Fraunhofer
ADVANCER

FRAUNHOFER-ALLIANZ HOCHLEISTUNGSKERAMIK

advancer®
NEWSLETTER 2/2010

Der Begriff »AdvanCer« beinhaltet Vorwärtsorientierung, Fortschritt und Gewinn. Keramikhersteller und -anwender finden in dem Namen darüber hinaus ihren Hochleistungswerkstoff »Advanced Ceramics« wieder – den Werkstoff, der uns viele Zukunftschancen bietet. AdvanCer möchte Ihnen innovative Anwendungen von Hochleistungskeramik vorstellen: Systemlösungen mit »Ceramics inside« von heute und morgen.

INHALT

Seite 1/2
Keramische Lithium-Ionen-Technologie

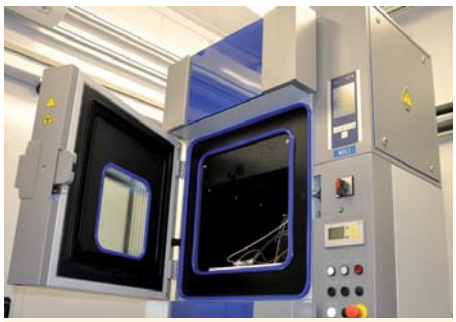
Seite 3
Erfolgsstories zur Hochleistungskeramik

Seite 4
Wissenschaftspreis für DiaCer®

HOCHLEISTUNGSKERAMIK IN LITHIUM-IONEN-BATTERIEN

Lithium-Ionen-Batterien sind ein wesentlicher Baustein für die nachhaltige Gestaltung unserer zukünftigen Energieversorgung. Obwohl aktuell vorrangig in Consumergeräten eingesetzt, wo eine hohe Energiedichte Priorität hat, werden Lithium-Ionen-Batterien zukünftig vor allem für die Elektromobilität und stationäre Speicherung elektrischer Energie von Bedeutung sein.

Der Einsatz von Lithium-Ionen-Batterien in Elektro- und Hybridfahrzeugen bedeutet dabei sicher die höchste Herausforderung. Denn neben einer hohen Energiedichte besteht die Forderung nach einer hohen Leistungsdichte und langen Lebensdauer sowie geringen Kosten – und nicht zu vergessen – einem sicheren Betrieb.
Im Zuge dieser Entwicklungen kommt keramischen Materialien in Form der Aktivmaterialien für Anoden und Kathoden eine wachsende Bedeutung zu. Derzeit verwendete Kathodenmaterialien werden beispielsweise zunehmend durch modifizierte oder auch gänzlich neue Entwicklungen mit Schicht-, Spinell- oder Olivinstruktur ersetzt. So besitzen Zellen, basierend auf keramischen Kathodenmaterialien wie dem Drittelmaterial NCM ($LiNi_{1/3}Co_{1/3}Mn_{1/3}O_2$) oder NCA ($LiNi_{0,8}Co_{0,15}Al_{0,05}O_2$) mit 200 mAh/g, wesentlich höhere Kapazitäten als Zellen mit dem derzeit am meisten eingesetzten Lithiumcobaltoxid ($LiCoO_2$) mit nur 160 mAh/g.

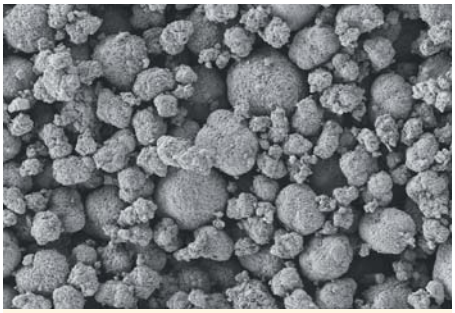

Materialentwicklung und Charakterisierung: Batterietests am Fraunhofer IKTS.

