

저온 염소화 기반 리튬 선택 회수 LFP 양극재 친환경 재활용

강산 없이 200°C 이하 건식 공정으로 폐 LFP에서 고순도 염화리튬을 회수하고,
회수 원료 기반 LFP 재합성 구현

- 한국원자력연구원(KAERI) 해체기술개발부 전민구 박사
- TRL 5~6 시작품 단계 · 특허 등록

강산 없이
≤200°C
건식 리튬 회수

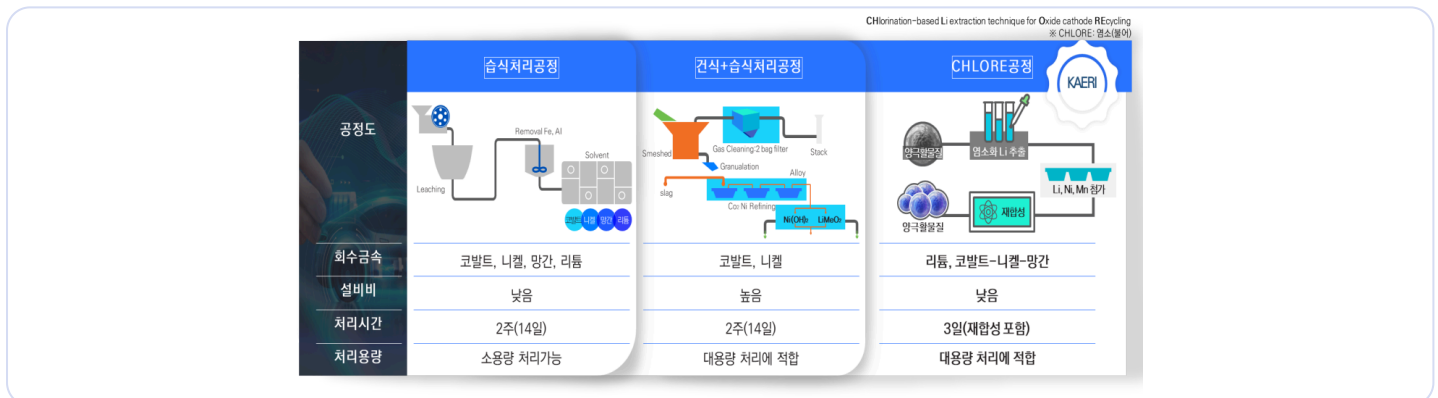
습식 재활용 대비 강산 침출·다단 정제 생략

이런 기업에 필요한 기술입니다

- 폐배터리 재활용 업체
LFP 재활용 시스템
- 양극재 제조사
LFP 재합성 원료
- 배터리 셀 제조사
공정 스크랩 리튬 회수
- ESS·전기차
LFP 채용 확대 대응

1 기술정의 · 작동원리

LFP는 원료 단가가 낮아 기존 습식(강산 침출) 재활용 공정으로는 **경제성 확보가 곤란**합니다. 본 기술은 폐 LFP(LiFePO_4)를 **염소 기체와 기-고 반응**시켜 리튬을 염화리튬(LiCl)으로 선택 전환·분리하고, 잔류 FePO_4 와 회수 리튬을 활용하여 **LFP 재합성**을 구현합니다.



폐배터리 재활용 기술 비교 — 습식 · 건식+습식 · CHLORE(염소화) 공정

- 리튬 선택 회수**
Li의 LiCl 선택 전환·분리
- 폐수 최소화**
강산 배제 · NaCl 등 비독성 부산물
- LFP 재합성**
회수 $\text{Li} + \text{FePO}_4 \rightarrow$ 양극재 페루프 순환

2 경쟁기술 대비 차별성

저가 LFP 재활용의 경제성 확보를 위한
리튬 선택적 건식 회수 공정

⊗ 기존 습식(강산) 재활용	✓ 본 기술
대상 NCM 기반 설계 — LFP 적용 시 경제성 저하	LFP 전용 — 리튬만 선택 회수
환경 부담 강산 침출 → 다량의 독성 폐수 유발	건식 염소화 → 비독성 부산물, 폐수 발생 억제
에너지·순도 다단 정제 → 공정 장기화·에너지 소모 증대	~200°C 저온 + 단순 분리 → 고순도 LiCl 확보

