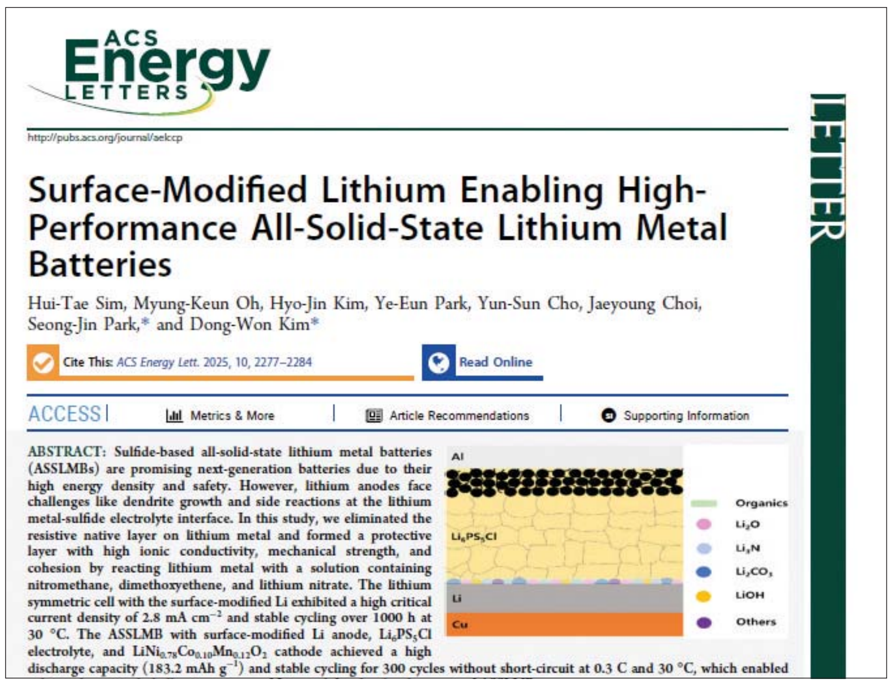
SK온, '리튬 메탈' 충·방전 효율 개선… 배터리 수명 3배 ↑

전고체 신기술

리튬 메탈 음극 표면에 보호막 형성
상온에서 300회 이상 충·방전 가능
특허 출원 완료… 국제 학술지 게재


ACS Energy LETTERS
http://pubs.acs.org/journal/aelccp
LETTER

Surface-Modified Lithium Enabling High-Performance All-Solid-State Lithium Metal Batteries

Hui-Tae Sim, Myung-Keun Oh, Hyo-Jin Kim, Ye-Eun Park, Yun-Sun Cho, Jaeyoung Choi, Seong-Jin Park,* and Dong-Won Kim*

Cite This: ACS Energy Lett. 2025, 10, 2277–2284 Read Online

ACCESS | Metrics & More | Article Recommendations | Supporting Information

ABSTRACT: Sulfide-based all-solid-state lithium metal batteries (ASSLMBs) are promising next-generation batteries due to their high energy density and safety. However, lithium anodes face challenges like dendrite growth and side reactions at the lithium metal-sulfide electrolyte interface. In this study, we eliminated the resistive native layer on lithium metal and formed a protective layer with high ionic conductivity, mechanical strength, and cohesion by reacting lithium metal with a solution containing nitromethane, dimethoxyethene, and lithium nitrate. The lithium symmetric cell with the surface-modified Li exhibited a high critical current density of 2.8 mA cm^{-2} and stable cycling over 1000 h at 30 °C. The ASSLMB with surface-modified Li anode, Li_6PS_5Cl electrolyte, and $LiNi_{0.78}Co_{0.10}Mn_{0.12}O_2$ cathode achieved a high discharge capacity (183.2 mAh g^{-1}) and stable cycling for 300 cycles without short-circuit at 0.3 C and 30 °C, which enabled

SK온과 한양대학교의 '황화물계 리튬 메탈 음극 보호막 적용 연구 결과'가 담긴 국제 학술지 'ACS 에너지 레터스(ACS Energy Letters)'의 논문. / SK온

SK온이 '꿈의 배터리'로 불리는 전고체 배터리 연구 성과를 유명 국제 학술지에 잇따라 발표하며 차세대 배터리 기술 선점에 나섰다. 학계와 연구 협력을 통한 혁신적 성과를 확보하겠다는 전략이다.

SK온은 한양대학교 김동원 교수팀과 함께 황화물계 전고체 전지의 수명을 높이는 연구에 성공했다고 6일 밝혔다. 리튬 메탈 음극 표면에 보호막을 형성해 배터리의 안전성과 수명을 끌어올리는 방식이다.

이번 연구는 에너지·화학 분야의 국제적 학술지인 'ACS 에너지 레터스(ACS Energy Letters)' 4월호에 실렸다. 국내외 특허 출원도 완료했다.

전고체 전지의 차세대 음극 소재로 주목받는 리튬 메탈은 기존 흑연 대비 약 10배에 달하는 용량과 낮은 전기화학적 전위를 바탕으로 에너지 밀도 향상과 고출력 구현의 핵심으로 떠오르고 있다.

리튬 메탈은 공기 중에서 반응하기 쉬워 표면에 무기물이 불균일하게 형성된다. 무기물층은 리튬 이온의 이동을 방해해 충·방전 효율을 떨어뜨리고, 덴드라이트가 발생해 배터리 수명이 짧아지는 원인이 된다.

SK온은 전고체 배터리의 짧은 수명 문제를 해결하기 위해 리튬 메탈 음극을 특수 용액에 담가 무기물을 제거하고 전도성이 높은 리튬나이트라이드(Li3N)와 기계적 강도가 높은 리튬옥사이드(Li2O) 기반 보호막을 형성시켰다.