Fortsetzung Seite 2

FORTSETZUNG ÜBERSICHTSBEITRAG

Durch die Entwicklung von Lithiumeisenphosphat ($LiFePO_4$) hat sich die Sicherheit von Zellen verbessert: Hier ist der Sauerstoff fest an den Phosphor gebunden und wird nicht wie bei Lithiumcobaltoxid beim Erhitzen oder Überladen abgespalten. Das an sich elektronisch nicht leitfähige Material wird durch die Syntheseführung als Nanomaterial erhalten. Eine zusätzliche In-situ-Kohlenstoffbeschichtung erhöht die Leitfähigkeit. Dadurch ist das Material sogar für Hochstromanwendungen geeignet und in Zellen für höchste Leistungsdichten einsetzbar.

In ähnlicher Weise etabliert sich momentan auch ein neues Anodenmaterial in Lithium-Ionen-Zellen: Ein nanoteiliges Lithiumtitanat ($Li_4Ti_5O_{12}$) zeigt so gute Eigenschaften, dass es in einer so genannten Super Charge Ion Battery eingesetzt wird, die 90 % ihrer Kapazität in nur zehn Minuten laden kann. Der Einsatz dieses Materials leistet ebenfalls einen wesentlichen Beitrag zur Verbesserung der Sicherheit von Lithium-Ionen-Zellen. Durch den Spannungsabstand von 1,5 V zur Abscheidung von metallischem Lithium werden Effekte wie das Lithium-Dendritenwachstum verhindert, das ein maßgebliches Risiko bei der Verwendung von graphitbasierten Anoden darstellt, insbesondere bei tiefen Temperaturen und



Kathodenmaterialentwicklung: Aktivmaterial auf Basis von $LiNi_{1/3}Co_{1/3}Mn_{1/3}O_2$.

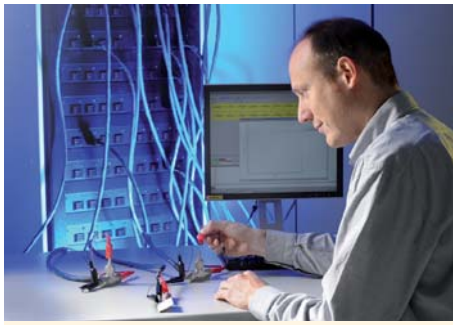
hohen Strömen. Durch die höhere Spannungslage besitzt Lithiumtitanat allerdings eine geringere Energiedichte, was durch die Verwendung von Kathodenmaterialien mit höherer Spannung wieder ausgeglichen werden könnte.

Nicht nur bei den Elektroden als Aktivmaterialien, sondern auch im Separator kommen keramische Materialien zum Einsatz. Der Separator hat die anspruchsvolle Aufgabe, die Trennung zwischen Anode und Kathode zu gewährleisten, ohne die es zum Kurzschluss in der Zelle kommen würde. Da aber der Separator als nichtaktives Material die Energiedichte der Zelle herabsetzt, sollte er möglichst dünn gehalten werden. Im Allgemeinen bedeutet dies eine Dicke von nur 20 µm – dünner als ein menschliches Haar. Eine neue Entwicklung von EVONIK nutzt hier die chemische und thermische Stabilität von Keramiken in der Weise, dass ein PET-Vliesmaterial als Trägerstruktur mit Aluminium- und Siliciumdioxid infiltriert wird (siehe Seite 3). Dabei entsteht ein poröser Separator, der wesentlich haltbarer bei Hitzeeinwirkung, Kurzschluss oder thermischem Durchgehen ist als die im Moment verwendeten Polyolefinseparatoren.

Beim mobilen Einsatz von Lithium-Ionen-Batterien muss der Batteriespeicher in das Fahrzeug integriert werden, z. B. durch eine geeignete Tragstruktur. Um einen sicheren Einsatz zu gewährleisten, ist es notwendig, die Betriebsfestigkeit dieser Komponenten sowie der Verbindungselemente zuverlässig abschätzen zu können. Grundlage hierfür sind sowohl Kenntnisse über die auftretenden Lasten und Beanspruchungen als auch die Versagensgrenzen. Dabei spielen nicht nur mechanische, sondern auch thermische Belastungen und die Beständigkeit der Werkstoffe gegenüber Umwelteinflüssen (z. B. korrosive Medien) eine Rolle.

