



Angewandte Elektrochemie

Batteriematerialforschung und Zellentwicklung



Energie ist einer der wichtigsten Rohstoffe unserer Zivilisation

Das Fraunhofer ICT forscht an zahlreichen aussichtsreichen Systemen mit dem Ziel diese einsatzreif zu machen



Mit langjähriger Erfahrung und Expertise können wir jederzeit die Messverfahren und Messsysteme Ihren Wünschen anpassen und maßgeschneiderte Entwicklungen anbieten.«

Der elektrischen Energie kommt dabei eine besondere Bedeutung zu, da sie einfach, zentral sowie dezentral erzeugt, nach Bedarf transportiert und flexibel in andere Energieformen, beispielsweise Wärme, Licht oder Bewegung, umgewandelt und somit vielfältig nutzbar gemacht werden kann. Sie nimmt daher in praktisch allen Bereichen der Gesellschaft eine dominierende Rolle ein. Die zuverlässige, sichere und skalierbare Speicherung elektrischer Energie hinsichtlich Kosten, Effizienz und Energiedichte stellt besondere Anforderungen an die Forschung und Entwicklung von Energiespeichern.

Das Fraunhofer ICT beschäftigt sich seit vielen Jahren mit unterschiedlichsten elektrochemischen Energiespeichersystemen und kann somit auf eine umfassende Erfahrung und Expertise für seine Kunden zurückgreifen. Das Know-how reicht von der Materialentwicklung für primäre und sekundäre Batterien über die Assemblierung von Labor- und Demonstratorzellen bis hin zum Testen von Zellen und kleinen Batteriepacks. Begleitende Analytik, Charakterisierung und Prüfung sowie die Sicherheitsbetrachtung von Batterien und Ursachenforschung im Versagensfall runden das Portfolio des Fraunhofer ICT ab.

Batterien der nächsten Generation

Neben konventionellen Lithium-Ionen-Batterien (LiB), gelten Metall-Schwefel-, Metall-Luft- und Festkörperbatterien als neue vielversprechende Speichertechnologien. Dabei werden Luft- und Schwefel-Systemen hohe theoretische Energiedichten zugeschrieben, wobei die derzeit teilweise mangelnde Zyklenstabilität eine Kommerzialisierung verhindert. Festkörperbatterien werden als sichere Variante der LiB mit potentiell hoher Energie- und Leistungsdichte angesehen. Für diese Batterien der nächsten Generation liegt der Forschungsbedarf primär auf dem Zusammenspiel der verwendeten Materialien und Komponenten innerhalb der Zelle.

■ Metall-Schwefelbatterien

Mit Schwefelkathoden können vielfach höhere Kapazitäten erzielt werden als mit konventionellen Kathoden in Lithium-Ionen-Batterien. Durch Verständnis der Reaktionsmechanismen sowie der Elektrolyt- und Elektrodendegradation kann das Schwefelsystem entscheidend verbessert werden. Zielsetzung ist, aus kommerziellen Ausgangsmaterialien kostengünstige Elektroden für hohe Energiedichten auf Zellebene bei gesteigerten Zyklenzahlen zu entwickeln.

■ Metall-Luftbatterien

Sauerstoff als Kathodenmaterial muss nicht in der Batterie mitgeführt, sondern kann der Luft entnommen werden. Aus diesem Grund weisen diese Batterien – sowohl auf Basis von Zink (Zn), Lithium (Li) oder Natrium (Na) – potentiell eine signifikant höhere Energiedichte auf. Die Verbesserung der elektrochemischen Umsetzung des Sauerstoffs sowie die Erlangung von vertiefendem Verständnis des Reaktionsmechanismus und parasitäre Effekte über spezifische Mess- und Gasanalytik sind aktuelle Forschungsschwerpunkte.

