

Quantum Rules!

Zonnecellen

In dit practicum bestuderen we de technologie van zonnecellen. De technologie is gebaseerd op het foto-elektrisch effect en de werking van halfgeleiders. Met het foto-elektrisch effect kan stralingsenergie overdragen worden aan elektronen, en kan vervolgens als elektrische energie gebruikt worden. Bij voldoende energie kunnen elektronen helemaal vrij gemaakt worden uit een metaal. Halfgeleiders worden zo ontworpen dat kleinere potentiaalsprongen mogelijk zijn. De elektronen blijven dan in het materiaal. Zo kun je de energiesprong van de elektronen afstemmen op het spectrum van de opvallende straling waardoor je een aardig rendement uit zonne-energie halen. Halfgeleidertechnologie kan je trouwens net zo goed gebruiken voor het omgekeerde proces: om heel efficiënt licht op te wekken uit elektriciteit (LEDs, zie fig. 1).

In fig. 2 staat het elektrisch schema weergegeven. Let op elektronen stromen met de klok mee, de stroom I loopt tegen de klok in.

Optimaal gebruik

Het vermogen uit een zonnecel $P = U \cdot I$ is het product van stroom en spanning. In het gebruik wil je een zonnecel belasten door een apparaat, bijvoorbeeld een wasmachine, of een oplader voor je telefoon. Een wasmachine is misschien wat veel gevraagd, en een oplader zal veel energie onbenut laten. Wat is de optimale belasting van een zonnecel? Om dit te bepalen sluiten we een variabele weerstand aan op een zonnecel en meten spanning over de weerstand en de stroom erdoor.

1. Schets het schakelschema van de zonnecel, met de variabele weerstand, stroom- en spanningsmeter in je schema.
2. Bouw het schema en laat het controleren voor je de proef begint. Zet de lamp niet aan voordat je akkoord hebt!

Het verband tussen spanning en stroom van een zonnecel heeft veel weg van een LED (fig. 3). Het vermogen $P = U \cdot I$ bij ieder punt haal je uit een (I,U) -diagram door de x -waarde U met de y -waarde I te vermenigvuldigen: dat is het oppervlak van de rechthoek in fig. 4.

Je hebt nodig:

- zonnepaneel
- voltmeter
- stroommeter
- weerstandbank
- meetsnoeren
- computer met Excel
- 500 W lamp

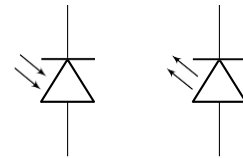


Fig. 1: De symbolen van een fotodiode en LED lijken op elkaar.

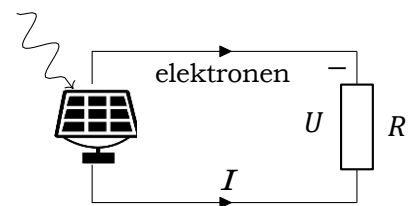


Fig. 2: Schakelschema van een zonnecel

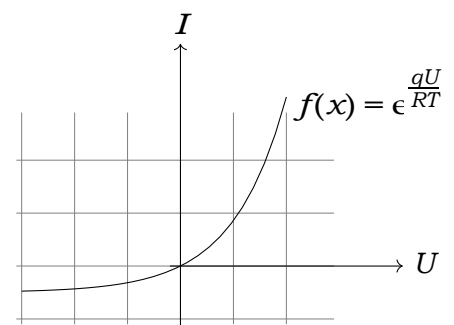
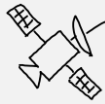


Fig. 3: (I,U) -diagram van een diode.



Quantum Rules!

