

Fysikalisk Elektronik - F3

EMI 180

TENTAKIT

Datum	Tenta	Lösning	Svar
1996-01-04	x		
1996-08-23	x		
1997-01-15	x		
1997-05-26	x		
1998-08-21	x		
1999-01-14	x		
1999-08-20	x		
2002-05-27	x		
2003-08-23	x		
2004-01-14	x		
2005-05-23	x		

9 maj 2006

Mikrovågsteknik

TENTAMEN I FYSIKALISK ELEKTRONIK för F3, 1996-01-04, kl. 14.15-18.15 i MG.

Jourhavande lärare: Lennart Lundgren, tel 772 18 34.

Tillåtna hjälpmedel: Alla hjälpmedel utom levande rådgivare och nätanslutna datorer.

Betygslistan anslås senast 1996-01-10.

Granskning: Skrivningarna kan granskas 1996-01-10, kl. 12.30-13.15 i mikrovågstekniks bibliotek.

Övertyga Dig om att Du har förstått problemen rätt innan Du går till verket. Skriv kortfattat men se till att Dina grundläggande tankegångar är klart redovisade. Bearbeta problemen så långt Du kan - Konstruktivt värdefulla spelöppningar ger också poäng. Om uppgifter saknas i problemtexten gör då själv **tekniskt** rimliga antaganden. Motivera klart och koncist de approximationer och antagande som Du gör vid uppställande av de elektronfysikaliska modellerna.

DEL A

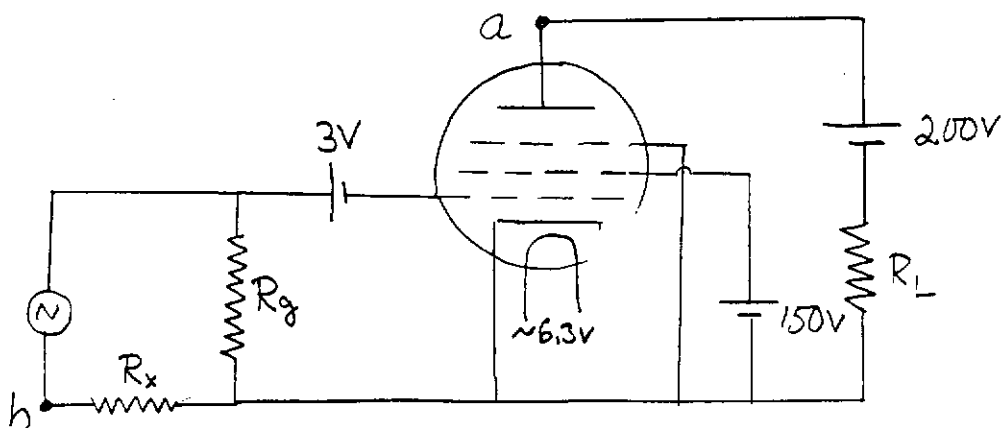
Högsta poäng på övningsskrivning eller tentamen tillgodoräknas

1. Brytningsindex hos ett dielektriskt material uppmäts genom att mäta fasvridningen och dämpningen genom materialet. Man fann att fasvridningen var $260^\circ/\text{cm}$ och att dämpningen var $1,0 \text{ dB/cm}$ vid 9 GHz . Hur stort är materialets ekvivalenta ϵ
2. Övergången mellan rymdladdningsbegränsad och temperaturbegränsad ström ges av ekvationen:

$$\frac{1}{I^n} = \frac{1}{I_{\text{temp}}^n} + \frac{1}{I_{\text{RD}}^n}$$

Plotta strömmen som funktion av spänningen i övergångsområdet för $n = 8$

3. Pentodens transkonduktans i figuren nedan bestäms genom att variera R_x så att växelspanningen är noll mellan punkterna a och b. Hur kan man beräkna transkonduktansen ur motståndsvärdena och vilka övriga antagande bör man göra?



DEL B

4. Vid uppmätning av sondkaraktistiken från ett Hg-plasma erhöles följande kurva (se bilaga). Av kurvan framgår att plasmat består av två grupper MB-fördelade elektroner: Bestäm gruppernas elektrontemperaturer samt förhållandet mellan gruppernas elektrontätheter.

5. Vilka approximationer har Kjell gjort vid beräkningen av ekvationen

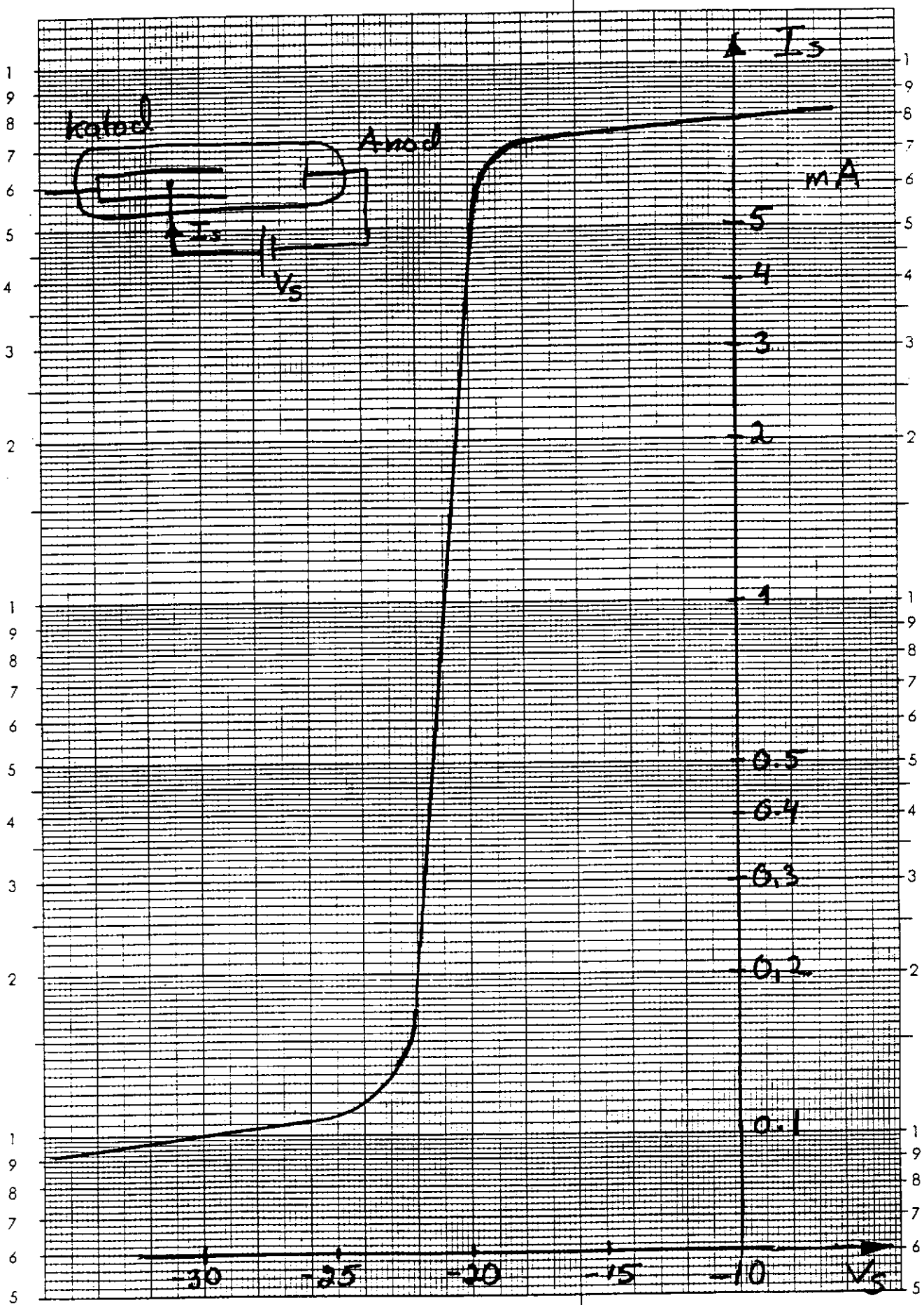
$$V_j = \frac{\epsilon E_{\max}^2}{2q} \left[\frac{1}{N_A} + \frac{1}{N_D} \right]$$