■ Festkörperbatterien

Mit dem Einsatz von Polymer- oder Kompositelektrolyten kann in Festkörperbatterien die mechanische Stabilität und damit auch die Sicherheit im Vergleich zu Batterien mit einem flüssigen Elektrolyten erhöht werden. Für eine gute Performance sind die elektrochemische Stabilität der Festelektrolyte und die Kontaktierung mit dem Kathodenaktivmaterial sowie den (metallischen) Anoden von entscheidender Bedeutung. Die Optimierung der Eigenschaften dieser Komponenten ist ein wichtiger Forschungsschwerpunkt. Das Fraunhofer ICT forscht an einer verbesserten, homogeneren Abscheidung der Metallanode. Neben der Materialentwicklung selbst werden auch kostengünstige und großtechnisch nutzbare Fertigungsverfahren der Batteriekomponenten betrachtet.

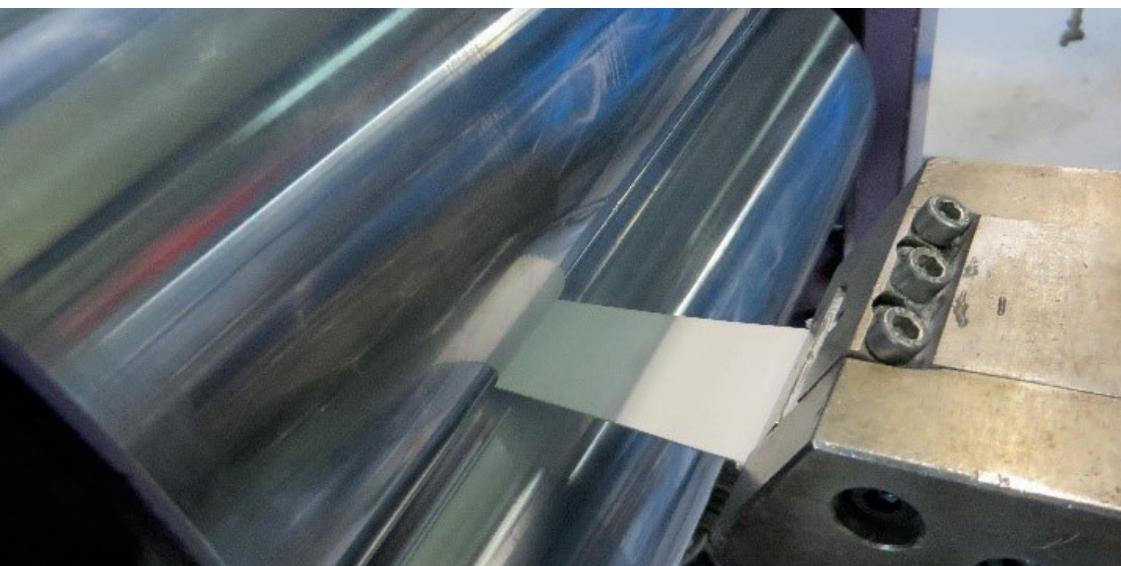
Links:

Mehrkanalige Zykelstation für Zelltests in der Batterieentwicklung.

Rechts:

Extrusion von Elektroden und Kompositelektrolyten.

Post-mortem Analyse einer Elektrode vor und nach der Zyklisierung.