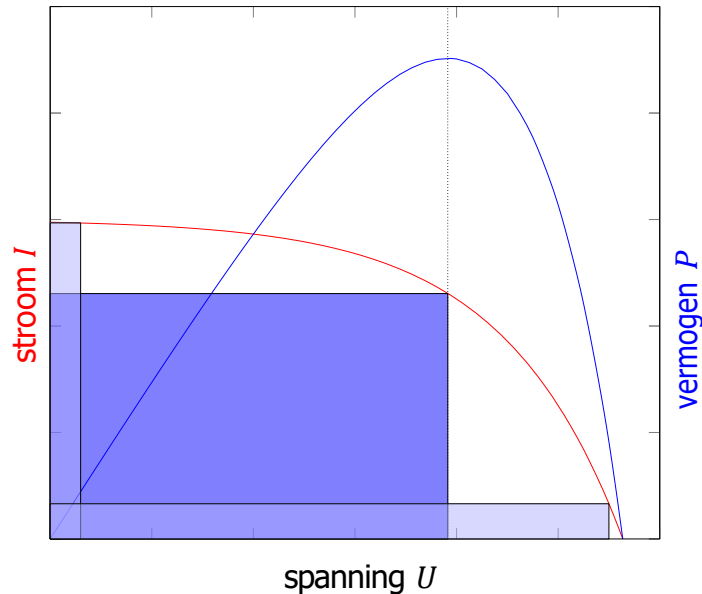
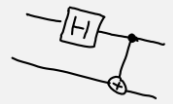


Fig. 4: Twee grafieken in een figuur. Stroom (I , rood) en geleverd vermogen (P , blauw) als functie van de spanning (U). Je krijgt de rode grafiek door de belichting van de zonnecel constant te houden en de belastingsweerstand te variëren.

In fig. 4 staat in rood het exponentiële verband tussen stroom en spanning aangegeven voor een zonnecel. De grafiek is gespiegeld rond de x-as omdat een zonnecel licht absorbeert en een LED (fig. 3) juist licht uitstraalt.

De zonnecel is aangesloten op een variabele weerstand. Bij kortsluiting ($R = 0 \Omega$) loopt er een grote stroom, maar er staat geen spanning over de weerstand. Bij een open circuit ($R = \infty \Omega$) staat er wel een spanning maar loopt er geen stroom. In beide gevallen wordt er geen vermogen geleverd. De blauwe curve geeft het vermogen aan als functie van de spanning.

Let op: de methode van het bepalen van de oppervlakte is anders dan bij een snelheid-tijd-diagram. Je neemt bij elke waarde van U het product van U en I . Dat komt overeen met de oppervlakte van de rechthoek tussen de oorsprong $(0,0)$ en een coördinaat op de (I,U) grafiek. Uit de figuur blijkt dat dit oppervlak bij heel kleine stromen en heel kleine spanningen naar nul gaat. Ergens in het midden moet er een optimum liggen: dat is de donkerblauwe rechthoek. De functie is te ingewikkeld om het uit te rekenen, en fitten lukt ook niet, dus we gaan het gewoon experimenteel bepalen.



Quantum Rules!

Het experiment

We gaan onderzoeken hoe je optimaal vermogen uit een zonnepaneel kunnen halen. Dat doen we door een belicht zonnepaneel met een variabele weerstand te belasten. We meten dan het elektrisch vermogen met twee multimeters.

Een bouwlamp ($P = 500 \text{ W}$) belicht een zonnepaneel op minimaal 1 m afstand. Tijdens het experiment verander je deze afstand niet. Het enige dat je varieert is de weerstand. Daarmee veranderen de stroom en spanning in het circuit. Uit de stroom en spanning kun je bij elke weerstand het geleverde vermogen berekenen. Gebruik hiervoor Excel (of Google Spreadsheets).

3. Maak een tabel met vier kolommen en meerdere rijen:

R	U	I	P
(Ω)	(V)	(mA)	(mW)

Tabel 1: Opzet tabel

In de vierde kolom voer je een formule in die uit elke U en I het vermogen berekent (als je niet weet hoe, gebruik de Help functie).

4. Onderzoek het verband tussen U en I eerst grof door de weerstand in grote stappen (1, 2, 3,... k Ω) te variëren.
5. Maak een spreidingsdiagram (Engelse versie Excel: scatter plot) van P als functie van U om een inschatting te maken van de vorm van de grafiek.
6. Doe wat extra metingen rond het maximum en voeg die toe aan je diagram. Je kan nu aflezen bij welke spanning het optimum ligt. De waarde van R die daarbij hoort is de optimale belasting van het zonnepaneel bij deze hoeveelheid licht.
7. Simuleer een wolkje door een A4-tje op de zonnecel te leggen. Bepaal opnieuw de optimale belasting.
8. Hoe verandert het optimale vermogen?
9. Tot slot: wat is het rendement van deze opstelling bij optimale belasting?