



Tentamen 25 augusti 2005

Fysik, del C

Fasta tillståndets elektronik

för D2 (FFY 171)

Mikroelektronik;

Komponenter, del A

för E2 (ETI 145)

Tentamen äger rum i V-salarna torsdag 25/8 2005 mellan klockan 14.00 och 18.00.

Ansvarig lärare är Per Lundgren, tel. 772 18 82.

Inga tillåtna hjälpmedel mer än skrivutensilier på tentatalen i grupp 1-2. När lösningar till grupp 1 och 2 lämnats in får valfria hjälpmedel (utom levande rådgivare) användas för att bearbeta uppgifterna i grupp 3.

För godkänt krävs 8 av 18 poäng. Dessutom måste man erhålla 5 av maximalt 6 möjliga poäng på de fyra deltalerna i grupp 1 (1a-d), där varje tal kan ge 2 poäng. I grupp 2 kan man erhålla maximalt 2 poäng. Uppgifterna i grupp 3 kan ge 5 poäng vardera. 11-14 totalpoäng ger delbetyg 4, och fler än 14 poäng ger delbetyg 5.

Lösningar anslås fredag 26/8 på kursens hemsida i Studieportalen.

Preliminära rättningsprotokoll anslås i linsens bottenvåning under Mikroelektronik del A (både E och D resultat) samt utanför kontor B509 i MC2 senast torsdag 8/9 klockan 12.00.

Granskning av tentamen sker på avdelningen för fasta tillståndets elektronik fredag 9/9 klockan 11.30-13.00.

Chalmers tekniska högskola

Fasta tillståndets elektronik

augusti 2005



GRUPP 1

Deluppgifterna (1a-d) skall lösas utan andra hjälpmedel än skrivdon. Varje deluppgift kan ge 2 poäng. Maximalt 6 poäng kan erhållas totalt från denna grupp och minst 5 poäng krävs för godkänt.

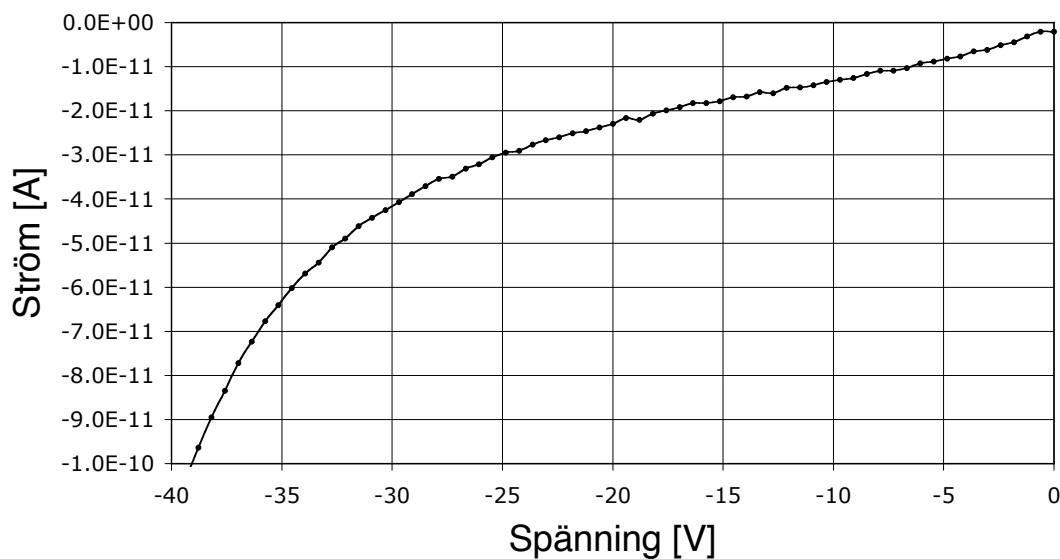
Uppgift 1a

Förklara under vilka (två) olika omständigheter man inte kan uppmäta skillnad i ledningsförmågan för två geometriskt lika kiselområden där donatorkoncentration är hundra gånger högre i det ena området än i det andra.

Uppgift 1b

Figuren nedan visar den uppmätta ström-spänningskarakteristiken i backriktningen för en verklig diod. Ange en passning av ideala diodekvationen i backriktningen till den uppmätta kurvan.

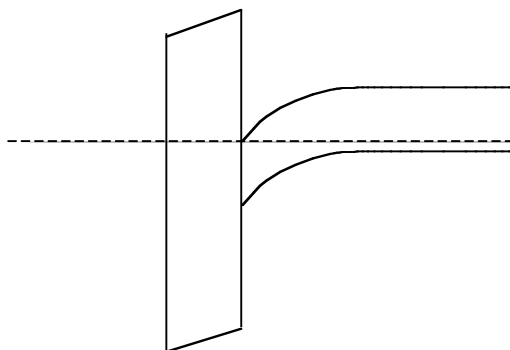
Ström-spänning för backspänd diod





Uppgift 1c

Nedan finns ett energibanddiagram för en MOS struktur mellan styre och substrat i en MOSFET utan pålagda spänningar. Den streckade linjen är ferminivån. Motivera (kortfattat) vilket funktionssamband vi får mellan drainström och drainspänning om vi i detta läge lägger en liten positiv spänning på drain (i förhållande till övriga anslutningar).



Uppgift 1d

En bipolärtransistor är aktivt förspänd med emittern jordad. Ange ett förenklat småsignalkretsekvivalentschema med bara en kretscomponent för det fall insignalen har en frekvens som är hundra gånger högre än transistorens gränshfrekvens.

GRUPP 2

Deluppgiften skall lösas utan andra hjälpmedel än skrivdon. Korrekt svar ger 2 poäng.

