

# Masarykova univerzita v Brně

## Přírodovědecká fakulta

---

**Předmět:** Principy polovodičových součástek

Akad. rok: 2013/14 (letní semestr)

### Okruhy ke zkoušce

#### **ZÁKLADY FYZIKY POLOVODIČŮ**

Pásový model pevných látek  
Hustota stavů  
Fermi-Diracova distribuční funkce  
Hustota elektronů a děr

#### **KINETICKÉ JEVY V POLOVODIČÍCH**

Boltzmanova transportní rovnice  
Rozptyl nositelů náboje  
Elektrická vodivost polovodičů  
Závislost pohyblivosti nositelů náboje na teplotě  
Nárazová ionizace  
Zenerův jev (tunelování nositelů)

#### **GENERACE A REKOMBINACE NEROVNOVÁŽNÝCH NOSITELŮ NÁBOJE**

Rovnovážné a nerovnovážné nositele náboje  
Světelná generace nositelů náboje  
Bipolární generace  
Monopolární generace  
Rekombinace nositelů náboje  
Mezipásová zářivá rekombinace  
Mezipásová nárazová (Augerova) rekombinace  
Rekombinace přes lokální centra  
Povrchová rekombinace  
Rekombinační centra  
Závislost rekombinace přes záchytné centra na koncentraci příměsí  
Záchytná a rekombinační centra

#### **DIFÚZE A DRIFT NEROVNOVÁŽNÝCH NOSITELŮ NÁBOJE**

Rovnice kontinuity  
Difúzní a driftový proud  
Pohyb nerovnovážných nositelů náboje  
Objemová rekombinace  
Povrchová rekombinace  
Povrchová generace a objemová rekombinace

#### **PŘECHOD PN**

Souvislost mezi pásovým modelem a elektrostatickými veličinami  
Strmý přechod pn  
Lineární přechod pn  
Charakteristiky kapacita-napětí přechodu pn

## **VOLTAMPÉROVÁ CHARAKTERISTIKA PŘECHODU PN**

Závěrný směr  
Generační proud  
Difúzní proud  
Propustný směr  
Difúzní proud  
Rekombinační proud  
Vliv vysoké injekce

## **PRŮRAZNÉ MECHANISMY PŘECHODU PN**

Zenerův průraz (tunelování nositelů)  
Lavinový průraz  
Druhý průraz  
Omezení pro reálné přechody pn  
Planární přechod  
Epitaxní dioda  
Měkké průrazy  
Přechodné děje

## **BIPOLÁRNÍ TRANZISTOR, DEFINICE ZÁKLADNÍCH EL. PARAMETRŮ**

Princip činnosti tranzistoru

## **KLASICKÝ MODEL TRANZISTORU**

Základní rovnice  
Předpoklady řešení  
Proudy tekoucí tranzistorem  
Proudový zesilovací činitel

## **ROZŠÍŘENÍ KLASICKÉHO MODELU**

Gradient koncentrace příměsí v bázi a emitoru  
Vliv silné injekce nosičů  
Modulace vodivosti báze (Webster effect)  
Odpor aktivní báze a zhušťování proudu (Current crowding)  
Rozšiřování neutrální báze (Kirk effect)  
Zužování neutrální báze (Early effect)  
Vliv vysoké koncentrace příměsí v bázi a emitoru  
Pohyblivost nositelů náboje  
Zúžení šířky zakázaného pásu  
Augerova rekombinace  
Rozšíření klasického modelu tranzistoru

## **MEZNÍ HODNOTY NAPĚTÍ NA TRANZISTORU**

Maximální hodnoty napětí  
Lavinový průraz (Avalanche breakdown)  
Průnik (Punch-through)  
Minimální hodnoty napětí

## **VYSOKOFREKVENČNÍ VLASTNOSTI A ŠUM TRANZISTORU**

Kmitočtová závislost proudového zesilovacího činitele  
Kmitočtová závislost zisku  
Závislost mezního kmitočtu na fyzikálních parametrech tranzistoru

## MIS DIODA

Energetický diagram ideálního MOS kapacitoru  
Náboj rozložený pod povrchem polovodiče  
Rozložení náboje, elektrického pole, potenciálu a pásový diagram MOS struktury  
ze zjednodušeného řešení Poissonovy rovnice  
Model respektující pevný a pohyblivý náboj  
Rozdíl výstupní práce ( kov-polovodič a polovodič-polovodič)  
Podmínka vyrovnání pásů

## C-V KŘIVKY

C-V křivky MOS kapacitoru  
C-V křivky nf, vf a hlubokého vyčerpání  
Vliv frekvence  
Vliv dotace a tloušťky oxidu na C-V křivky  
Vliv světla a teploty na C-V křivky  
Akumulace, ochuzení, hluboké ochuzení a inverze  
C-t křivky  
SHR rekombinace – generace  
Generační doba života minoritních nosičů  
Generačně-rekombinační centra v zakázaném pásu křemíku  
Elektrofyzikální model skutečné MIS diody  
Klasifikace nábojů skutečné MIS struktury  
Pevný náboj v oxidu  $Q_f$   
Náboj mobilních iontů  $Q_m$   
Náboj zachycený rozhraním  $Q_{it}$   
Oxidem zachycený náboj  $Q_{ot}$   
Napěťově – teplotní testy (Bias-Temperature test )

## STUDIUM POVRCHOVÝCH EFEKTŮ

Analytické metody a struktury pro studium povrchových vlastností struktur  
Kanálová vodivost  
Hradlem řízený pn-přechod  
Nerovnovážná analýza  
Rekombinačně-generační proces v povrchové oblasti prostorového náboje  
Polem indukované přechody a kanálové proudy.  
Vliv povrchových efektů na průrazné napětí přechodu  
Nestability prahového napětí-BT testy

## MOS TRANZISTOR

Princip činnosti  
Volt-ampérové charakteristiky. Lineární oblast  
Volt-ampérové charakteristiky. Saturační oblast  
Body efekt  
Modulace délky kanálu  
Prahové napětí a jeho nastavení  
Typy MOSFETů  
Aplikace MOS kapacitorů a MOS tranzistorů  
Nábojově vázané prvky CCD.  
MOSFET v provedení LOCOS  
Struktura CMOS ( Complementary MOS transistors )  
Struktura výkonového tranzistoru VDMOS  
Struktura výkonového tranzistoru IGBT