

리튬-공기(Li-Air) 배터리의 전기화학적 특성분석

김중훈¹, 김민서², 탁용석³

조선대학교 전기공학과¹, 삼성SDI 셀사업부², 인하대학교 화학공학과³

Analysis of the Electrochemical Characteristics for a Li-Air Battery

J. H. Kim¹, M. S. Kim², and Y. S. Tak³

Chosun University, Samsung SDI, Inha University

ABSTRACT

본 논문에서는 리튬공기(Li Air) 배터리를 소개하고 전기화학적 특성분석을 간단히 진행하였다. 우선, 리튬공기 배터리의 동작원리를 소개하고 기존 리튬이온(Li Ion) 배터리와의 차이점을 제시하였다. 각 만방전압에 따른 배터리의 전기화학적 특성분석을 위해 방전용량 및 임피던스 특성커브를 분석하였다. 더불어, 향후 State of charge(SOC) 추정을 위한 데이터를 위해 Open circuit voltage(OCV) 및 실제 충방전 전류 프로파일에 따른 충방전 전압을 분석하였다.

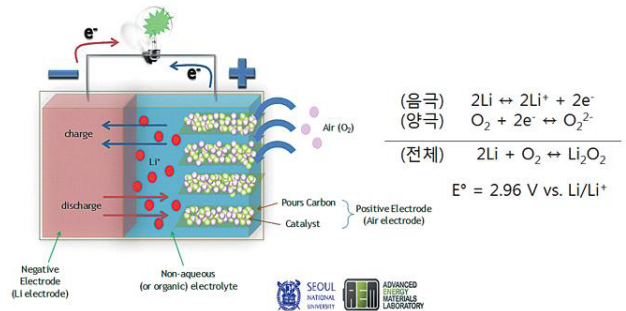


그림 1 리튬공기 배터리 동작 원리

1. 서론

현재 전기자동차(EV) 및 신재생에너지의 전력 저장(ESS) 등 이차전지(Li Ion) 적용분야가 급속히 광범위하게 확대되고 있다. 하지만 이차전지의 에너지 밀도 및 효율은 여러 한계로 인해 250Wh/kg의 에너지 밀도의 한계를 가지고 있다. 그러므로, 이러한 문제를 해결하기 위한 다양한 방법이 연구되었으며, 그 중 높은 에너지 밀도와 출력 밀도를 갖는 리튬공기 배터리의 연구가 한창 진행되고 있다[1].

본 논문에서는 리튬공기 배터리의 전기화학적 특성분석을 통해 향후 State of charge(SOC) 추정을 위한 여러 실험결과를 제시하였다. 동작범위에 따른 만충/만방전압을 이용한 용량 테스트를 진행하였고, Electrochemical impedance spectroscopy(EIS)를 통해 임피던스 특성커브를 분석하였다. 더불어 Open circuit voltage(OCV) 및 실제 측정된 충방전 전압을 확보하여 리튬공기 배터리의 특성분석을 마무리 하였다. 참고로 리튬공기 배터리의 제조 및 전해질 등의 재료 분석은 인하대학교 화학공학과에서 실시하였다.

2. 리튬공기(Li-Air) 배터리의 동작 원리

리튬공기 배터리는 리튬이온 배터리와 비슷한 원리를 가지고 있지만, 기존 리튬이온 배터리가 탄소 양극(cathode)과 금속 산화물 기반의 음극(anode)임에 반해 리튬공기 배터리는 탄소 양극을 통해 대기 중의 산소가 유입되고 전기화학적으로 산소와 결합하는 리튬 음극을 가진다. 그림 1에서 보듯이, 음극의 리튬(Li)이 전자(e)를 내놓아 전류가 발생하고, 이 때 전자를 빼앗긴 리튬이온(Li⁺)은 전해질(electrolyte)을 거쳐 탄소 양극으로 이동해 산소와 결합한다. 충전 시, 리튬이온이 전자를 받고 다시 음극으로 이동하게 된다. 리튬공기 배터리는 다른 리튬전지나 금속공기 배터리에 비해서 에너지 밀도가 3,500Wh/kg으로 매우 높고 반응에 의해 생성되는 리튬과산화물(Li₂O₂)에 많

은 리튬이온을 포함하므로 많은 전하를 저장할 수 있다. 하지만 충방전에 따른 탄소 양극에서의 산소 산화/환원 반응관련 분극 문제로 배터리의 충방전 효율 및 수명 관련 폭넓은 연구가 요구된다[3].