3 주요 성능 결과 SMK 공정 비교 기준

≤200℃

공정 온도
습식 대비 정제 단계 생략

3일

처리시간 (재합성 포함)
습식·건식+습식 공정 2주(14일) 대비 · 설비비 낮음, 대용량 처리 적합

업데이트 중 %

LiCl 순도
재합성 LFP 원료로 사용 가능

4 적용분야 및 기대효과

LFP 폐배터리 대량 발생 시점에 앞서 **저비용 건식 재활용** 공정 기술의 선점이 가능합니다.

리튬이온전지 재활용¹

37.9억 달러 ('23)

CAGR 21.6%

양극재 전체²

377.8억 달러 ('25)

CAGR 11.5%

LFP 스크랩 회수

ESS·전기차

LFP 채용 확대 연계

규제 EU 배터리 규정 — **재활용 원료 사용 의무** 단계적 도입

5 관련 특허

출원(등록)번호	발명의 명칭	상태	출원인
10-2743195	다중음이온계 리튬 이차전지 양극재의 재활용 방법 및 장치	등록	한국원자력연구원

이전 범위: LFP로부터 Li 선택 회수 · 회수 Li + FePO₄로 LFP 재합성

6 기술이전 문의

특허법인(유) 화우

☎ 02-3465-7864
✉ hjyi@hwawoo.com
🌐 smart-battery-site.pages.dev



홈페이지

¹ * 출처: Fortune Business Insights. (2023. 9. 18.). Li-ion Battery Recycling Market 2023–2030. <https://finance.yahoo.com/news/lithium-ion-battery-recycling-market-121100049.html>

* 출처(기술내용·성능): 한국원자력연구원. 기술소개자료(SMK). (2026.).

² * 출처: MarketsandMarkets. (2025. 9. 26.). Cathode Materials Market to 2030. <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/cathode-material-market-246078739.html>

저온 염소화 반응을 활용한 NCM 양극재 친환경 재활용

리튬의 LiCl 우선 분리 후 Ni-Co-Mn 회수 — 강산 배제 건식 공정으로 재합성
NCM 검증

기관·연구자 한국원자력연구원(KAERI) 해체기술개발부·전민구 박사
TRL TRL 4~5 · 실험실 검증 · 재합성 NCM 코인셀 평가

강산 배제 건식 공정

LiCl

리튬 우선 분리

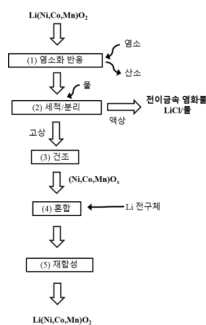
습식 공정: Ni-Co-Mn 침출 후 최종 단계에서 리튬 회수

이런 기업에 필요한 기술입니다

- 폐배터리 재활용 업체
전기차 NCM 재활용
- 하이니켈 양극재 제조사
회수 원료 재투입
- 배터리 셀 제조사
스크랩·불량 셀 회수
- EU 수출 기업
재활용 원료 의무 대응

1 기술정의 · 작동원리

폐 NCM 양극재를 **저온 염소 기체 분위기에서 가-고 반응**시켜 리튬을 염화리튬(LiCl)으로 우선 분리하고, 잔류 니켈·코발트·망간을 회수하여 양극재 재합성을 구현합니다. 강산 침출(무기산 용액 내 금속 성분 용해·추출 공정) 없이 유기금속의 단계적 분리가 가능합니다.



