



DÜNNE LITHIUM-METALL-ANODEN FÜR ZUKÜNFTIGE BATTERIETECHNOLOGIEN

THIN LITHIUM METAL ANODES FOR FUTURE BATTERY TECHNOLOGIES

Lithium metal anodes are key elements for future battery systems. They maximize energy density both in terms of cell volume and mass. Melt coatings enable the production of thin lithium films at low cost. By means of laser cutting, these lithium anodes can be tailored for use in a wide variety of cell formats.

Lithium metal anodes maximize energy density both in terms of cell volume and mass. They are already applied in lithium sulfur cells to achieve record specific energy values of more than 400 watt hours per kilogram. By comparison, the best lithium-ion battery cells currently only achieve 250 watt hours per kilogram. In addition, solid state batteries could exceed the volumetric energy density of today's lithium-ion batteries by more than 70 percent using the lithium metal anode. Conventional production solutions for lithium foils include rolling processes. One of the difficulties with these processes is that it is very expensive to produce coatings less than 50 micrometers thick over large areas. In addition, production technologies for high-quality and thin lithium coatings on current collectors such as copper or nickel foils are commercially available only to a limited extent. The special mechanical and chemical properties of lithium must also be taken into account when cutting various electrode geometries from lithium foils. Conventional mechanical cutting processes have proven inefficient.

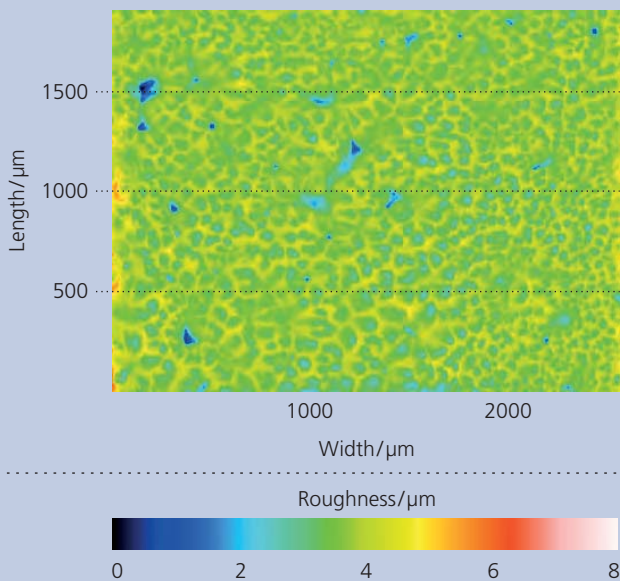
Lithium-Metall-Anoden gelten als Schlüsselement für die Batteriesysteme der Zukunft. Sie ermöglichen die Maximierung der Energiedichte sowohl in Bezug auf das Zellvolumen als auch auf die Masse. Schmelzbeschichtungen erlauben die Herstellung dünner Lithiumschichten mit geringem Aufwand. Mittels Laser-Schneidprozess lassen sich diese Lithiumschichten für verschiedenste Zellformate konfektionieren.

Lithium-Metall-Anoden ermöglichen die Maximierung der Energiedichte in Bezug sowohl auf das Zellvolumen als auch auf die Masse. Sie kommen bereits in Lithium-Schwefel-Zellen zum Einsatz, um Rekordwerte in der spezifischen Energie von mehr als 400 Wattstunden pro Kilogramm zu erreichen. Die besten Lithium-Ionen-Batterie-Zellen erreichen im Vergleich dazu derzeit lediglich 250 Wattstunden pro Kilogramm. Darüber hinaus könnten Festkörperbatterien die volumetrische Energiedichte heutiger Lithium-Ionen-Batterien bei Verwendung der Lithium-Metall-Anode um mehr als 70 Prozent überschreiten. Zu den herkömmlichen Produktionslösungen für Lithiumfolien gehören Walzverfahren. Deren Schwierigkeit besteht darin, dass sich damit Schichten unter 50 Mikrometern Dicke großflächig nur sehr aufwendig herstellen lassen. Hinzu kommt, dass Produktionstechnologien für hochwertige und dünne Lithiumschichten auf Stromkollektoren wie Kupfer- oder Nickelfolien kommerziell nur begrenzt verfügbar sind. Auch zum Zuschneiden verschiedener Elektrodengeometrien aus den Lithiumfolien sind die besonderen mechanischen sowie chemischen Eigenschaften des Lithiums zu beachten. Herkömmliche mechanische Trennverfahren haben sich als unproduktiv erwiesen.



