

Medienmitteilung

Dübendorf, St. Gallen, Thun, 8. April 2013

Zusammenarbeit Empa und ETH Zürich

Zinn-Nanokristalle für die Batterie der Zukunft

Lithium-Ionen-Batterien der nächsten Generation wecken grosse Erwartungen. Sie sollen unter anderem die Elektromobilität revolutionieren, indem sie Elektroautos zu einer deutlich grösseren Reichweite verhelfen. Ein neues Nanomaterial von Chemikern der Empa und der ETH Zürich könnte künftige Batterien leistungsfähiger machen.

Sie liefern den Strom für Elektroautos, Smartphones und Laptops: Wieder aufladbare Lithium-Ionen-Batterien sind heute die Energiespeicher der Wahl, wenn es darauf ankommt, auf kleinem Raum und mit geringem Gewicht viel Energie bereit zu stellen. Weltweit wird derzeit an einer neuen Generation dieser Batterien mit verbesserter Leistung geforscht. Wissenschaftler unter der Leitung von Maksym Kovalenko, der sowohl am Laboratorium für Anorganische Chemie der ETH Zürich als auch an der Empa forscht, haben nun ein Nanomaterial entwickelt, dank dem sich in Lithium-Ionen-Batterien deutlich mehr Energie speichern lässt. Beim Nanomaterial handelt es sich um kleinste Zinn-Kristalle, die am Minus-Pol der Batterien zum Einsatz kommen sollen. Beim Laden der Batterie werden an dieser Elektrode Lithium-Ionen aufgenommen, beim Entladen werden sie wieder abgegeben (s. Kasten). «Je mehr Lithium-Ionen die Elektrode aufnehmen und abgeben kann – je besser sie quasi atmen kann –, desto mehr Energie lässt sich in einer Batterie speichern», erklärt Kovalenko.

Gleichmässige Kristalle

Das Element Zinn ist dafür hervorragend geeignet: Jedes Zinn-Atom kann mindestens vier Lithium-Ionen aufnehmen. Eine Herausforderung ist es jedoch, mit der Volumenänderung von Zinn-Elektroden umzugehen. Denn ein Zinn-Kristall wird bis zu dreimal grösser, wenn er viele Lithium-Ionen aufnimmt, und er schrumpft wieder, wenn er die Ionen wieder abgibt.

Die Wissenschaftler setzten daher auf die Nanotechnologie. Sie stellten Zinn-Nanokristalle her und betteten eine grosse Menge davon in eine poröse und durchlässige Kohlenstoff-Matrix ein. Ähnlich wie ein Schwamm Wasser aufsaugen und wieder abgeben kann, kann eine so konstruierte Elektrode beim Entladen Lithium-Ionen aufnehmen und beim Laden abgeben. Bestünde die Elektrode aus kompaktem Zinn-Block, wäre dies nicht möglich.

Während der Entwicklung stelle sich die Frage nach der idealen Grösse der Nanokristalle, womit auch die Herausforderung zusammenhängt, gleichmässige Kristalle herzustellen. Kovalenko: «Der Trick hierbei war, die beiden wesentlichen Schritte bei der Kristallbildung voneinander zu trennen, also einerseits die Bildung eines kleinstmöglichen Kristallkeimes und andererseits dessen weiteres Wachstum.» Indem die Wissenschaftler Zeit und Temperatur der Wachstumsphase beeinflussten, konnten sie die Kristallgrösse kontrollieren. «Wir sind die ersten, die so kleine Zinn-Kristalle in dieser Präzision hergestellt haben», sagt Kovalenko.

Grössere Zyklenstabilität

Mit einheitlichen Zinn-Nanokristallen sowie Kohlenstoff und Bindemitteln stellten die Wissenschaftler unterschiedliche Test-Elektroden für Batterien her. «Damit liess sich im Vergleich zu konventionellen Elektroden doppelt so viel Energie speichern», sagt Kovalenko. Die Grösse der Nanokristalle hatte beim ersten Lade-Entladezyklus keinen Einfluss auf die Speicherkapazität. Nach einigen Lade-Entladezyklen zeigten sich jedoch Unterschiede in Abhängigkeit der Kristallgrösse: Batterien mit 10 Nanometer kleinen Kristallen in den Elektroden konnten deutlich mehr Energie speichern als solche mit doppelt so grossem Durchmesser. Die Wissenschaftler gehen davon aus, dass die kleineren Kristalle besser abschneiden, weil sie Lithium-Ionen effizienter aufnehmen und abgeben können.

