

보도자료



미래를 개척하는 지식 공동체

서울대학교
SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

보도일시	즉시 보도
	2022. 8. 8.(월)
문의	담당자: 임종우 교수(02-880-2236)
	연구단장/연구책임자 임종우 교수(02-880-2236) / 교신저자, Annick Hubin교수 (Vrije Universiteit Brussel)/교신저자
	연구단/연구진 문준엽, 김동욱 연구원(02-880-2237) / 공동 제1저자

국내 연구진, 불소 없는 전해질로 리튬 금속 배터리의 성능 향상 이끈다.

- 자연과학으로 공학에서의 문제점을 해결하다 -

■ 요약

연구 필요성	<p>차세대 리튬금속 배터리는 기존 흑연전극 대비 용량이 10배 높지만 내부 전해질이 리튬금속에 의해 쉽게 분해되어 소모되기 때문에 수명이 쉽게 저하되는 문제가 있었음.</p> <p>기존 전해질에 사용하는 용매로는 흔히 불소화 유기분자를 사용하는데, 불소화 유기분자는 (1) 리튬금속에 쉽게 분해되어 수명 성능이 낮고 (2) 가격이 비싸고 (3) 환경 오염을 일으키는 것이 문제로 지적되어 왔음.</p> <p>이를 해결하기 위해 불소화 용매를 대체할 전해질 개발에 많은 노력을 들여왔지만 번번히 실패해왔음.</p>
연구성과/기대효과	<p>불소를 제거한 유기분자를 이용해 리튬금속음극 안정성을 대폭 향상하여 1500회 이상 충방전 사이클을 구동하는데 성공하였음. 이는 기존 보고된 문헌 기준 세계 최고 기록임.</p> <p>차세대 리튬 금속 배터리 전해질 성능을 향상시킬 수 있는 “유기-물리화학적” 성질을 최초로 찾아냄.</p> <p>이를 통해 퓨란(furan), 아니솔(anisole)과 같은 비불소계 유기분자가 최적의 “유기-물리화학적” 성질을 갖고 있음을 밝혀내고, 이를 리튬금속전지용 전해질로 개발하는데 성공하였음.</p> <p>장수명 리튬금속전지 상용화에 한단계 다가설 수 있음. 그리고 리튬금속전지 전해질의 가격경쟁성과 환경친화성 향상에 크게 기여할 수 있음.</p>

■ 본문

□ 문단 1(실험 동기 및 내용)

- 차세대 리튬 금속 배터리는 기존의 흑연 전극보다 10배 이상 용량이 높아 꿈의 전지로 불리고 있지만, 수명이 매우 빨리 줄어든다는 단점 때문에 상용화에 큰 문제가 있음.
- 기존 개발되어온 전해질들은 리튬금속음극에서 자라는 뿔족한 수지상(dendrite)을 억제하기 위하여 불소원자가 포함된 용매(불화용매) 사용했는데, 이 불화용매가 리튬금속과의 안정성이 많이 낮기 때문에 쉽게 분해되는 문제가 있었음. 전해질 용매가 전지내에서 쉽게 분해되어 없어지는 문제는 전지 수명을 저하시키는 원인임. 게다가 이러한 불화용매는 가격이 비싸고, 환경 오염을 일으키는 문제가 있음. 하지만 아직까지 이런 불화용매를 대체하는 기술이 개발되지 못하였음.
- 본 연구진은 불소를 제거한 새로운 용매를 이용하여, 세계 최초 1500 총방전 사이클을 달성하는데 성공하였음. 이를 통해 리튬금속전지의 수명, 가격경쟁력과 환경친화성을 대폭 향상시킨 것으로 평가됨.
- 이를 달성하기 위하여, 연구진은 기존 리튬금속전지를 위한 최적의 전해질 디자인 규칙이 명확하게 제시되지 않았다는 문제점에 주목하였음.
- 연구진은 수지상을 억제하는 동시에 리튬금속 안정성을 향상할 수 있도록 전해질과 리튬이온이 최적의 상호작용을 만들어 낼 수 있는 유기분자의 “유기-물리화학적” 디자인 규칙을 최초로 제시하였음.
- 연구진이 제시한 디자인 규칙에 따르면 특정한 유기분자가 불소를 포함하지 않더라도 높은 효율과 안정성을 띤 전해질로써 사용될 수 있다는 것을 알 수 있었음. 특히, “퓨란 “아니솔” 과 같은 저렴한 비불소화 유기분자를 활용하여 전해질을 개발할 경우, 총방전 사이클이 대폭 향상되는 것을 보여주었음.
- 연구진은 추가 실험과 이론적 계산을 통하여 유기분자내 독특한 공명구조를 유도할 경우, 디자인 규칙에 부합한 분자를 개발하는 것이 가능하다는 것을 밝혀냈음. 이를 확장하여 다양한 유기 분자들이 고성능 전해질로 사용될 수 있는 가능성을 시사함.