2

Height profile of a lithium metal layer created by melt coating



Confocal microscopy analyzes the surface quality of the melt-coated lithium metal anodes.

Beschichtung aus der Lithiumschmelze: Kostengünstiger Ansatz für Anoden-Produktion zukünftiger Batteriesysteme

Das Fraunhofer IWS setzt bei der Herstellung definierter Lithiumanoden auf die Beschichtung aus der Metallschmelze – ein Prozess, der sich ohne großen apparativen Aufbau realisieren lässt. Eine große Herausforderung liegt jedoch in der großen Grenzflächenspannung des Lithiums gegenüber den Substratoberflächen. Erst eine Innovation ermöglicht eine für die Beschichtung notwendige Benetzung des Lithiums auf Kupfer- oder Nickelfolien: die lithiophile Oberflächenbehandlung

Coating from lithium melt: cost-effective approach for anode fabrication for future battery systems

For the production of defined lithium anodes, Fraunhofer IWS scientists rely on coating from the molten metal – a process that can be realized without the need for a large apparatus. A major challenge, however, lies in the high interface tension of the lithium compared to the substrate surfaces. Only an innovation enables the lithium to be wetted on copper or nickel foils, a process necessary for coating: the lithiophilic surface processing of the foils. IWS researchers have developed a technique that guarantees complete spreading of the lithium melt and thus a homogeneous coating. Further advantages include the fact that the IWS technology can be implemented at particularly low cost and can be scaled to industrial standards in the roll-to-roll process.

“MaLiBa” and “LiMeCut” to ensure contact and flexibility

Modifications of the lithium surface are targeted as an extension of this coating process in the joint project Customized metal anodes for future battery systems “MaLiBa”. The project team, coordinated by the IWS, aims to significantly improve the handling, stability and safety of lithium anodes for use in battery cells. This work will be complemented by the development of a laser cutting process in the context of “LiMeCut”. This project is funded by the German Federal Ministry of Education and Research within the eurostars program and will enable flexible packaging of lithium anodes. The result is a toolbox for adapting anodes to customer-specific cell systems and formats. Fraunhofer IWS's role in “MaLiBa”

is focused on developing customized and surface-modified lithium anodes for future batteries. Here, lithium layers are generated with a thickness of about 25 micrometers and a very low roughness. This is particularly important in order to establish good contact with the adjacent electrolyte in solid-state cells. The "LiMeCut" project focuses on the development of a flexible laser process technology for cutting lithium anodes. Main emphasis is placed on providing a safe process environment – both for the plant operator and for the lithium – and on the development of cutting parameters for reproducible cutting results. In order to minimize reactions of the lithium with the working atmosphere during laser processing, the environment must be as dry as possible and the cutting process must be automated without external operator intervention. The handling of the process exhaust air enriched with lithium particles requires adapted treatment. In addition, electrodes punched in lithium sulfur test cells are directly compared to laser-processed electrodes. Flexible electrode fabrication from metallic lithium foils and tailor-made lithium anodes deposited on nickel foil is an important part of the IWS strategy to provide new products and optimized manufacturing processes for future battery types.

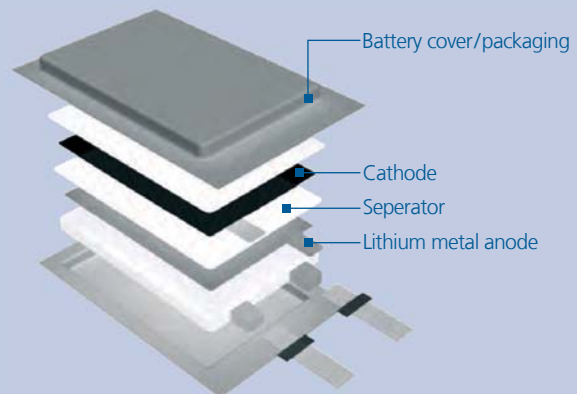
- 1 *Copper foil coated with lithium: Extremely thin but still manageable in rolls.*
- 2 *Lithium sulfur pouch cell: Thanks to a flexible laser cutting process, pouch cells can be produced in various formats.*
- 3 *Laser-cut lithium metal anode: The laser cutting process enables the precise packaging of lithium metal anodes.*

der Folien. Die Wissenschaftler des IWS haben hierfür eine Methode entwickelt, die eine vollständige Spreitung der Lithiumschmelze und damit eine homogene Beschichtung ermöglicht. Weitere Vorteile liegen darin, dass sich die entwickelte IWS-Technologie besonders günstig realisieren und wie bereits umgesetzt im Rolle-zu-Rolle-Verfahren auf industrielle Maßstäbe skalieren lässt.