염소화 반응 → 세척·분리 → 건조 → 리튬 전구체 혼합 → 재합성 공정 흐름

- 리튬 우선 분리**
Li → LiCl 전환 후 수세 분리
- 유기금속 회수**
Ni-Co-Mn의 전이금속 산화물 회수
- NCM 재합성**
회수 원료 기반 재합성·용량 검증

2 경쟁기술 대비 차별성



리튬 회수 순서의 전환,
공정 초기 단계 고순도 리튬 선택 회수

⊗ 기존 습식(강산) 재활용		⊙ 본 기술
리튬 회수	침출 후 최종 단계 회수 → 손실·순도 저하 유발	✓ 염소화 반응 기반 첫 단계에 LiCl 선택 회수
환경 부담	강산·환원제 사용 → 폐수·중화 슬러지 발생	✓ 강산 미사용 건식 , 비독성 부산물
공정·에너지	고온 제련·다단 용매추출 → 에너지 소모 증대	✓ 저온 염소화 + 단순 분리 → 단계·에너지 절감

3 주요 성능 결과

정량 데이터는 NDA 후 제공

업데이트 중 %	리튬 회수율 NCM → LiCl 선택 회수
업데이트 중 %	Ni·Co·Mn 회수율 전이금속 산화물 형태
업데이트 중 mAh/g	재합성 NCM 초기 방전용량 2.1~4.5 V vs. Li ⁺ /Li 코인셀

4 적용분야 및 기대효과

전기차 폐배터리 발생량 증가에 따라 **폐수 배제 건식 재활용**의 원가·인허가 경쟁력이 확대됩니다.

리튬이온전지 재활용¹ 37.9억 달러 ('23) CAGR 21.6%	하이니켈 양극재² 82.3억 달러 ('26) CAGR 12.99%	스크랩·불량 셀 회수 유가금속 셀 제조 공정
---	--	---------------------------------------

규제 EU 배터리 규정 — **재활용 원료 사용 의무** 단계적 도입

5 관련 특허

출원(등록)번호	발명의 명칭	상태	출원인
업데이트 중 · 특허번호	염소화 반응을 이용한 NCM 양극재 재활용 방법	업데이트 중	한국원자력연구원

이전 범위: NCM으로부터 Li 선택 회수 · 회수 Ni·Co·Mn을 이용한 양극재 재합성

6 기술이전 문의

특허법인(유) 화우

☎ 02-3465-7864
 ✉ hjyi@hwawoo.com
 🌐 smart-battery-site.pages.dev



홈페이지

¹ 출처: Fortune Business Insights. (2023. 9. 18.). Li-ion Battery Recycling Market 2023–2030. <https://finance.yahoo.com/news/lithium-ion-battery-recycling-market-121100049.html>

* 출처(기술내용·성능): 한국원자력연구원. 기술소개자료(SMK). (2026.).

² 출처: Precedence Research. (2026. 6. 30.). High-Nickel Cathode Materials Market. <https://www.precedenceresearch.com/high-nickel-cathode-materials-market>

리튬·산소 공공(Vacancy) 억제형 장수명 가넷계 고체전해질

소결 조성 제어로 격자 내 리튬·산소 공공을 억제하여,
리튬 금속 음극 대비 3,000시간 이상 안정 구동을 구현한 불연성 산화물 고체전해질

기관·연구자 한국원자력연구원(KAERI) 중성자과학부 · 김형섭 박사
TRL TRL 3~4 · 실험실 입증 (대칭셀·하이브리드 풀셀)

리튬 대칭셀 기준

3000 시간

단락 없는 안정 구동

리튬 대칭셀 · 임계전류밀도 1.00
mA/cm²(30°C)

이런 기업에 필요한 기술입니다



전고체전지 개발사
산화물 고체전해질 소재



세라믹 소재·소결 기업
기존 설비로 고밀도 소결



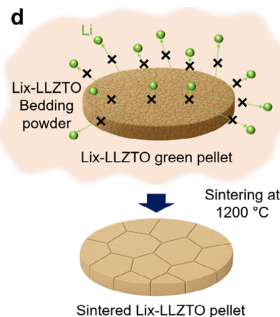
전기차 셀 제조사
리튬 금속 음극 적용 셀



극한환경 전원
고온·방사선 환경용 셀

1 기술정의 · 작동원리

가넷계 산화물(LLZTO)은 불연성이 우수한 전고체전지용 고체전해질이나, 1,200°C 고온 소결 중 리튬·산소 휘발로 형성되는 격자 공공(Vacancy)(원자가 있어야 할 격자 자리가 비어 있는 결함)이 리튬 금속 계면의 열화를 유발합니다. 본 기술은 펠릿 20wt%·파우더 10wt%의 비대칭 리튬 과잉 조성으로 소결 분위기를 제어하여 공공 형성을 원천적으로 억제합니다.