- 본 연구는 네이처 커뮤니케이션 (nature communications) 8월4일 논문으로 실렸음
- 본 연구는 연구재단 우수신진연구과제 지원으로 수행되었음.

□ 문단 2(자연과학 및 국제교류등의 영향)

- 자연대 화학과의 학부과정 지식으로도 산업계에서 주목하고 있는 차세대 이차전지분야의 발전에 큰 기여를 할 수 있다는 메시지를 제시함.
- 화학과 학부 정규과목에서 배우는 유기 분자의 유기-물리학적 성질이 이차전지에서 지금까지 활용되지 않는다는 점에 착안한 연구임. 자연과학을 통하여 지금까지 놓쳐왔던 혁신을 보여줄 수 있음을 보여준 예시임.
- 고등학생 수준의 화학 지식(공명구조) 및 학부 2~3학년 수준의 물리유기화학 지식(유기분자의 물리적 성질)으로도 당면한 문제들을 해결할 수 있음을 보여주어 앞으로 과학 연구를 꿈꾸는 학생들에게 시사하는 바가 크다고 생각함
- 실제, 본 연구는 서울대 화학부 임종우 교수 연구실의 석사과정 학생인 문준엽 연구원과 학부 인턴학생인 김동욱 연구원이 공동 1저자로 연구를 주도하였음.
- 아울러 박사과정 정진규 연구원, 송문수 연구원, 이단원 연구원이 리튬인산화철(LFP)을 활용한 상용 배터리 제작과 배터리 구동 시에 발생하는 기체에 대한 실시간 분석 제시로 본 연구진이 발견한 불소를 제거한 용매가 가지는 장점을 극대화함.
- 또한 본 연구진이 선정한 용매들은 기존의 획일화된 가이드라인과 달리 공명(resonance)구조를 통해서도 리튬금속 배터리에서 높은 성능을 낼 수 있음을 규명해 산업계에 새로운 용매 가이드라인을 제시했다는 점에서 의의를 들 수 있음.
- 본 연구진이 선별한 아니솔, 에톡시벤젠과 퓨란은 기존 합성화학, 석유화학 등의 산업에서 널리 쓰이는 물질로, 대량 생산이 가능해 단가가 저렴해서 앞

으로의 리튬금속 배터리의 상용화에 적절한 용매 후보군으로 쓰일 수 있음.

- 더불어, 자유 브뤼셀 대학(Vrije Universiteit Brussel)의 애닉 휘빈(Annick Hubin)교수팀과 국제공동연구를 통하여 리튬이온과 유기분자의 결합 에너지 및 유기분자의 가장 낮은 비점유된 분자궤도함수 (LUMO)에너지를 이론적으로 계산하였음. 본 공동 연구는 벨기에 리븐 베카르트 (Lieven Bekaert) 연구원이 서울대 교환학생 기간동안 연구에 참여하며 시작하였고, 본국으로 돌아간 뒤에도 지속적인 공동 연구수행을 하였음. 서울대 교육의 국제화가 공동연구로 이어진 결과임.
- 제1저자인 문준엽 연구원은 국제 공동연구를 지속한 성과로 SNU 10-10 프로젝트 펠로우쉽에 선정되었음.