6. Rita upp banddiagrammet för **npn-transistor** i Si i det aktiva området (1 eV skall motsvara 5 cm). Välj lämpliga förspänningar och ange dessa.

Dopningar:	
Emitterdopning	10^{24} m^{-3}
Basdopning	10^{22} m^{-3}
Kollektordopning	10^{20} m^{-3}

7. Kjell har utvecklats en teori för MOS-transistorn, där han antager att hastigheten i kanalen kan beskrivas av en konstant mobilitet. Driftshastigheten i kisel mäts vid höga fält och man får en konstant driftshastighet av ca 10^5 m/s. Vilka begränsningar av kanallängd och pålagda spänningar skulle Du vilja införa i den teori som Kjell har i kursboken med anledning av hastighetsmätningen? Motivera Din modellbeskrivning!

Hg-plasma



Mikrovågsteknik

TENTAMEN I FYSIKALISK ELEKTRONIK för F3,
1996-08-23, kl. 8.45-12.45 i MN.

Jourhavande lärare: Lennart Lundgren, tel 772 18 34.

Tillåtna hjälpmedel: Alla hjälpmedel utom levande rådgivare och nätanslutna datorer.

Betygslistan anslås senast 1996-08-29.

Granskning: Skrivningarna kan granskas 1996-08-29, kl. 12.15-13.00 i mikrovågstekniks bibliotek.

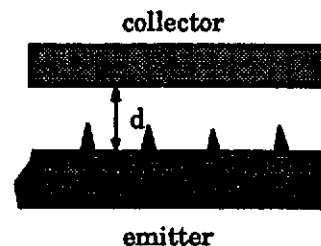
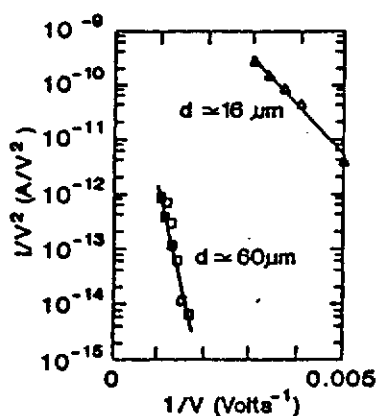
Bedömningsgrund: 30 p ger betyg 3, 40 p ger betyg 4 och 50 p ger betyg 5 efter summering av poäng på de enskilda uppgifterna. Samtliga tentor och övningskrivningar helhetsbedöms dock. Helhetsbedömningen göres alltid i en positiv anda, vilket innebär att betyget endast kan höjas!

Övertyga Dig om att Du har förstått problemen rätt innan Du går till verket. Skriv kortfattat men se till att Dina grundläggande tankegångar är klart redovisade. Bearbeta problemen så långt Du kan - Konstruktivt värdefulla spelöppningar ger också poäng. Om uppgifter saknas i problemtexten gör då själv tekniskt rimliga antaganden. Motivera klart och koncist de approximationer och antagande som Du gör vid uppställande av de elektronfysikaliska modellerna.

DEL A

Högsta poäng på övningskrivning eller tentamen tillgodoräknas

1. Ett antal utetsade pyramider i kisel belägges med ett 50 Å tjock lager av wolfram. Strömmen mäts i nedanstående struktur för några olika avstånd d . Beräkna den effektiva fältförstärkningsfaktorn F - definierad av sambandet $E = F \cdot (V/d)$.



2. Hur skulle Du definiera en Debyelängd, om tidskalan är så vald att både joner och elektroner kan svara på det elektriska fältet. Antag att jon- och elektrontemperaturerna är olika.

VÄND

DEL B

3. En viktig relation inom halvledartechniken är onekligen

$$n = N_D$$

Inom vilket temperaturintervall gäller den för GaAs, om dopningstätheten är 10^{24} m^{-3} ? Bestäm själv krav för giltighet och gör sedan lämpliga beräkningar.

4. Den ideala diodekvationen gäller någorlunda väl inom spänningsintervallet 0,6-0,8 V. Detta är då spänningen över själva övergången. Hur stor är samtidigt spänningen över dioden, om man inkluderar spänningsfallet över serieresistansen?

Betrakta en p⁺n-diod med ytan $0,1 \text{ mm}^2$ och dopningstätheterna $N_A = 10^{25} \text{ m}^{-3}$ och $N_D = 10^{23} \text{ m}^{-3}$. Motivera Dina antagande!

5. Strömtätheten genom en aktiv bipolär npn-transistor är $1 \cdot 10^6 \text{ A/m}^2$. Hur varierar elektron- och håltätheten i basen?

Gör själv rimliga antagande av relevanta parametrar.

6. En MOSFET skall användas som en styrbar resistans. Den differentiella resistansen skall kunna varieras mellan $2 \text{ k}\Omega$ och $10 \text{ k}\Omega$, när en yttre spänning varieras mellan 0 och 5 volt. Hur åstadkommer Du detta? Ange sedan lämpliga värden på relevanta parametrar för MOSFETen!

Elektromagnetik

TENTAMEN I FYSIKALISK ELEKTRONIK för F3, 1997-01-15, kl. 14.15-18.15 i MG.

Jourhavande lärare: Lennart Lundgren 1834

Tillåtna hjälpmedel: Alla hjälpmedel utom levande rådgivare och nätanslutna datorer.

Betygslistan anslås senast 1998-01-20.

Granskning: Skrivningarna kan granskas 1997-01-20, kl. 12.30-13.00 i antennbiblioteket vån. 6.

Bedömningsgrund: 30 p ger betyg 3, 40 p ger betyg 4 och 50 p ger betyg 5 efter summering av poäng på de enskilda uppgifterna. En helhetsbedömningen av skrivningen göres dock alltid i en positiv anda, vilket innebär att betyget kan höjas!

Övertyga Dig om att Du har förstått problemen rätt innan Du går till verket. Skriv kortfattat men se till att Dina grundläggande tankegångar är klart redovisade. Bearbeta problemen så långt Du kan - Konstruktivt värdefulla spelöppningar ger också poäng. Om uppgifter saknas i problemtexten gör då själv **tekniskt** rimliga antaganden. Motivera klart och koncist de approximationer och antagande som Du gör vid uppställande av de elektronfysikaliska modellerna.

