



## Herstellung von porösen Silizium-Schichten für Anwendungen in der Batterietechnik

Dr. Stefan Saager<sup>1</sup>, Dr. Bert Scheffel<sup>1</sup>, Dr. Olaf Zywitzki<sup>1</sup>, Dr. Thomas Modes<sup>1</sup>, Dr. Markus Piwko<sup>2</sup>, Anne Baasner, M.Sc.<sup>2</sup>, Dr. Susanne Doerfler<sup>2</sup>, Dr. Holger Althues<sup>2</sup>, Prof. Dr. Christoph Metzner<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fraunhofer-Institut für Organische Elektronik, Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP, Winterbergstraße 28, 01277 Dresden, <sup>2</sup>Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS, Winterbergstraße 28, 01277 Dresden

[stefan.saager@fep.fraunhofer.de](mailto:stefan.saager@fep.fraunhofer.de)

Aktuell zeichnet sich ein fortwährender Entwicklungsbedarf für kleine, effiziente und zugleich kostengünstige Energiespeichersysteme ab. Lithium-Ionen-Batterien (LIB) sind bereits in vielen Anwendungsbereichen etabliert. Dennoch ist bekannt, dass es für LIB's ein erhebliches Potenzial hinsichtlich höherer Volumen- und massebezogener Energiedichten gibt. Der Ersatz derzeitiger Graphitwerkstoffe durch Silizium als Anodenmaterial verspricht eine wesentliche Steigerung der spezifischen Ladekapazität des Anodenmaterials bis zu 3579 mAh/g. Gegen die Einführung von Siliziumanoden spricht aber das bisher nur partiell adressierte Problem der geringen Zyklenstabilität aufgrund der hohen mechanischen Volumenausdehnung um mehr als 300 % beim Lithieren des Siliziums. Die resultierenden mechanischen Spannungen führen bereits nach wenigen Be-/Entladungszyklen zur mechanischen bzw. elektrochemischen Desintegration des Materials und zum letztendlichen Zellversagen. Um diese materialtechnischen Probleme zu überwinden, werden derzeit verschiedene Methoden zur Herstellung von mikro- bzw. nanostrukturiertem Silizium evaluiert. Ein vom FEP forcierter Ansatz besteht in der Herstellung von porösen Silizium-Beschichtungen, bei denen Poren und Hohlräume Platz für die Volumen-Expansion bei der Li-Beladung geben und dadurch o. g. Phänomen reduziert werden. Für die ersten grundlegenden Untersuchungen wurden Silizium-Zink-Schichten durch Co-Verdampfung abgeschieden. Silizium und Zink, die aus materialwissenschaftlicher Sicht ein im festen Zustand nicht mischbares System darstellen, bilden während der Kondensation ein „heterogenes Gemenge“ aus nebeneinander vorliegenden Silizium- und Zinkkristalliten. Die Größe und Verteilung der Kristallite lässt sich durch Prozessparameter adaptieren. Durch eine sich unmittelbar anschließende Wärmebehandlung im Vakuum wird die flüchtigere Komponente Zink durch Sublimation aus der Schichtmatrix herausgetrieben und Hohlräume werden an den einstigen Positionen der Zinkkristallite erzeugt.

Die Machbarkeit dieses Ansatzes wird durch die Präsentation von Analyseergebnissen an den Beschichtungen hinsichtlich der ausgebildeten Schichtmorphologie und ihrer vielversprechenden elektrochemischen Eigenschaften demonstriert. Elektrochemische Untersuchungen im Halbzell- bzw. Vollzell-Setup vs. Lithium zeigen, dass initiale Ladekapazitäten über 3000 mAh/g<sub>Si</sub> und eine vergleichsweise gute Zyklenstabilität realisierbar sind.