□ 연구결과

※ 연구성과에 대한 개괄적인 내용 서술

Non-fluorinated non-solvating cosolvent enabling superior performance of lithium metal negative electrode battery

Junyeob Moon, Dong Ok Kim, Lieven Bekaert, Munsoo Song, Jinkyu Chung, Danwon Lee, Annick Hubin*, Jongwoo Lim*

리튬금속 배터리에서는 전해질과 리튬금속의 지속적인 화학 반응으로 전해질 구성요소가 리튬금속 배터리의 성능에 상당한 영향을 끼친다. 기존의 전해질은 값비싸고 환경친화적이지 않으며 전기화학적으로 안정하지 않은 불소화 용매를 이용해 해결하고자 했다. 이에 본 연구진은 불소가 없는 용매를 통해 리튬금속 배터리의 성능을 비약적으로 향상했다. 후보군 선정에 있어서 배터리 성능과 상관관계를 보이는 유기 분자의 물리적 성질을 이용하였고, 이를 통해 3개의 불소가 없는 용매를 선정하여 리튬금속 배터리에서의 우수한 성능(높은 쿨롱효율, 긴 수명)을 보이는 것을 확인하였고, 공명구조가 높은 성능에 결정적인 역할을 함을 확인하였다.

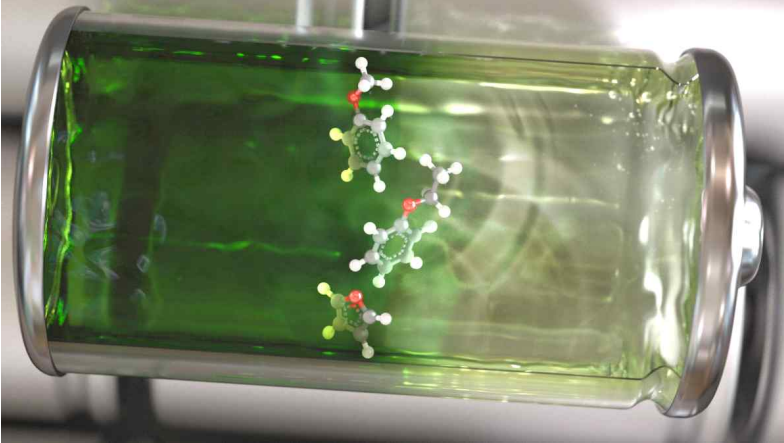
□ 용어설명

- 수지상(dendrite): 여러 가닥으로 뻗어 나가 나뭇가지처럼 된 모양을 의미하며 금속이온이 환원되어 금속 형태로 석출시에 표면의 불균일성 등으로 인해 해당 모양처럼 쌓이는 형태를 의미한다. 이는 금속 형태의 전극에 쿨롱 효율을 떨어뜨리는 주 요인이다.