리튬 함량이 상이한 그린 펠릿-베딩 파우더 동시 소결(1,200°C)을 통한 리튬 손실 억제 공정 — Adv. Sci. 2026, Fig. 1d



계면 안정성

리튬 금속 접촉 시 Zr 환원·상전이 억제



대기 안정성

LiOH·Li₂CO₃ 표면층 생성 억제



공정 호환성

기존 고상합성·1,200°C 소결 유지, 조성만 조정

2 경쟁기술 대비 차별성



소결 조성 제어로

리튬·산소 빈자리 생성을 원천 억제합니다.

⊗ 기존 가넷 전해질



빈자리 제어

과잉 리튬 투입에 의존 → Li < 6.5 pfu 결손 잔존



리튬 계면

Zr 환원·상전이에 따른 계면저항 증가, 덴드라이트 단락



공정

산소 분위기·다원소 도핑 등 추가 공정 필요

⊙ 본 기술

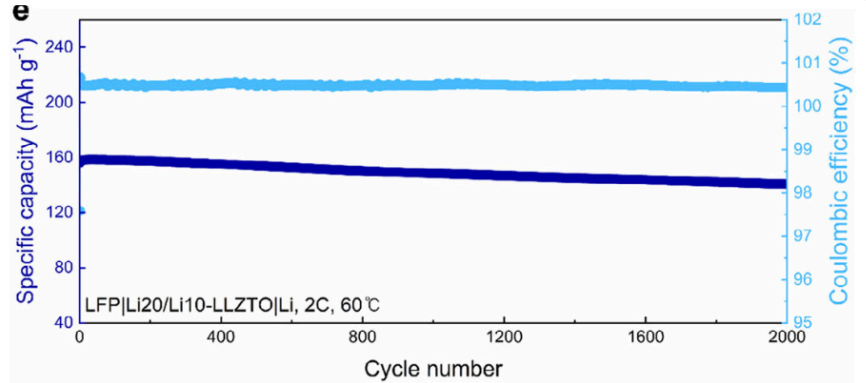
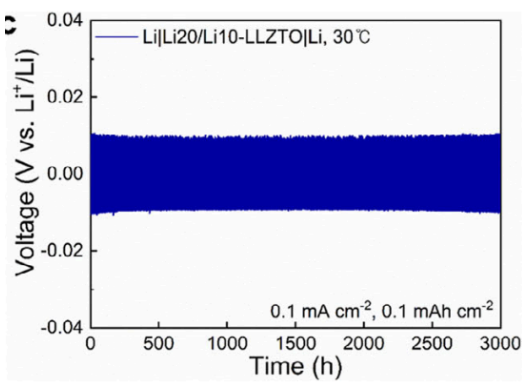
✓ 조성 비대칭 소결 →
Li > 6.5 pfu · O 빈자리 ≤ 0.02 pfu

✓ 계면 안정화 → 임계전류밀도 1.00 mA/cm² (30°C)

✓ 조성 조정만으로 구현 — 기존 소결 설비 유지

3 주요 성능 결과 논문 데이터 기준 (Adv. Sci. 2026)

1.00 mA/cm ²	임계전류밀도 (30°C) 리튬 덴드라이트 관통 없이 허용되는 최대 전류밀도 · 60°C 1.75 mA/cm ²	3000 시간	리튬 대칭셀 안정 구동 0.1 mA/cm ² 조건, 단락 없이 장기 구동
90 %	2,000회 후 용량 유지율 LFP 하이브리드 풀셀 · 60°C	6.5 pfu 이상	리튬 점유 (중성자 회절) 산소 빈자리 0.02 pfu 이하