3. 전기화학적 특성분석

3.1. 실험조건

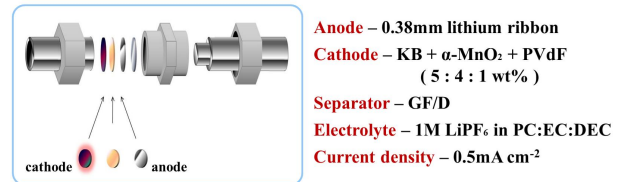


그림 2 리튬공기 배터리의 실험조건

3.2. 용량 및 임피던스 측정

용량을 측정하기 위해 전류밀도 0.5mA/cm²을 적용하고 4가지 조건(2.0~2.4V)의 만방전압을 고려하였고 결과를 그림 3에 나타내었다. 만방전압 2.0V에서 얻어지는 용량을 100%라 할 때, 만방전압이 위로 증가할수록 얻게 되는 용량도 작아짐을 확인할 수 있다.

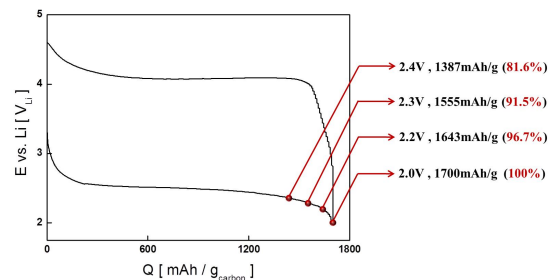


그림 3 만방전압에 따른 용량의 변화

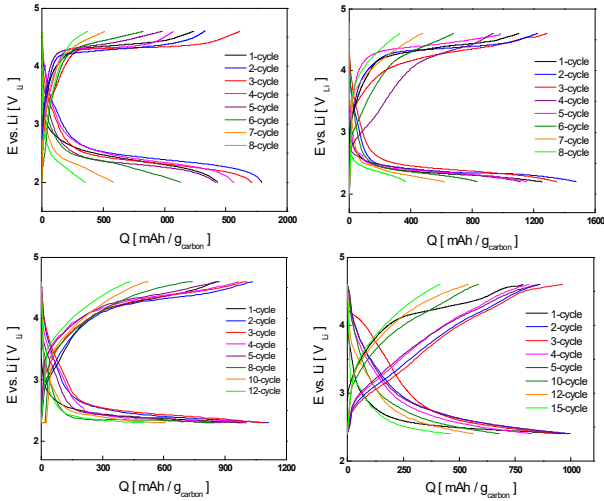


그림 4 만방전압에 따른 충전/방전 특성 (2.0V, 2.2V, 2.4V, 2.3V(시계방향))

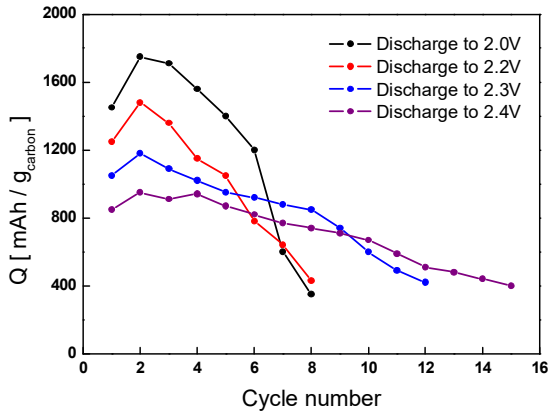


그림 5 만방전압에 따른 배터리 사이클 특성

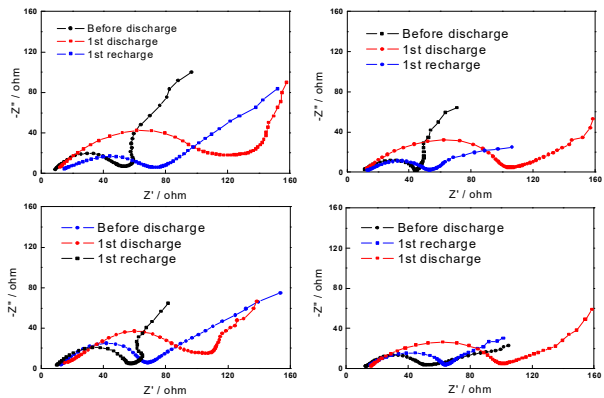


그림 6 만방전압에 따른 임피던스 커브 특성 (2.0V, 2.2V, 2.4V, 2.3V(시계방향))

