

Kaltsintern von Materialien für Anwendungen in Festkörperbatterien

Dipl.-Ing. Christoph Baumgärtner, Dr. Mykola Vinnichenko, Alf Aurich, Dr. Katja Wätzig, M.Sc. Jean Philippe Beaupain, Dr. Dörte Wagner, M.Sc. Ansgar Lowack, Dr. Mathias Herrmann, Dr. Mihails Kusnezoff

Die Energiewende und Elektromobilität führen zu einer wachsenden Nachfrage nach Stromspeichern mit hohen Energie- und Leistungsdichten. Aktuell kommen hier vorwiegend Lithium-Ionen-Batterien mit flüssigen Elektrolyten zum Einsatz. Eine vielversprechende Alternative sind Festkörperbatterien, da sie zudem besonders sicher sind. Das Fraunhofer IKTS erprobt hierfür innovative Ansätze, wie das Kaltsintern zur Herstellung von Komponenten für Lithium- und Natrium-Festkörperbatterien.

Kaltsintern

Der Prozess des Kaltsinterns findet seit einigen Jahren zunehmend Beachtung als energieeffiziente Sintertechnik. Dabei werden Materialien mit einer flüssigen Phase (Wasser oder Lösungsmittel) gemischt und bei Temperaturen von unter 300 °C und Drücken bis zu 700 MPa verpresst. Durch die flüssige Phase finden im Gefüge Auflösungs- und Wiederabscheidungsprozesse statt. Auf diese Weise lassen sich bei einem Bruchteil der üblichen Sinteremperatur Werkstoffe mit vergleichbar hohen Dichten wie bei konventionell gesinterten Werkstoffen realisieren.

Festelektrolytmaterialien

Die Prozessparameter und Lösungsmittel wurden für Lithium- ($\text{Li}_{1,3}\text{Al}_{0,3}\text{Ti}_{1,7}(\text{PO}_4)_3$, LATP) und Natrium-Ionen leitende ($\text{Na}_{3,4}\text{Zr}_2\text{Si}_{2,4}\text{P}_{0,6}\text{O}_{12}$, NaSICON)-Festelektrolytmaterialien optimiert. Verglichen mit trocken prozessierten Materialien weisen die kaltgesinterten Gefüge deutlich höhere Dichten auf. Die Elektrolyte besitzen nach der Kaltsinterung bei maximal 200 °C relative Dichten von über 90 %. Elektronenmikroskopische Untersuchungen zeigen aber, dass sich an den Partikelkontakten und

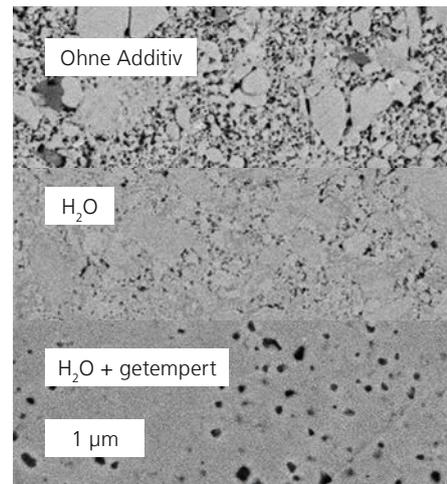
zwischen den Elektrolytpartikeln amorphe Nebenphasen bilden (Bild oben). Diese reduzieren die ionische Leitfähigkeit der Elektrolytmaterialien. Eine thermische Nachbehandlung reduzierte die Nebenphasen an den Korngrenzen. Hierdurch wurden ionische Leitfähigkeiten, vergleichbar mit konventionell gesinterten Elektrolyten, von $1,55 \times 10^{-4}$ S/cm bei 800 °C statt 1080 °C (LATP [1]) und $2,3 \times 10^{-3}$ S/cm bei 900 °C statt 1300 °C (NaSICON, Graphik mitte) erzielt.

Kompositkathoden

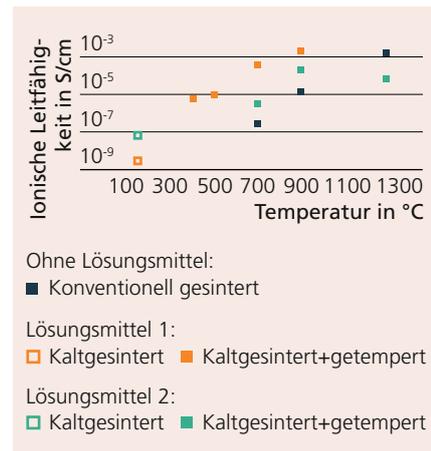
Da bei Festkörperbatterien auf flüssige Elektrolyte verzichtet wird, werden dafür Kathodenkomposite aus Aktiv- und Elektrolytmaterial eingesetzt. Bei Sinteremperaturen wie sie für konventionelle Sinterungen benötigt werden, reagieren die eingesetzten Materialien miteinander und verlieren ihre elektrochemische Aktivität. Die am Fraunhofer IKTS entwickelten Kompositkathodenfolien zeigen nach der Kaltsinterung bei max. 200 °C verminderte Anzeichen dieser Zersetzungsreaktionen. Zusätzlich haben kaltgesinterte Komposite deutlich dichtere Gefüge als konventionell bei 750 °C gesinterte Komposite (Bild unten). Das Kaltsintern ermöglicht hierdurch völlig neuartige Materialkombinationen zur Herstellung leistungsfähiger Festkörperbatterien, die über konventionelle Herstellungsrouten nicht herstellbar sind.

Literatur

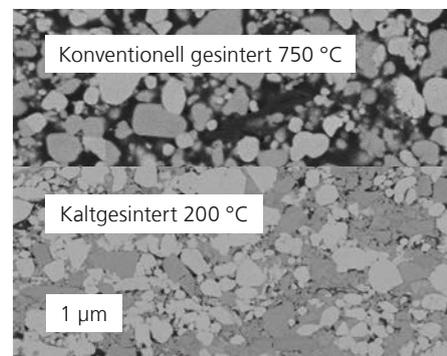
[1] M. Vinnichenko et al, *Nanomaterials* 12, 3178 (2022).



LATP-Gefüge nach Kaltsintern mit unterschiedlichen Lösungsmitteln und thermischer Nachbehandlung.



Ionische Leitfähigkeit von konventionell und kaltgesinterten NaSICON-Elektrolyten.



FE-REM-Aufnahmen konventionell und kaltgesinterner Kompositkathodenfolien (dunkel = LATP; hell = Aktivmaterial).