리튬 대칭셀 3,000 h 장기 구동(좌) · LFP 하이브리드 풀셀 2,000 사이클 수명(우) — Adv. Sci. 2026

4 적용분야 및 기대효과

리튬 금속 음극 계면 열화를 소결 조성 제어만으로 해결 — 기존 소결 공정에 추가 설비 없이 적용

전고체전지 시장¹

16억 달러 ('25)

CAGR 31.8%('26~'33)

전기차용 전고체전지²

20.7억 달러 ('26)

CAGR 54.0%

극한환경용 전지

100°C 작동 목표

연구단 과제 연계

5 관련 특허

구분	발명의 명칭	상태	출원인
논문	Vacancy-Suppressed Garnet Electrolytes for Durable Solid-State Batteries Advanced Science 13(21):e22562 (2026. 3. 3.)	게재	한국원자력연구원
미공개	빈자리 억제형 가넷 고체전해질 제조방법	미공개	한국원자력연구원

기술이전 범위·조건은 협의 · 상세 자료는 NDA 체결 후 제공

6 기술이전 문의

특허법인(유) 화우

☎ 02-3465-7864

✉ hjyi@hwawoo.com

🌐 smart-battery-site.pages.dev



홈페이지

¹ 출처: Grand View Research. (2026.). Solid State Battery Market Size & Share Report, 2026–2033. <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/solid-state-battery-market>

* 출처(기술내용·성능): 한국원자력연구원, 기술소개자료(SMK). (2026.).

² * 출처: Grand View Research. (2026. 6. 29.). Solid State Car Battery Market Report. <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/solid-state-car-battery-market-report>

나노 결함(기공)을 제어해 수명을 늘린 하이니켈계 양극활물질

첨가제 없이 200~300°C 저온 전처리 한 단계만 추가 — 기존 합성 공정 설계 그대로

기관·연구자 한국원자력연구원(KAERI) 중성자과학부 · 김형섭 박사

TRL TRL 4 · 실험실 규모 소재 핵심성능 평가

본 소결 전 전처리

200~300°C

한 단계만 추가

도핑·코팅 첨가제 불요 · Eutectic Li salt 사용 시
더 낮게

이런 기업에 필요한 기술입니다



하이니켈 양극재 제조사
차량용 장수명 소재



전기차·전장 부품사
장수명 리튬이차전지



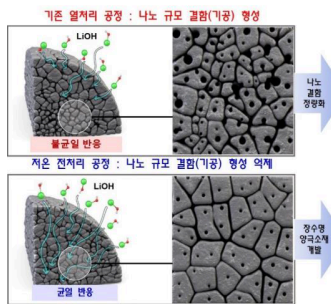
화학·정밀화학 기업
전처리 공정 라이선스



소재 분석 기업
나노 결함 정량 프로토콜

1 기술정의 · 작동원리

하이니켈 양극은 합성 중 생긴 **원자·나노 규모 결함(기공)**이 미세 균열의 씨앗이 되어 수명을 깎습니다. 본 기술은 전구체 ($\text{LiOH} + \text{TM}(\text{OH})_2$)를 **200~300°C에서 1차 저온 소결**한 뒤 기존과 같은 2차 소결을 진행해 결함을 억제하고, **소각 산란** (X선·중성자로 나노 기공을 세는 분석)으로 정량해 제어합니다.



기존 열처리(위, 불균일 반응·나노 기공 형성) vs 저온 전처리(아래, 균일 반응·기공 억제)



결함을 숫자로

소각 산란으로 나노 기공 정량·제어



첨가제 불요

도핑·코팅 없이 전처리 한 단계



공정 그대로

기존 공정 설계·설비에 바로 적용

2 경쟁기술 대비 차별성



수명을 첨가제로 사지 않고,
보이지 않던 결함을 세어 줄입니다.

