

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Anforderungen an die Auslegung von Solarzellen und Modulen	4
1.2	Bisherige Arbeit an durchkontaktierten organischen Solarzellen	6
1.3	Konzeption	8
2	Grundlagen der organischen Photovoltaik	11
2.1	Physikalische Prozesse zwischen der Absorption von Photonen und der Ex- traktion von Ladungsträgern	11
2.2	Konjugierte π -Elektronensysteme	11
2.3	Exzitonen	13
2.4	Transport von Ladungsträgern	15
2.5	Rekombination	16
2.6	Morphologie	17
2.7	Kenngrößen einer Solarzelle	19
2.8	Zusammenhang zwischen Banddiagramm und JV-Kennlinie	21
2.8.1	Leerlauf im Dunkeln	22
2.8.2	Leerlauf unter Beleuchtung	24
2.8.3	Selektive Kontakte	25
2.8.4	Betrieb in Vorwärtsrichtung bei Beleuchtung	26
2.8.5	Kurzschluss unter Beleuchtung	27
2.8.6	Betrieb in Rückwärtsrichtung unter Beleuchtung	27
2.8.7	Abgabe von Leistung	28
3	Modellierung	31
3.1	Elektro-optisches Modell	31
3.1.1	Elektrischer Teil des Modells	31
3.1.2	Optischer Teil des Modells: Transfermatrix Methode	33
3.1.3	Zusammenfassung des Modells	37
3.1.4	Grenzen des Modells	38
3.2	Optimierung der geometrischen Parameter	38
3.2.1	P3HT:PCBM und PEDOT:PSS Schichtdicke	39
3.2.2	Durchmesser der Durchkontaktierungen	41
3.2.3	Abstand zwischen benachbarten Durchkontaktierungen	43
3.3	Zusammenfassung	45
4	Herstellungsmethoden	47
4.1	Überblick über den Herstellungsprozess	47
4.2	Substrate	47
4.3	Metallisierung	50

4.4	Beschichtung mit der photoaktiven Schicht	51
4.4.1	Spin-coating	51
4.4.2	Slot-die-coating	52
4.5	Perforation	54
4.6	Freischneiden der Kontaktflächen	55
4.7	Lamination	55
4.8	Beschichtung mit PEDOT:PSS	56
4.9	Tempern	57
4.10	Stromdichte-Spannungs Messung	57
5	Methode zur Widerstandsmessung einzelner Durchkontaktierungen	59
6	Vergleich von Heißnadelperforation und Stanzen	61
6.1	Heißnadelperforation	61
6.2	Stanzen	63
6.3	Zusammenfassung	63
7	Oberflächenbehandlung der Innenflächen von Durchkontaktierungen	65
7.1	Oberflächenbehandlungsmethoden	67
7.1.1	Ozon	67
7.1.2	Säure	68
7.1.3	PEDOT:PSS	69
7.1.4	PMMA	70
7.2	Selbstausrichtende Schutzfolien	71
7.2.1	Methodik zur Feststellung der Eignung als selbstausrichtende Maske	71
7.2.2	Elektrostatisch haftende PET Schutzfolie	73
7.2.3	Adhäsionsfolie	74
7.2.4	Rückstandsfrei entfernbare, temperaturstabile Klebefolie	76
7.2.5	Zusammenfassung	77
7.3	Zellen mit zwei Substraten (Slot-die-coating)	78
7.4	Zellen mit einem Substrat	80
7.5	Zusammenfassung	84
8	Serienwiderstandsbestimmung durch Vergleich von Modell und Experiment	87
8.1	Zellen mit zwei Substraten und PEDOT:PSS-Behandlung (Slot-die-coating)	89
8.2	Zellen mit einem Substrat und PEDOT:PSS-Behandlung	91
8.3	Zellen mit zwei Substraten und mit/ohne Tintenstrahlbedrucken der Durchkontaktierungen	92
8.4	Zusammenfassung	95
9	Charakterisierung organischer Solarzellen durch die Suns-V_{OC} Methode	97
9.1	Rekapitulation der theoretischen Grundlagen und Überprüfung der Anwendbarkeit auf organische Solarzellen	98
9.1.1	Quasi-stationärer Fall	99
9.1.2	Korrektur von transienten Effekten	100
9.2	Korrektur der spektralen Fehlanpassung	104

9.3 Vergleich von organischen Solarzellen mit Metallgitter und durchkontaktierten Solarzellen	104
9.4 Zusammenfassung	107
10 Bestimmung der intrinsischen Ladungsträgerdichte mit Hilfe der Suns-V_{oc} Methode	109
10.1 Herleitung der intrinsischen und injektionsabhängigen Ladungsträgerdichte ausgehend vom Transportwiderstand	109
10.2 Numerische Simulationen	113
10.3 Experimentelle Bestimmung der intrinsischen und injektionsabhängigen Ladungsträgerdichte einer P3HT:PCBM Solarzelle	115
10.4 Zusammenfassung	116
11 Charakterisierung durch bildgebende Verfahren	119
11.1 Funktionsweise bildgebender Elektrolumineszenz- und Thermographie-Verfahren	119
11.2 Untersuchung von durchkontaktierten Solarzellen	120
11.3 Zusammenfassung	123
12 Vergleich der verschiedenen Zelltypen	125
12.1 Zellen mit zwei Substraten	125
12.2 Zellen mit zwei Substraten und PEDOT:PSS-Behandlung	126
12.3 Zellen mit zwei Substraten und Tintenstrahl-bedruckten Durchkontaktierungen	126
12.4 Zellen mit einem Substrat	127
12.5 Generelles	127
13 Schlussfolgerung und Ausblick	129
14 Zusammenfassung	133
15 Anhang	137
15.1 Herleitung der Absorption aus dem elektrischen Feld bei stark absorbierenden Medien	137
15.2 Veröffentlichungen	140
Literaturverzeichnis	140