• • •

1. Vid institutionen gjorde vi tidigare en laboration där vi undersökte den termiska emissionen från en mycket tunn volframtråd omgiven av en cylindrisk kollektor med mycket större radie än tråden. Schottkyeffekt uppträdde på grund av att fältet var högt vid emittern och att dioden var temperaturbegränsad. Schottkyeffekten beräknades ur ekvationerna:

$$E_e = \frac{V}{r_e \ln \frac{r_k}{r_e}} \text{ och } \Delta W = 3,8 \cdot 10^{-5} \sqrt{E_e}$$

Under vilka förutsättningar tycker Du att man kan beräkna Schottkyeffekten på detta sätt?

2. Vid en partiell solförmörkelse är ca 70 % av solytan täckt. Får detta någon märkbar inverkan på plasmafrekvensen i jonosfärens F-skikt?

VÄND

3. Vid beräkningar av strömmen genom en halvledare dominerar ofta antingen drift- eller diffusionsstermen

a) Vilket villkor skulle Du formulera för att försumma driftströmmen?

b) Hur skulle Ditt villkor se ut för minoritetsbärarna i n-dopat kisel vid rumstemperatur?

4. Plotta strömmen (logaritmisk skala) som funktion av spänningen för en kiseliod i spänningsintervallet 0,3 till 3 volt. Antag först själv lämpliga värden på nödvändiga parametrar. Motivera också valet av värdena.

5. Vid vilken basvidd kan man försumma rekombinationsströmmen i en npn-transistor i kisel? Antag lämpliga förutsättningar och villkor för att kunna försumma rekombinationsströmmen. Gör sedan beräkningarna!

6. För att bestämma tröskelspänningen hos en n-kanal MOS-transistor lades 50 mV mellan emitter och kollektor varpå följande samband erhöles mellan kollektorström och styrspänning.

Kollektorström	Styrspänning
74 μA	5 V
53 μA	4 V
32 μA	3 V
13 μA	2 V
0 μA	1 V

a) Bestäm tröskelspänningen!

b) Är transistorn av enhancement- eller depletion typ?

c) Hur stor är kollektorströmmen om styrspänningen är 3 V och kollektorspänningen är 5 V?

Mikrovågsteknik

TENTAMEN I FYSIKALISK ELEKTRONIK EMI180, 1997-05-26, kl. 14.15-18.15 i MG.

Jourhavande lärare: Lennart Lundgren, tel 772 18 34.

Tillåtna hjälpmedel: Alla hjälpmedel utom levande rådgivare och nätanslutna datorer.

Betygslistan anslås senast 1997-06-04.

Granskning: Skrivningarna kan granskas 1997-06-04, kl. 12.30-13.15 i mikrovågstekniks bibliotek.

Bedömningsgrund: 30 p ger betyg 3, 40 p ger betyg 4 och 50 p ger betyg 5 efter summering av poäng på de enskilda uppgifterna. Samtliga tentor och övningsskrivningar helhetsbedöms dock. Helhetsbedömningen göres alltid i en positiv anda, vilket innebär att betyget endast kan höjas!

Övertyga Dig om att Du har förstått problemen rätt innan Du går till verket. Skriv kortfattat men se till att Dina grundläggande tankegångar är klart redovisade. Bearbeta problemen så långt Du kan - Konstruktivt värdefulla spelöppningar ger också poäng. Om uppgifter saknas i problemtexten gör då själv tekniskt rimliga antaganden. Motivera klart och koncist de approximationer och antagande som Du gör vid uppställande av de elektronfysikaliska modellerna.

Övningsskrivningsresultatet får också tillgodoräknas på omtentamen i augusti.

DEL A

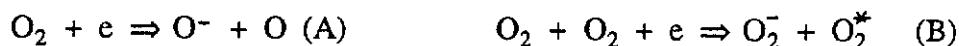
Högsta poäng på övningsskrivning eller tentamen tillgodoräknas

1. Hur stor är strömmen i en plan diod med följande data?

Data:

Emitteryta	0,5 cm ²
Emitter-kollektor avstånd	0,5 mm
Emittertemperatur	1200 K
Kollektortemperatur	600 K
Emitterns utträdesarbete	1,90 eV
Kollektorns utträdesarbete	4,54 eV
Kollektorspänning	5 V

2. Elektronanlagring är en viktig process i många tekniska plasmatillämpningar. I ett syreplasma kan följande två processer förekomma:

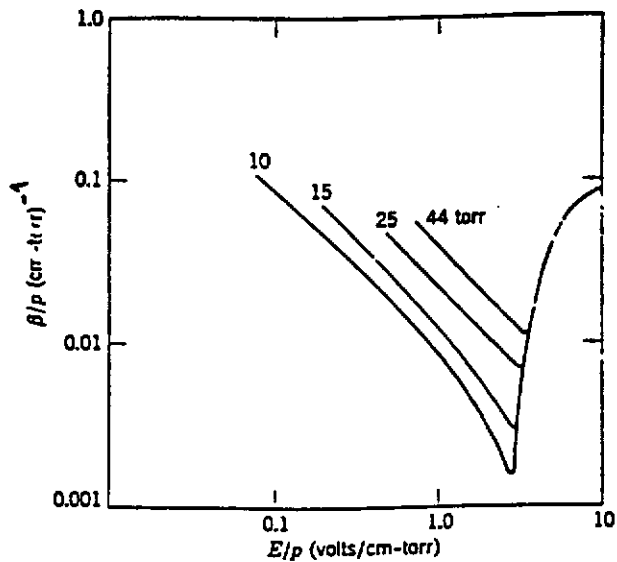


a) Ställ upp en differentialekvation, som beskriver hur elektrontätheten förändras i tiden, när endast dessa två reaktioner förekommer. Inför lämpliga beteckningar!

b) En anlagringskoefficient β , som beskriver hur ett elektronföde minskar på grund av anlagring av elektroner på neutrala molekyler kan definieras enligt ekvationen:

$$dn_e = -n_e \beta dx.$$

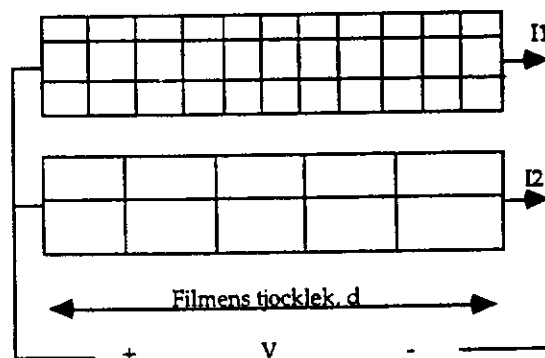
Följande kurvor uppmättes för anlagring i syrgas. Inom vilket "område" dominerar process B? Motivera Ditt svar.



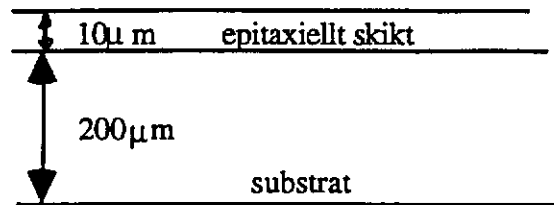
E är det elektriska fältet och p är syretrycket.