⊗ 기존 하이니켈 합성

☑ 본 기술



결함 진단

나노 기공으로 커지는 과정 정량 불가



✓ **소각 산란으로 정량화** → 제어 변수로 사용



수명 개선

도핑·코팅 의존 → 비용↑, 에너지밀도 손실



✓ **첨가제 없이** 전처리로 결함 최소화



공정 적용

새 첨가제·공정 도입 시 라인 변경



✓ **전처리 단계만 추가** — 라인 유지

3 주요 성능 결과 SMK 그림 데이터 기준

200~300℃

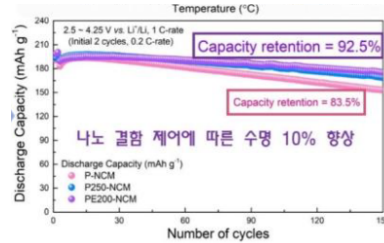
본 소결 전 1차 전처리 온도
Eutectic Li salt 사용 시 더 낮게

92.5%

150 사이클 후 용량 유지율
기준 83.5% 대비 · 2.5~4.25 V, 1C

0.1~300 nm

나노 결함(기공) 정량 범위
소각 산란 분석으로 정량화



150 사이클 용량 유지율 92.5% vs 83.5% (2.5~4.25 V, 1C)

4 적용분야 및 기대효과

라인을 바꾸지 않고 수명만 올리는 공정 라이선스형 기술 — 양극재 제조사의 도입 장벽이 낮습니다.

하이니켈 양극재 ¹
82.3억 달러 ('26)
CAGR 12.99%

양극재 전체 ²
377.8억 달러 ('25)
CAGR 11.5%

소재 전처리 공정
라이선스
화공·정밀화학

5 관련 특허

출원(등록)번호	발명의 명칭	상태	출원인
10-2023-0072806	양극활물질 및 이를 포함하는 리튬 이차전지	출원	한국원자력연구원

이전 범위: 전처리 조건 · 나노 결함 정량 분석 프로토콜

6 기술이전 문의

특허법인(유) 화우

☎ 02-3465-7864
✉ hjyi@hwawoo.com
🌐 smart-battery-site.pages.dev



홈페이지

¹ * 출처: Precedence Research, (2026. 6. 30.), High-Nickel Cathode Materials Market, <https://www.precedenceresearch.com/high-nickel-cathode-materials-market>

* 출처(기술내용·성능): 한국원자력연구원, 기술소개자료(SMK), (2026.).

² * 출처: MarketsandMarkets, (2025. 9. 26.), Cathode Materials Market to 2030, <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/cathode-material-market-246078739.html>

고순도 산소 없이 용량·수명을 함께 잡는 리튬 농도 구배형 하이니켈 양극

일반 공기·저온 합성으로 코어→표면 리튬 농도 구배 2차 입자를 만들어 표면 열화를 억제

기관·연구자 한국원자력연구원(KAERI) 중성자과학부 · 김형섭 박사
TRL TRL 4 · 실험실 규모 소재 핵심성능 평가

⇨ 고순도 산소 대신
일반 공기
로 하이니켈 합성

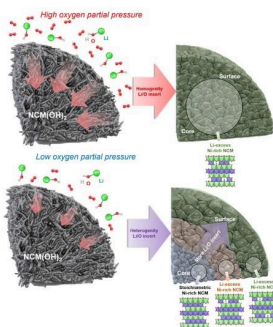
산소 분압·리튬 함량 제어 · 저온 합성

이런 기업에 필요한 기술입니다

-  하이니켈 양극재 제조사
순산소 설비 원가 절감
-  전기차·전장 부품사
고에너지밀도 셀
-  화공·정밀화학 기업
합성 조건 라이선스
-  공정 안전 담당
순산소 취급 위험 감소

1 기술정의 · 작동원리

하이니켈 양극은 니켈 환원을 막으려고 **고순도 산소 가스**로 합성해야 해 원가·안전 부담이 큼니다. 본 기술은 낮은 온도에서 **리튬 함량과 산소 분압을 제어**해, 코어에서 표면으로 갈수록 리튬이 점점 많아지는 2차 입자(작은 결정이 모인 덩어리)를 만들고, 표면 리튬 과량층이 구조 열화를 막습니다.



