



Umweltverträgliche hocheffiziente organische Solarzellen (UOS)

J. D. Perea¹, S. Langner¹, Chen Xie¹, T. Ameri¹, C. J. Brabec¹, A. Baumann², V. Dyakonov³

¹Friedrich-Alexander Universität Erlangen, ²Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung (ZAE Bayern), ³Julius-Maximilians-Universität Würzburg

Organische Solarzellen werden bisher hauptsächlich mittels toxischer Halbleitertinten hergestellt. Dies ist nicht nur eine Belastung für Mensch und Umwelt, sondern erfordert auch aufwendige und teure Sicherheitsstandards. Um großtechnische Druckprozesse attraktiver zu machen, ist das Ziel des Projekts, eine Herstellung durch umweltfreundliche Photovoltaik (PV) -Tinten zu entwickeln.

Theorie	Grüne PV-Tinten	Wasserbasierte PV-Tinten																																																																																														
<p>HyperChem</p> <ul style="list-style-type: none"> Molekulardesign Energetisch günstigste Struktur <p>COSMOtherm</p> <ul style="list-style-type: none"> Verteilung der Ladungsträgerdichte <p>Künstliches neuronales Netzwerk (ANN)</p> <ul style="list-style-type: none"> Input: Sigma-Momente Output: Löslichkeitsparameter <table border="1"> <thead> <tr> <th>component</th> <th></th> <th>exp-BGM</th> <th>exp-FGAT³⁵</th> <th>MD^{7,36,37}</th> <th>DFT-ANN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">PC₆₁BM</td> <td>δ_T</td> <td>20.48</td> <td></td> <td>21.78</td> <td>21.60</td> </tr> <tr> <td>δ_d</td> <td>19.70</td> <td></td> <td>20.18</td> <td>20.60</td> </tr> <tr> <td>$\delta_p + \delta_{hb}$</td> <td>7.80</td> <td></td> <td>7.97</td> <td>9.16</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">ICBA</td> <td>δ_T</td> <td>21.74</td> <td>20.50</td> <td></td> <td>20.81</td> </tr> <tr> <td>δ_d</td> <td>21.00</td> <td>19.80</td> <td></td> <td>20.44</td> </tr> <tr> <td>$\delta_p + \delta_{hb}$</td> <td>7.50</td> <td>7.00</td> <td></td> <td>5.53</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">PC₇₁BM</td> <td>δ_T</td> <td>20.90</td> <td></td> <td>21.58</td> <td>21.20</td> </tr> <tr> <td>δ_d</td> <td>20.20</td> <td></td> <td>20.06</td> <td>20.95</td> </tr> <tr> <td>$\delta_p + \delta_{hb}$</td> <td>7.30</td> <td></td> <td>7.37</td> <td>4.44</td> </tr> </tbody> </table>	component		exp-BGM	exp-FGAT ³⁵	MD ^{7,36,37}	DFT-ANN	PC ₆₁ BM	δ_T	20.48		21.78	21.60	δ_d	19.70		20.18	20.60	$\delta_p + \delta_{hb}$	7.80		7.97	9.16	ICBA	δ_T	21.74	20.50		20.81	δ_d	21.00	19.80		20.44	$\delta_p + \delta_{hb}$	7.50	7.00		5.53	PC ₇₁ BM	δ_T	20.90		21.58	21.20	δ_d	20.20		20.06	20.95	$\delta_p + \delta_{hb}$	7.30		7.37	4.44	<p>Akzeptor- und Donatormaterial</p> <p>PC₇₁BM LY235</p> <p>Grüne Lösungsmittel (LM)</p> <ul style="list-style-type: none"> Überlapp der HSP-Sphären geeignete Lösungsmittel <p>Umweltfreundliche Solarzellen</p> <p>grün vs. toxisch</p> <p>Vergleichbare Wirkungsgrade</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Lösungsmittel(-mischungen)</th> <th>J_{sc} (mA/cm²)</th> <th>PCE (%)</th> <th>V_{oc} (V)</th> <th>FF (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Dichlorbenzol (DCB) (toxisch)</td> <td>-7,58</td> <td>3,15</td> <td>0,92</td> <td>45</td> </tr> <tr> <td>Dioxolan-Cymen (toxisch/grün)</td> <td>-7,71</td> <td>2,99</td> <td>0,92</td> <td>42</td> </tr> <tr> <td>Dioxolan-Diethylbenzol (grün)</td> <td>-7,66</td> <td>3,01</td> <td>0,92</td> <td>43</td> </tr> <tr> <td>Dioxolan-Methylanisole (grün)</td> <td>-7,85</td> <td>2,96</td> <td>0,90</td> <td>42</td> </tr> </tbody> </table>	Lösungsmittel(-mischungen)	J _{sc} (mA/cm ²)	PCE (%)	V _{oc} (V)	FF (%)	Dichlorbenzol (DCB) (toxisch)	-7,58	3,15	0,92	45	Dioxolan-Cymen (toxisch/grün)	