



Harald Christoph Flügge (Autor)  
**Untersuchung von schnellen Annealingverfahren  
und deren Auswirkungen auf die Bulk Heterojunction  
in organischen Solarzellen**



<https://cuvillier.de/de/shop/publications/22>

Copyright:  
Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen,  
Germany  
Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: [info@cuvillier.de](mailto:info@cuvillier.de), Website: <https://cuvillier.de>



# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung und Gliederung der Arbeit</b>	<b>1</b>
<b>2. Kooperationen und Zusammenarbeit</b>	<b>5</b>
<b>3. Grundlagen</b>	<b>9</b>
3.1. Solarzellenaufbau und -charakterisierung . . . . .	9
3.2. Prozesse in der organischen Solarzelle . . . . .	14
3.3. Auswirkungen der Morphologie und des Annealings auf die Leistung	21
3.4. Leerlaufspannung . . . . .	24
3.5. Grundlagen der analytischen Transmissionselektronenmikroskopie (TEM) . . . . .	25
<b>4. Technologie</b>	<b>31</b>
4.1. Verwendete Materialien . . . . .	31
4.2. Fertigung von Solarzellen und Messproben . . . . .	32
4.3. Messtechnik und Analytik . . . . .	40
<b>5. Morphologie von P3HT:PCBM-Solarzellenschichten bei thermi- schem Annealing</b>	<b>45</b>
5.1. Die P3HT:PCBM-Morphologie in Abhängigkeit von der Dauer des thermischen Annealings . . . . .	47
5.1.1. Photolumineszenzuntersuchungen . . . . .	47
5.1.2. Unipolare Bauelemente . . . . .	48
5.1.3. Charakterisierung von realen Solarzellen für verschiedene Schichtdicken . . . . .	52
5.1.4. Analytische Transmissionselektronenmikroskopie (TEM) . .	58
5.1.5. Zusammenfassung: Die P3HT:PCBM-Morphologie in zeitli- cher Abhängigkeit des thermischen Annealings . . . . .	63
5.2. P3HT:PCBM-Morphologie im vertikalen Querschnitt . . . . .	64
5.2.1. Sekundärionen-Massenspektrometrie (SIMS) . . . . .	66
5.2.2. Analytische Transmissionselektronenmikroskopie (TEM) . .	68
5.2.3. Diskussion: P3HT:PCBM-Morphologie im vertikalen Quer- schnitt . . . . .	72
5.2.4. Zusammenfassung: Morphologie von P3HT:PCBM- Solarzellenschichten bei thermischem Annealing . . . . .	74



<b>6. Schnelle P3HT:PCBM-Netzwerkbildung durch Hochfrequenzannealing bei 2,45 GHz</b>	<b>77</b>
6.1. Untersuchung der Mikrowellenabsorption in der organischen Solarzelle	78
6.1.1. Absorptions-, Reflexions- und Transmissionsverhalten von leitenden Schichten	78
6.1.2. Hohlleiter- und Temperaturuntersuchungen	80
6.1.3. Diskussion: Untersuchung der Mikrowellenabsorption in der organischen Solarzelle	82
6.2. GHz-Annealing von P3HT:PCBM-Solarzellen	83
6.2.1. Temperaturverläufe für verschiedene Leistungen	83
6.2.2. Annealingreihen für verschiedene Mikrowellenausgangsleistungen	84
6.2.3. Strukturuntersuchungen mit analytischer Transmissionselektronenmikroskopie (TEM)	88
6.2.4. Zusammenfassung: GHz-Annealing von P3HT:PCBM-Solarzellen	95
<b>7. Morphologiekontrolle durch Nitrobenzol als Lösemitteladditiv</b>	<b>97</b>
7.1. Nitrobenzol (NtB)	97
7.1.1. Physikalische und chemische Eigenschaften von Nitrobenzol	98
7.1.2. Solarzellen mit Nitrobenzol	100
7.1.3. Unipolare Bauelemente	106
7.1.4. Kristallbildungsuntersuchungen	108
7.1.5. AFM- und UV/Vis-Untersuchungen	111
7.1.6. Sekundärionen-Massenspektrometrie (SIMS)	113
7.1.7. Analytische Transmissionselektronenmikroskopie (TEM)	116
7.1.8. Zusammenfassung: Morphologiekontrolle durch Nitrobenzol als Lösemitteladditiv	124
<b>8. Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>127</b>
<b>A. Morphologie von P3HT:PCBM-Solarzellenschichten bei thermischem Annealing</b>	<b>133</b>
A.1. P3HT:PCBM-Morphologie unter Einfluss in zeitlicher Abhängigkeit bei thermischem Annealing	133
A.2. P3HT:PCBM-Morphologie im vertikalen Querschnitt	136
<b>B. Schnelle P3HT:PCBM-Netzwerkbildung durch Hochfrequenzannealing bei 2.45 GHz</b>	<b>137</b>
<b>C. Lösemitteladditiv Nitrobenzol</b>	<b>139</b>



<b>D. Im Rahmen dieser Arbeit entstandene wissenschaftliche Veröffentlichungen</b>	<b>145</b>
<b>E. Im Rahmen dieser Arbeit betreute Arbeiten</b>	<b>149</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>150</b>