

# A GRUNDLAGEN

## 1 GRUNDLAGEN DER SOLARZELLE

Bereits vor 25 Jahren schlug H. Tributsch vor, die Chalkogenide von Wolfram und Molybdän als Absorbermaterial bei der photoelektrochemischen Nutzung von Solarenergie zu verwenden<sup>[2,3,37]</sup>. Seit dieser Zeit konnten elektrochemische Solarzellen aus Einkristallen dieser Verbindungen hergestellt werden. Technologisch vielversprechender sind allerdings reine Festkörperzellen, die ohne einen flüssigen Elektrolyten arbeiten. Solche Festkörper-Dünnschicht-Solarzellen sind auf Basis von MoSe<sub>2</sub>, WS<sub>2</sub> und WSe<sub>2</sub> ebenfalls hergestellt worden<sup>[38-40]</sup>.

Eine Solarzelle basiert auf dem umgekehrten Funktionsprinzip einer lichtemittierenden Diode. Zwei unterschiedlich dotierte Halbleiter werden in Kontakt gebracht und beidseitig so kontaktiert, daß einerseits Sonnenstrahlung auf den Absorber treffen kann und andererseits ein geschlossener elektrischer Stromkreis gegeben ist. Photonen mit ausreichender Energie regen Ladungsträger vom Valenz- in das Leitungsband an und erzeugen im Absorber Elektron-Loch-Paare. Haben die Ladungsträger eine ausreichend lange Lebensdauer und gehen nicht durch Rekombination verloren, ist eine Ladungstrennung möglich und ein Photostrom kann gemessen werden.

Beim Zwei-Bänder-Modell der Leitungsmechanismen in Halbleitern wird angenommen, daß ausschließlich Elektronen- und Lochleitung in Leitungs- und Valenzband für den Ladungstransport verantwortlich ist<sup>[1]</sup>. Die Fermi-niveaus zweier unterschiedlich dotierter Halbleiter gleichen sich im thermodynamischen Gleichgewicht so an, daß es an der Grenzfläche zu Bandverbiegungen kommt. Der dadurch entstehende Potentialabfall bewirkt eine Kraft auf die Ladungsträger in dieser Raum-

---

ladungszone, die die Elektronen und Löcher entgegengesetzt erfahren und so licht-induzierte Elektronen-Loch-Paare getrennt werden. Mit der Ladungstrennung konkurrieren verschiedene Rekombinationsprozesse, die zur Erzielung hoher Wirkungsgrade der Solarzelle minimiert werden müssen. Rekombination findet an strukturellen Defekten wie Fremdatomen oder Kristallbaufehlern oder an Oberflächenzuständen statt, die i.A. auf freie Bindungen an den vorhandenen Grenzflächen zurückzuführen sind. Weitere Verluste an Photostrom können durch eine Thermalisierung von Ladungsträgern innerhalb der Bänder und durch Kontaktwiderstände an der Grenzfläche Halbleiter-Rückkontakt entstehen.

Eine einfache Solarzelle z.B. aus einer p-leitenden  $\text{MoS}_2$ -Absorberschicht könnte auf einem metallischen Rückkontakt aufgebracht und mit einem n-leitenden, transparenten Fenstermaterial versehen werden. Aus Gründen der guten Haftung auf billigen Unterlagen (z.B. Fensterglasssubstraten) hat sich als metallischer Rückkontakt eine Molybdänschicht bewährt. Transparente Fenstermaterialien, wie ZnO oder  $(\text{In},\text{Sn})_2\text{O}_3$  (ITO, indium tin oxide) sind gut erforscht und werden technologisch vielseitig verwendet (Solarzellen, Flachbildschirme usw.). Abb. 1.1 zeigt eine Rasterelektronenmikroskopaufnahme (REM) und den schematischen Aufbau einer Solarzelle, die mit einem  $\text{CuInS}_2$ -Absorber hergestellt wurde. Zur Erzielung eines hohen Wirkungsgrades ist der Einbau einer dünnen Pufferschicht notwendig, die aus CdS oder ZnSe besteht. Neben diesem Prinzip der Festkörpersolarzelle existiert das Konzept der elektrochemischen Solarzelle, in dem der Halbleiter mit einem Elektrolyten in Kontakt steht und der Ladungstransport durch Redoxvorgänge an den Elektroden gewährleistet wird. Solarzellen diesen Typs beinhalten allerdings das technologische Problem der zuverlässigen Handhabung des flüssigen Elektrolyten, so daß Festkörpersolarzellen mit hohem Wirkungsgrad prinzipiell bevorzugt werden.

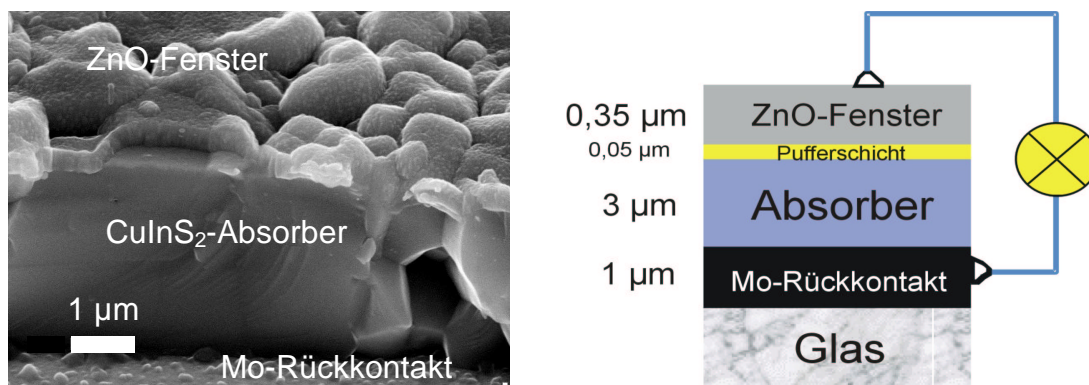


Abb. 1.1: REM-Querschnittsaufnahme sowie Prinzipskizze einer Dünnschicht-Solarzelle<sup>[41]</sup>.