Natrium-Ionen-Batterien und andere Natrium-Mitteltemperatur Speichersysteme

*Rechts:
Elektrochemische Testzellen
für diverse Elektrodengrößen
und -typen.*

Natrium als gut verfügbares, umweltfreundliches und kostengünstiges Material bietet für neuartige Batteriesysteme hohes Potential. Neben der Entwicklung von klassischen Kathoden auf Basis von z. B. Vanadium- oder Eisenphosphaten für Natrium-Ionen-Batterien können mit der Verwendung von keramischen Festelektrolyten als Separator auch Hochtemperatursysteme ($T = 300^{\circ}\text{C}$) mit schmelzflüssigem Natrium realisiert werden (Na/Schwefel , Na/NiCl_2). Die Verwendung keramischer Festelektrolyten auf NaSICON-Basis ermöglicht die Reduktion der Betriebstemperatur einer solchen Batterie auf 100°C und damit den Einsatz wässriger Kathoden auf Basis von z. B. Iod. Hierdurch wird das thermische Management deutlich erleichtert. Neben den Benetzungseigenschaften des Natriums kommen auch der chemischen Stabilität des NaSICONs sowie sicherheitsrelevanten Aspekten große Bedeutung zu. Damit stehen die Herstellung und Untersuchung von Natrium-Ionen leitenden Keramiken und verschiedenen Kathoden sowie die Betrachtung der gesamten Batteriezelle im Fokus der Forschung und Entwicklung am Fraunhofer ICT.

Superkondensatoren

Industrierelevante Schwachstellen heutiger Lithium-Ionen-Batterien sind häufig eine unzureichende Stabilität bei hohen Temperaturen, eine relativ kurze Zyklenlebensdauer und nicht praktikable Ladezeiten. Elektrochemische Kondensatoren haben hingegen ein signifikantes Potential in der Energierückgewinnung, da ihre physikalischen Ladungsprozesse eine sehr schnelle Energiespeicherung bei längerer Lebensdauer ermöglichen. Um die oftmals noch unzureichenden Energiedichten zu erhöhen, unterstützt das Fraunhofer ICT im Kundenauftrag bei der Entwicklung neuartiger Hybridkondensatoren und ihren Komponenten.



*Modell einer Pouchzelle
mit Kathode, polymer-
keramischen Separator und
Natriummetall-Anode.*

Materialanalytik und Messzellen

Am Fraunhofer ICT stehen unterschiedliche Charakterisierungsmethoden und kombinierte Messverfahren für die Materialanalyse und zur Bewertung der Ergebnisse zur Verfügung. Mit Hilfe der Rasterelektronenmikroskopie (REM) und integrierter energiedispersiver Röntgenstrahlung (REM-EDX) werden beispielsweise Einblicke in Elektroden und Festelektrolyte ermöglicht, die ein besseres Verständnis der elektrochemischen Vorgänge zulassen. Durch den Einsatz von Ionenchromatografie (IC), Gaschromatografie (GC), Massenspektroskopie (MS), Raman- und fouriertransformierter Infrarotspektroskopie (FT-IR) sowie von elektrochemischer Impedanzspektroskopie (EIS) können Elektroden, Elektrolyte und Reaktionsmechanismen diverser elektrochemischer Systeme sowie Alterungsprozesse untersucht und charakterisiert werden. Zudem können unterstützend die Änderung der Schichtdicke während des Ladens und Entladens gemessen sowie die dynamische Differenzkalorimetrie (DSC) zur Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit und Wärmekapazität für Simulationsberechnungen durchgeführt werden. Neben in-situ-Messungen geben auch post-mortem-Untersuchungen von luft- und feuchteempfindlichen Materialien Rückschluss auf mögliche Vorgänge innerhalb der Zelle.

Messzellen am Fraunhofer ICT

Das Fraunhofer ICT verfügt über zahlreiche Messzellen für Elektroden mit unterschiedlichen Durchmessern und Geometrien, Zellen für Sauerstoffkathoden, für optische in-operando-Messungen, zur in-operando-Bestimmung der Elektroden- und Elektrolytdekomposition und zur in-operando Schichtdickenmessung.

Verschiedene Prüfmethode

Mit Performancetests und Ladezustandskontrollen (State-of-Charge – SOC) werden beispielsweise die Alterung (State-of-Health – SOH) bestimmt und Restlebensdauer einer Batterie abgeleitet. Anhand elektrochemischer Untersuchungen in Kombination mit der Untersuchung der Schichtdickenänderung und differentieller elektrochemischer Massenspektroskopie (DEMS) können Vorhersagen zur Leistungsfähigkeit der Batterie getroffen werden.



