

배터리 소재에 대한 이해를 기반한 고속 충전 알고리즘 설계

Insight into designing fast-charging algorithms based on an understanding of battery materials

Juncheol Hwang^{1,2}, Duho Kim^{1,2,3*}, Jun-Chae Na^{2,4}, Won-Yong Shin^{2,4,5}, Sung-Il Yang^{2,4}, Yong-Jin Yu^{2,4}, Jy-Hye Lee^{2,4}, Seung-Jun Han^{2,4}, Gwang-Hyun Choi^{1,2}, Tae-Soo Kim^{1,2}, Seok-Hyun Lee^{1,2} and Seung-Un Shin^{1,2}

¹Department of Mechanical Engineering (Integrated Engineering Program), Kyung Hee University, 1732, Deogyong-daero, Giheung-gu, Yongin-si, Gyeonggi-do, Republic of Korea

²Prediction Co. Ltd., Yongin 17107, Republic of Korea

³Department of KHU-KIST Convergence Science and Technology, Kyung Hee University, Republic of Korea

⁴KAILOS LAB Co. Ltd., Seoul 06349, Republic of Korea

⁵School of Mathematics and Computing (CSE), Yonsei University, Seoul 03722, Republic of Korea

Email: Heath.Hwang@gmail.com, duhokim@khu.ac.kr, kailoslab@gmail.com, wy.shin@yonsei.ac.kr, siyang12@gmail.com, lucy.yu0601@gmail.com, kailosmay@gmail.com, hansj2k@gmail.com, jaden.choi96@gmail.com, Marthin.kim98@gmail.com, charles.lee8207@gmail.com, felix.shin0901@gmail.com

Abstract

전기자동차(EV)와 이차전지 시장의 폭발적 성장은 에너지 재료 연구자들에게 고성능 배터리에 대한 연구를 촉진시키고 있다. 특히, 리튬 층상 산화물(Li-layered oxides, LLOs)은 충전 속도의 한계에도 불구하고 주요 양극 재료로서 광범위하게 사용되고 있다. 본 연구에서는 O3 형 층상구조 양극재의 근본적 한계를 극복하고 리튬 이온 전송 메커니즘을 개선할 수 있는 새로운 디자인 전략을 제안한다. 이를 통해 고속 충전 가능한 배터리 기술의 발전을 도모하고자 한다.

I. Introduction

전기자동차의 배터리 기술은 아직까지 내연기관 차량에 비해 충전 속도가 현저히 느린 문제를 가지고 있으며, 이로 인해 EV 소유자들 사이에서는 '주행 거리 불안'이라는 심리적 장벽이 발생하고 있다. [1] 리튬 층상 산화물(LLOs), 특히 O3 형은 리튬 이온이 열역학적으로 안정된 팔면체 위치를 차지하는 것으로 알려져 있으나, 중간 사면체 위치에서의 리튬 이동성에 영향을 미치는 환경이 전체 배터리의 전력 밀도에 큰 영향을 끼친다. [2]

II. Result and Discussion

본 연구에서는 O3 형 LCO 의 스택 시퀀스를 O2 형으로 조작하여 중간 사면체 위치를 안정화하는 새로운 설계법을 도입하였다. 이 구조는 리튬 이온의 빠른 호핑을 가능하게 하여 활성화 장벽을 낮추고, 전체적인 배터리 성능을 향상시킨다. 또한, O2 형 $\text{Li}_{1-x}[\text{Co}_{1-y}\text{M}_y]\text{O}_2$ 에 3d 전이 금속을 도핑하여 사면체 사이트의 부피를 확장시키는 방법을 통해 리튬 이온의 활성화 장벽을 추가로 낮추는 전략을 설계하였다. 이러한 구조적 변화는 리튬 이온의 이동 경로를 넓혀 더 빠른 이동 속도를 가능하게 하며, 이는 고속 충전 성능에 직접적으로 기여한다.

III. Conclusion

본 연구를 통해 제안된 디자인 전략은 고속 충전을 위한 LLOs 양극 재료의 설계에 중요한 기초를 제공하며, 빠른 리튬 동역학의 특성을 깊이 있게 이해하는 데 기여한다. DFT(밀도 기능 이론) 계산을 통해 검증된 이 디자인은 리튬 이동성을 크게 향상시켜 전기자동차 배터리의 충전 속도와 성능을 개선할 수 있는 잠재력을 보여준다. 특히, 이러한 소재 설계를 통해 밝혀진 빠른 리튬 동역학의 특성들은 머신러닝 모델의 학습 특징으로 활용되어, 더욱 효율적이고 신속한 충전 프로토콜을 추천하는 데 필수적인 역할을 한다. 이 연구 결과는 향후 전기자동차의 주행 거리 불안 문제를 해결하고, 고성능의 충전 솔루션을 통해 더 많은 사용자가 EV 를 선택할 수 있도록 하는 데 기여할 것으로 기대된다.

ACKNOWLEDGMENT

This research was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) (No. 2022M3J7A1062940, 2022R1A2C1093202 and RS-2023-00238374).

REFERENCES

- [1] J. Hwang. "Unified design flow for facilitating fast Li-kinetics in layered oxide cathodes" Energy Storage Materials, 2024
- [2] S. Mateen. "Ultra-fast charging of electric vehicles: A review of power electronics converter, grid stability and optimal battery consideration in multi-energy systems" Sustainable Energy, Grids and Networks, 2023

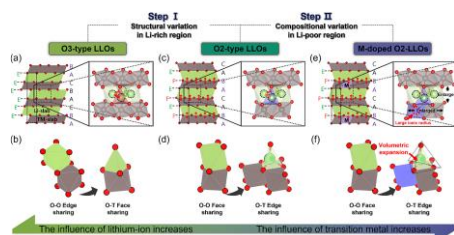


그림 1. 빠른 리튬 동역학을 위한 소재 설계 개략도