DEL B

3. Föreslå en strömbegränsande transportmekanism för en polykristallin halvledarfilm. Antag att filmen kan beskrivas som i figuren nedan, där filmen i genomskärning består av ett antal lika stora kristallina korn i ett antal lager. För en och samma pålagda spänning, vilken film ger högst ström - den med stora korn eller den med små? Förklara utifrån Din föreslagna transportmodell.

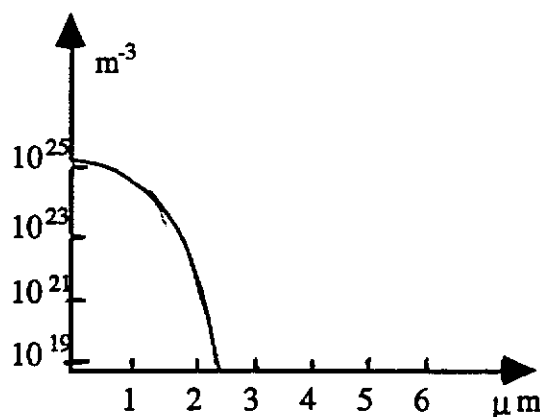


4. En halvledardiod i Si med tvärsnittsytan $0,1 \text{ mm}^2$ tillverkas genom p-diffusion i ett epitaxiellt skikt med dopningstätheten 10^{21} m^{-3} , se figur 1. Substratet har dopningstätheten 10^{24} m^{-3}



Figur 1. Diodstruktur.

Dopämnettskoncentration som funktion av avståndet från ytan visas i figur 2.



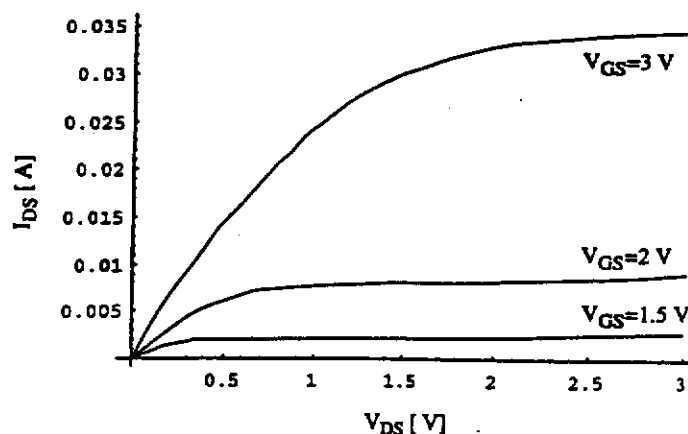
Figur 2. Dopämnetts koncentration.

- Hur tjockt är p-området?
- Hur stor är kontaktpotentialen i dioden?
- Hur stor är serieresistansen?

5. Rita upp banddiagrammet för en pnp-transistor i det aktiva området. Välj lämpliga förspänningar och dopningstätheter. 1 eV skall motsvara 5 cm i Din figur.

6. Lös följande tal från Halvledarfysik och halvledarkomponentkursen.

Beräkna oxidkapacitansen per ytenhet utgående från I-V karakteristiken för nedanstående n-kanal MOSFET. Kan det verkligen var fråga om kiseldioxid som isolator mellan styre och substrat? Kanallängden är $1 \mu\text{m}$ och kanalbredden är $2 \mu\text{m}$.



Elektromagnetik

TENTAMEN I FYSIKALISK ELEKTRONIK EMI180, 1998-08-21, kl. 08.45-13.45 i MG.

Observera att tentamenstiden är 5 timmar efter beslut i kursnämnden.

Jourhavande lärare: Lennart Lundgren, tel 772 18 34.

Tillåtna hjälpmedel: Alla hjälpmedel utom levande rådgivare och nätanslutna datorer.

Betygslistan anslås senast 1998-08-28.

Granskning: Skrivningarna kan granskas 1998-08-28, kl. 12.30-13.15 i antennbiblioteket.

Bedömningsgrund: 30 p ger betyg 3, 40 p ger betyg 4 och 50 p ger betyg 5 efter summering av poäng på de enskilda uppgifterna. Samtliga tentor helhetsbedöms dock. Helhetsbedömningen göres alltid i en positiv anda, vilket innebär att betyget endast kan höjas!

Övertyga Dig om att Du har förstått problemen rätt innan Du går till verket. Skriv kortfattat men se till att Dina grundläggande tankegångar är klart redovisade. Bearbeta problemen så långt Du kan - Konstruktivt värdefulla spelöppningar ger också poäng. Om uppgifter saknas i problemtexten gör då själv tekniskt rimliga antaganden. Motivera klart och koncist de approximationer och antagande som Du gör vid uppställande av de elektronfysikaliska modellerna.

DEL A

Högsta poäng på övningsskrivning eller tentamen tillgodoräknas

1. Ett antal utetsade pyramider i kisel beläggs med ett 100 Å tjockt lager av wolfram. Strömmen som funktion av spänningen från dessa spetsar till en plan anod visas i figuren för avståndet 60 μm (se bilaga). Figuren finns också i Physical Electronics. Plotta i diagrammet i bilagan den kurva man skulle få om avståndet minsakdes till 30 μm .

2. Vid satellitnavigering måste signalen passera jonosfären. Vid noggrann positionsbestämning måste hänsyn tagas till dess inverkan. På vilka sätt påverkar jonosfären signalen? Beskriv de fysikaliska fenomen!

Extrauppgift (ger upp till 10 extra poäng)

Gör en grov uppskattning av det positionsfel, som kan uppkomma på grund av jonosfären vid signalfrekvensen 800 MHz.

DEL B

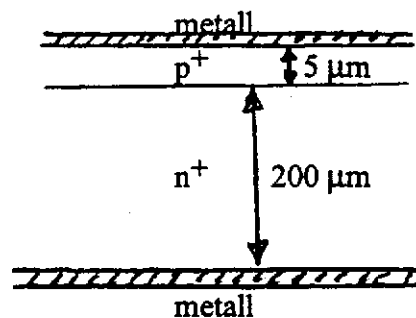
3. Resistansen i en halvledare är temperaturberoende. Effekten kan användas för att mäta temperaturen. En intrinsisk halvledarbit i kisel används för att mäta temperaturer omkring 450 K. Följande samband kan tecknas för att beräkna känsligheten hos mätmetoden:

$$\Delta T/T_0 = k\Delta R/R_0 \text{ där } T_0 = 450 \text{ K.}$$

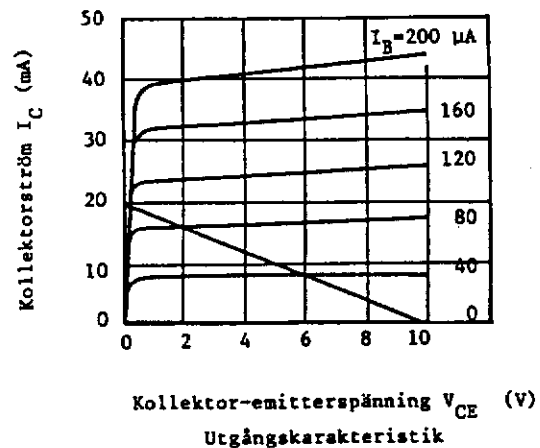
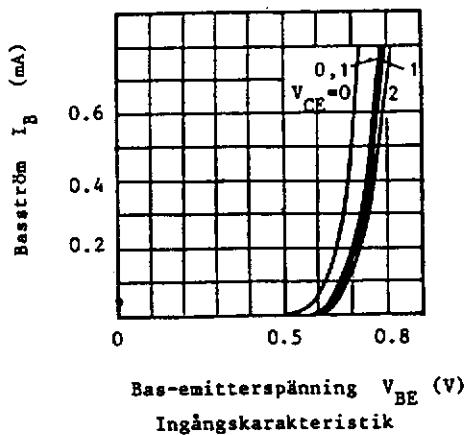
a) Bestäm konstanten k .

b) Dimensionera halvledarbiten så att resistansen är 50 ohm vid 450 K.

