

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	i
Summary	iii
Inhaltsverzeichnis	v
1 Einleitung	1
2 Grundlagen	5
2.1 Halogenidperowskite als Halbleitermaterial	5
2.1.1 Zusammensetzung, Kristall- und Bandstruktur	5
2.1.2 Eigenschaften und Anwendungsbereiche	7
2.1.3 Perowskitesolarzellen	8
2.1.4 Halogenidperowskit-Schichten für den Einsatz in Solarzellen	11
2.1.5 Synthese von Halogenidperowskitpulvern	14
2.2 Aerosolbasierte Kaltabscheidung	17
2.2.1 Anlagenaufbau	18
2.2.2 Abscheidemechanismus	19
2.2.3 Aerosolbasierte Kaltabscheidung von Halogenidperowskiten	20
3 Zielsetzung und Aufbau der Arbeit	23
4 Charakterisierungsmethoden für Pulver und Beschichtungen	25
4.1 Profilometrie und 3D-Laser-Scanning-Mikroskopie	25
4.2 Rasterelektronenmikroskopie und energiedispersive Röntgenspektroskopie	26
4.3 Röntgendiffraktometrie	26
4.4 Kernspinresonanzspektroskopie und Kernquadrupolresonanz-Spektroskopie	27
4.5 Absorption	28
4.6 Photolumineszenz	29
4.7 Impedanzspektroskopie	32
5 Mechanochemische Synthese von Halogenidperowskitpulvern	35
5.1 Mechanochemische Synthese	35
5.2 Eigenschaften von mechanochemisch synthetisiertem Perowskitpulver	36
5.2.1 Mikrostruktur, elektrische und optische Eigenschaften	37
5.2.2 Stabilität von MAPbI ₃ -Pulver	41

5.3 Vielseitigkeit der mechanochemischen Synthese von Halogenidperowskiten	43
5.3.1 Beeinflussung der Pulvermorphologie durch Variation der Mahldauer	43
5.3.2 Regeneration von nichtphasenreinem Pulver	44
5.3.3 Passivierung von Halogenidperowskitpulvern	46
5.4 Einfluss der Eduktpartikelgröße auf die Pulvereigenschaften	49
6 Aerosolbasierte Kaltabscheidung von mechanochemisch synthetisiertem MAPbI₃	59
6.1 Anlage zur aerosolbasierten Kaltabscheidung und Abscheideparameter	60
6.2 Apparative Anpassungen der Aerosolerzeugung	63
6.3 Charakterisierung von kaltabgeschiedenen MAPbI ₃ -Schichten	69
6.4 Entwicklung einer Strategie zur verlässlichen Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit kaltabgeschiedener MAPbI ₃ -Schichten	72
6.4.1 Probenpräparation und Versuchsaufbau	73
6.4.2 Drift der Impedanzspektren	76
6.4.3 Auswirkung der Wärmebehandlung auf die Morphologie	82
6.4.4 Temperaturabhängigkeit der elektrischen Leitfähigkeit	86
7 Defektchemische Untersuchungen an PAD-Schichten	91
7.1 Aufbau zum Einstellen eines definierten Iodpartialdrucks	92
7.2 Validierung des Iodpartialdruckaufbaus	95
7.3 Einfluss des Iodpartialdrucks auf die elektrische Leitfähigkeit	97
7.4 Defektchemische Modellbildung	98
8 Perowskitsolarzellen mit kaltabgeschiedener Absorberschicht	107
8.1 Aufbau und Herstellung der Solarzellen	107
8.2 Kennwerte der Solarzellen	110
8.3 Verbesserungspotentiale	113
9 Fazit und Ausblick	117
Anhang	123
A Einwaagen und Mahlparameter für die mechanochemische Synthese	123
B Zusätzliche Abbildungen	125
C MAI-Synthese	129
Abkürzungen und Symbole	131
Urheberrechtshinweise	135
Literaturverzeichnis	137
Verzeichnis eigener Publikationen	161
Danksagung	167