이를 통해 계면 안전성을 확보했으며, 실험 결과 상온에서도 300회 이상 충방전이 가능했다. 기존 음극 메탈 배터리 수명을 3배로 늘린 셈이다.

또한 SK온은 연세대학교 박종혁 교수팀과 함께 고분자 산화물 복합계 배터리의 젤 고분자 전해질(GPE) 경화 시간과 배터리 수명 간의 관계를 규명했다. 이 연구는 지난 2월 화학 분야의 권위 있는 국제 학술지인 '앙게반테 케미'에 게재됐다.

연구에 따르면 젤 고분자 전해질의 열 경화 시간이 길수록 배터리 성능 유지에 유리한 것으로 나타났다. 60분간 열 경화된 전해질을 사용한 배터리는 방전 용량이 9.1% 감소했지만, 20분만 열 경화한 경우에는 약 34%가량 줄어드는 결과를 보였다. 경화 시간이 짧으면 양극 보호층이 쉽게 분해돼 용량이 줄어들게 된다. 이는 배터리 수명이 저하된다는 의미다.

해당 연구에서 SK온은 양자역학 밀도 범함수 이론(DFT) 계산을 통해 초기 충전 단계에서 양극 표면 보호층의 부반응으로 인해 양극 성능이 저하되는 원인과 과정을 밝혀냈다.

SK온 박기수 R&D본부장은 "이번 성과는 SK온의 지속적인 연구개발 노력과 기술적 저력이 학계와의 협력을 통해 맺은 결실"이라며 "차세대 배터리로 주목받는 고체 전지의 기술적 난제를 돌파하는 데 핵심 토대가 될 것"이라고 말했다.

/차현정 기자 hyeon@metroseoul.co.kr

대한상의 'AI 생태계 구축' 전략 제언

"AIDC 등 3대 밸류체인 강화해야"

규제 해소 등 10가지 정책과제 건의
"향후 3~4년, G3 국가 도약 골든타임"

한국이 인공지능(AI) G3 국가로 도약하기 위해 정부가 나서 3대 밸류체인(인프라·모델·AI전환)을 강화해야 한다는 분석이 나왔다.

대한상공회의소는 6일 '우리나라 AI 생태계 구축 전략 제언'을 통해 AI의 3대 투입요소(에너지·데이터·인재)의 충분한 공급에 기반해 AI의 3대 밸류체인(인프라·모델·AI전환)에서의 가치 창출이 원활하게 이뤄지는 것이 핵심이라고 밝혔다.

대한상의는 AI G3 국가로 도약하기 위해 3대 투입요소와 3대 밸류체인에서의 정책적 지원을 요청하는 '3+3 이니셔티브' 구조의 '333전략'을 발표해 10가지 정책과제를 건의했다.

건의서는 우리나라가 반도체, 에너지, 모델 등 분야에서 자체 역량을 갖출 만큼 AI 잠재력이 크지만 AI 투자 규모는 주요국에 비해 크게 낮아 자칫 AI 글로벌 패권경쟁에서 뒤쳐질 가능성이 있다고 우려했다. 영국 데이터분석업체에 따르면 우리나라 AI 민간 투자 규모는 미국의 4분의 1, 중국의 3분의 1 수준으로 세계 11위권 정도다.

대한상의는 "우리나라가 지금의 IT 강국으로 설 수 있었던 배경은 국제통화기금(IMF) 사태 이후 3~4년간 IT 분야에 국가자원 투입을 집중했기 때문으로 AI 투자도 이를 타산지석으로 삼을 필요가 있다"며 "향후 3~4년은 우리나라가 AI G3 국가로 도약할 수 있는 골든타임으로 AI 분야에 국가역량을 집중해야 한다"고 강조했다.

대한상의는 AI 선순환 생태계를 구축의 첫 번째 정책과제로 AI 데이터센터(AIDC)를 꼽았다. AI 컴퓨팅 액세스 펀드를 조성해 AI 초기 수요를 진작하고, AIDC 구축에 필요한 제반 행정절차 간소화와 인허가 절차가 마냥 지연되지 않도록 '인허가 타임아웃제 도입'을 주문한 것이다.

이어 한국형 LLM 개발(WBL)도 시급한 과제라고 강조했다. 한국형 LLM 개발을 위해서는 먼저 국내 각 기업이 보유한 데이터와 기술력을 결집해 각자의 강·약점을 보완할 수 있는 협력의 장이 마련돼야 한다고도 했다.

특히 건의서에는 제조 AI는 한국경제의 생존 문제와 직결되지만, 타 산업에 비해 AI 도입률이 현저히 낮은 수준이라고 꼬집었다. 산업연구원에 따르면 산업별 AI 도입률은 정보통신이 19%로 가장 높고, 전기·가스공급업, 금융보험업도 약 13%로 뒤를 이었다. 제조업은 AI 도입률이 2.7%에 그친다.

이에 상의는 대규모 고위험 투자의 부담을 경감시킬 인내자본 조성이 필요하다고 주장했다. 앞서 지난 3월 정부는 반도체, AI 등 첨단전략산업에 장기투자 하는 50조원 규모의 '첨단전략산업기금'을 발표한 바 있으나 관련법 개정이 이뤄지지 않아 답보 상태다.

대한상의 강석구 조사본부장은 "AI 생태계는 시장 기능을 바탕으로 선순환해야 지속적인 혁신이 가능하지만 3대 투입요소의 공급 부족, 막대한 투자비용 등 시장 기능만으로 해결하기 어려운 생태계 구축의 장애물들이 있다"며 "정부는 선순환을 견인하기 위한 인프라 투자, AI 수요 창출 등 총체적인 정책 지원에 힘쓰길 바란다"고 말했다.

/이승용 기자 lsy2665@