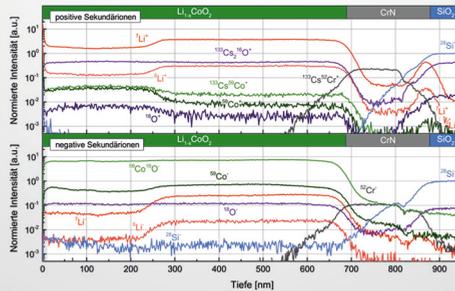
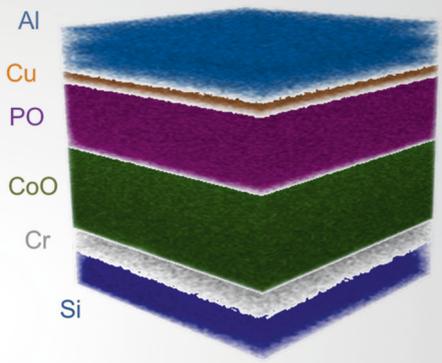
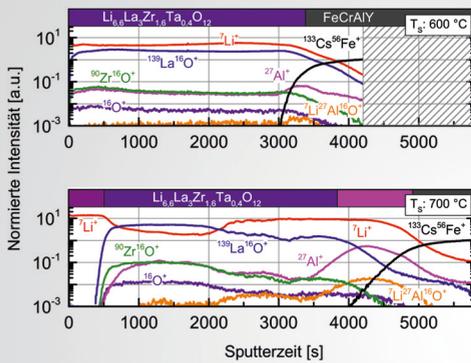


Quantitative Analyse der Lithiumverteilung in Kathoden- und Elektrolyt-Dünnschichten für Festkörperbatterien

Christian Dellen



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

Quantitative Analyse der Lithiumverteilung in Kathoden- und Elektrolyt-Dünnschichten für Festkörperbatterien

Christian Dellen

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

Band / Volume 363

ISSN 1866-1793

ISBN 978-3-95806-214-6

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Grundlagen der Lithium-Ionen-Technologie	5
2.1	Lithium-Festkörperbatterien	5
2.1.1	Funktionsprinzip	6
2.1.2	Relevante elektrochemische Kenngrößen	8
2.1.3	Stand der Technik	11
2.2	Betrachtung der untersuchten Werkstoffe	18
2.2.1	Der Kathodenwerkstoff LiCoO_2	18
2.2.2	$\text{Li}_{6,6}\text{La}_3\text{Zr}_{1,6}\text{Ta}_{0,4}\text{O}_{12}$ als keramischer Li-Ionenleiter	22
3	Analyseverfahren und Messparameter	27
3.1	Sekundärionenmassenspektrometrie (SIMS)	28
3.1.1	Messprinzip	29
3.1.2	Quantifizierungsansatz mittels relativer Sensitivitätsfaktoren	31
3.1.3	Messaufbau und Messparameter	33
3.2	Beschleuniger gestützte Verfahren	36
3.2.1	Rutherford-Rückstreu-Spektrometrie (RBS)	37
3.2.2	Nukleare Reaktionsanalyse (NRA)	38
3.2.3	Messaufbau und Messparameter	40
3.3	Elektrochemische Charakterisierung	41
3.4	Weitere Charakterisierungsmethoden	44
4	Herstellungsverfahren und Prozessparameter	47
4.1	Herstellungsverfahren	47
4.1.1	Ionenimplantation	47
4.1.2	Magnetron-Kathodenzerstäubung	49
4.2	Prozessparameter	51
4.2.1	Parameter für die Ionenimplantation	51
4.2.2	Beschichtungsanlagen und Depositionsparameter	53
5	Ergebnisse grundlegender SIMS-Analysen	57
5.1	Chromnitrid als Interdiffusionsbarriere	57
5.2	Einfluss der Substratrauheit auf die SIMS-Analyse	60
6	Analysen zur ladungszustandsabhängigen Elementverteilung in LiCoO_2	67
6.1	Zyklisierung und Charakterisierung der LiCoO_2 -Schichten	67
6.1.1	Elektrochemische Zyklisierung	67
6.1.2	Qualitative SIMS-Analyse	70
6.1.3	Glimmentladungsspektroskopie	77
6.1.4	Rasterelektronenmikroskopie	80

6.1.5 Röntgendiffraktometrie	84
6.1.6 Zusammenfassende Diskussion der Ergebnisse	86
6.2 Quantifizierung der Lithiumverteilung in zyklerten LiCoO_2 -Schichten	88
6.2.1 Bestimmung von relativen Sensitivitätsfaktoren	88
6.2.2 Quantitative SIMS-Analyse des Lithiumgehaltes	92
6.2.3 Quantitativer Elementnachweis mittels RBS und NRA	95
6.2.4 Vergleichende Diskussion der quantitativen Ergebnisse	100
7 Analysen zur Dünnschichtabscheidung von $\text{Li}_{6,6}\text{La}_3\text{Zr}_{1,6}\text{Ta}_{0,4}\text{O}_{12}$	103
7.1 Matrixangepasstes Referenzprobensystem für $\text{Li}_{6,6}\text{La}_3\text{Zr}_{1,6}\text{Ta}_{0,4}\text{O}_{12}$	103
7.1.1 Qualitative SIMS-Analyse der Referenzproben	104
7.1.2 Bestimmung von relativen Sensitivitätsfaktoren	108
7.2 Einfluss der angelegten Substrattemperatur auf die Lithiumverteilung in $\text{Li}_{6,6}\text{La}_3\text{Zr}_{1,6}\text{Ta}_{0,4}\text{O}_{12}$ -Dünnschichten	111
7.2.1 Qualitative SIMS-Analyse	111
7.2.2 Rasterelektronenmikroskopie	117
7.2.3 Röntgendiffraktometrie	119
7.2.4 Quantitativer Elementnachweis mittels RBS und NRA	121
7.2.5 Quantitative SIMS-Analyse	125
7.2.6 Zusammenfassende Diskussion der Ergebnisse	128
8 Zusammenfassung und Ausblick	131
8.1 Zusammenfassung	131
8.2 Ausblick	134
Literaturverzeichnis	137
Abbildungsverzeichnis	155
Tabellenverzeichnis	159

**Energie & Umwelt /
Energy & Environment
Band / Volume 363
ISBN 978-3-95806-214-6**