-7,71	2,99	0,92	42	Dioxolan-Diethylbenzol (grün)	-7,66	3,01	0,92	43	Dioxolan-Methylanisole (grün)	-7,85	2,96	0,90	42	<p>Synthese</p> <ul style="list-style-type: none"> Polymer:Fulleren Lösung in Chloroform Injektion in Wasser Formierung von BHJ-NP LM-Verdampfung Anreicherung der Partikelkonzentration <p>Nanopartikuläre Solarzellen</p> <ul style="list-style-type: none"> Mittlere Größe: 120 nm <table border="1"> <thead> <tr> <th>Nanopartikel</th> <th>J_{sc} (mA/cm²)</th> <th>PCE (%)</th> <th>V_{oc} (V)</th> <th>FF (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>P3HT:ICBA</td> <td>-6,4</td> <td>2,02</td> <td>0,72</td> <td>44</td> </tr> <tr> <td>pDPP5t-2:PCBM</td> <td>-8,7</td> <td>2,35</td> <td>0,52</td> <td>52</td> </tr> </tbody> </table> <p>fast so gut wie aus LM</p>	Nanopartikel	J _{sc} (mA/cm ²)	PCE (%)	V _{oc} (V)	FF (%)	P3HT:ICBA	-6,4	2,02	0,72	44	pDPP5t-2:PCBM	-8,7	2,35	0,52	52
component		exp-BGM	exp-FGAT ³⁵	MD ^{7,36,37}	DFT-ANN																																																																																											
PC ₆₁ BM	δ_T	20.48		21.78	21.60																																																																																											
	δ_d	19.70		20.18	20.60																																																																																											
	$\delta_p + \delta_{hb}$	7.80		7.97	9.16																																																																																											
ICBA	δ_T	21.74	20.50		20.81																																																																																											
	δ_d	21.00	19.80		20.44																																																																																											
	$\delta_p + \delta_{hb}$	7.50	7.00		5.53																																																																																											
PC ₇₁ BM	δ_T	20.90		21.58	21.20																																																																																											
	δ_d	20.20		20.06	20.95																																																																																											
	$\delta_p + \delta_{hb}$	7.30		7.37	4.44																																																																																											
Lösungsmittel(-mischungen)	J _{sc} (mA/cm ²)	PCE (%)	V _{oc} (V)	FF (%)																																																																																												
Dichlorbenzol (DCB) (toxisch)	-7,58	3,15	0,92	45																																																																																												
Dioxolan-Cymen (toxisch/grün)	-7,71	2,99	0,92	42																																																																																												
Dioxolan-Diethylbenzol (grün)	-7,66	3,01	0,92	43																																																																																												
Dioxolan-Methylanisole (grün)	-7,85	2,96	0,90	42																																																																																												
Nanopartikel	J _{sc} (mA/cm ²)	PCE (%)	V _{oc} (V)	FF (%)																																																																																												
P3HT:ICBA	-6,4	2,02	0,72	44																																																																																												
pDPP5t-2:PCBM	-8,7	2,35	0,52	52																																																																																												

Charakterisierung

Untersuchung mikroskopischer Parameter der Solarzelle:	Ladungsträgerbeweglichkeit	Ladungsträgerlebensdauer
<ul style="list-style-type: none"> Ladungsträger-Extraktionsmethode OTRACE Zeitlicher Verlauf der Leerlaufspannung bei konstanter Beleuchtung (TPV) 		

Danksagung: Wir möchten uns bei der Gruppe um Professor Dallos für das ANN bedanken