

3.4.5 Wichtige Kenngrößen von Solarzellen

Es werden für gewöhnlich drei Kenngrößen zur Charakterisierung der Leistung einer Zelle angegeben.

Erstens die des Kurzschlussstrom I_{sc} . Idealerweise ist dieser gleich dem Strom welcher durch Lichteinfall erzeugt wird. Zweitens die Leerlaufspannung V_{oc} .

Setzt man idealisiert $I = I_0 (e^{qV/kT} - 1) - I_L = 0$
 V_{oc} so findet man

$$V_{oc} = \frac{kT}{q} \ln \left(\frac{I_L}{I_0} + 1 \right)$$

Die Leistung der Zelle ist gleich der Fläche im IV. Quadranten der $I-U$ Kurve. ~~Er~~ ^{Sie} wird maximal bei einer Kombination aus I_{imp} und V_{imp} (oder anders gesagt: $\frac{\partial P}{\partial V} \Big|_{V_{imp}} = \frac{\partial P}{\partial I} \Big|_{I_{imp}} = 0$)

Der dritte Parameter ist der sogenannte Füllfaktor FF , der angibt wie "rechteckig" die Ausgangs-Charakteristik der Zelle im $I(V)$ Diagramm ist, d.h. welchen Prozentsatz von $P_{rechteck} = V_{oc} I_{sc}$ man nutzen kann:

$$FF = \frac{V_{imp} I_{imp}}{V_{oc} I_{sc}}$$

Der Wirkungsgrad der Zelle ist natürlich

$$\eta = \frac{V_{imp} I_{imp}}{P_{in}} = \frac{V_{oc} I_{sc} FF}{P_{in}}$$

③ mit P_{in} der Eingangsleistung der Strahlung.

Für Geld kann man zur Zeit Zellen mit 21% Wirkungsgrad kaufen. Typisch sind aber 14-18%.

Effizienzgrenzen der Solarzelle

Als obere Grenze des Kurzschlussstromes gilt sicherlich die Annahme, daß alle Photonen mit $E_\gamma > E_g$ ein e^- -Loch Paar erzeugen, welches zum Strom beiträgt (siehe Folie)

Die Leerlaufspannung hängt wiederum vom Dioden Sättigungsstrom I_0 ab. I_0 muß möglichst klein sein. Für Silizium ergibt sich $V_{oc} \approx 700mV$.

Ausserdem hängt n_i^2 von Halbleitermaterial ab:

$$n_i^2 = N_c N_v \exp(-E_g/kT)$$

Und eine gute Schätzung für I_0 als Funktion von E_g ist dann

$$I_0 = 1.5 \cdot 10^5 \exp(-E_g/kT) \quad A/cm^2$$

Da $V_{oc} = \frac{kT}{q} \ln\left(\frac{I_L}{I_0} + 1\right)$ folgt daraus, daß:

V : E_g größer $\rightarrow I_0$ kleiner $\rightarrow V_{oc}$ größer

I : E_g größer $\rightarrow I_{sc}$ kleiner (weniger Photonen haben $E_\gamma > E_g$!)

③ Woraus man sieht, daß es ein Optimum geben muß. (Folie)

Eines der beiden Hauptgründe für den relativ niedrigen Wirkungsgrad von Solarzellen ist, dass für alle γ 's mit $E_\gamma > E_g$ nur E_g für den e^- -Loch Abstand relevant wird, da die überschüssige Energie durch Relaxation abgegeben wird. Dies limitiert den Wirkungsgrad alleine schon auf $\approx 44\%$.

Doch aus der Energie E_g erzeugt z.B. eine Siliziumzelle nur die Spannung V_{oc} :

$$\frac{qV_{oc}}{E_g} = \frac{0.7 \text{ eV}}{1.1 \text{ eV}} \approx 60\% \text{ für Si.}$$

$$\Rightarrow \eta_{\max} = 0.44 \cdot 0.6 \approx 0.26$$

Die Sunpowerzellen mit $\eta = 23\%$ sind also schon sehr gut!