

Inhaltsverzeichnis

- 1 Einleitung 1
- 2 Motivation und Zielsetzung 5
 - 2.1 Motivation..... 5
 - 2.2 Zielsetzung 7
- 3 Sol-Gel-Chemie – Grundlagen und Stand der Forschung 9
 - 3.1 Hydrolytische (klassische) Sol-Gel-Chemie 12
 - 3.2 Nichthydrolytische Sol-Gel-Chemie..... 14
 - 3.2.1 Tensid-gesteuerte und Lösungsmittel-gesteuerte nichthydrolytische Sol-Gel-Prozesse 16
 - 3.2.2 Reaktionsmechanismen 18
- 4 Zinkoxid (ZnO)..... 33
 - 4.1 Allgemeine Eigenschaften von ZnO 33
 - 4.1.1 Kristallstruktur 33
 - 4.1.2 Gitterparameter von Zinkoxid (ZnO) 35
 - 4.1.3 Elektronische Bandstruktur (Valenz- und Leitungsband) 37
 - 4.2 Natürliche Punktdefekte in ZnO 40
 - 4.2.1 Natürliche Punktdefekte-Donatoren 40
 - 4.2.2 Natürliche Punktdefekte-Akzeptoren 44
- 5 Titaniumdioxid (TiO₂) 49
 - 5.1 Allgemeine Eigenschaften von TiO₂ 49
 - 5.1.1 Kristallstruktur 49
 - 5.1.2 Elektronische Bandstruktur, Eigenschaften und natürliche Punktdefekte 52

6	Hetero-Junction-Technologie der organischen Polymersolarzellen ...	57
6.1	Organische BHJ Solarzellen (oBHJ).....	57
6.2	Strom-Spannungskennlinien (J-V) und Parameter der organischen BHJ Solarzellen	62
7	Experimenteller Teil	65
7.1	Verwendete Chemikalien	65
7.2	Hydrolytische (klassische) Sol-Gel-Synthese von kolloidalen ZnO-NPs via Fällungsreaktionen.....	66
7.2.1	Dotierung der kolloidalen ZnO-NPs	66
7.3	Nichthydrolytische Solvothermalsynthese von ZnO-NPs	67
7.3.1	Dotierung der solvothermalen ZnO-NPs	67
7.4	Nichthydrolytische Sol-Gel-Synthesen von Precursorlösungen (ohne Fällung).....	68
7.4.1	Synthesen von Al ³⁺ dotierter ZnO-Precursorlösungen (HT-AZO)....	68
7.4.2	Synthesen von Al ³⁺ dotierter ZnO-Precursorlösungen (LT-AZO)....	69
7.5	Nichthydrolytische Lösungsmittel-gesteuerte Synthese von TiO ₂ -NPs ...	69
7.5.1	Dotierung der TiO ₂ -Nanopartikeln (Li _x Ti _{1-x} O ₂ -NPs)	69
7.6	Prinzip des nasschemischen „doctor blade“ Verfahrens.....	70
7.6.1	Rakeln („doctor blading“)	70
7.6.2	Herstellung der invertierten organischen BHJ Solarzellen (ioBHJ) .	72
8	Ergebnisse und Diskussion	75
8.1	Nasschemische Synthesen von kolloidalen n-Typ-Zinkoxid-Nanopartikeln (ZnO-NPs)	76
8.1.1	Herstellung von kolloidalen ZnO-NPs via Fällungsreaktionen.....	77
8.1.2	Herstellung von kolloidalen ZnO-NPs via nichthydrolytische Solvothermalsynthese	95

8.2 Alternativen zu den kolloidalen ZnO-NPs	111
8.2.1 Herstellung von Al ³⁺ dotierten ZnO-Precursorlösungen via Sol-Gel-Synthese (ohne Fällung)	112
8.2.2 Herstellung von kolloidalen TiO ₂ -NPs via nichthydrolytische Lösungsmittel-gesteuerte Synthese	117
8.3 Voraussetzungen für metalloxidische Interfacematerialien	128
8.4 Invertierte organische BHJ Solarzellen	134
8.4.1 n-Typ-Metalloxide (ZnO; Al ³⁺ :ZnO; TiO ₂) als kathodische Zwischenschichten in der invertierten organischen BHJ Solarzelle	136
8.5 Zersetzungsmechanismen von metalloxidischen Interfaceschichten (MeO _x) und Stabilität der invertierten organischen BHJ Solarzellen.....	147
8.5.1 Beschleunigte Zersetzung von Al ³⁺ dotierten ZnO-Interfaceschichten via Feuchte-Wärme-Tests („Damp Heat Test“)	149
8.5.2 Ultraviolette (UV) Bestrahlungstests von Al ³⁺ dotierten ZnO-Interfaceschichten	160
9 Zusammenfassung.....	169
10 Anhang A.....	177
11 Anhang B.....	179
12 Anhang C.....	180
13 Literaturverzeichnis	181
14 Publikationsliste	189