

PROJEKTVORHABEN

Quasi-All-Solid-State Lithium-Schwefel-Batterie mit gesteigerter Sicherheit, Energiedichte sowie Effizienz und Zyklenfestigkeit

Im Bereich der Energiespeicher hat sich eine große Bandbreite an Anwendungen herausgebildet, die sehr verschiedene und durchweg hohe Erwartungen an mobile Energiespeicher stellen. Die Speicher müssen eine große spezifische Energie und Energiedichte aufweisen und diese über viele Lade- und Entladezyklen hinweg konstant speichern bzw. abgeben. Dabei spielen neben Sicherheitsaspekten auch die Kosten der Energiespeicher und die gute Verfügbarkeit und Umweltverträglichkeit der Rohstoffe eine entscheidende Rolle. Viele dieser Anforderungen können durch das Lithium-Schwefel-System erfüllt werden, das als mögliches Nachfolgesystem der Lithium-Ionen-Batterie angesehen wird.

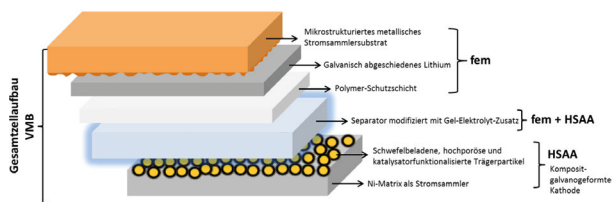


Abb. 1: Gesamtkonzept des Verbundprojektes

Das neue Verbundprojekt hat die Entwicklung einer Lithium-Schwefel-Zelle zum Ziel und stützt sich auf eine Reihe von Vorgängerprojekten. Die drei Hauptkomponenten Lithium-Anode, Schwefel-Kathode und Elektrolyt/Separator, die zu einem Gesamtzellkonzept vereint werden, sind dabei innovative Weiterentwicklungen, aufbauend auf dem Know-How der Forschungspartner fem, Hochschule Aalen und VARTA Microbattery. Die Lithium-Anode besteht aus einem mikrostrukturierten metallischen Stromsammlersubstrat, auf das eine Lithium-Schicht elektrochemisch abgeschieden wird. Diese Schicht ist mit einer Polymerschicht versehen. Als Separator/Elektrolyt-Kombination dient ein Separator, der mit einem Gelelektrolyten modifiziert ist. Die Kathodenseite stellt eine kompositgalvanogeformte Kathode dar, bestehend aus einer Nickel-Matrix als Stromsammel mit schwefelbeladenen Trägerpartikeln.

Für die Lithium-Anode, die am fem entwickelt wird, wird die dendritenfreie elektrochemische Abscheidung von Lithium, die im Ende März 2019 abgeschlossenen Projekt *Sichere Li/S-3D Zelle* (IGF 19134 N) entwickelt wurde, weiter optimiert und auf das neue System angepasst. Besonderer Vorteil der elektrochemischen Abscheidung ist die

direkte Kontrolle der Lithiummenge in der Zelle. Auf diese Weise kann der Lithiumüberschuss in der Zelle im Vergleich zum Einsatz von dünnen Lithiumfolien, die nicht unbegrenzt dünn hergestellt werden können, stark begrenzt werden. Dies führt zu einer Verbesserung der Zellsicherheit. Zusätzlich erleichtert die Polymerschicht die Handhabung der Lithium-Elektrode und schützt die Lithium-Schicht vor unkontrollierten Reaktionen mit der Atmosphäre, bzw. mit den Bestandteilen des Gelelektrolyten. Der Einsatz einer mikrostrukturierten Metallfolie als Substrat für die Abscheidung und damit als Stromableiter in der Batterie erhöht die aktive Oberfläche der Elektrode und führt zu einer optimalen Ausnutzung des aktiven Lithiums und damit zu einer hohen spezifischen Energie der Batterie. Außerdem verbessert die größere Elektrodenoberfläche auch die Haftung der verschiedenen Schichten und verringert Kontaktwiderstände.