4. Hur skulle Du teckna strömmen genom nedanstående framspända p^+n^+ -diod? Ytrekombinationshastigheten i metallhalvledarövergångarna är mycket stor och diffusionslängden är $30 \mu\text{m}$ i både n^+ och p^+ -området.



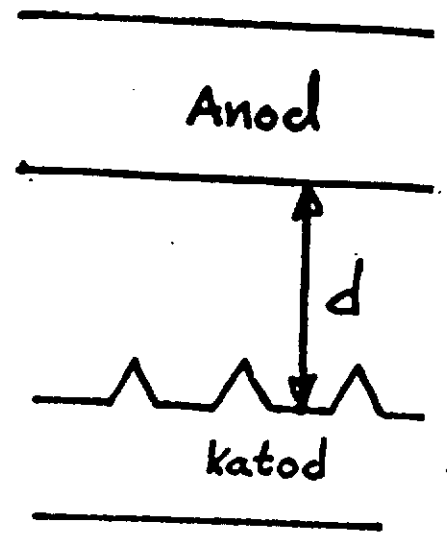
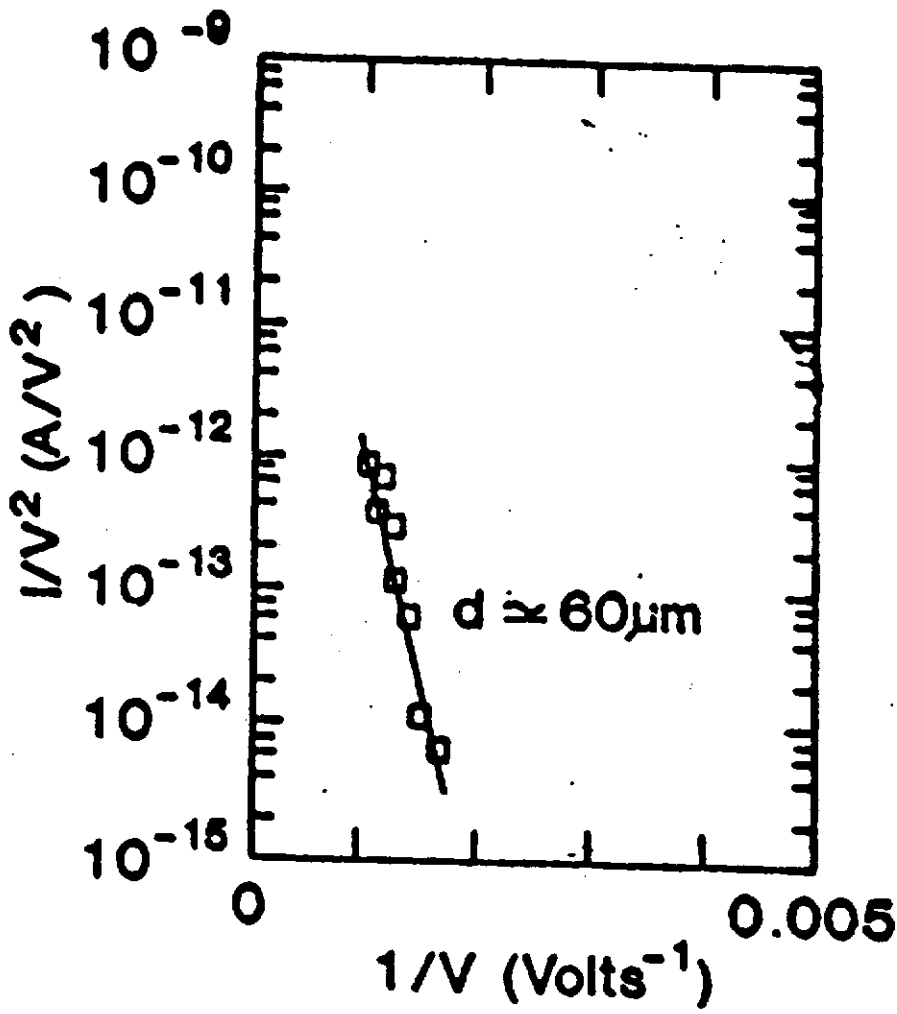
5. Jag fann följande diagram för in- och utgångskaraktistiken för en npn-transistor.



Hjälp mig att bestämma parametrarna i Ebers-Moll ekvivalenta schema. Vilken parameter kan bestämmas med bäst noggrannhet?

6. En MOSFET skall användas som en styrbar konduktans. Den differentiella konduktansen skall varieras mellan 0.5 mS och 5 mS - styrd av en yttre spänning. Hur gör Du?

Lycka till
Lennart



Elektromagnetik

TENTAMEN I FYSIKALISK ELEKTRONIK EMI 180 1999-01-14, kl. 14.15-19.15 i MG.

OBS! Tentamenstiden är 5 timmar

Jourhavande lärare: Lennart Lundgren, tel 772 18 34.

Tillåtna hjälpmedel: Alla hjälpmedel utom levande rådgivare och nätanslutna datorer.

Betygslistan anslås senast 1999-01-19

Granskning: Skrivningarna kan granskas 1999-01-19 kl. 12.15-13.15 i antennbiblioteket 6 vån i nordvästra delen av E-huset.

Bedömningsgrund: 30 p ger betyg 3, 40 p ger betyg 4 och 50 p ger betyg 5 efter summering av poäng på de enskilda uppgifterna. Samtliga tentor helhetsbedöms dock. Helhetsbedömningen göres alltid i en positiv anda, vilket innebär att betyget endast kan höjas!

Övertyga Dig om att Du har förstått problemen rätt innan Du går till verket. Skriv kortfattat men se till att Dina grundläggande tankegångar är klart redovisade. Bearbeta problemen så långt Du kan - Konstruktivt värdefulla spelöppningar ger också poäng. Om uppgifter saknas i problemtexten gör då själv tekniskt rimliga antaganden. Motivera klart och koncist de approximationer och antagande som Du gör vid uppställande av de elektronfysikaliska modellerna.