Da die Wissenschaftler nun die ideale Grösse der Zinn-Nanokristalle kennen, möchten sich in weiterer Forschungsarbeit den verbleibenden Herausforderungen bei der Herstellung optimaler Zinn-Elektroden widmen. Dazu gehören etwa die Wahl der bestmöglichen Kohlenstoff-Matrix und des Bindemittels für die Elektrode sowie der ideale mikroskopische Aufbau der Elektrode. Ausserdem geht es um die Wahl einer optimalen und stabilen Elektrolyt-Flüssigkeit, in der die Lithium-Ionen in der Batterie zwischen den beiden Polen hin- und herwandern können. Schliesslich sind auch die Herstellungskosten ein Thema. Die Forscher möchten testen, welche kostengünstige Ausgangsmaterialien für die Elektrodenherstellung geeignet sind. Ziel ist es, Batterien mit einer erhöhten Energiespeicherkapazität und Lebensdauer marktreif zu machen, auch in Zusammenarbeit mit einem Schweizer Industriepartner.

Wie Lithium-Ionen-Batterien funktionieren

In Lithium-Ionen-Batterien ist die Energie in Form von positiv geladenen Lithium-Ionen gespeichert, die sich in der geladenen Batterie am Minus-Pol befinden. Wird der Batterie Energie entnommen, fliessen negativ geladene Elektronen über den externen Stromkreislauf vom Minus- zum Plus-Pol. Zum Ladungsausgleich fliessen positiv geladene Lithium-Ionen ebenfalls vom Minus- zum Plus-Pol. Diese legen den Weg jedoch im Innern der Batterie zurück, in der Elektrolyt-Flüssigkeit. Der Vorgang ist reversibel: Lithium-Ionen-Batterien können mit Strom wiederaufgeladen werden. In den allermeisten heutigen Lithium-Ionen-Batterien besteht

der Plus-Pol aus den Übergangsmetalloxiden Kobalt, Nickel und Mangan, der Minus-Pol aus Graphit. In leistungsfähigeren Lithium-Ionen-Batterien der nächsten Generation sollen am Minus-Pol Elemente wie Zinn oder Silizium zum Einsatz kommen.

Literaturhinweis

Kravchyk K, Protesescu L, Bodnarchuk MI, Krumeich F, Yarema M, Walter M, Guntlin C, Kovalenko MV: Monodisperse and inorganically capped Sn and Sn/O₂ nanocrystals for high performance Li-ion battery anodes. Journal of the American Chemical Society, 2013, Online-Vorabveröffentlichung, doi: 10.1021/ja312604r

Artikel über Maksym Kovalenko in der aktuellen EmpaNews:

http://www.empa.ch/plugin/template/empa/*/132487

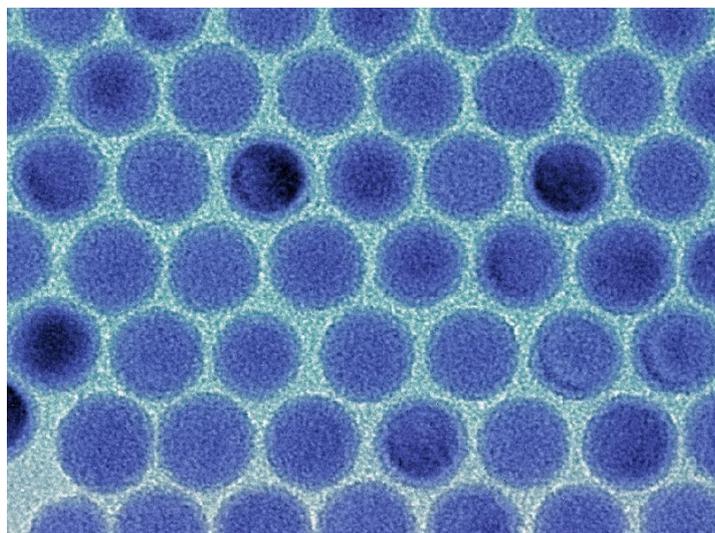
Autor: Fabio Bergamin, ETH Life

Weitere Informationen

Prof. Dr. Maksym Kovalenko, Empa/ETH Zürich, Tel. +41 58 765 45 57, maksym.kovalenko@empa.ch

Redaktion / Medienkontakt

Dr. Michael Hagmann, Kommunikation, Empa, Tel. +41 58 765 45 92, redaktion@empa.ch



Gleichmässige Zinn-Nanotröpfchen unter dem Elektronenmikroskop.

Das Bild kann von www.empa.ch/bilder/2013-04-08_Kovalenko heruntergeladen werden.