

# Inhaltsverzeichnis

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

<b>6 Hetero-Junction-Technologie der organischen Polymersolarzellen ...</b>	<b>57</b>
6.1 Organische BHJ Solarzellen (oBHJ).....	57
6.2 Strom-Spannungskennlinien (J-V) und Parameter der organischen BHJ Solarzellen .....	62
<b>7 Experimenteller Teil .....</b>	<b>65</b>
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 Solvothermal synthese 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 <sup>3+</sup> dotierter ZnO-Precursorlösungen (HT-AZO)....	68
7.4.2 Synthesen von Al <sup>3+</sup> dotierter ZnO-Precursorlösungen (LT-AZO)....	69
7.5 Nichthydrolytische Lösungsmittel-gesteuerte Synthese von TiO <sub>2</sub> -NPs ...	69
7.5.1 Dotierung der TiO <sub>2</sub> -Nanopartikeln (Li <sub>x</sub> Ti <sub>1-x</sub> O <sub>2</sub> -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
<b>8 Ergebnisse und Diskussion .....</b>	<b>75</b>
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 Solvothermal synthese .....	95

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