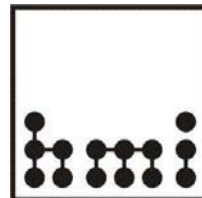


# Grenzflächen in Phthalocyanin-C<sub>60</sub>-Solarzellen

## Dissertation

Zur Erlangung des akademischen Grades  
Doktor der Naturwissenschaften  
(Dr. rer. nat.)

von  
Mirko Vogel



Eingereicht im Fachbereich Physik der  
Freien Universität Berlin

Angefertigt am  
Hahn-Meitner-Institut Berlin

Oktober 2005

Arbeit eingereicht am: 20.10.05

Disputationstermin: 29.11.05

1. Gutachterin: Prof. M. Ch. Lux-Steiner

2. Gutachter: Prof. W. D. Brewer

# Inhaltsverzeichnis

<b>Einleitung .....</b>	<b>3</b>
<b>I. Grundlagen und Messmethoden .....</b>	<b>5</b>
I.1 Organische Halbleiter.....	5
I.1.1 Organische Materialien für die Solarzellenherstellung.....	7
I.2 Organische Solarzellen .....	8
I.3 Charakterisierung von Solarzellen .....	10
I.4 Photoelektronenspektroskopie.....	13
I.4.1 Rumpfelektronenspektroskopie.....	15
I.4.2 Austrittsarbeitsmessung mit Photoelektronenspektroskopie .....	16
I.4.3 Unterscheidung zwischen Austrittsarbeitsänderung durch Grenzflächen- dipole oder Bandverbiegung .....	17
<b>II. Die Indium-Zinnoxid-Phthalocyanin-Grenzfläche .....</b>	<b>19</b>
II.1 Probenpräparation und Messverfahren .....	19
II.1.1 Probenpräparation.....	19
II.1.2 Photoelektronenspektroskopie .....	22
II.1.3 Kelvinsonden-Kraftmikroskopie.....	25
II.1.4 Solarzellencharakterisierung durch Quantenausbeute und IV-Kennlinien...	25
II.2 Chemische Beschaffenheit und Austrittsarbeit der Indium-Zinnoxid-Oberfläche	27
II.2.1 Lösemittelgereinigte und Ar <sup>+</sup> -gesputterte Indium-Zinnoxid-Oberflächen .....	28
II.2.1.1 Chemische Oberflächenbeschaffenheit .....	28
II.2.1.2 Vergleich der Austrittsarbeitsbestimmung durch Ultraviolett- und Röntgen-Photoelektronenspektroskopie sowie durch Kelvin- sonden-Kraftmikroskopie.....	33
II.2.2 PEDOT:PSS-beschichtete Indium-Zinnoxid-Oberflächen.....	36
II.2.2.1 Chemische Oberflächenbeschaffenheit von PEDOT:PSS- beschichteten Oberflächen.....	36
II.2.2.2 Austrittsarbeit von PEDOT:PSS-beschichteten Indium-Zinnoxid- Oberflächen .....	36
II.2.3 Periodsäurebehandelte Indium-Zinnoxid-Oberflächen.....	37
II.2.3.1 Chemische Modifikation von Indium-Zinnoxid-Oberflächen durch Periodsäure .....	38
II.2.3.2 Austrittsarbeit periodsäurebehandelter Indium-Zinnoxid- Oberflächen .....	42
II.2.4 Behandlung der Indium-Zinnoxid-Oberfläche mit Phosphorsäure .....	43
II.2.4.1 Chemische Modifikation der Indium-Zinnoxid-Oberfläche durch Phosphorsäurebehandlung .....	44
II.2.4.2 Austrittsarbeit phosphorsäurebehandelter Indium-Zinnoxid- Oberflächen .....	48
II.2.5 Zusammenfassung .....	49
II.3 Elektronischer Übergang von Indium-Zinnoxid zu Phthalocyanin .....	50
II.3.1 Elektronischer Übergang von unbehandeltem Indium-Zinnoxid zu Zn- Phthalocyanin .....	50
II.3.2 Elektronischer Übergang von phosphorsäurebehandeltem Indium-Zinnoxid zu Zn-Phthalocyanin.....	52
II.4 Einfluss der Indium-Zinnoxid-Behandlung auf Solarzellen .....	59
II.4.1 Einfluss der Säurebehandlungen auf die Solarzellenparameter .....	59
II.4.2 Selektivität des Indium-Zinnoxid-Donator-Kontakts .....	62

<b>III. Die Phthalocyanin-C<sub>60</sub>-Grenzfläche .....</b>	<b>65</b>
III.1 Probenpräparation und Messverfahren.....	67
III.2 Morphologie der Phthalocyanin-C <sub>60</sub> -Grenzfläche.....	69
III.2.1 Oberflächenmorphologie der Phthalocyanin-C <sub>60</sub> -Grenzfläche bei sequentiell Schichtwachstum.....	69
III.2.2 Morphologie der Phthalocyanin-C <sub>60</sub> -Grenzfläche bei Koverdampfung.....	73
III.2.2.1 Einstellung der Morphologie von Phthalocyanin-C <sub>60</sub> -Misch- schichten durch Strombehandlung .....	75
III.2.2.2 Einstellung der Morphologie von Phthalocyanin-C <sub>60</sub> -Misch-schichten durch die Substrattemperatur bei Abscheidung .....	76
III.3 Elektronische Struktur der Phthalocyanin-C <sub>60</sub> -Grenzfläche .....	79
III.3.1 Energieschema der Phthalocyanin-C <sub>60</sub> -Mischschicht.....	79
III.3.2 Einfluss der Morphologie auf die höchsten besetzten Orbitale der Phthalocyanin-C <sub>60</sub> -Mischschicht .....	83
III.4 Einfluss der Phthalocyanin-C <sub>60</sub> -Morphologie auf Solarzellen.....	86
III.4.1 Vergleich zwischen sequentiell aufgedampften Solarzellen und Mischschichtsolarzellen .....	86
III.4.2 Einfluss der Mischschichtmorphologie auf Solarzellen.....	91
 <b>IV. Die C<sub>60</sub>-Aluminium-Grenzfläche .....</b>	 <b>95</b>
IV.1 Probenpräparation und Messverfahren.....	96
IV.2 Funktion der Bathocuproinschicht – Photolumineszenz .....	97
IV.3 Funktion der Bathocuproinschicht – IV-Kennlinien.....	100
 <b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	 <b>103</b>
 <b>Anhang .....</b>	 <b>107</b>
A Die Hochvakuum-Beschichtungsanlage.....	107
B Technische Neuentwicklungen – Vakuumtransfersystem.....	109
C Ergänzende Literaturübersicht zur Bestimmung chemischer Komponenten der Indium-Zinnoxid-Oberfläche .....	111
D Abkürzungsverzeichnis.....	115
E Symbolverzeichnis.....	117
 <b>Literaturverzeichnis .....</b>	 <b>119</b>
Publikationen.....	129
Danksagung.....	131