

3Interfaces

Optimization of Interfaces in Quasi-solid state Lithium Metal Batteries

Programm / Ausschreibung	Produktionstechnologien, Produktionstechnologien, M-ERA.net Ausschreibung 2023	Status	laufend
Projektstart	01.05.2024	Projektende	30.04.2027
Zeitraum	2024 - 2027	Projektaufzeit	36 Monate
Keywords	lithium metal; batteries; solid electrolyte; solid- liquid composite; 3D ceramics		

Projektbeschreibung

Unsere Gesellschaft braucht sichere und leistungsfähige Energiespeicher, um fossile Brennstoffe überflüssig zu machen. Lithiummetall gilt als das vielversprechendste Elektrodenmaterial für wiederaufladbare Batterietechnologien der nächsten Generation. Der Ersatz negativer Graphitelektroden durch metallisches Lithium ermöglicht gravimetrische Energiedichten, die je nach Kathodenchemie (Hochspannungs-NMC, Li-S oder Li-O₂) etwa 30 % über denen heutiger Lithium-Ionen-Batterien liegen. Leider ist Lithiummetall gegenüber handelsüblichen Flüssigelektrolyten recht instabil und neigt zur Dendritenbildung, was in Gegenwart flüchtiger Lösungsmittel zu gefährlichen Kurzschläßen führt. Die Grenzen für die Verwendung von Flüssigelektrolyten in Kombination mit Lithiummetall liegen in der hohen Reaktivität von Lithium. Eine Schlüsselstrategie für den praxisrelevanten Einsatz von Lithiummetall ist die Kontrolle der Festelektrolyt-Grenzfläche (SEI-Film), die sich an der Oberfläche bildet, nachdem Lithium während der Batteriezzyklen mit Elektrolyt-Lösungsmitteln und Salzen reagiert. Die SEI muss dünn sein, eine gute Lithium-Ionen-Leitfähigkeit aufweisen und gleichzeitig stabil genug sein, um die Lebensdauer der Batterie nicht zu beeinträchtigen. Die zentrale Herausforderung für die Realisierung sicherer, zuverlässiger Lithium-Metall-Batterien der nächsten Generation besteht in der Entwicklung neuer Membranen als feste oder quasifeste Elektrolyte, die stabile, hochleitfähige Grenzflächen sowohl mit Lithium-Metall als auch mit neuen Kathodenmaterialien ermöglichen und gleichzeitig die Erschöpfung des Anoden-Lithiums (Bildung von "totem Lithium") durch Reaktion mit dem Elektrolyten vollständig unterdrücken, was zu einer idealen Coulombschen Effizienz von etwa 99,99 % führt. 3Interfaces plant, ionische Flüssigkeiten in ein 3D gedrucktes Einzelionenleiter-Keramikgerüst zu infiltrieren: die keramischen Hohlräume werden mit ionischen Flüssigkeiten aufgefüllt, die die Rolle einer Ionenbrücke übernehmen. Ein effizientes reversibles Plating während des Lade-/Entladezyklus kann die benötigte Lithiummetallmenge in einer Batterie drastisch reduzieren. Wenn metallisches Lithium während des ersten Zyklus der Batterie direkt auf einen dünnen Stromableiter aufgebracht wird, kann die Energiedichte der Zelle erheblich gesteigert werden. Die Gesamtkosten der Batterien werden gesenkt, indem der Überschuss an Lithiummetall reduziert wird, der bei den derzeitigen Batterien erforderlich ist, um eine langfristige Funktionalität zu gewährleisten.

Abstract

Our society needs safe and high-performing energy storage devices to replace gasoline combustion. Lithium metal is

regarded as the most promising electrode material for next-generation rechargeable battery technologies. Indeed, replacing graphite negative electrodes with metallic lithium will enable gravimetric energy densities about 30% above current lithium-ion batteries, depending on the cathode chemistry (High-voltage NMC, Li-S, or Li-O₂). Unfortunately, lithium metal is quite unstable versus commercial liquid electrolytes, making it prone to dendrite formation, which creates dangerous short-circuits in presence of volatile solvents. The limitations to the use of liquid electrolytes in combination with lithium metal are due to lithium's high reactivity a key strategy for a practical use of lithium metal is to control the solid electrolyte interface (SEI) that is formed at its surface after Lithium reacts with electrolyte solvents and salts during battery cycling. The SEI needs to be thin, featuring good lithium-ion conductivity while being stable enough not to limit battery lifetime. The key challenge to realizing safe, reliable next generation lithium metal batteries is to develop new membranes as solid or quasi-solid electrolytes that enable stable, highly conductive interfaces with both lithium metal and new cathode materials while fully suppressing the depletion of anode lithium (formation of "dead lithium") through reaction with the electrolyte, leading to an ideal Coulombic efficiency of around 99.99 %. 3Interfaces plans to infiltrate ionic liquids into a 3D printed single-ion conductor ceramic scaffold: the ceramic voids will be filled by ionic liquids that will play the role of ionic bridge. Fully efficient plating/stripping during cycling can dramatically reduce the lithium metal amount required in a battery. If metallic lithium is plated directly onto a thin current collector during the first cycle of battery operation, the cell's energy density can increase significantly. The final cost of batteries is lowered by reducing the lithium metal excess that current batteries require to ensure long-term functionality.

Projektkoordinator

- AIT Austrian Institute of Technology GmbH

Projektpartner

- Lithoz GmbH