

PROJEKT VORHABEN

Dotierte wasserstoffhaltige, amorphe Kohlenstoffschichten als Anodenmaterial für Alkalimetall-Ionen-Batterien (CAnode)

Dieses Vorhaben zielt darauf ab, den Wirkungsgrad von Alkalimetall-Ionen-Batterien durch die gezielte Weiterentwicklung des Anodenmaterials zu verbessern. Dafür werden innovative wasserstoffhaltige, amorphe Kohlenstoffschichten (a-C:H:X-Schichten) entwickelt, die mit X = Stickstoff (N), Sauerstoff (O) oder einer Kombination aus beiden (N/O) dotiert werden. Diese Schichten werden mittels Hochfrequenz-Plasma-aktivierter chemischer Gasphasenabscheidung (rf-PECVD) auf strukturierten oder unstrukturierten Metall-Folien oder -Schäume abgeschieden.

Mit dem Einsatz von Kohlenwasserstoff-haltigen Präkursoren als Prozessgase und durch die gezielte Kombination von Stickstoff und Sauerstoff im Dotierungsprozess können die Materialeigenschaften präzise gesteuert werden. Die Dotierung erhöht die Leitfähigkeit, verbessert die Benetzbarkeit und stabilisiert die Kohlenstoffstruktur, wodurch ein völlig neuartiges Anodenmaterial entsteht. Ziel der so entwickelten Materialien ist die Überwindung der Nachteile herkömmlicher Kohlenstoffanoden, wie begrenzte Kapazität und geringe Zyklenstabilität, und soll Batterien mit höherer Speicherkapazität, längerer Lebensdauer und gesteigerter Effizienz ermöglichen. Durch die Nutzung kostengünstiger und nachhaltiger Materialien soll das Vorhaben dazu beitragen, leistungsfähige und umweltfreundliche Alkalimetall-Ionen-Batterien zu entwickeln, die den steigenden Anforderungen moderner Energiespeicherlösungen gerecht werden können.

Die Batterieleistung hängt im Allgemeinen von der Kathode, der Anode und dem Elektrolyten ab. Dabei spielt die Anode eine wesentliche Rolle, da drei elektrochemische Prozesse dort ablaufen: Einlagern/Entfernen, Umwandeln und Legieren. Dadurch wirkt sich das Anodenmaterial direkt auf die Kapazität, die Energiedichte und die Zyklenstabilität einer Batterie aus. Ein geeignetes Anodenmaterial ist für die Entwicklung einer effizienten, leistungsstarken, zuverlässigen und umwelt-

verträglichen Batterie daher von entscheidender Bedeutung. Unter den verschiedenen Anodenmaterialien für Alkalimetall-Ionen-Batterien gelten kohlenstoffhaltige Verbindungen, darunter Weich-/Hartkohlenstoffe (HC) und natürliche/synthetische Graphite, als die praktischsten Kandidaten. Hartkohlenstoff (HC) wird als vielversprechende Anode für Lithium-, Natrium- und Kalium-Ionen-Batterien angesehen. Sein hoher Grad an Unordnung bietet viele aktive Stellen für die Speicherung von z.B. großen Natriumionen, was zu einer hohen Kapazität und einer guten Zyklenstabilität führt. Dazu kommen noch die hohe Verfügbarkeit in der Natur, geringe Kosten, Umweltverträglichkeit, hohe mechanische Festigkeit und thermische Stabilität. Die Nachteile von HC sind die geringe Dichte und die Bildung einer instabilen Festelektrolyt-Zwischenschicht (Solid-Electrolyt-Interface, SEI), die zu einem niedrigen anfänglichen coulombschen Wirkungsgrad und einer geringen Leistungsfähigkeit führt. Graphit ist das vorherrschende kommerzielle Anodenmaterial für Lithium-Ionen-Batterien mit einer theoretischen Kapazität von 372 mA g^{-1} . Diese Kapazität reicht jedoch nicht aus, um den wachsenden Bedarf an Speicherkapazität zu decken. Darüber hinaus bietet die Graphitanode in Natrium-Ionen-Batterien eine geringe Kapazität, was auf den kleinen Gitterabstand von Graphit ($3,35 \text{ \AA}$) und den größeren Natrium-Ionenradius im Vergleich zu Lithium-Ionen zurückzuführen ist. Zusammenfassend kann man feststellen, dass die meisten Kohlenstoffmaterialien, einschließlich HC, die gewünschten Wirkungsgrade nicht erreichen.

Danksagung

Das Invest BW Forschungsvorhaben des fem Forschungsinstituts wird gefördert durch das Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg.



INVEST BW

1.3.2025 – 30.9.2025

ANSPRECHPARTNERIN

fem Forschungsinstitut | Katharinenstr. 13–17 | 73525 Schwäbisch Gmünd | Deutschland
Kerstin Petrikowski, petrikowski@fem-online.de, +49 7171 1006-406