



Mechanismen der chrombasierten Degradation von metallgestützten Festoxid-Brennstoffzellen

Alexander Beez

Energie & Umwelt / Energy & Environment

Band / Volume 413

ISBN 978-3-95806-306-8

Forschungszentrum Jülich GmbH
Institut für Energie- und Klimaforschung
Werkstoffsynthese und Herstellungsverfahren (IEK-1)

Mechanismen der chrombasierten Degradation von metallgestützten Festoxid-Brennstoffzellen

Alexander Beez

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

Band / Volume 413

ISSN 1866-1793

ISBN 978-3-95806-306-8

Inhaltsverzeichnis

Kurzzusammenfassung.....	I
Abstract	III
Bereits veröffentlichte Teile dieser Arbeit	V
Abkürzungen	VII
1. Einleitung	1
1.1. Christian Doppler Labor	3
1.2. Zielsetzung der Arbeit im Rahmen des CD-Labors.....	4
2. Brennstoffzellen – Stand der Technik	7
2.1. Grundlagen der Brennstoffzelle.....	7
2.2. Arten der Brennstoffzelle.....	11
2.3. Festoxidbrennstoffzellen	13
2.3.1. Funktionsprinzip der SOFC.....	13
2.3.2. SOFC-Typen	15
2.3.3. Werkstoffe für die SOFC.....	16
2.3.4. Kathodenwerkstoff LSCF	19
2.3.5. Strontiumsegregation	22
2.3.6. Plansee MSC Konzept.....	23
2.3.7. Weitere MSC Konzepte	24
2.4. Alterungsmechanismen von SOFC/MSC	25
2.4.1. Nickelagglomeration	26
2.4.2. Reoxidation der Anode	26
2.4.3. Verkokung der Anode	26
2.4.4. Schwefelvergiftung der Elektroden	27
2.4.5. Degradation von Elektrolyt und Diffusionsbarriere.....	27
2.4.6. Korrosion des Metallsubstrates	28
2.5. Chromdegradation von SOFCs	29
2.5.1. Chromquellen.....	29
2.5.2. Einflussparameter der Chromverdampfung	30
2.5.3. Reaktionsmechanismen	32
2.5.4. Vermeidung der Chromdegradation.....	34

3.	Verfahren und Methoden	37
3.1.	Probentypen und Herstellung.....	37
3.1.1.	Tabletten	37
3.1.2.	Herstellung von Dünnschichten mittels Laserstrahlverdampfen	37
3.1.3.	Modellproben mit porösen Funktionsschichten.....	40
3.2.	Analysemethoden	41
3.2.1.	Rasterelektronenmikroskopie (REM).....	41
3.2.2.	Rasterkraftmikroskopie (AFM).....	42
3.2.3.	Röntgenbeugung (XRD).....	43
3.2.4.	Elektrochemische Impedanzspektroskopie (EIS)	44
3.2.5.	Röntgenphotoelektronenspektroskopie (XPS)	45
3.2.6.	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma	47
3.3.	Selektives Ätzen	48
3.4.	Versuchsentwicklung zur reproduzierbaren Vergiftung.....	50
3.5.	Festphasenvergiftung.....	53
3.6.	Elektrochemische Charakterisierung von Einzelzellen	54
4.	Ergebnisse und Diskussion	59
4.1.	Unterschiede zwischen ASC- und MSC-Kathoden	59
4.2.	Untersuchung und Quantifizierung der Strontiumsegregation	61
4.2.1.	Oberflächenanalyse von Kathodenpresslingen	61
4.2.2.	Grundcharakterisierung von PLD-Dünnschichten und Targets	63
4.2.3.	Selektives Ätzen von PLD-Dünnschichten.....	67
4.2.4.	Oberflächenanalytik an PLD-Schichten.....	73
4.2.5.	Variation der Auslagerungsparameter.....	79
4.2.6.	Bewertung der Ergebnisse	91
4.3.	Vergiftung durch Gasphasenabscheidung	92
4.3.1.	Festlegung der Versuchsparameter	93
4.3.2.	Einfluss von Temperatur und Polarisation auf die Chromabscheidung	93
4.3.3.	Simulation der Strömungsbedingungen	94
4.3.4.	Bewertung der Ergebnisse	96
4.4.	Festphasenvergiftung.....	97
4.4.1.	Festphasenvergiftung: Impedanzspektroskopie.....	97

4.4.2.	Vergleich der Fest- und Gasphasenvergiftung durch Einzelzellmessungen	98
4.4.3.	Anwendung bei anodengestützten Zellen	99
4.4.4.	Anwendung bei metallgestützten Zellen	103
4.4.5.	Eignung der Festphasenvergiftung	108
4.5.	Chromvergiftung auf Stackebene	109
4.5.1.	Stackbeschreibung	110
4.5.2.	Stackbetrieb	111
4.5.3.	Stack-Nachuntersuchung	112
4.5.4.	Einfluss des Sauerstoffpartialdrucks auf LSCF und die Chromdegradation	115
4.5.5.	Bedeutung für ein zukünftiges MSC-Stackdesign	119
4.6.	Alternative Kathodenwerkstoffe für die MSC.....	121
5.	Zusammenfassung	125
6.	Ausblick	133
	Literaturverzeichnis.....	135

Energie & Umwelt / Energy & Environment
Band / Volume 413
ISBN 978-3-95806-306-8