Neben diesen Lasten müssen auch mögliche Unfallszenarien erfasst und ihre Auswirkungen auf die Batterie verstanden werden. Das beginnt bei inneren Faktoren wie der mechanischen Festigkeit der Werkstoffe oder der Temperatur in der Batterie und führt zu äußeren Faktoren wie Impact- oder Crashtests, d. h. zu Szenarien, die zu unkontrollierter Energiefreisetzung führen können.

Im Hinblick auf die Betriebssicherheit sind auch die Folgen von Fehlverhalten zu bewerten. Denkbar sind hier Schäden am Energiespeicher, die beispielsweise durch einen unsachgemäßen Batteriewechsel auftreten können und die unter Umständen von außen nicht erkennbar sind. In solchen Fällen muss sichergestellt sein, dass entweder ein sicherer Betrieb weiterhin möglich ist oder durch ein geeignetes Überwachungssystem der weitere Einsatz verhindert wird. Einen wesentlichen Beitrag zu diesem Überwachungskonzept leistet die zerstörungsfreie Prüfung. Die Anwendungsfelder der zerstörungsfreien Prüfung sind



Simultaner Test von Batteriekomponenten an bis zu 200 Messkanälen am Fraunhofer ISC. (Copyright: K. Dobberke / Fraunhofer ISC)

hierbei in einer zerstörungsfreien Qualitätskontrolle und -sicherung von Elektroden und Separatormaterialien sowie des Gehäuses zu sehen. Insbesondere während des Betriebs bietet die zerstörungsfreie Prüfung die Möglichkeit, struktur- und sicherheitsrelevante Bauteile online zu überwachen und damit materialspezifische Aussagen hinsichtlich Festigkeit, Porosität (geforderter Ionenleitfähigkeit) und Fehlerfreiheit zu treffen.

Diese Aspekte werden für eine Großserienfertigung immer bedeutender, da Lithium-Ionen-Batterien in elektrisch betriebenen Fahrzeugen ein erhöhtes Sicherheitsrisiko darstellen. Um den sicheren Betrieb von Elektrofahrzeugen zu garantieren, müssen neue großserientaugliche zerstörungsfreie Prüfmethoden entwickelt und umgesetzt werden.

KONTAKT

Dr. Mareike Schneider
Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS

mareike.schneider@ikts.fraunhofer.de

ERFOLGSSTORIES

ENERGIETRÄGER DER ZUKUNFT

Leistungsstarke Lithium-Ionen-Batterien sind die aussichtsreichsten Kandidaten für die mobile Energieversorgung der Zukunft. Sie hatten bislang nur ein Problem: Sie genügten nicht den Sicherheitsanforderungen für große Stromspeicher. Eine Neuentwicklung der Li-Tec Battery GmbH – einem Gemeinschaftsunternehmen von Evonik Industries AG (50,1 %) und der Daimler AG (49,9 %) – eröffnet der Technologie zahlreiche neue Anwendungsmöglichkeiten. Dank einer hauchdünnen, flexiblen Membran können die Batterien gleichzeitig leistungsfähiger und sicherer gebaut werden. So bilden hocheffiziente Lithium-Ionen-Batterien nicht nur das Herzstück des Elektroantriebs, sondern eignen sich zugleich als stationäre Speicher für Strom aus Wind- und Solarenergie. Die keramikbeschichtete Membran SEPARION® bildet das innovative Kernstück der Batterien. Diese speziell entwickelte Separatorfolie ist hauchdünn und dabei extrem hitzebeständig: Im Gegensatz zu bisher

Keramik von der Rolle – eine Neuentwicklung eröffnet der Lithium-Ionen-Technologie zahlreiche neue Anwendungsmöglichkeiten.

üblichen Separatoren aus Kunststoff hält SEPARION® Temperaturen von rund 700 °C stand. In der Batterie ist der innovative Separator für die zuverlässige Trennung von Anode und Kathode zuständig und verhindert so einen gefährlichen inneren Kurzschluss. In einem der größten Trockenräume Europas fertigt Li-Tec aus Elektroden und dem Separator die patentierten CERIO®-Batteriezellen. Mit der weltweit einzigartigen keramischen CERIO®-Speichertechnologie ist Li-Tec in Europa der erste Hersteller serienfähiger Lithium-Ionen-

Blick in die Fertigung: Unter klimatisch stabilen Bedingungen produzieren die Spezialisten bei Li-Tec die Energiespeicher der Zukunft.

