

Övningar Halvledare

1a) Diskutera varför atomer bara absorberar vissa färger ("spektrallinjer") medan halvledare absorberar allt ljus med en våglängd kortare än ett visst värde.

I en ensam atom finns det endast ett relativt litet antal diskreta energitillstånd som elektronerna kan befinna sig i. Ljusabsorption i en atom kan därmed endast ske för ljusvåglängder vars fotonenergi exakt motsvarar energiskillnaden mellan de diskreta energitillstånden.

I en kristall finns det många atomer som elektronerna kan växelverka med på många olika sätt. Det leder till ett stort antal närliggande energinivåer fördelade på energiband separerade av bandgap. Ljusabsorption kan då ske för alla ljusvåglängder som har en fotonenergi stor nog att nå från ett energiband till nästa, dvs med en fotonenergi större än bandgapet.

b) På vilket sätt kan detta utnyttjas i solceller?

Genom att välja en halvledare vars bandgap är tillräckligt litet kommer det mesta av solens spektrum kunna absorberas. Ljusabsorptionen leder i sin tur till att elektroner i halvledaren exciteras till högre energitillstånd. Elektroner med hög energi kan sedan extraheras och utnyttjas för att uträtta lämpligt arbete.

3) Varför är det alltid lika många elektroner som hål i en odopad halvledare?

När man i halvledarfysik pratar om elektroner så avses de elektroner som finns i (det normalt tomma) ledningsbandet. Om halvledaren är odopad måste elektronerna komma från (det normalt fulla) valensbandet. Därmed kommer det saknas lika många elektroner i valensbandet som det nu finns elektroner i ledningsbandet. Eftersom avsaknaden av elektroner i valensbandet kallas hål kan man alltså säga att det måste finnas lika många elektroner (i ledningsbandet) som hål (i valensbandet).

4) I stort sett alla kameror görs idag av Si (kisel). Om man istället skulle göra en kamera baserad på GaP (galliumfosfid), hur skulle bilden se ut?

Bandgapet hos Si är tillräckligt litet för att allt synligt ljus ska kunna absorberas. GaP däremot har ett bandgap som är för stort för att rött och gult ljus ska kunna absorberas. En kamera-sensor av GaP skulle därmed bara kunna detektera grönt och blått ljus så bilderna skulle få mycket konstiga färger där allt som är rött och gult skulle uppfattas som svart.

5) I TV-apparater använder man ofta en lysdiod av GaAs (galliumarsenid) i fjärrkontrollen och en detektor av Si (kisel) som mottagare. Varför kan man inte göra tvärtom?

Lysdioder sänder ut ljus med en energi som är ungefär lika stor som halvledarens bandgap. För att en detektor ska kunna detektera ljuset måste detektorn vara tillverkad av en halvledare med ett mindre bandgap. Eftersom GaAs har ett större bandgap än Si kan GaAs inte användas som detektor om lysdioden hade varit gjord av Si.

Överkurs: Det är dessutom så att Si har något som kallas indirekt bandgap vilket hindrar att man gör lysdioder av Si.

6) Man gör även MOS-transistorer då man utgår från en n-typ halvledare istället för p-typ som i föreläsningen. I en sådan transistor sker strömtransporten med hjälp av hål istället för elektroner. Diskutera igenom hur en sådan transistor skulle fungera. Vad ska spänningarna ha för tecken, hur flyter strömmen när transistorn är på?

I det här fallet vill man få hål (i stället för elektroner) att gå från source till drain när transistorn är på. För att få hål under gaten ska gate-spänningen nu vara negativ och för att få hålen att gå från source till drain ska drain-spänningen också vara negativ. Ett flöde av positivt laddade hål från source till drain innebär att den elektriska strömmen nu går från source till drain.