Uppgift 2, Tillverkningsteknik

Vilken är den avgörande tekniska fördelen med att använda kisel för att tillverka MOSFETar (istället för t ex GaAs)?



GRUPP 3

Uppgifterna får lösas med valfria hjälpmedel, vilket innebär att lösningarna till uppgifterna i grupp 1 och 2 måste ha lämnats in innan hjälpmedel får tas fram. Varje uppgift kan ge 5 poäng, där 4 poäng ges till innehållsmässigt godkänd lösning. För att få 5 poäng måste lösningen dessutom vara välmotiverad, välgjord och välstrukturerad.

Uppgift 3

I den bifogade artikeln "Photographic surveying of minority carrier diffusion length in polycrystalline silicon solar cells by electroluminescence", Applied Physics Letters vol. 86, 262108-2 (2005) av T. Fuyuki m fl beskrivs en metod för att mäta minoritetsladdningsbärarnas diffusionslängd genom att titta på hur mycket en framspänd pn-övergång lyser (infrarött). Förklara det till synes paradoxala att en kort diffusionslängd (vilket borde innebära kort laddningsbärarlivstid och därmed mycket rekombination) ger lägre mängd emitterat ljus!

Uppgift 4

Ekvation (1) och (2) i den bifogade artikeln sägs beskriva minoritetsladdningsbärarkoncentrationen. Författarna gör inte helt rätt när de presenterar ekvationerna som de gör. Förklara vad de gör för fel och beskriv hur de borde ha gjort istället!



Lösningförslag och Rättningsmall

Tentamen 25 augusti 2005

Fysik, del C

Fasta tillståndets elektronik

för D2 (FFY 171)

Mikroelektronik;

Komponenter, del A

för E2 (ETI 145)



GRUPP 1

Uppgift 1a Lösningsförslag

Antingen är halvledaren intrinsisk, d v s intrinsiska laddningsbärarkoncentrationen är högre än de båda donatorkoncentrationerna, eller så är acceptorkoncentrationen lika och högre än donatorkoncentrationerna i de båda områdena.

Materialen är intrinsiska	+1
Acceptorkoncentration högre än donatorkoncentration	+1
Utfrysning	+0
Speciell temperatur (t ex 0 K)	+0.5
Genombrott	+0.5
Donatorer kompenserade med acceptorer	+0.5

Uppgift 1b Lösningsförslag

Ideala diodekvationen ger (i i princip) en konstant ström i backriktningen, och man kan ju välja t ex -20 pA, vilket stämmer skapligt (inom en faktor 2) mellan -5 V och -30 V.

Konstant I_0 inritad/angiven till rimligt värde	+1
Korrekt ideal diodekvation angiven	+1
Använder ideal-ideal modell på bra sätt	1

Uppgift 1c Lösningsförslag

Vi har laddningsbärare i kanalen (inversion) redan utan pålagd spänning på gate/styre. Drainspänningen ger ett elektriskt fält längs kanalen vilket får kanalladdningen att driva från source till drain. Det svaga elektriska fältet ger en linjär ökning av laddningsbärarnas hastighet med ökad spänning (ökad fältstyrka), om vi antar att vi har fältberoende mobilitet. För små spänningar kan vi försumma att kanalladdningen vid drain minskar något.

Strömmen linjärt beroende av spänningen+kort motivering	2
Ingen gatespänning -> ingen kanal -> ingen ström	0
Mättnad	0
Exponentiellt samband (subtröskelområde)	0



Uppgift 1d Lösningsförslag

Eftersom gränshfrekvensen är överskriden fungerar inte transistorn längre i huvudsak som en transkonduktans. Den enda krets-komponenten skall alltså *inte* vara en transkonduktans. Vid hög frekvens går kapacitanser mot kortslutning och ett möjligt kretsschema vore att ha kortslutet mellan emitter och bas och en kapacitans mellan bas och kollektor.

Ingen transkonduktans med	+2
Mer än en komponent eller annan oegentlighet	-1
Avbrott mellan emitter och bas	-1

GRUPP 2

Lösningförslag

Kisel kan enkelt oxideras för att bilda isolatorn kiseldioxid, vilket utgör en utmärkt styreisolering.

Oxidation av kisel enkelt	+1
Oxidation ger bra isolator	+1
Polykisel tillgängligt	+1

GRUPP 3

Uppgift 3 Lösningförslag

Den rekombination som ger ut infrarött ljus är försumbart liten i förhållande till den rekombination som sker utan att ljus emitteras. Om många laddningsbärare rekombinerar snabbt utan att ljus sänds ut (kort diffusionslängd), så är det få som har en chans att rekombinera så att det lyser.

Icke lysande rekombination dominerar (i diffusionslängden)	3-5
Fononkrockar ger ljus (inte rekombination)	2



Uppgift 4 Lösningsförslag

Ekvation (1) borde sägas gälla under något visst antagande om ett givet randvillkor då x går antingen mot W eller mot oändligheten. Som det ser ut antar författarna att elektronkoncentrationen på p-sidan går mot noll då x går mot oändligheten, och det är ett sämre antagande än att säga t ex att koncentrationen går mot jämviktskoncentrationen i oändligheten.

I ekvation (2) integreras funktionen (1) utan villkor för $W - d$ v s det ser ut som att W kan vara hur kort eller långt som helst, men det är inte korrekt, eftersom (1) gäller under antagande om att vi har ett område med mycket lång (oändlig) utsträckning.

Ekvation (1) saknar n_{p0}	+1
Kritik av hanterandet av randvillkor/långt prov approximation	+2
Kritik av förenklad diffusionslängd	+2