

전이금속 복합산화물 기반 양극 소재

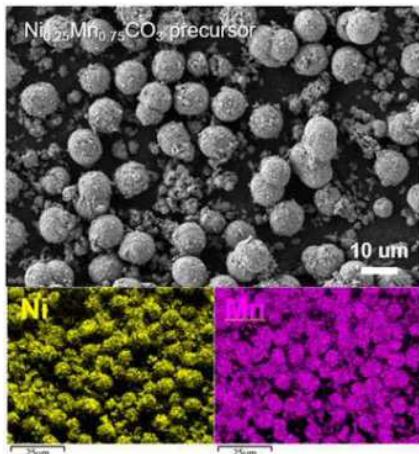
연구개발자: 에너지학과 김종순 교수

I

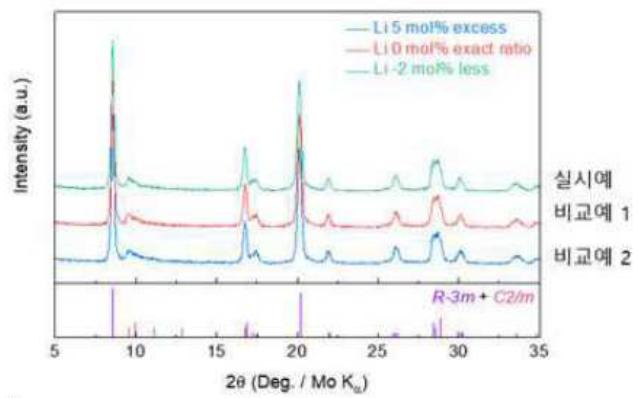
기술 개요

01

기술 요약



[제조준비예에 따른 $\text{Ni}_{0.25}\text{Mn}_{0.75}\text{CO}_3$ 의 SEM-EDS 분석 결과]



[양극활물질의 XRD 분석 결과]

- 본 기술은 리튬 전구체의 함량을 화학양론비 대비 소량 낮추는 결핍 설계를 도입하여 소재 내부의 매크로/마이크로 기공 비율을 최적화하고, 이를 통해 입자 표면에 안정한 스피넬 구조를 형성하고 리튬 이온 이동 속도를 향상시켜, 고용량 특성을 유지하면서도 수명 안정성과 초기 쿠лон 효율을 획기적으로 개선시키는 것을 특징으로 함

02

지식재산권 현황

No	발명의 명칭	출원번호	출원일
1	양극활물질, 이의 제조 방법, 양극 및 전기화학소자		2025.03.21
2	고정 산화수를 가진 금속과 리튬 과잉 층상 산화물을 포함하는 리튬이온전지용 양극활물질 및 이를 포함하는 리튬이온전지	2021-0134682	2021.10.12
3	고정 산화수를 가진 금속이 치환된 리튬이온전지용 양극활물질 및 이를 포함하는 리튬이온전지	2021-0134736	2021.10.12

전이금속 복합산화물 기반 양극 소재

03 기술의 우수성

▪ 최적 기공 밸런스 제어

-SAXS(소각 X선 산란) 분석 기반으로 매크로 기공(Macro pore)과 마이크로 기공(Micro pore)의 부피 비율($R\text{값}$)을 27 이하로 정밀 제어

▪ 역발상적 리튬 결핍 설계

-통상적으로 리튬을 과잉 공급하는 기존 제조 방식과 달리, 화학양론 대비 리튬을 0.5~3 mol% 적게 투입하는 공정을 통해 과도한 입자 성장을 억제하고 균일한 입자 형상을 유도하여 구조적 결함을 원천 차단함

▪ 표면 스피넬 구조 형성

-리튬 이온 이동을 방해하는 암염 구조 대신, 전기화학적으로 활성도가 높은 스피넬 구조를 입자 표면에 얇고 균일하게 형성하여 리튬 이온의 확산 속도가 빨라져 고속 충전 성능이 대폭 향상

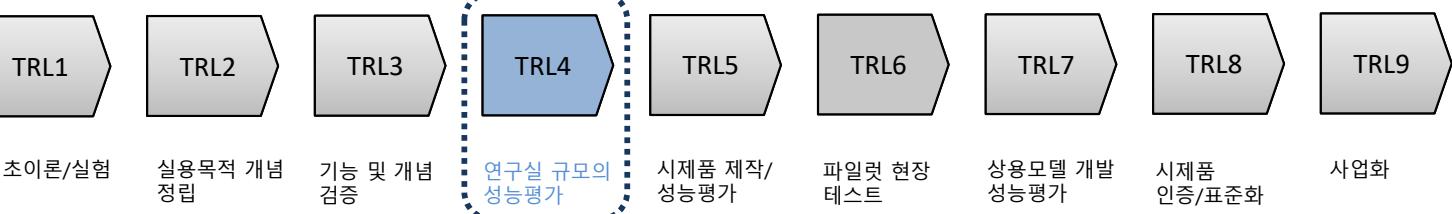
▪ 압도적인 초기 쿠лон 효율 달성

-기존 OLO 소재의 고질적 문제인 낮은 초기 효율(약 68~78%)을 81.1% 수준까지 끌어올렸고, 첫 충전 시 투입된 에너지가 방전 시 손실 없이 회수하여 배터리의 실질적인 사용 용량을 증대