Batteriezellen mit keramischer Speichertechnologie für automobile Anwendungen.

DIE EIGENE STROMDOSE IMMER DABEI

In Zeiten zunehmenden Bedarfs an tragbaren elektronischen Geräten rückt die Brennstoffzelle immer weiter in den Vordergrund. Seit 2008 spielt in dieser neuen Liga der mobilen Energiequellen auch ein junges Dresdner Forschungsunternehmen mit. Die eZelleron GmbH entwickelt solche Minikraftwerke als Ladegeräte für Handys, Laptops, aber auch medizinische Geräte, Elektrofahrräder und Elektrowerkzeuge. Die Brennstoffzellen können in andere Produkte integriert oder als externe Ladegeräte verwendet werden.

Unterstützt wird Firmengründer und Geschäftsführer, Dr. Sascha Kühn, dabei von Partnern wie dem Finanzinvestor eCAPITAL, dem Technologiegründerfonds Sachsen sowie der Fraunhofer Venture Gruppe. Wissenschaftliche Partner sind das Fraunhofer IKTS und die FH Oberösterreich. Doch bis diese Partner mit an Bord waren, war es ein langer Weg. 2003 meldete der studierte Werkstoffwissenschaftler mit seinem Doktorvater sein erstes Patent an. Inzwischen hat sich eZelleron über 13 seiner Entwicklungen patentieren lassen. »In zwei Jahren werden dann die ersten Serienfertigungen der eZell vom Band gehen«, so Dr. Sascha Kühn, »soweit man bei dieser sensiblen Technologie überhaupt diese Begriffe verwenden kann.«

Die eZelleron hat die gesamte Kerntechnologie selbst in der Hand: »From Powder to Power« lautet das Prinzip. Im Vergleich zu den Technologien der Wettbewerber besteht der entscheidende Vorteil der eZelleron-Produkte darin, dass neben Wasserstoff bzw. statt Methanol auch flächendeckend verfügbares Flüssiggas (z. B. Feuerzeuggas, Propan, Butan, LPG/Autogas, Campinggas) verwendet werden kann. Die Brennstoffzellen-Produkte sind frei von Edelmetallen und erzielen bei geringeren Kosten hohe Wirkungsgrade. Auch im Vergleich zu Batterien überzeugen die eZelleron-Brennstoffzellen nicht zuletzt aufgrund ihrer leichteren Bauweise. Interessant ist das eigens entwickelte keramische Spritzgussverfahren, das der eZelleron die Rezyklierung des Binder-

Designstudie für »eZell medium« mit 125 Watt Peakleistung (Bordspannungssteckdose, USB-Anschlüsse).

systems erlaubt, den Werkzeugverschleiß reduziert und sehr kurze Sinterzeiten ermöglicht. Dies verkürzt die Durchlaufzeiten, spart Fertigungs- und Investitionskosten und ist zudem umweltfreundlich.

Firmengründer Dr. Sascha Kühn mit Handy am Ladegerät »eZell small«.

Der Kundennutzen besteht in der autarken Stromversorgung: Die Abhängigkeit von Steckdosen zum Aufladen des Akkus bzw. das Mitnehmen einer Vielzahl von Batterien, Ladeadaptern oder Reisesteckern entfällt. Die eZell liefert Strom ohne Ladezeiten.

