

10 Übungsblatt Photovoltaik

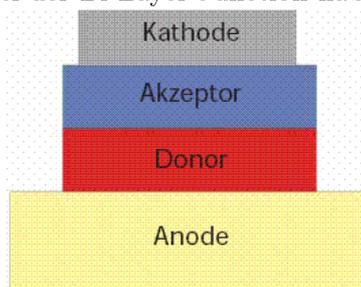
10.1 (organische Solarzelle)

a)

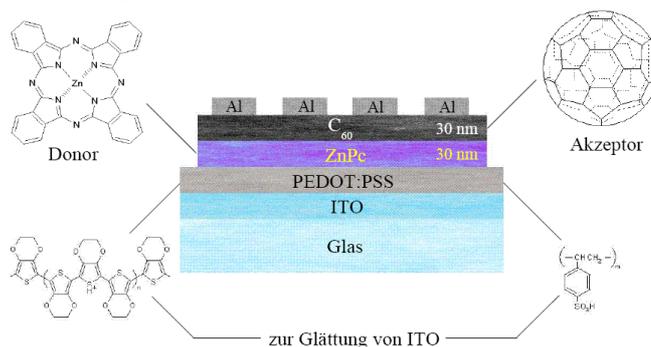
Der Hauptvorteil der organischen Solarzelle ist, dass die Kosten der organischen Solarzelle sehr viel geringer als die der Si-Solarzelle sind. Dies folgt aus den günstigen Komponenten und der Technologie, die zur Produktion benötigt wird. Die organische Solarzelle bietet eine große mechanische Flexibilität (Drucken der Zellen auf Folien, das macht diese zusätzlich viel leichter und dünner als Si-Solarzellen, was z.B. auch gut für die mobile Anwendung ist) und große Umweltverträglichkeit (Quelle ISE¹). Ein weiterer Vorteil ist die Verwendung von farbigen Solarzellen für architektonische/gestalterische Zwecke (Quelle: konarka, ISE, HMI²). Die Nachteile sind der geringe Wirkungsgrad der organischen Solarzellen, der geringe Forschungsstand gegenüber der sehr gut erforschten Siliziumtechnologie und das Stabilitätsproblem, bzw. die nicht bewiesene/vorhandene Langzeitstabilität. Die organischen Solarzellen altern (degradieren) sehr schnell.

b)

Bei der Bi-Layer-Junction haben wir zwei getrennte Bereiche, wie beim pn-Übergang:



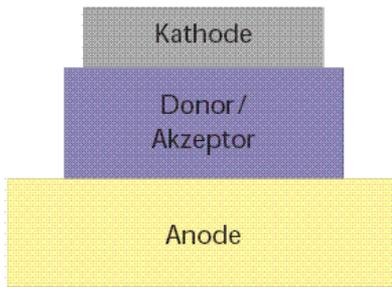
Zum Beispiel:



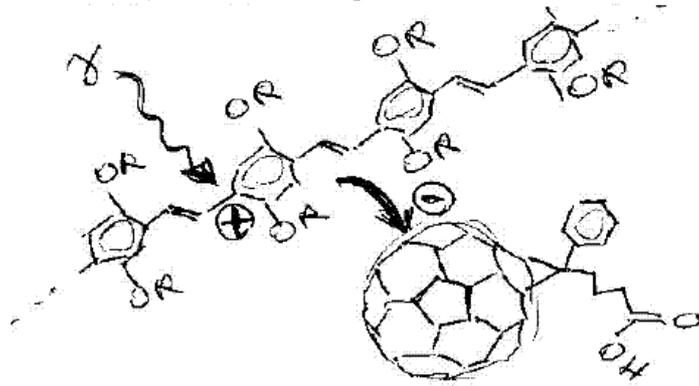
¹www.solarserver.de/solarmagazin/artikeljuni2004.html

²www.fv-sonnenenergie.de/publikationen/organische_und_polymer_01.pdf

Die Bulk-Hetero-Junction besteht aus einem Akzeptor-Donator-Mix:



Wir können die Bulk-Hetero-Junction zusätzlich im Details betrachten, wobei wir hier sehen können, dass die "erzeugten" Elektronen an die Fullerene abgegeben werden:



Der Vorteil der Bulk-Hetero-Junction gegenüber der Bi-Layer-Junction ist, dass das gesamte Volumen zur Ladungsträgergeneration zur Verfügung steht, anstatt nur eines dünnen Bereichs an der Grenzfläche zwischen Akzeptor und Donor. Zusätzlich setzt die organische Solarzelle eine große Nähe von Donatoren und Akzeptoren voraus, damit die hohe Quanteneffizienz erreicht werden kann, dies ist durch das Gemisch gegeben, während für zwei Schichten diese nur im Grenzbereich existiert.

c)

Wir haben für dieses System den Vorteil der Nähe der Akzeptoren zu den Donatoren, wie bei der Bulk-Hetero-Junction, jedoch noch den zusätzlichen Vorteil, dass ein selektiver Kontakt nicht erst mühevoll geschaffen werden muss, sondern schon existiert. Dies war der Vorteil der Bi-Layer-Junction gegenüber der Bulk-Hetero-Junction. Somit verbindet also die gezeigte Struktur die Vorteile beider Junctions.

