

Development of Interlayers via Powder Aerosol Deposition to improve Anode/Electrolyte Interfaces of All-Solid-State Sodium-Ion Batteries

Kim Wiedemann, M.Sc.

Zusammenfassung

Festkörperbatterien gelten als vielversprechende Energiespeicher der nächsten Generation, da sie den direkten Einsatz hochkapazitiver metallischer Anoden wie Natrium ermöglichen und zugleich auf brennbare Flüssigelektrolyte verzichten. Natrium-Ionen-Festkörperbatterien bieten zusätzlich Kostenvorteile sowie höhere Verfügbarkeit von Rohstoffen im Vergleich zu Lithium-Ionen-Batterien. Der NaSICON-Typ Festelektrolyt $\text{Na}_3\text{Zr}_2\text{Si}_2\text{PO}_{12}$ (NZSP) zeichnet sich durch seine hohe ionische Leitfähigkeit bei Raumtemperatur aus, weist jedoch Grenzflächenherausforderungen mit Natriumanoden auf, welche praktische Anwendungen einschränken.

In dieser Arbeit wurde der Einsatz keramischer Zwischenschichten (engl. Interlayer) untersucht, um diese Na|NZSP-Grenzfläche zu stabilisieren. Es wurden die Materialien TiO_2 (Rutil) und CuO verwendet, die mittels der aerosolbasierten Kaltabscheidung (engl. Powder Aerosol Deposition, PAD) als dichte, gut haftende Zwischenschicht auf NZSP-Substrate aufgebracht wurden, mit Schichtdicken im Nanometerbereich.

Die elektrochemische Charakterisierung zeigte, dass Rutil-Zwischenschichten den Grenzflächenwiderstand zwar reduzierten, jedoch durch hohen Ladungstransferwiderstand und Instabilitäten während des Zyklierens keine Verbesserung der Eigenschaften der Na|NZSP-Grenzfläche ermöglichte. Überspannungen oberhalb des Spannungssicherheitslimits deuten auf Kontaktverluste hin, vermutlich infolge Veränderungen der Kristallmorphologie der in situ gebildeten Na_xTiO_2 -Interphase.

Im Gegensatz dazu führten CuO-Zwischenschichten zu deutlich niedrigeren Grenzflächenwiderständen und höheren kritischen Stromdichten. Beides konnte nach thermischer Nachbehandlung der CuO-Zwischenschichten weiter gesteigert werden. Diese Effekte werden der Bildung einer porösen, ionisch und elektrisch leitfähigen Cu/ Na_2O -Interphase zugeschrieben, die ein stabiles Na-Stripping und -Plating ermöglicht und darüber hinaus auch die Stabilität des Langzeitzyklierens verbesserte.

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass geeignete Zwischenschichtmaterialien entscheidend für die Verbesserung der Na|NZSP-Grenzflächenstabilität sind. Besonders CuO zeigt dabei großes Potential für die Realisierung von Natrium-Festkörperbatterien basierend auf einem NZSP-Festelektrolyten. Die aerosolbasierte Kaltabscheidung erwies sich zudem als vielversprechende Methode zur Abscheidung von Zwischenschichtmaterialien auf Festkörperelektrolyt-oberflächen. Sie zeichnet sich insbesondere dadurch aus, dass weder Binder noch Lösungsmittel benötigt werden und der Prozess bei Raumtemperatur abläuft, was Vorteile gegenüber gängigen Abscheidetechniken bietet.

Kontakt:

Prof. Dr.-Ing. Ralf Moos

Telefon: +49 921 55 7401

E-Mail: funktionsmaterialien@uni-bayreuth.de