TERMINE

AdvanCer-Schulung »Keramische Hochleistungswerkstoffe«

- Teil 3: Konstruktion, Prüfung
  11./12. November 2010 in Freiburg
- Teil 1: Werkstoffe, Verfahren
  9./10. März 2011 in Dresden
- Teil 2: Bearbeitung
  4./5. Mai 2011 in Berlin

Seminare und Veranstaltungen am Fraunhofer IKTS Dresden

- »Industrietag: Keramik in der motorischen Abgas-Nachbehandlung«
  23. September 2010
- »DKG-Seminar Thermoplastische Formgebung«
  6./7. Oktober 2010

Nähere Informationen finden Sie unter **www.advancer.fraunhofer.de**

NEWS

WISSENSCHAFTSPREIS FÜR DIACER®

Wissenschaftlern aus vier Fraunhofer-Instituten, darunter drei Institute des Demonstrationszentrums AdvanCer, ist es gemeinsam mit Partnern aus der Industrie gelungen, einen neuen Werkstoffverbund herzustellen, der das Beste von Diamant und Keramik in sich vereint: die diamantbeschichtete Keramik DiaCer®. Dafür erhielt das Entwicklerteam Ende Mai auf der Jahrestagung der Fraunhofer-Gesellschaft in Leipzig den Wissenschaftspreis des Stifterverbands. Dieser zeichnet wissenschaftlich exzellente Verbundprojekte der angewandten Forschung aus, die Fraunhofer-Institute gemeinsam mit der Wirtschaft und/oder anderen Forschungsorganisationen bearbeiten.

Überall dort, wo Bauteile und Werkzeuge stark beansprucht werden, bietet DiaCer® maximalen Verschleißschutz gepaart mit niedrigen Reibwerten. Diese Kombination sorgt für eine erhöhte Lebensdauer, verbessert zudem Produktionsprozesse und reduziert den Energieverbrauch. Diamantbeschichtete Gleitringdichtungen für Pumpen sind inzwischen in verschiedenen schwierigen Einsatzbereichen, etwa in der Erdöl- oder Gasförderung, erfolgreich am Markt. Ein anderes Beispiel sind DiaCer®-Ziehsteine. Mit ihnen lassen sich viele Tonnen Draht ohne einen nennenswerten Verschleiß des Ziehwerkzeugs fertigen.

MS WISSENSCHAFT 2010 DAS ENERGIESCHIFF

Im Rahmen des Wissenschaftsjahres 2010 »Die Zukunft der Energie« ist das Ausstellungsschiff von Wissenschaft im Dialog unterwegs. An Bord der MS Wissenschaft ist unter anderem ein Exponat zum Thema Lithium-Ionen-Batterien des Würzburger Fraunhofer ISC zu sehen. »Wir haben das Exponat gebaut, um Menschen besser vermitteln zu können, was wir Wissenschaftler bei Fraunhofer erforschen«, sagt Kai-Christian Möller, der Leiter des Geschäftfelds Energietechnik. So kann man am vereinfachten Modell besser nachvollziehen, warum die Batterien besser werden, wenn man mehr Lithium-Ionen unterbringt und ihnen sozusagen gleichzeitig den Weg ebnet. Die Sicherheit der Batterien spielt dabei eine wichtige Rolle. Die bisher eingesetzten flüssigen und leichtentzündlichen Elektrolyte stellten ein Risiko dar, erklärt Möller. Mit seinem Team arbeitet er daran, Lithium-Ionen-Batterien leistungsfähiger und sicherer zu machen.

Neuartige nicht entzündliche Polymer-Elektrolyte, die vom Fraunhofer ISC entwickelt wurden, versprechen eine gute Alternative zu sein. Nicht zuletzt trug dieser Erfolg dazu bei, dass Möller seit September letzten Jahres ein vom Bundesforschungsministerium mit acht Millionen Euro gefördertes Projekt leitet. Zusammen mit acht Forschungspartnern sollen die einzelnen Batteriekomponenten – nanostrukturierte Kathoden, Anoden und Polymerelektrolyte – so aufeinander abgestimmt werden, dass daraus leistungsfähige, schnell ladende und sichere Batteriezellen gebaut werden können.

IMPRESSUM

Herausgeber: Fraunhofer-Demonstrationszentrum AdvanCer
Winterbergstraße 28, 01277 Dresden
Telefon +49 351 2553-504
advancer@ikts.fraunhofer.de
www.advancer.fraunhofer.de

Redaktion: Susanne Freund, Andrea Gaal

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck nur mit Genehmigung des Fraunhofer-Demonstrationszentrums AdvanCer. Bildnachweis auf Anfrage.