Övningsskrivningsresultatet får tillgodoräknas

DEL A

Högsta poäng på övningsskrivning eller tentamen tillgodoräknas

1. Hur stor är strömmen i en plan diod med följande data?

Data:

Emitteryta	0,5 cm ²
Emitter-kollektor avstånd	0,5 mm
Emittertemperatur	1200 K
Kollektortemperatur	600 K
Emitterns utträdesarbete	1,90 eV
Kollektorns utträdesarbete	4,54 eV
Kollektorspänning	5 V

2. Använd formeln $r \sin(\theta) = \text{konstant}$, som tar hänsyn till jordytans krökning vid jonosfärisk vågutbredning, för att beräkna den högsta frekvens, som kan användas idag kl 14.15 för radiokommunikation från Göteborg till USA via jonosfären. r är avståndet från jordens centrum ($r = 6360$ km vid jordytan).

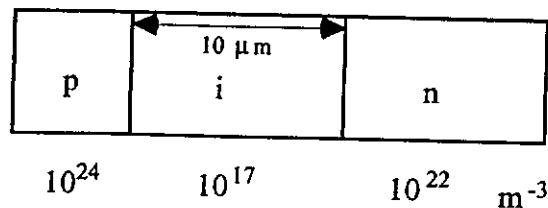
VÄND

DEL B

3. En p^+n -diod utformas med ett epitaxiellt skikt och ett högdopat substrat. Hur tjocka bör episkikt och substrat vara för att serieresistansen skall bli mindre än 1 ohm, om skivans totala tjocklek är 0,1 mm? Diodens tvärsnittyta är $0,1 \text{ mm}^2$

4. En pin-diod har ett lågdopat området mellan p och n-områdena. Komponenter har stor användning inom mikrovågstekniken.

a) Skissera hur det elektriska fältet varierar i nedanstående pin-diod vid backspänningen 10 V.



b) Hur stort är det elektriska fältet i det odopade området?

5. Vid vilken basvidd kan man försumma rekombinationsströmmen i en pnp-transistor i kisel. Antag lämpliga förutsättningar och ett vilkor för att kunna försumma rekombinationsströmmen och gör sedan beräkningarna.

6. n-kanal MOSFETar med Al som styremetall besvärades av en stor oxidladdning i början av 70-talet. Transistorerna blev av utarmningstyp med en ganska stor negativ tröskelspänning. Tröskelspänningen beräknas då i kursen "Fysikalisk elektronik" med en modell, där endast oxidladdningen beaktades. Alla andra effekter försumrades. Vilken oxidladdningstäthet tycker Du att det behövs för att man skall förfara på detta sätt? Motivera Ditt svar med några enkla beräkningar.

Elektromagnetik

TENTAMEN I FYSIKALISK ELEKTRONIK EMI180, 1999-08-20, kl. 08.45-13.45 i MG.

OBSERVERA ATT TENTAMENSTIDEN ÄR FEM TIMMAR

Jourhavande lärare: Lennart Lundgren, tel 772 18 34.

Tillåtna hjälpmedel: Alla hjälpmedel utom levande rådgivare och nätanslutna datorer.

Betygslistan anslås senast 1999-08-26.

Granskning: Granskningstid meddelas på kursens hemsida

Bedömningsgrund: 30 p ger betyg 3, 40 p ger betyg 4 och 50 p ger betyg 5 efter summering av poäng på de enskilda uppgifterna. Samtliga tentor helhetsbedöms dock. Helhetsbedömningen göres alltid i en positiv anda, vilket innebär att betyget endast kan höjas!

Övertyga Dig om att Du har förstått problemen rätt innan Du går till verket. Skriv kortfattat men se till att Dina grundläggande tankegångar är klart redovisade. Bearbeta problemen så långt Du kan - Konstruktivt värdefulla spelöppningar ger också poäng. Om uppgifter saknas i problemtexten gör då själv tekniskt rimliga antaganden. Motivera klart och koncist de approximationer och antagande som Du gör vid uppställande av de elektronfysikaliska modellerna.

DEL A

Högsta poäng på övningsskrivning eller tentamen tillgodoräknas

1. En emitter har ett fläckvis varierande utträdesarbete. Halva ytan har ett utträdesarbete av 2,3 eV och den andra halvan 2,0 eV. Jag skall använda emittern i en temperaturbegränsad diod. Vilket effektivt utträdesarbete skall jag använda för att beräkna strömmen? Formulera först en teori beräkna sedan det effektiva utträdesarbetet.
2. Hur varierar storheten q under solfläckscykeln för vår modell av jonosfären?

DEL B

3. Konduktansen i en halvledare är temperaturberoende. Effekten kan användas för att mäta temperaturen. En intrinsisk halvledarbit i kisel används för att mäta temperaturer omkring 450 K. Följande samband kan tecknas för att beräkna känsligheten hos mätmetoden:

$$\Delta T/T_0 = k\Delta G/G_0 \text{ där } T_0 = 450 \text{ K.}$$

a) Bestäm konstanten k .

b) Dimensionera halvledarbiten så att konduktansen är 50 mS vid 450 K.

4. På sidan 400 i kursboken finns nedanstående kurva uppritad. Kurva beskriver hur bandgapet ändrar sig med dopningen. Använd denna information för att rita upp banddiagrammet för en framspänd kiseldiod med följande data:

Framspänning 0,6 V
Donatordopning 10^{26} m^{-3}
Acceptordopning 10^{21} m^{-3}

Viken teori har Du använt för upplinjerig av banden, när bandgapet nu är olika i n resp. p-området?

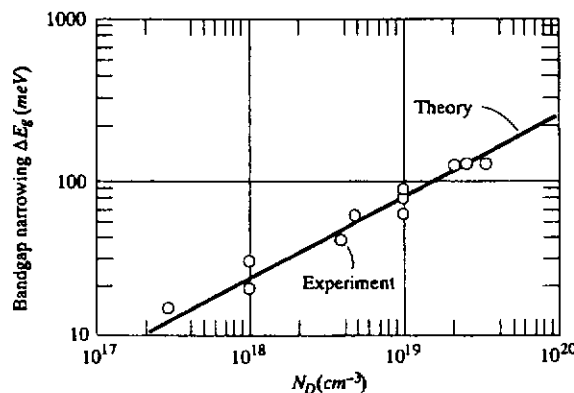


Figure 10-20 Bandgap-narrowing factor versus donor impurity concentration in silicon. (From Sze [8].)

5. Reduktionen av bandgapet gör också att strömförstärkningsfaktorn β slutar att öka när emittern dopas hårdare, se sidan 401 i kursboken. Med hänsyn endast till ovanstående effekt borde man kunna beräkna en optimal dopning för emittern. Hjälp mig med detta.

6. För att bestämma tröskelspänningen hos en n-kanal MOS-transistor lade jag 50 mV mellan emitter och kollektor varpå jag fick följande samband mellan kollektorström och styrspänning.

Kollektorström	Styrspänning
74 μA	5 V
53 μA	4 V
32 μA	3 V
13 μA	2 V
0 μA	1 V

a) Bestäm tröskelspänningen!

b) Är transistorn av enhancement- eller depletion typ?

c) Hur stor är kollektorströmmen om styrspänningen är 3 V och kollektorspänningen är 5 V?

Elektromagnetik

TENTAMEN I FYSIKALISK ELEKTRONIK EM1180
2002- 05- 27, kl. 14.15- 19.15 i V.

OBSERVERA ATT TENTAMENSTIDEN ÄR 5 TIMMMAR

Jourhavande lärare: Lennart Lundgren, tel 772 18 34.