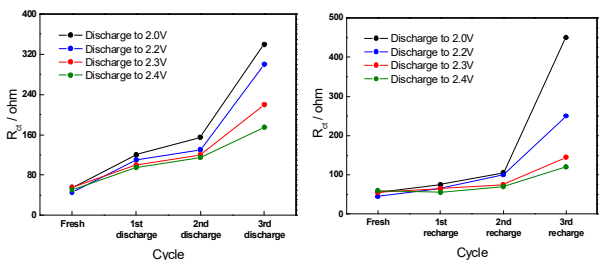


그림 7 만방전압에 따른 임피던스 변화(방전 및 충전)

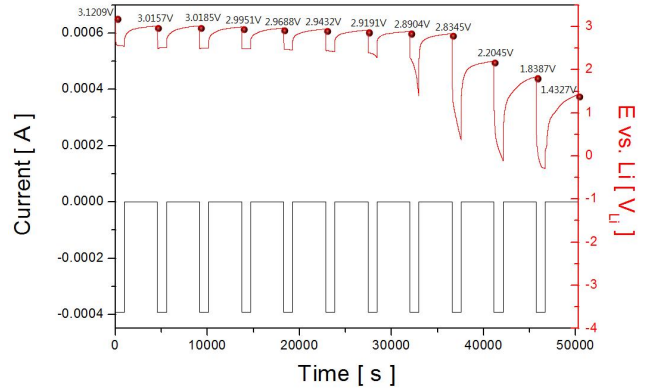


그림 8 Open-circuit voltage(OCV) 측정

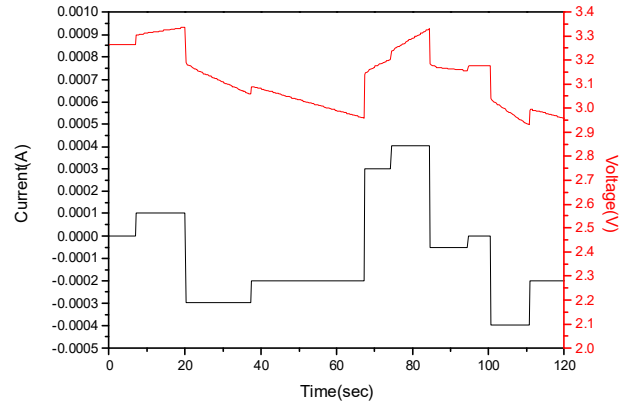


그림 9 충방전 전압 측정(간단한 충방전 전류 적용)

그림 4는 만방전압에 따른 충전/방전 특성을 나타내고 그림 5는 각 만방전압 적용 시 리튬공기 배터리의 사이클 특성을 나타낸다. 그림 5에서 보듯이, 만방전압을 2.0V로 할 때, 용량의 증가를 가져올 수 있지만, 사이클이 진행될수록 노화에 도달하는 속도가 빨라진다. 배터리의 동작에 있어 만방/만충상태는 수명에 좋지 않은 영향을 끼친다. 만방전압이 2.4V인 경우 사이클 초반에 얻게 되는 용량은 가장 작지만, 가장 많은 사이클을 수행할 수 있다. 위의 분석은 만방전압별 임피던스 커브 특성을 통해서도 확인할 수 있다. 그림 6과 7에서 보듯, 만방전압이 낮아질수록, 사이클 횟수가 증가할수록 임피던스의 크기가 증가함을 볼 수 있다.

향후 리튬공기 배터리의 SOC 추정연구를 위해 OCV를 측정하였고 간단한 충방전 전류프로파일에 따른 충방전 전압데이터를 확보하였다(그림 8과 9). 참고로, 그림 8에서 보듯, 낮은 SOC 영역에서 만방전압의 보호기능 없이 방전 시, 전압의 큰 감소를 보이고 이는 배터리의 수명에 안 좋은 영향을 끼친다.

5. 결론

본 논문에서는 리튬공기(Li Air) 배터리의 동작원리 및 여러 전기화학적 특성실험 결과를 분석하였다.

본 연구는 조선대학교 및 인하대학교의 연구비 지원에 의하여 연구되었습니다.

참고 문헌

- [1] G. Girishkumar, B. McCloskey, A. C. Luntz, S. Swanson, and W. Wilcke, *J. Phys. Chem. Lett.*, 1, 2193 (2010).
- [2] Advanced Energy Material Laboratory, Seoul National University.
- [3] D. J. Kim and J. W. Choi, "Lithium-ion batteries: Present and Future", *Jan/Feb*, (2012).