点包括：数字集成电路设计质量评价的基本要素；CMOS 集成电路设计规则与工艺缩小；二极管基本结构、参数、静态特性、动态特性、二极管分析模型；MOS 晶体管基本结构、阈值电压、亚阈值特性、工作区、沟道长度调制、速度饱和、MOS 晶体管分析模型；反相器静态特性、开关阈值、噪声容限、稳定性，反相器动态特性、电容构成，传播延迟分析与尺寸计算、反相器静态功耗、动态功耗；静态互补 CMOS 组合逻辑门设计、尺寸设计、延迟计算与优化，有比逻辑基本原理、传输管逻辑基本原理；动态 CMOS 设计基本原理、信号完整性问题及其速度与功耗；时序逻辑器件时间参数、静态锁存器和寄存器的工作原理、 $C^2MOS$  寄存器结构与特性；时钟的设计策略和影响因素；导线中的传输线效应，电容寄生效应、电阻寄生效应。

### （一）数字集成电路基本概念和质量评价

#### 1. 复习内容

数字集成电路设计中的基本概念、面临问题和质量评价标准

#### 2. 具体要求

设计约束

时钟设计

电源网络

设计质量评定标准

集成电路成本构成

电压传输特性

噪声容限

再生性

扇入扇出

传播延迟

功耗、能耗  
设计规则  
标准单元  
工艺偏差  
工艺尺寸缩小  
封装

## (二) 器件

### 1. 复习内容

定性了解二极管、MOS 晶体管，理解其工作原理，静态特性、动态特性；掌握 SPICE 模型和手工分析模型。

### 2. 具体要求

二极管结构  
二极管静态特性  
二极管动态特性  
二极管手工分析模型  
二极管 SPICE 模型  
MOS 晶体管结构  
MOS 晶体管工作区  
MOS 晶体管静态特性、阈值电压、沟道长度调制、速度饱和  
MOS 晶体管亚阈值特性  
MOS 晶体管动态特性  
MOS 晶体管电容构成  
热载流子效应  
CMOS 闩锁效应  
MOS 晶体管 SPICE 模型  
MOS 晶体管手工分析模型

## (三) 导线

### 1. 复习内容

互连线的电路模型，SPICE 模型，确定并定量化互连参数；传输线效应；互连线

## 2.具体要求

互连参数

互连线电容寄生效应

互连线电阻寄生效应

互连线电感寄生效应

趋肤效应

互连线集总模型

互连线分布模型

## (四) CMOS 反相器

### 1.复习内容

反相器设计；反相器完整性、性能、能量指标的定量分析及其优化。

### 2.具体要求

CMOS 反相器静态特性、开关阈值、噪声容限、稳定性

CMOS 反相器动态特性

CMOS 反相器电容计算

CMOS 反相器传播延迟分析

CMOS 反相器网络设计

CMOS 反相器功耗、动态功耗、静态功耗

MOS 反相器低功耗设计技术

能量延时积

## (五) CMOS 组合逻辑门设计

### 1.复习内容

掌握 CMOS 逻辑设计，包括动态和静态逻辑、传输管逻辑、无比逻辑、有比逻辑；能够优化 CMOS 逻辑的管子尺寸、面积、速度、稳定性和能耗；掌握低功耗逻辑设计技术

### 2.具体要求

静态互补 CMOS 设计、静态特性、传播延时、尺寸设计与性能优化

有比逻辑概念

传输管逻辑概念、传输特性、稳定性、性能

动态逻辑基本原理、速度、功耗、信号完整性

多米诺逻辑概念、设计、优化

## (六) 时序逻辑电路设计

### 1. 复习内容

时序逻辑基本部件——寄存器、锁存器、触发器设计实现技术；静态、动态时序逻辑比较；振荡器、施密特触发器设计实现技术；时钟策略

### 2. 具体要求

时序电路的时间参数：建立时间、保持时间、传播延时

双稳态原理

多路开关性锁存器

主从边沿触发寄存器

静态 SR 触发器

动态传输门边沿触发寄存器

C<sup>2</sup>MOS 寄存器

真单相钟控寄存器

脉冲寄存器

流水线概念

流水线型逻辑

施密特触发器

单稳时序电路

不稳电路

时钟策略、时钟偏差、时钟抖动、时钟误差来源

## 三、 试卷结构与考试方式

1、题型结构：名词解释、简答题、问答题、计算题、判断题、绘图题等。试卷满分为 150 分。

2、考试方式：闭卷，考试必须按照规定携带不具备编程和存储功能的函数计算器。

3、考试时间：180 分钟。

### 参考书目

- 1、《半导体物理学》第4版，刘恩科、朱秉升、罗晋生等著，国防工业出版社，1994年。
- 2、《半导体物理与器件》（第三版）赵毅强等译 电子工业出版社 2005年。
- 3、《数字集成电路—电路、系统与设计》（第二版），Rabaey 等著，周润德等译，电子工业出版社 2004年。