Tillåtna hjälpmedel: Alla hjälpmedel utom levande rådgivare och nätanslutna datorer.

Granskning: Granskningstid meddelas på kursens hemsida. Betyg anges på hemsidan om Du anger Din Chalmerskod.

Bedömningsgrund: 30 p ger betyg 3, 40 p ger betyg 4 och 50 p ger betyg 5 efter summering av poäng på de enskilda uppgifterna. Samtliga tentor helhetsbedöms dock. Helhetsbedömningen göres alltid i en positiv anda, vilket innebär att betyget endast kan höjas!

Övertyga Dig om att Du har förstått problemen rätt innan Du går till verket. Skriv kortfattat men se till att Dina grundläggande tankegångar är klart redovisade. Bearbeta problemen så långt Du kan - Konstruktivt värdefulla spelöppningar ger också poäng. Om uppgifter saknas i problemtexten gör då själv tekniskt rimliga antaganden. Motivera klart och koncist de approximationer och antagande som Du gör vid uppställande av de elektronfysikaliska modellerna.

DEL A

Högsta poäng på övningskrivning eller tentamen tillgodoräknas

1. Normalt använder man ekv 2.14 för att beräkna strömmen genom en plan rymdladdningsbegränsad vakuumdiod. Ekvation 3.11 i kompendiet bör användas för att beräkna strömmen genom en plan vakuumdiod när kollektorspänningen är låg eller när elektrodavståndet är kort. Under vilka förutsättningar skulle byta till ekv 3.11. Motivera Ditt svar kortfattat.

2. Uppskatta hur snabbt E-skiktet bildas på morgonen genom att försumma rekombinationstermen i ekv 4.36

DEL B

3. Plotta strömmen i logaritmisk skala som funktion av spänningen för en kiseldiod i spänningsintervallet 0,6 till 2 volt. Antag att serieresistansen är 1 ohm. Välj ett lämpligt värde på I_s

4. Kurvan i kursboken på sidan 379 beskriver hur bandgapet ändrar sig med dopningen. Använd denna kurva för att rita upp banddiagrammet (eV skall motsvara 5 cm) för en framspänd diod med följande data:

Framspänning 0,7 V

Donatordopning 10^{26} m^{-3}

Acceptordopning 10^{21} m^{-3}

Vilken modell har Du valt för att linjera upp banden, när bandgapet är olika i n resp p-området?

5. En pnp- transistor skall ha en strömförstärkning $\beta = 200$. Kravet är något extremt. Är det möjligt att uppnå denna strömförstärkning och i så fall på vilket sätt. Motivera Dina val med någon form av beräkningar eller uppskattningar.

6. En MOS-transistor med Al-styre tillverkas på ett p-substrat. Oxidjockleken är 500 Å och ytladdningstätheten 10^{16} m^{-2} . Den uppmätta tröskelspänningen är -2 volt. Hur stor är substratdopningen?

Lycka till
Lennart

Elektromagnetik

TENTAMEN I FYSIKALISK ELEKTRONIK EMI180,
2003-08-23, kl. 08.45 - 13.45.

OBSERVERA ATT TENTAMENSTIDEN ÄR 5 TIMMMAR

Jourhavande lärare: Lennart Lundgren, tel 772 18 34 eller 55 58 57

Tillåtna hjälpmedel: Alla hjälpmedel utom levande rådgivare och nätanslutna datorer.

Granskning: Granskningstid meddelas på kursens hemsida

Bedömningsgrund: 30 p ger betyg 3, 40 p ger betyg 4 och 50 p ger betyg 5 efter summering av poäng på de enskilda uppgifterna. Samtliga tentor helhetsbedöms dock. Helhetsbedömningen göres alltid i en positiv anda, vilket innebär att betyget endast kan höjas!

Övertyga Dig om att Du har förstått problemen rätt innan Du går till verket. Skriv kortfattat men se till att Dina grundläggande tankegångar är klart redovisade. Bearbeta problemen så långt Du kan - Konstruktivt värdefulla spelöppningar ger också poäng. Om uppgifter saknas i problemtexten gör då själv tekniskt rimliga antaganden. Motivera klart och koncist de approximationer och antagande som Du gör vid uppställande av de elektronfysikaliska modellerna.

DEL A

Högsta poäng på övningskrivning eller tentamen tillgodoräknas

1. Plotta strömtätheten som funktion av den pålagda spänningen genom en plan diod med mycket kort avstånd mellan emitter och kollektor. Orsaken är att få så liten inverkan av rymdladdningen som möjligt. Strömmen skall plottas i det medföljande diagrammet. Det är lämpligt att använda spänningarna 1, 3, 10, 30, 100 volt osv

Följande data gäller för dioden:
Avstånd emitter kollektor 0,01 mm
Emittertemperatur 1000 °C
Kollektortemperatur 200 °C
Emitterns utträdesarbete 2,0 eV
Kollektorns utträdesarbete 4,5 eV

2. Radiovågor inom frekvensområdet 1 MHz till 100 MHz utsändes i natt kl 0200 från Göteborg dels vinkelrätt mot markytan och dels parallellt med markytan. Vad händer i de två fallen?

DEL B

3. En övre gräns för snabbheten hos halvledarkomponenter sätts av den maximala gruppshastigheten i bandet. Uppskatta den maximala gruppshastigheten i GaAs från figur 2.28 i kursboken.
4. Plotta elektron- och hålkoncentrationen som funktion av avståndet i en framspänd p^+n -diod. Välj själv lämpliga parametrar samt motivera Dina val.
5. Uppgift 5 från ordinarie tentan gav en rättvisande bild av förståelsen kring den bipolära transistorn. Jag återupprepar därför uppgiften: En pnp-transistor skall ha en strömförstärkning $\beta=500$. Kravet är något extremt. Är det möjligt att uppnå denna strömförstärkning och i så fall på vilket sätt. Motivera dina val med någon form av beräkningar eller uppskattningar.
6. Tröskelströmmen hos en n-kanal MOS-transistor kan bestämmas grafiskt genom att plotta kollektorströmmen som funktion av styrspeänningen vid låg emitter-kollektorspänning. Nedanstående data erhöles vid mätningen.
 - a) Beräkna tröskelspeänningen grafiskt.
 - b) Din beräkning kommer inte att stämma med databladets tröskelspeänning 1,3 V. Orsaken är att mätningen skedde vid för hög emitter-kollektorspänning. Vid vilken emitter-kollektorspänning utfördes mätningen?

V_{GS} (V)	I_{DS} (μA)
4,0	38
3,5	28
3,0	18
2,5	8
2,0	1
1,5	0

Elektromagnetik

TENTAMEN I FYSIKALISK ELEKTRONIK EM180, 2004-01-14, kl. 08.45 - 13.45.

OBSERVERA ATT TENTAMENSTIDEN ÄR 5 TIMMMAR

Jourhavande lärare: Lennart Lundgren, tel 772 18 34.

Tillåtna hjälpmedel: Alla hjälpmedel utom levande rådgivare och nätanslutna datorer.

Granskning: Granskningstid meddelas på kursens hemsida

Bedömningsgrund: 30 p ger betyg 3, 40 p ger betyg 4 och 50 p ger betyg 5 efter summering av poäng på de enskilda uppgifterna. Samtliga tentor helhetsbedöms dock. Helhetsbedömningen göres alltid i en positiv anda, vilket innebär att betyget endast kan höjas!

