



Eigenschaften des Phosphorsäure-Polybenzimidazol-Systems in Hochtemperatur-Polymerelektrolyt-Brennstoffzellen

Anne Majerus

Forschungszentrum Jülich GmbH
Institut für Energie- und Klimaforschung
Elektrochemische Verfahrenstechnik (IEK-3)

Eigenschaften des Phosphorsäure- Polybenzimidazol-Systems in Hochtemperatur- Polymerelektrolyt-Brennstoffzellen

Anne Majerus

Schriften des Forschungszentrums Jülich
Reihe Energie & Umwelt / Energy & Environment

Band / Volume 210

ISSN 1866-1793

ISBN 978-3-89336-947-8

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Ziel dieser Arbeit	2
2	Grundlagen	5
2.1	Die Hochtemperatur-Polymerelektrolyt-Brennstoffzelle	5
2.2	Der Elektrolyt in der HT-PEFC	9
2.2.1	Phosphorsäure	9
2.2.2	Das System Phosphorsäure-Polymer	13
3	Messmethoden	19
3.1	Thermogravimetrische Analyse	19
3.1.1	Funktionsweise	19
3.1.2	Thermogravimetrische Analyse in der Brennstoffzellenforschung	20
3.2	Elektrochemische Impedanzspektroskopie	22
3.2.1	Funktionsweise	22
3.2.2	Impedanzspektroskopie in der Brennstoffzellenforschung	23
3.3	Vibrationspektroskopie	25
3.3.1	Funktionsweise der Infrarot-Spektroskopie	25
3.3.2	Funktionsweise der Raman-Spektroskopie	26
3.3.3	Vibrationspektroskopie in der Brennstoffzellenforschung	28
4	Experimentelle Durchführung	33
4.1	Probenpräparation	33
4.1.1	Dotierung der Membran	33
4.1.2	Herstellung der Gasdiffusionselektroden	34
4.1.3	Zellzusammenbau	35
4.2	Durchführung der <i>ex situ</i> Experimente	37
4.2.1	Thermogravimetrische Analyse	37
4.2.2	Impedanzspektroskopie	37
4.2.3	Vibrationspektroskopie	38
4.3	Durchführung der <i>in situ</i> Experimente im Brennstoffzellenbetrieb	39
4.3.1	Brennstoffzellenbetrieb	39
4.3.2	<i>In situ</i> Impedanzspektroskopie	40
4.3.3	<i>In situ</i> Raman-Spektroskopie	40
4.4	Fehlerbetrachtung	45
5	Physikochemische Eigenschaften des Phosphorsäure-ABPBI-Systems	47
5.1	Zusammensetzung der Phosphorsäure	47
5.1.1	Zusammensetzung der reinen Phosphorsäure	47
5.1.2	Zusammensetzung der Phosphorsäure in der Membran	53
5.2	Leitfähigkeit der dotierten ABPBI-Membran	63
5.3	Leitfähigkeit des Elektrolyten im Betrieb	69

6	Wechselwirkung zwischen Phosphorsäure und Membran	75
6.1	Bindung zwischen Phosphorsäure und Membran	75
6.1.1	Infrarot-Spektroskopie	75
6.1.2	Raman-Spektroskopie	80
6.2	<i>In situ</i> Raman-Messungen am Elektrolyten im Zellbetrieb	87
7	Diskussion der Ergebnisse	97
7.1	Einfluss der Wechselwirkung zwischen Säure und Polymer auf die Zusammen- setzung der Phosphorsäure	98
7.2	Entwicklung einer neuen Charakterisierungsmethode	105
8	Zusammenfassung	107
	Literaturverzeichnis	109
A	Anhang	121
A.1	Diskussion des Dotierungsgrades	121
A.2	Bestimmung der thermogravimetrischen Heizrate	125
A.3	Raman-Untersuchungen an PBI	127
	Abkürzungsverzeichnis	131
	Abbildungsverzeichnis	134
	Tabellenverzeichnis	137



Energie & Umwelt / Energy & Environment
Band / Volume 210
ISBN 978-3-89336-947-8