10.2 (LEED und RHEED)

a)

Die de-Brogliewellenlänge ist definiert über:

$$\lambda_{dB} = \frac{h}{p}$$

mit $E = \frac{p^2}{2m} \Leftrightarrow p = \sqrt{2mE}$ und $E = qU$ folgt:

$$\lambda_{dB} = \frac{h}{\sqrt{2mqU}}$$

für ein Elektron folgt also

$$\lambda_{dB} = \frac{h}{\sqrt{2m_e e U_a}}$$

mit U_a der Beschleunigungsspannung, m_e der Elektronenmasse, h der Planckkonstante und e der Elementarladung. Einsetzen der Konstanten liefert:

$$\lambda_{dB} = 1.226 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

Die Wellenlänge liegt im Bereich der Gitteratomabstände (Gitterkonstante), daher ist Bragg-Reflektion wahrscheinlich. Die Eindringtiefe der Elektronen ist jedoch auf Grund der geringen mittleren freien Weglänge gering, so dass die Methode oberflächensensitiv ist. Zusätzlich werden durch ein Gegenfeld inelastisch gestreute Elektronen gefiltert, wobei die hauptsächlich elastisch gestreuten Elektronen von diesem "durchgelassen" werden, da diese nicht stark genug gebremst werden, wodurch eine Beobachtung der Grenzflächenstruktur (der diffuse Untergrund, der inelastisch gestreuten Elektronen wurde ja gefiltert) ermöglicht wird.

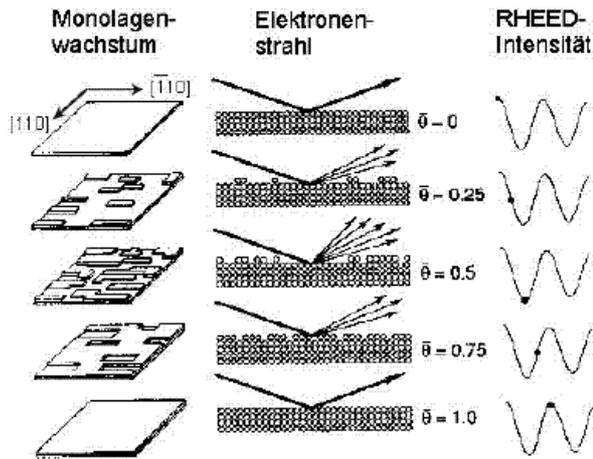
b)

Die LEED-Methode arbeitet im Gegensatz zur RHEED Methode mit niederenergetischen Elektronen. Die RHEED Methode nutzt Elektronen, die mit 10 keV in streifendem Einfall, d.h. unter kleinen Winkeln ($1^\circ - 3^\circ$), auf eine Oberfläche geschossen werden. Hierbei werden die nach vorne gestreuten Elektronen als Beugungsbild (in diesem Fall Linien/Stäbe) gemessen, wobei das Gitter inelastisch gestreute Elektronen diskriminiert. Es ist zu beachten, dass nur ein geringer Anteil der Intensität in der Streuung erfasst wird, welcher nur ca. $10^{-4} I_0$, mit I_0 der gesamten Intensität, ausmacht. Beim LEED werden die Elektronen frontal auf eine Probe geschossen, jedoch mit einer viel geringeren Energie, so, dass diese reflektiert werden, wobei die geringe Eindringtiefe dafür sorgt, dass man oberflächensensitiv ist. Die Gemeinsamkeit der Methoden ist, dass sie benutzt werden können um Oberflächenstrukturen zu betrachten. Dies gelingt beim RHEED durch den streifenden Einschuss. Zusätzlich kann man hiermit sogar Kristalle beim wachsen betrachten und so über den Aufbau der gewachsenen Schichten etwas lernen.

c)

Zuerst machen wir uns klar, wie die Oszillationen zustande kommen. Dies geschieht ganz leicht durch folgendes Bild:

³http://deposit.ddb.de/cgi-bin/dokserv?idn=970170785&dok_var=d1&dok_ext=pdf&filename=970170785.pdf



Die Dämpfung der Oszillationen resultiert aus der zunehmenden Rauigkeit durch die zunehmende Anzahl an Lagen. Das Ga ist von 6 bis 22 Sekunden geöffnet, das heisst insgesamt $(22 - 6) s = 16 s$ und es treten 16 Oszillationen auf. Dies lässt auf ein Wachstum von 1 Monolage/Sekunde schliessen. Mit der Monolagendicke von 2.83 \AA folgt hieraus ein Wachstum von $2.83 \text{ \AA}/s$ bzw. $1018.8 \text{ nm}/h$. Im Fall von $16 s$ erhalten wir eine Schichtdicke von $45.28 \text{ \AA} = 4.528 \text{ nm}$.

10.3 (Photoemissionsspektrum)

Bei der Photoemissionsspektroskopie unterscheidet man zwischen Auger- und Röntgenemission. Die Röntgenemission tritt bevorzugt bei kleinen Kernen auf, während die Augeremission für kleine Kernzahlen dominiert. Im betrachteten Fall besitzt Germanium eine Kernzahl von 32, während Sauerstoff nur eine Kernzahl von 16 besitzt. Somit ist also die Röntgenemission für Germanium und für Sauerstoff die Augeremission stärker. Man sieht nun an der Anregung im Fall des $2p$ und $3d$, dass die Energiebereiche sich stark unterscheiden, wobei diese gerade für die jeweilige Emissionsart günstig sind. Somit dominiert dann jeweils der Anteil, für den die Emission, aus der Energie folgend, dominant ist.