Övertyga Dig om att Du har förstått problemen rätt innan Du går till verket. Skriv kortfattat men se till att Dina grundläggande tankegångar är klart redovisade. Bearbeta problemen så långt Du kan - Konstruktivt värdefulla spelöppningar ger också poäng. Om uppgifter saknas i problemtexten gör då själv tekniskt rimliga antaganden. Motivera klart och koncist de approximationer och antagande som Du gör vid uppställande av de elektronfysikaliska modellerna.

DEL A

Högsta poäng på övningskrivning eller tentamen tillgodoräknas

1. Plotta strömtätheten genom en plan diod med följande data, som funktion av den pålagda spänningen. Strömmen skall plottas i ett dubbellogaritmiskt diagram. Starta med en spänning av 1 volt. Det är lämpligt att använda spänningarna 1, 3, 10, 30, 100 volt osv.

Följande data gäller för dioden:
Avstånd emitter kollektor 0,01 mm
Emittertemperatur 1000 °C
Kollektortemperatur 200 °C
Emitterns utträdesarbete 2,0 eV
Kollektorns utträdesarbete 4,5 eV

2. Uppskatta storleksordningen på felet som uppträder om man beräknar tillväxten hos E-skiktet på morgonen utan att ta hänsyn till rekombinationstermen.

DEL B

3. Föreslå en strömbegränsande transportmekanism för en polykristallin halvledarfilm, där filmen i genomskärning består av ett antal lika stora kristallina korn i ett antal lager. För en och samma pålagda spänning, vilken film ger högst ström - den med stora korn eller den med små? Förklara utifrån Din föreslagna transportmodell.
4. Den ideala diodekvationen gäller någorlunda väl inom spänningsintervallet 0,6- 0,8 V. Detta är då spänningen över själva övergången. Hur stor är samtidigt spänningen över dioden, om man inkluderar spänningsfallet över serieresistansen?
- Betrakta en p^+n - diod med ytan $0,2 \text{ mm}^2$ och dopningstätheterna $N_A = 10^{25} \text{ m}^{-3}$ och $N_D = 10^{22} \text{ m}^{-3}$. Substratet har dopningstätheten 10^{25} m^{-3} . Motivera Dina antagande!
5. Strömtätheten i en aktiv bipolar pnp- transistor är 10^6 A/m^2 .
- Vilka typ av rörliga laddningar har vi i basen?
 - Hur stor är den rörliga laddningstätheten i basen vid gränsen mellan det neutrala området och emittorn?
 - Hur stor är den rörliga laddningstätheten i basen vid gränsen mellan det neutrala området och kollektorn?

Gör själv rimliga antagande rörande de parametrar Du behöver.

6. Tröskelspänningen hos en MOSFET kan justeras genom jonimplantation se 11.3.3 i kursboken.
- Hur stor dos skall jag använda för att minska tröskelspänningen med 0,5 V för en p- kanaltransistor med oxidtjockleken 700 \AA ?
 - Vilket ämne skall jag jonimplanterera?
 - Skissa utseendet på den fasta laddningstätheten i halvledaren om jonimplanteringen tränger in $0,2 \text{ \mu m}$. Antag att substratdopningen är $3 \cdot 10^{21} \text{ m}^{-3}$. Antag något lämpligt utseende på inträngningsprofilen.

Tentamen i Fysikalisk elektronik EMI180 måndagen den 23 maj 2005 kl 8.30- 13.30

OBSERVERA ATT TENTAMENSTIDEN ÄR 5 TIMMMAR

Jourhavande lärare: Lennart Lundgren, tel 772 18 34

Tillåtna hjälpmedel: Alla hjälpmedel utom levande rådgivare och nätanslutna datorer.

Granskning: Granskningstid meddelas på kursens hemsida

Bedömningsgrund: 30 p ger betyg 3, 40 p ger betyg 4 och 50 p ger betyg 5 efter summering av poäng på de enskilda uppgifterna. Samtliga tentor helhetsbedöms dock. Helhetsbedömningen göres alltid i en positiv anda, vilket innebär att betyget endast kan höjas!

Övertyga Dig om att Du har förstått problemen rätt innan Du går till verket. Skriv kortfattat men se till att Dina grundläggande tankegångar är klart redovisade. Bearbeta problemen så långt Du kan - Konstruktivt värdefulla spelöppningar ger också poäng. Om uppgifter saknas i problemtexten gör då själv tekniskt rimliga antaganden. Motivera klart och koncist de approximationer och antagande som Du gör vid uppställande av de elektronfysikaliska modellerna.

DEL A

Högsta poäng på övningskrivning eller tentamen tillgodoräknas

1. Uträdesarbetet kan bestämmas genom att kurvanpassa en uppmätt emissionsström som funktion av temperaturen till Richardson –Dushmans formel. Man måste ha mer flera strömvärden, eftersom man vanligen inte känner den emitterande ytan. Om utträdesarbetet är temperaturberoende, så får man då ett felaktigt värde.
 - a) Visa på vilket sätt.
 - b) Om variationen i utträdesarbetet är linjär inom det aktuella mätområdet, hur stort blir då felet?
2. Frågor rörande E- skiket
 - a) På vilken höjd befinner sig skiket?
 - b) Hur stor är elektrontätheten på dagen?
 - c) Hur stor är elektronproduktionen?
 - d) Hur stor är elektrontätheten i gryningen?
 - c) Hur stor är jonisationsgraden?

DEL B

3. Jag behöver ett halvledarmaterial med hög ledningsförmåga. En övre gräns för dopningstätheten är 10^{25} m^{-3} .

a) Vilket material och vilket dopämne skall jag välja om jag vill ha en ledningsförmåga större än 10^5 S/m ?

En resistans skall utformas i ett $10 \text{ }\mu\text{m}$ tjock ytskikt. Eftersom strömmen flyter i ett ytskikt är det lämpligt att införa en ytresistans.

b) Hur bör en sådan resistans definieras?

c) Hur stor blir den aktuella ytresistansen för Ditt val av parametrar?

4. Resonanskretsen i en lokaloscillator för FM- motagare skall kunna avstämmas mellan 80 och 100 MHz med hjälp av en backspänd diod. Resonanskretsen består av en induktans och den icke- linjära kapacitansen i dioden. Vilken diod skall jag välja (dopningstätheter och diodyta) och mellan vilka värden skall jag svepa backspänningen?

5. Strömtätheten i en bipolar pnp- transistor är 10^6 A/m^2 .

a) Vilken typ av laddningsbärare står för strömmen genom basen?

b) Hur stor är elektron- och håltätheten i basen vid gränsen mellan det neutrala området och emittern?

c) Hur stor är elektron- och håltätheten i basen vid gränsen mellan det neutrala området och kollektorn?

Gör själv rimliga antagande av de parametrar Du behöver.

6. Uppskatta den rörliga elektrontätheten i kanalen i en n- kanal MOSFET vid tröskelspänningen. Dopningstätheten i substratet är $3 \cdot 10^{22} \text{ m}^{-3}$ för den aktuella transistorn.