

# Si 薄膜負極における最適な金属基板の選択と特性改善

SATテクノロジー・ショーケース2026

## ■ はじめに

高い比容量を持つSiはグラファイトに代わる有望な二次電池負極材料であり、全固体薄膜電池への応用も期待されている<sup>[1]</sup>。しかし、充放電過程におけるSi薄膜の膨張収縮に起因した特性劣化が課題となり、そのダメージ緩和に向けたナノ構造化や複合材料化が盛んに研究されてきた<sup>[2,3]</sup>。本研究では、新たにSi/基板界面に着眼し、金属基板の種類がSi薄膜の負極特性に与える影響を調査した。

## ■ 実験方法

金属基板(Cu, Fe, Mo, Nb, Ni, Ta, Ti, W)上にSi(250 nm厚)をスパッタ堆積した(Figs. 1(a), (b))。二次電池負極特性評価のため、金属基板上Si膜を金属Liと対向させ、電解液に1 M LiPF<sub>6</sub> in EC/DEC (1:1 v/v)を用いた二極式セルを作製し(Fig. 1(c))、充放電試験を行った。更に試料様態評価のため、充放電後のセルを分解し、SEM、EDXにより試料の表面様態を観察した。

## ■ 実験結果・考察

初めに各試料の充放電特性を測定した(Figs. 2(a), (b))。グラフから、金属基板種によってプラトー電位に変化はなく、SiとLiの充放電反応に対して基板は影響しないことが判る。一方で、サイクル特性から、負極特性に対する基板種依存性が確認された(Fig. 2(c))。

金属基板種によるSi負極特性変化の原因を考察するため、充放電前後のSi負極に対し、SEM・EDX像を取得した(Fig. 3)。SEM・EDX像から、Si膜には充放電により亀裂が生じており、微細な構造を形成している様子が確認された。また、金属基板種によって充放電後のSi膜の表面様態に差が生じていることが判る。

ここで、負極特性や充放電後の負極表面様態が金属基板に依存することから、Siと基板の密着強度が負極特性に影響を与えると考えた。また、密着強度は材料間の電気陰性度差に関係する。そこで、Si膜と金属基板の密着性をスクラッチ試験により定量的に評価するとともにSiとの電気陰性度差の関数として示した(Fig. 4)。グラフから、Siと金属基板の電気陰性度差が大きいほどSiの臨界剥離荷重値、及び100サイクル目の放電容量が高くなることが判る。

本成果は、負極材料と金属基板の密着強度が負極特性へ影響することを示す初めての報告であり、薄膜電池の特性向上に寄与する成果である。

## ■ 参考文献

- [1] X. Su *et al.*, Adv. Ener. Mater., **4**, 1300882 (2014).
- [2] K. Nozawa *et al.*, ACS Appl. Nano Mater., **5**, 17264 (2022).
- [3] X. Zuo *et al.*, Nano Energy, **31**, 113 (2017).

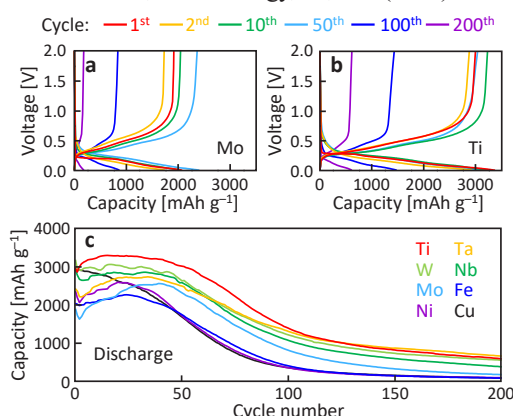


Fig. 1. Electrochemical performance of Si anodes: (a) Mo and (b) Ti sample at 1C, and (c) cycle dependence of discharge capacity.

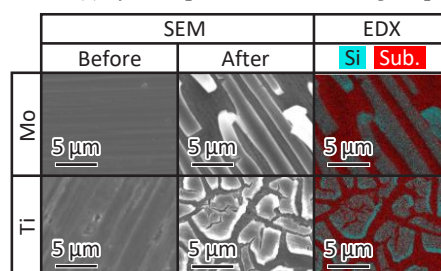


Fig. 2. SEM and EDX images of the sample surface before and after 10 cycles of charge-discharge at 1C.

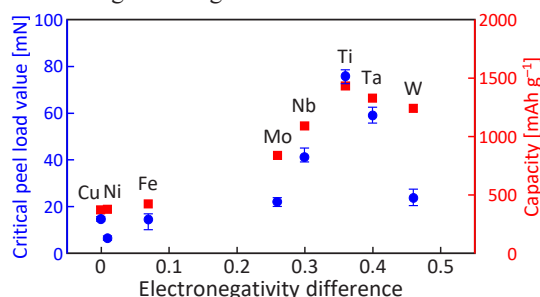


Fig. 3. Critical peel load value and discharge capacity after 100<sup>th</sup> cycle vs. electronegativity difference with Si.

代表発表者 **江藤 葉(えとう よう)**  
 所 属 **筑波大学大学院 数理物質科学研究群  
 応用理工学学位プログラム**  
 問合せ先 **〒305-0005 茨城県つくば市天王台 1-1-1  
 TEL: 029-853-5472**

■キーワード: (1) リチウムイオン電池  
 (2) Si 薄膜  
 (3) 電気陰性度

■共同研究者: (1) 野沢 公暉 筑波大学  
 (2) 末益 崇 筑波大学  
 (3) 都甲 薫 筑波大学