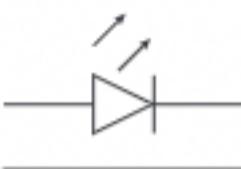
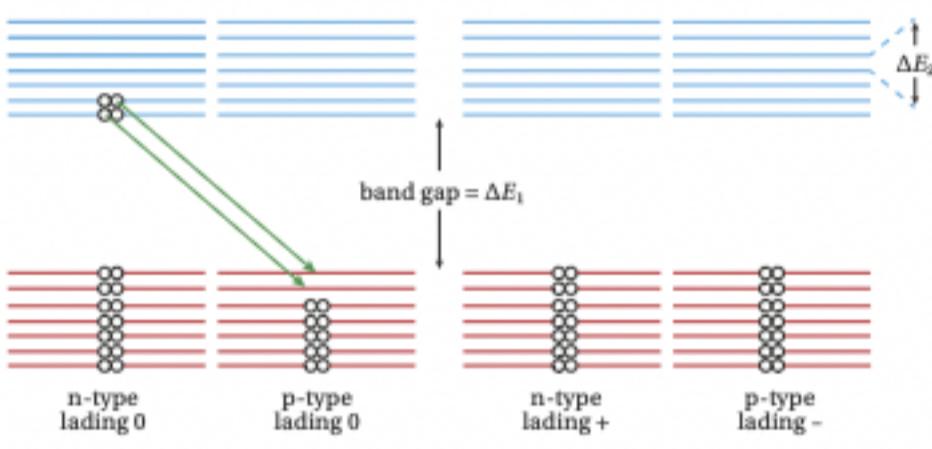


- 32 In figuur 13.52 zie je het symbool van een led. In een led zitten twee soorten halfgeleidend materiaal tegen elkaar aan. Deze soorten heten n-type en p-type. Is in figuur 13.52 de rechterkant verbonden met de minpool van een spanningsbron, dan staat de led in de doorlaatrichting. Een elektron komt dan eerst in het n-type halfgeleidend materiaal en daarna in het p-type.
- a Bevindt in figuur 13.52 het n-type halfgeleidend materiaal zich aan de linkerkant of aan de rechterkant van de led? Licht je antwoord toe.



Figuur 13.52

Bij het n-type zijn de energieniveaus van de valentieband helemaal gevuld en er zitten extra elektronen in de geleidingsband. De valentieband en de geleidingsband zijn gescheiden door een band gap van $\Delta E_1 = 2,26$ eV. Het p-type heeft juist nog een aantal open plekken in de valentieband. Breng je het n-type en p-type bij elkaar, dan gaan elektronen uit de geleidingsband van het n-type naar de valentieband van het p-type en vullen die op. De rechterfiguur in figuur 13.53 geeft de eindsituatie.



Figuur 13.53

- Een led staat in de sperrichting als je het n-type aansluit op de pluspool van een spanningsbron en het p-type op de minpool.
- b Leg uit waarom in deze richting geen stroom kan lopen.
Sluit je het n-type aan op de minpool, dan kunnen wel elektronen oversteken. Die elektronen moeten dan wel voldoende energie hebben.
- c Voer de volgende opdrachten uit:
- Leg uit waarom het elektron voldoende energie moet hebben.
 - Bepaal de drempelspanning van de led.

Als het elektron van het n-type doorstroomt naar het p-type, valt het elektron terug naar de valentieband. Hierbij raakt het elektron energie kwijt onder uitzending van een foton.

- d Bepaal de kleur van het licht dat de led uitzendt als een elektron van de onderkant van de geleidingsband terugvalt.

Een elektron bevindt zich bij binnengang in een van de energieniveaus van de geleidingsband. Het energieverlies tussen twee niveaus is ΔE_2 . Een elektron kan terugvallen naar een van de andere energieniveaus binnen de geleidingsband. Dit heet interne conversie.

- e Leg uit dat bij interne conversie warmtestraling vrijkomt.
Het halfgeleidend materiaal waaruit de led bestaat, heeft bepaalde afmetingen. Daardoor is de ruimte voor de elektronen beperkt. Zijn elektronen in een halfgeleider gebonden aan een atoom, dan is de ruimte nog verder beperkt. De grootte van de energieverliesen ΔE_1 en ΔE_2 hangt hiermee samen.
- f Hangt ΔE_1 samen met de afmetingen van de led of met de afstanden tussen de afzonderlijke atomen? Licht je antwoord toe.

Opgave 32

- a In figuur 13.52 staat de led in de doorlaatrichting als de stroom van links naar rechts door de led loopt. De elektronen gaan in de tegenovergestelde richting. In de tekst staat dat het elektron eerst in het n-type materiaal komt. In figuur 13.52 bevindt het n-type geleidende materiaal zich dus aan de rechterkant van de led.
- b De pluspool trekt aan de elektronen uit het n-type, maar daar is al een tekort aan elektronen. De minpool duwt elektronen richting het p-type, maar daar is al een overschat. De stroom wordt dus geblokkeerd
- c - Het elektron moet binnenkomen via de geleidingsband. Alle lagere energieniveaus zijn immers bezet. De elektrische energie van het elektron moet dus groot genoeg zijn om de band gap te kunnen oversteken.
- De drempelspanning bereken je met de formule voor de toename van de elektrische energie.
Volgens de wet van behoud van energie is de toename van de elektrische energie (minstens) gelijk aan de fotonenergie die vrijkomt bij terugvalen.

$$E_{\text{el}} = E_f = 2,26 \text{ eV}$$

$$E_{\text{el}} = q \cdot U$$

$$q = e \text{ bij een elektron}$$

$$U = 2,26 \text{ V}$$

- d De kleur van het licht bepaal je met BINAS tabel 19A.
Bij het terugvallen van een elektron komt een foton vrij met een energie van 2,26 eV.
Volgens BINAS tabel 19A hoort bij dit type fotonen zichtbaar licht in de kleur groengeel.
- e Dat bij interne conversie warmtestraling vrijkomt bereken je met BINAS tabel 19A.
Bij interne conversie is het energieverlies veel kleiner dan 2,26 eV.
De bijbehorende fotonen hebben dan ook een veel kleinere energie. Als de fotonenergie veel kleiner is dan 2,26 eV, behoort de erbij behorende straling volgens BINAS tabel 19A niet tot zichtbaar licht, maar tot infraroodstraling. Infraroodstraling is warmtestraling.
- f Of ΔE_1 samenhangt met de afmetingen of met de afstanden bereken je met de formule voor de energie van een deeltje in een eendimensionale energieput.

$$E_n = \frac{\hbar^2}{8m \cdot L^2}$$

Kleinere hoeveelheden energie en dus kleine energieverliesen horen dus bij een grotere waarde van L . De afmetingen van de led zijn groter dan de afstanden tussen de atomen. Omdat ΔE_1 groter is dan ΔE_2 bepalen de afstanden tussen de afzonderlijke atomen in de led dus ΔE_1 (en de afmeting van de led zelf bepaalt dus ΔE_2).