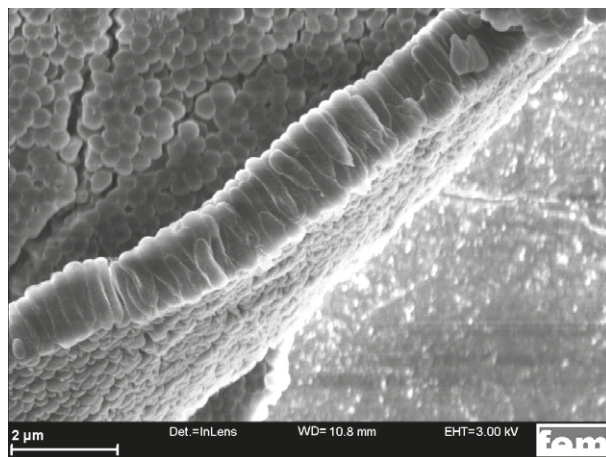


Abb. 2: Galvanisch abgeschiedene dendritenfreie Lithiumschicht

Die Kombination aus Gel-Elektrolyt und Separator, die gemeinsam von fem und Hochschule Aalen entwickelt wird, ist auf der einen Seite flexibel genug, um sich der Oberfläche der beiden Elektroden anzupassen und damit einen optimalen Kontakt zwischen Elektrolyt und Elektrode zu gewährleisten. Auf der anderen Seite stellt sie ein Festelektrolyt dar, der die unerwünschte Wanderung von Polysulfiden zur Lithium-Anode – eines der Hauptprobleme der Lithium-Schwefel-Batterie – unterbinden kann. Auf diese Weise wird die für die Zellreaktion nötige Bildung der Polysulfide direkt an der Kathode ermöglicht, ohne, dass die Polysulfide mit der Lithium-Anode reagieren, diese passivieren und nicht mehr als aktive Schwefel-

spezies zur Verfügung stehen. Dies hat einen positiven Einfluss auf die Zyklenfestigkeit und Lebensdauer der Zelle.

Grundlage der Entwicklung der Schwefel-Kathode ist der von der Hochschule Aalen patentierte Kompositgalvanoformungsprozess. Dieser stellt eine Kombination aus Galvanoformung (hier: der Nickelmatrix) und Dispersionsabscheidung von mit Schwefel beladenen Trägerpartikeln in einem einstufigen Herstellungsprozess dar. Die fertige Elektrode kann nach der Herstellung als Folie vom entsprechenden Substrat abgezogen werden. Auf diese Weise ist eine optimale elektrische und mechanische Anbindung des Aktivmaterials Schwefel an das Stromsammelmaterial Nickel gewährleistet, ohne dass nichtleitende Binder oder Leitadditive nötig sind. Die fraktale Struktur der abgeschiedenen schwefelbeladenen Trägerpartikel, die zudem selbst eine sehr große Oberfläche besitzen, erhöht die Gesamtoberfläche der Kathode, insbesondere an den bevorzugten Orten der Schwefelumsetzung. Dies führt zu einer deutlichen Verringerung der lokalen kathodischen Stromdichte. Die im Rahmen des BMWi-Projekts 03ET6084 entwickelten Trägerpartikel sind mit Katalysatormaterial bekeimt, welches die Austauschstromdichte der Schwefel/Polysulfid-Umsetzung erhöht und die Kathodenkinetik deutlich verbessert. Insgesamt ermöglicht die neuartige Schwefel-Kathode eine

Steigerung der Energieeffizienz, sowie die Verbesserung des Ausnutzungsgrad des Aktivmaterials, wodurch die erreichbaren volumetrischen und gravimetrischen Energie- und Leistungsdichten weiter gesteigert werden.

Die einzelnen Zellkomponenten werden von Varta Microbattery zu einer Gesamtzelle zusammengefügt, um die Funktionsfähigkeit der Zellkomponenten im Zusammenspiel zu demonstrieren. Mit den genannten Maßnahmen des Verbundprojektes soll die wirtschaftliche Umsetzung der Lithium-Schwefel-Batterie weiter vorangetrieben werden.

Danksagung

Wir danken dem Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) für die Förderung des Verbundprojekts 03ETE026C.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Projekt: BMWi-Verbundprojekt 03ETE026C

Laufzeit: 1.1.2020 – 31.12.2022

Verbundpartner

VARTA Microbattery GmbH | Hochschule Aalen – Technik und Wirtschaft

Industriepartner

CCT Composite Coating Services GmbH | EppsteinFoil GmbH & Co. KG | Freudenberg Technology Innovation SE & Co. KG
Gerlinger GmbH & Co. KG | Rena Technologies GmbH

Ansprechpartner

fem | Forschungsinstitut Edelmetalle + Metallchemie | Katharinenstraße 17 | 73525 Schwäbisch Gmünd
Dr. Martin Opitz, opitz@fem-online.de, T +49 7171 1006-318