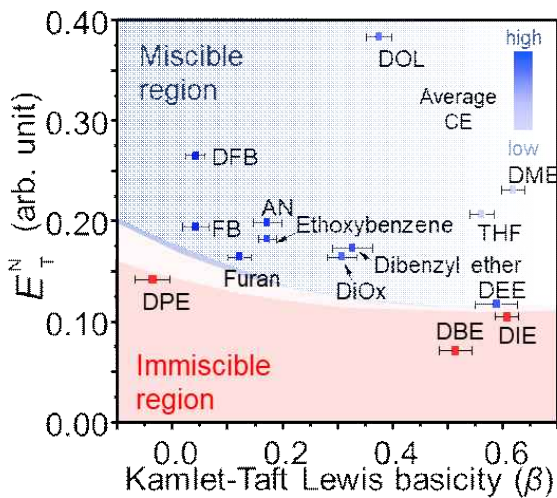
□ 그림설명

1. 성능결과그래프

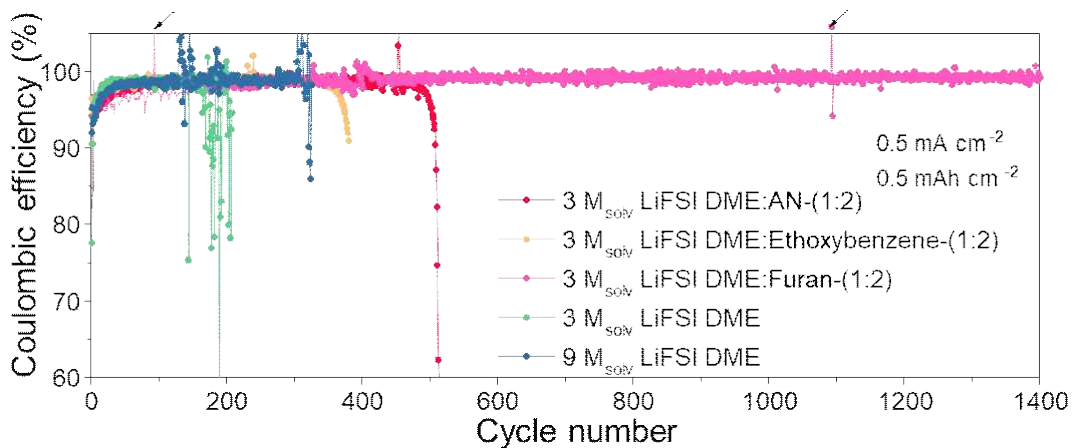
※ 연구성과를 도식화 할 수 있는 그림이나 표, 그래프가 있다면 추가 후 간략히 설명



<그림 1> 해당 논문의 대표 이미지



<그림 2> 해당 연구에서 제시한 리튬 금속 배터리의 성능 지도



<그림 3> 리튬 금속 배터리에 성능 그래프

2. 연구원 사진



사진 맨 위 왼쪽부터 임종우 교수, 송문수 연구원, 정진규 연구원, 이단원 연구원
아래 왼쪽부터 김동욱 연구원, 문준엽 연구원

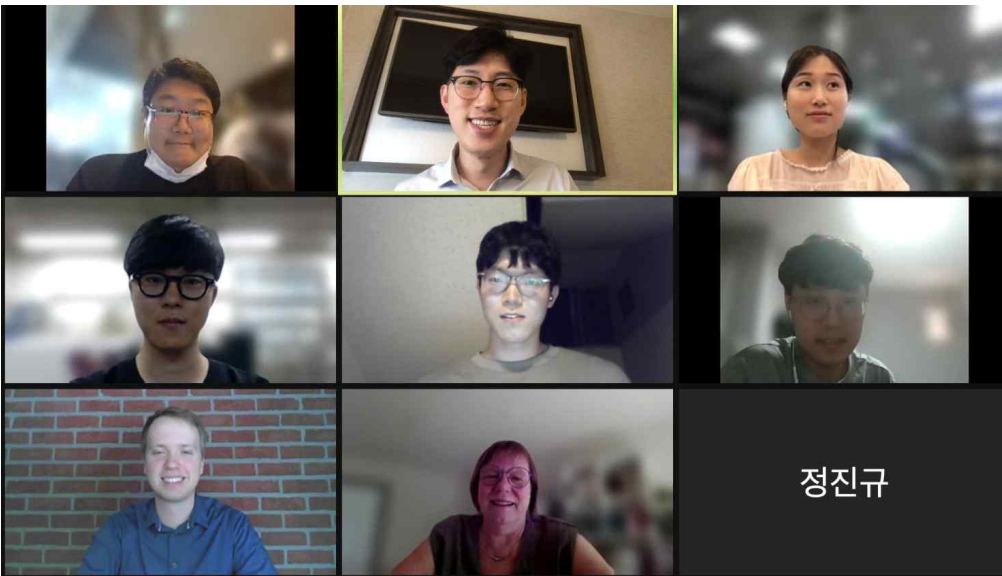


사진 맨 위 왼쪽부터 정진규 연구원, 임종우 교수, 김동욱 연구원
중앙 왼쪽부터 송문수 연구원, 문준엽 연구원, 이단원 연구원

아래왼쪽부터 리본 베카르트 연구원, 애닉휘빈 교수

□ 연구자

- 성 명 : 임종우
- 소 속 : 서울대학교 화학부 교수
- 연락처 : 02-880-2236, jwlim@snu.ac.kr

