

# Makroporöse, nanokristalline Siliziumschicht für Lithium-Ionen-Akkus

## Anwendungsgebiet

Die erfindungsgemäße Methode eignet sich speziell zur Herstellung von Anodenmaterial aus Silizium (Si) oder/und Germanium (Ge) für Lithium-Ionenbatterien (Li-Ion-Batterien) mit hoher Kapazität und Lebensdauer.

## Stand der Technik

Bei der Herstellung von wiederaufladbaren Batterien ist die Verwendung von Silizium-Dünnschichten, bspw. als Anodenmaterial in Li-Ion-Akkus, wünschenswert, aber bis dato nicht möglich. Die Verwendung von Silizium-Anoden würde zwar die Kapazität der Batterien im Vergleich zu herkömmlichen Graphit-Anoden theoretisch um den Faktor 10 steigern, scheiterte bislang aber daran, dass die Schichten sich um 300 bis 400 % ausdehnen, da Lithium-Ionen in das Halbleitermaterial der Anode eingelagert werden. Dies führt zu mechanischen Belastungen, die die Anode nach wenigen Ladezyklen zerstören. Darüberhinaus kann es aufgrund der irreversiblen Reaktion zwischen Si-Anode und Elektrolyt zur Entstehung eines SEI (solid electrolyte interface) kommen, was einen niedrigen Coulomb-Wirkungsgrad zur Folge hat.

## Innovation

Wissenschaftlern der Universität Stuttgart gelang es eine Struktur zu entwickeln, die mechanische Belastungen eliminiert und im Durchlaufverfahren produziert werden kann. Durch die optimale Kombination der Prozessparameter (Abscheideprozess, Wärme- und chemische Behandlung) bildet sich eine poröse Halbleiterschicht mit einer Porengröße von 50 nm bis 3000 nm.

Im erfindungsgemäßen Herstellungsverfahren wird die Oberfläche eines Substrates (z. B. Glas, Siliziumdioxid, Titan, Nickel oder Keramiken) mit dem Halbleitermaterial beschichtet. Auf der Silizium-Schicht wird eine weitere, metallhaltige Schicht z. B. aus Aluminium (Al) abgeschieden. Daraufhin erfolgt eine Wärmebehandlung, bei der Temperatur und Dauer so eingestellt werden, dass eine partielle Austauschdiffusion zwischen den beiden Schichten stattfindet und der Halbleiter zumindest teilweise in den kristallinen Zustand übergeht. Im letzten Schritt werden Teile der metallhaltigen Schicht nass-chemisch entfernt. Eine konforme Aluminiumoxidschicht kann die Ausbildung des SEI verhindern. Die poröse, 300 nm bis 5 µm dicke Halbleiterschicht ist leitfähig und kann mechanische Spannungen aufnehmen.

Erste Versuche mit einem Labormodell eines Li-Ion-Akkus zeigten bereits, dass die Kapazität ohne größere Optimierungen auch nach 500 Ladezyklen stabil bei ca. 1650 mAh/g lag.

## Patent-Portfolio

EP3087629B1, erteilt (validiert in DE, FR & GB);  
US2016/0322632 anhängig.

## Ihre Vorteile auf einen Blick

- ✓ Methode zur Formung einer mechanisch stabilen, porösen Halbleiterschicht für Li-Ion-Akkus
- ✓ Stabile Ladekapazität von 1650 mAh/g bereits im Laborversuch
- ✓ Einfache und kostengünstige Schichtherstellung kontinuierlich im Durchlaufverfahren auf großen Flächen möglich
- ✓ Breite verfahrenstechnische Steuerungsmöglichkeit der Oberflächentopologie und Porenmorphologie
- ✓ Konforme Al-Oxidschicht gewährleistet hohen coulombschen Wirkungsgrad
- ✓ Sehr gute Haftung zwischen poröser Halbleiterschicht und leitendem Substrat

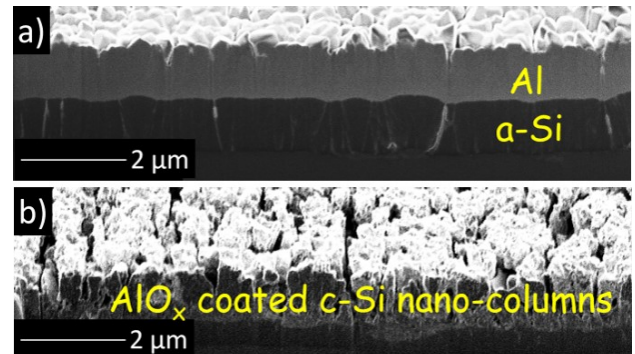


Abb.: Querschnitte aus Ionenfeinstrahlanlage (FIB):  
a) vor Auslagerung wurde Al/a-Si-Doppelschicht auf Substrat aufgedampft; (a-Si=amorphes Silizium)  
b) nach Auslagerung und Ätzen bildeten sich AlO<sub>x</sub>-beschichtete, kristalline Si-Nanosäulen.  
(AlO<sub>x</sub>=Aluminiumoxid), (c-Si=kristallines Silizium)

## Technologietransfer

Die Technologie-Lizenz-Büro GmbH ist mit der Verwertung der Technologie beauftragt und bietet Unternehmen die Möglichkeit der Zusammenarbeit und Lizenzierung.

## Kontakt

Dr.-Ing. Hubert Siller  
[hsiller@tlb.de](mailto:hsiller@tlb.de)

Technologie-Lizenz-Büro (TLB)  
der Baden-Württembergischen Hochschulen GmbH  
Ettlinger Straße 25, D-76137 Karlsruhe  
Tel. 0721 79004-0, Fax 0721 79004-79, [www.tlb.de](http://www.tlb.de)

Referenz-Nummer: 13/085TLB