▪ 수명 유지율 및 구조 안정성

-충/방전 반복 시 발생하는 전이금속의 환원 및 구조 열화를 억제하여, 200회 사이클 이후에도 초기 용량의 90% 이상을 유지하는 우수한 수명 특성을 확보

04 기술 개발 완성도



전이금속 복합산화물 기반 양극 소재

II

기술 동향

01

기술응용분야



[전기자동차]

주행 거리 500km 이상의 장거리 주행용 고에너지밀도 배터리 양극재

[에너지 저장 장치]

신재생 에너지 연계형 대용량 전력 저장 시스템의 수명 및 효율 증대

[도심 항공 모빌리티]

높은 출력이 요구되는 전기 수직 이착륙기용 초경량 고용량 배터리

[고성능 모바일 기기]

폼팩터 제한이 있는 스마트폰, 랩톱의 사용 시간 연장을 위한 배터리

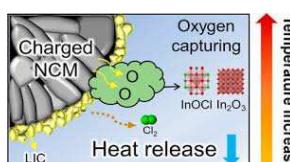
[전동 공구/로봇]

다중 시설 내 순간적인 고출력과 잦은 충방전이 필요한 무선 공구 및 산업용 로봇

02

기술 동향

[2015~2018]



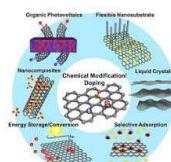
니켈 함량을 높여 용량을 증대시켰으나 열안정성 문제 대두

[2019~2021]



고전압/고용량 구현 가능하나 전압 강하 및 가스 발생 문제 발생

[2022~2023]



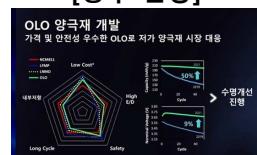
이종 원소 도핑으로 표면을 안정화하려 했으나 공정 비용 상승

[2024~현재]



입자 내부 기공 분포와 결정 구조를 정밀 제어하여 근본적 안정성 확보

[향후 전망]



가격 변동성이 큰 코발트를 배제하고 망간 비중을 높인 저가형 고성능 소재

양극재 기술은 니켈 함량을 높이는 하이니켈계에서 에너지 밀도 한계를 돌파하기 위해 망간 기반의 OLO로 진화하고 있고, 현재는 OLO의 고질적인 전압 강하와 수명 문제를 해결하기 위해, 단순 코팅을 넘어 본 기술과 같이 입자 내부의 기공 구조와 결정상을 근본적으로 제어하는 공정 혁신 기술이 주류를 형성하고 있음

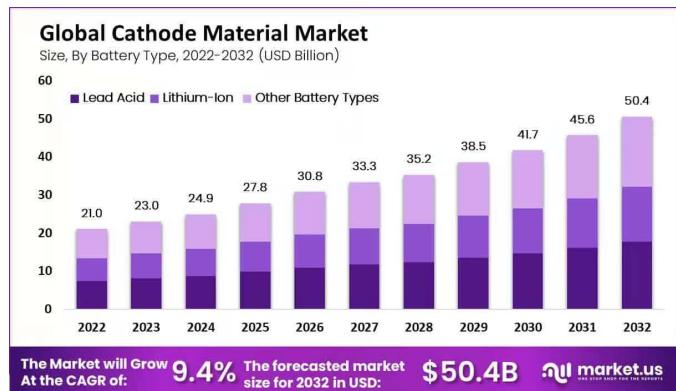
전이금속 복합산화물 기반 양극 소재

III

시장 동향

01

시장규모



- 글로벌 리튬이온 배터리 양극재 시장은 2022년 210억 달러였으며, 2032년에는 504억 달러에 이를 것으로 예상되고, 연평균 성장률(CAGR)은 9.4%에 이를 것으로 전망됨

02

주요 시장 참여자



[Umicore 社 HLM 제품]

- 망간 비중을 높인 차세대 OLO 양극재로 가격 경쟁력과 성능 균형 추구



[BASF 社 High-Energy NCM/OLO 기술]

- 고용량 양극재 포트폴리오를 보유, 글로벌 OEM에 맞춤형 소재 공급



[LG 화학 社 망간 리치 양극재 기술]

- 하이니켈의 단점을 보완하고 가격을 낮춘 망간 기반 고전압 소재 개발 중

기술 이전 상담 및 문의