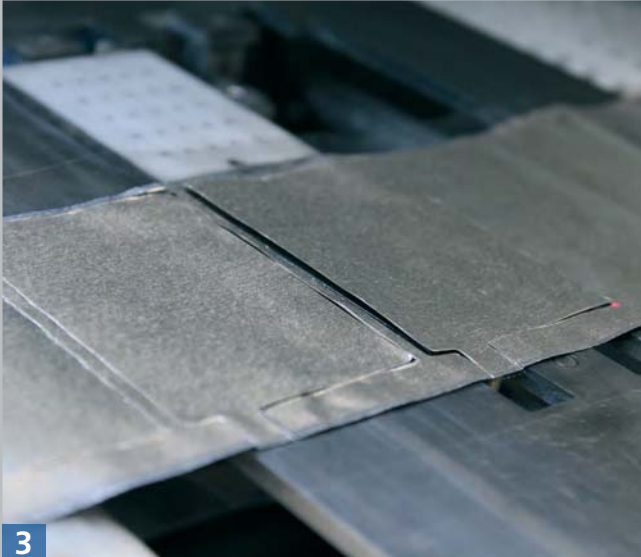
»MaLiBa« und »LimeCut« sollen für Kontakt und Flexibilität sorgen

Modifizierungen der Lithium-Oberfläche sollen diesen Beschichtungsprozess im Verbundprojekt »Maßgeschneiderte Metall-Anoden für zukünftige Batteriesysteme (MaLiBa)« erweitern. Das Projekt-Team unter Koordination des IWS will so das Handling und die Stabilität sowie die Sicherheit der Lithium-Anoden für den Einsatz in Batteriezellen entscheidend verbessern. Ergänzt werden diese Arbeiten durch die Entwicklung eines Laserschneidprozesses innerhalb des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen des eurostars-Programms geförderten Projekts »LiMeCut«, der eine

Electrode stack with lithium metal anode



The lithium metal anode is a key component of high energy battery cells and is being evaluated in stacked multilayer prototype cells.



flexible Konfektionierung von Lithium-Anoden ermöglichen wird. So ergibt sich ein Werkzeugkasten für die Anpassung von Anoden an kundenspezifische Zellsysteme und -formate. Innerhalb von »MaLiBa« entwickelt das Fraunhofer IWS maßgeschneiderte und oberflächenmodifizierte Lithium-Anoden für Batterien der Zukunft. Dabei werden Lithium-Schichten erzeugt, die zum einen eine Dicke von etwa 25 Mikrometern und zum anderen eine sehr geringe Rauigkeit aufweisen. Dies ist besonders wichtig, um in Festkörperzellen einen guten Kontakt zum angrenzenden Elektrolyten herzustellen. Das Projekt »LiMeCut« zielt auf die Entwicklung einer flexiblen Laserprozessstechnologie zum Schneiden von Lithiumanoden ab. Schwerpunkte sind hierbei die Bereitstellung einer sicheren Prozessumgebung – sowohl für den Anlagenbediener als auch für das Lithium – und die Entwicklung von Schneidparametern für reproduzierbare Schneidergebnisse. Um Reaktionen des Lithiums mit der Arbeitsatmosphäre während der Laserbearbeitung zu minimieren, muss eine möglichst trockene Umgebung geschaffen werden und der Schneidprozess ohne äußeren Eingriff des Bedieners automatisiert erfolgen. Die Behandlung der mit Lithiumpartikeln angereicherten Prozessabluft bedarf einer angepassten Aufbereitung. Außerdem werden in Lithium-Schwefel-Testzellen gestanzte Elektroden direkt mit den laserbearbeiteten verglichen. Für das IWS ist die flexible Elektrodenkonfektionierung aus elementaren Lithiumfolien und den auf Nickelfolie abgeschiedenen maßgeschneiderten Lithiumanoden ein wichtiger Bestandteil der Strategie, um für zukünftige Batterietypen neue Produkte und dafür optimierte Fertigungsprozesse bereitzustellen.

LiMeCut: This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement no. 814471.

MaLiBa: The project on which this report is based was funded by the Federal Ministry of Education and Research (grant agreement no. 03XP0185). Responsibility for the content of this publication lies with the author.

Funded by



Federal Ministry
of Education
and Research



Co-funded by the Horizon 2020 programme
of the European Union

CONTACT

Dipl.-Ing. Kay Schönherr

Chemical Coating Technology

+49 351 83391-3003

kay.schoenherr@iws.fraunhofer.de

