

# 北京工业大学《半导体器件原理》

## 2014-2015 学年第 2 学期考试试卷 A 卷

考试说明：考试时间：95 分钟 考试形式：闭卷  
适用专业： 电子科学与技术

承诺：

本人已学习了《北京工业大学考场规则》和《北京工业大学学生违纪处分条例》，承诺在考试过程中自觉遵守有关规定，服从监考教师管理，诚信考试，做到不违纪、不作弊、不替考。若有违反，愿接受相应的处分。

承诺人： 学号： 班号：

注：本试卷共 4 大题，共 3 页，满分 100 分，考试时必须使用卷后附加的统一答题纸和草稿纸。请将答案统一写在答题纸上，如因答案写在其他位置而造成的成绩缺失由考生自己负责。

卷面成绩汇总表（阅卷教师填写）

题号	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	...	总成绩
满分	10	20	40	30								
得分												

得分

### 一、填空题（每空 0.5 分，10 分）

1. 本门课程介绍的 4 种类型晶体管分别为：\_\_\_\_，\_\_\_\_，\_\_\_\_，和\_\_\_\_。
2. PN 结电击穿按产生机制分为：\_\_\_\_，和\_\_\_\_。PN 结电容包括：\_\_\_\_，和\_\_\_\_。
3. 用平面工艺制造 PN 结二极管芯片的工艺包括\_\_\_\_，\_\_\_\_，\_\_\_\_，\_\_\_\_等。
4. 在 PN 结开关管中，在外加电压从正向变为反向后的一段时间内，会出现一个较大的反向电流。引起这个电流的原因是存储在\_\_\_\_区中的\_\_\_\_电荷。这个电荷的消失途径有两条，即\_\_\_\_和\_\_\_\_。
5. 双极结型晶体管的开关时间可以分别定义为：\_\_\_\_时间，\_\_\_\_时间，

\_\_\_\_\_时间，\_\_\_\_\_时间。

得分

二、名词、符号解释题（前 10 题每题 1 分，后 5 题每题 2 分，共 20 分）

1. 基区渡越时间\_\_\_\_\_
2. MOSFET\_\_\_\_\_
3.  $\beta$  (or  $h_{fe}$ )\_\_\_\_\_
4.  $BV_{CEO}$ \_\_\_\_\_
5.  $I_{CEO}$ \_\_\_\_\_
6. BJT 的截止状态\_\_\_\_\_
7.  $f_T$ \_\_\_\_\_
8.  $t_s$ \_\_\_\_\_
9.  $r_b$ \_\_\_\_\_
10.  $I_{DSAT}$ \_\_\_\_\_
11. Early 效应  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
12. 跨导\_\_\_\_\_
13.  $G_{MNF}$ \_\_\_\_\_
14. 沟道长度调制效应\_\_\_\_\_
15. 沟道电导调制效应\_\_\_\_\_

得分

三、作图、简答题：（每题 10 分，共 40 分）

（此题做在答题纸上）

1. 画出单发射极条、双基极接触光刻版制作的 Si NPN 外延平面 BJT 芯片主要工艺步骤的平面图和所对应的剖面图。（10 分）（可忽略  $SiO_2$  台阶）
2. 分别画出均匀基区 NPN 晶体管在放大状态、饱和状态和截止状态时的能带图。（10 分）

3. 画出 n 沟耗尽型 MOSFET 转移特性曲线、并标出阈值电压  $V_T$ ，画出其输出特性曲线，并标出  $V_{GS}$  值、临界饱和线、非饱和区、饱和区，给出  $V_{DSAT}$ ,  $I_{DSAT}$  的表达式。(10 分)
4. 在 npn 开关双极晶体管的输出特性曲线上标出延迟时间，并通过开关过程中少子的分布图来说明延迟时间存在的原因。(10 分)

得分

四、推导、计算题：(每小题 10 分，共 30 分)

1. 高频晶体管的  $\beta_0=80$ ，当信号频率  $f$  为 25MHZ 测得  $\beta=6$ ，求晶体管的特征频率  $f_T$ ，以及当信号频率  $f$  分别为 10MHZ 和 50MHZ 时的  $\beta$  值。(10 分)
2. NPN 双极结型晶体管在正向有源区工作时的基区少数载流子分布为  $n_{pB}(x)=n_{pB}(0)(1-x/W_B)$ ，基区渡越时间为： $\zeta_B=Q_B'/I_{nB}$ 。试推导出  $\zeta_B=W_B^2/2D_{nB}$ 。(10 分)(给出详细的推导步骤，依此评分)
3. 有一 n 沟道的 MOSFET，其衬底为 P 型 Si， $N_A=1.5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ ，栅金属为 Al， $\Phi_{ms}=-(0.59+\Psi_F)$  (V)，栅  $\text{SiO}_2$  厚度  $t_{ox}=345\text{\AA}$ ，并具有  $Q_{ox}=1 \times 10^{11} \text{ q} \cdot \text{cm}^{-2}$ ，试计算当  $V_{BS}=0$  时的阈值电压  $V_T(0)$ ，问该 MOSFET 是增强型还是耗尽型。提示： $q=1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ， $KT/q=0.026 \text{ V}$ ， $\epsilon_0=8.85 \times 10^{-14} \text{ F/cm}$ ， $\epsilon_{ox}=3.9$ ， $\epsilon_{si}=11.7$ ， $N_A=1.5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$  (10 分)(写出详细公式及计算步骤，依此评分)