

Technische Universität Ilmenau

Galvanische Abscheidung und Charakterisierung phosphorreicher Nickelschichten als Anodenmaterial für wiederaufladbare Batterien

Nickel-Phosphorschichten bieten im Vergleich zu reinem Nickel verbesserte Eigenschaften wie Verschleiß- und Korrosionsbeständigkeit. Die Eigenschaften hängen dabei stark von der Schichtzusammensetzung ab.

Nickel-Phosphorschichten werden oft außenstromlos abgeschieden, wobei Phosphorgehalte zwischen 5 und 15 Gewichtsprozent erreicht werden. Mit galvanischer Abscheidung lassen sich durch geeignete Abscheidparameter Phosphorgehalte von bis zu 45 Gewichtsprozent erzielen. Diese eröffnen neue Anwendungsmöglichkeiten, zum Beispiel als Anodenmaterialien für Lithium- und Natriumionenbatterien, und versprechen eine deutlich höhere Energiedichte als etablierte Anoden aus Kohlenstoff. Theoretisch sind für die Speicherung einer Amperestunde 2,69 Gramm Kohlenstoff, bei

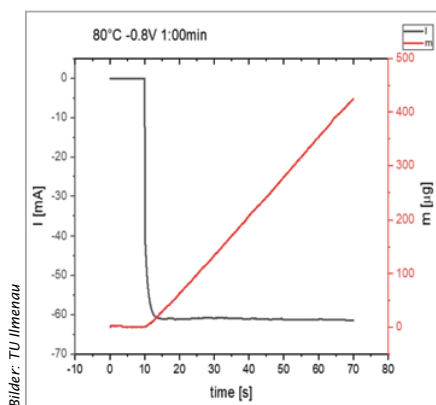


Abb. 1: Stromtransienten und Massenzunahme bei potentiostatischer Abscheidung von Nickel-Phosphor bei 80 °C und -0,8 V gegen Ag/AgCl. Das System wird zunächst für 10 Sekunden nahe dem Ruhepotenzial gehalten, wobei kein Strom fließt und auch keine Masse abgeschieden wird. Dann wird ein Potenzial von -0,8 V angelegt. Der Strom steigt schnell auf einen konstanten Wert von etwa 60 mA. Die abgeschiedene Masse steigt dementsprechend linear mit der Zeit. Insgesamt werden 428 µg abgeschieden, was einer Schichtdicke von etwa 1 µm entspricht

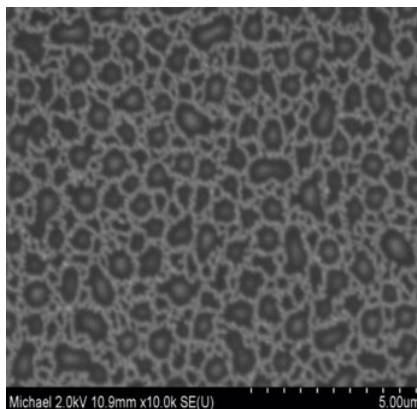


Abb. 2: REM-Aufnahme einer Ni-P. Die Abscheidung erfolgte bei 90 °C und -0.8 V gegen Ag/AgCl für 60 Sekunden. Bei der Abscheidung entstehende Wasserstoffblasen, die die Abscheidung temporär blockieren und zur Porenbildung führen.

45 Gewichtsprozent Phosphor aber nur 0,87 Gramm Nickel-Phosphor nötig. Chemisch synthetisierte Nickel-Phosphorpartikel werden in der Literatur als vielversprechende Anodenmaterialien erforscht.¹ Im Gegensatz dazu gibt es zu galvanisch abgeschiedenen Schichten für diesen Einsatz kaum Literatur. Die galvanische Abscheidung stellt ein einfaches, gut skalierbares und kostengünstiges Produktionsverfahren dar. Zudem kann ein guter mechanischer und elektrischer Kontakt zum Stromableiter ohne den Einsatz von Bindemitteln gewährleistet werden, was die spezifische Energie der Batterie erhöht.

Im Rahmen einer Projektarbeit werden Nickel-Phosphorschichten galvanisch abgeschieden und der Einfluss von Temperatur und Potenzial bzw. Stromdichte auf den Phosphorgehalt untersucht. Mithilfe einer Quarzkristall-Mikrowaage lässt sich die abgeschiedene Masse während der Abscheidung sehr präzise verfolgen (Abbildung 1).

Anschließend wird die Schicht anodisch teilweise wieder aufgelöst und auch hier die Massenänderung verfolgt. Diese Informationen werden genutzt, um die partiellen Stromdichten für Nickel, Phosphor und Wasserstoff

Zur Person

Michael Witt

absolvierte sein Bachelorstudium der Chemie an der Universität Erlangen. Dank des ZVO-Stipendiums kann er das Masterstudium „Elektrochemie und Galvanotechnik“ an der TU Ilmenau zügig absolvieren und sich im Rahmen der Projektarbeit mit neuen, spannenden Anwendungen der Galvanotechnik für Energiespeicher beschäftigen.



Bild: Michael Witt

aufzuschlüsseln. So kann neben dem Phosphorgehalt auch die Stromausbeute bestimmt werden. Der Phosphorgehalt wird zusätzlich mit RFA- und XPS-Analysen verifiziert. Rasterelektronenmikroskopie zeigt über einen weiten Bereich der Abscheidparameter eine gleichmäßige porige Struktur (Abbildung 2).

Mit geeigneten Parametern können auch glatte Schichten hergestellt werden. Nach der Analyse werden die Schichten einer Wärmebehandlung unterzogen, um den Einfluss einer veränderten Phasenzusammensetzung zu untersuchen. Abschließend wird an ausgewählten Schichten das Einlagerungsverhalten von Natrium- und Lithiumionen untersucht.

Kontakt:

PD Dr.-Ing. habil. Svetlozar Ivanov
(Betreuer der Projektarbeit)

TU Ilmenau

Fachgebiet Elektrochemie und
Galvanotechnik

svetlozar-dimitrov.ivanov@tu-ilmenau.de

Michael Witt

michael.witt@tu-ilmenau.de

Literatur

¹ G. Chang et al.: A review of phosphorus and phosphides as anode materials for advanced sodium-ion batteries. *J. Mater. Chem. A* 8 (2020) 4996. DOI: 10.1039/c9ta12169b