산소 분압이 높을 때(위, 균일) vs 낮을 때(아래, 코어→표면 리튬 농도 구배) 2차 입자 형성

-  **순산소 불요**
일반 공기로 합성 → 원가·안전 개선
-  **용량 + 수명 동시**
에너지밀도 손실 없는 표면 안정화
-  **공정 그대로**
기존 공정 안에서 조건만 변경

2 경쟁기술 대비 차별성

 코팅으로 감싸는 대신,
입자 안에서 리튬 농도를 설계합니다.

⊗ 기존 하이니켈 합성		⊙ 본 기술
⇨ 합성 분위기	니켈 환원 방지 위해 고순도 산소 필수	✓ 일반 공기 + 산소 분압 제어
♥ 수명 개선	도핑·코팅 → 에너지밀도 감소 동반	✓ 리튬 농도 구배로 표면 열화 억제, 용량 유지
≡ 소재 설계	균일 조성 2차 입자	✓ 코어→표면 구배 2차 입자 — 원천 소재 기술

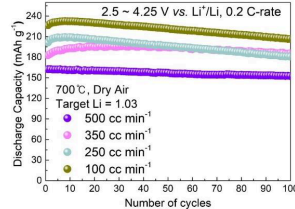
3 주요 성능 결과 SMK 그림 데이터 기준

700℃

합성 온도 · 건조 공기(Dry Air)
고순도 산소 대신 일반 공기 · Target Li 1.03

100 회

사이클 평가 (0.2C, 2.5~4.25 V)
공기 유량 100~500 cc/min별 방전용량 비교



700℃ 건조 공기 합성 · 공기 유량별 100 사이클 방전용량 (0.2C)

4 적용분야 및 기대효과

순산소 설비·가스 비용을 덜어 하이니켈 양극재의 원가 경쟁력과 공정 안전성을 함께 높입니다.

하이니켈 양극재 ¹

82.3억 달러 ('26)

CAGR 12.99%

양극재 전체 ²

377.8억 달러 ('25)

CAGR 11.5%

합성 조건 라이선스

화공·정밀화학

소재 합성

5 관련 특허

출원(등록)번호	발명의 명칭	상태	출원인
10-2023-0174720	양극 활물질의 제조 방법 및 이로부터 제조된 양극 활물질	출원	한국원자력연구원

이전 범위: 고농도 산소 없이 용량·수명을 동시에 확보하는 양극활물질 제조 기술

6 기술이전 문의

특허법인(유) 화우

☎ 02-3465-7864

✉ hjyi@hwawoo.com

🌐 smart-battery-site.pages.dev



홈페이지

¹ * 출처: Precedence Research. (2026. 6. 30.). High-Nickel Cathode Materials Market. <https://www.precedenceresearch.com/high-nickel-cathode-materials-market>

* 출처(기술내용·성능): 한국원자력연구원, 기술소개자료(SMK). (2026.).

² * 출처: MarketsandMarkets. (2025. 9. 26.). Cathode Materials Market to 2030. <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/cathode-material-market-246078739.html>

가압·가열 경화 기반 고분자 전고체 리튬이차전지 셀 제조 기술

고체전해질을 셀 안에서 **균혀** 기포·데드존을 없애고, **양면 코팅**으로 같은 부피에 더 많은 용량을 담는 셀 제조법

기관·연구자 한국기초과학지원연구원(KBSI) · 특허 2건 묶음(공정+구조)

TRL 파우치형 단위셀 총방전 평가 완료 **업데이트 중 · TRL 등급** **업데이트 중 · 상온 작동 여부**

≡ 같은 소재, 양면 코팅만으로

+7.7%

중량당 용량 증가

양면 95.2 mAh/g vs 단면 88.4 mAh/g · 동일 소재·동일 조건

이런 기업에 필요한 기술입니다


전고체 배터리 개발사
전해질 균일도·수율 개선

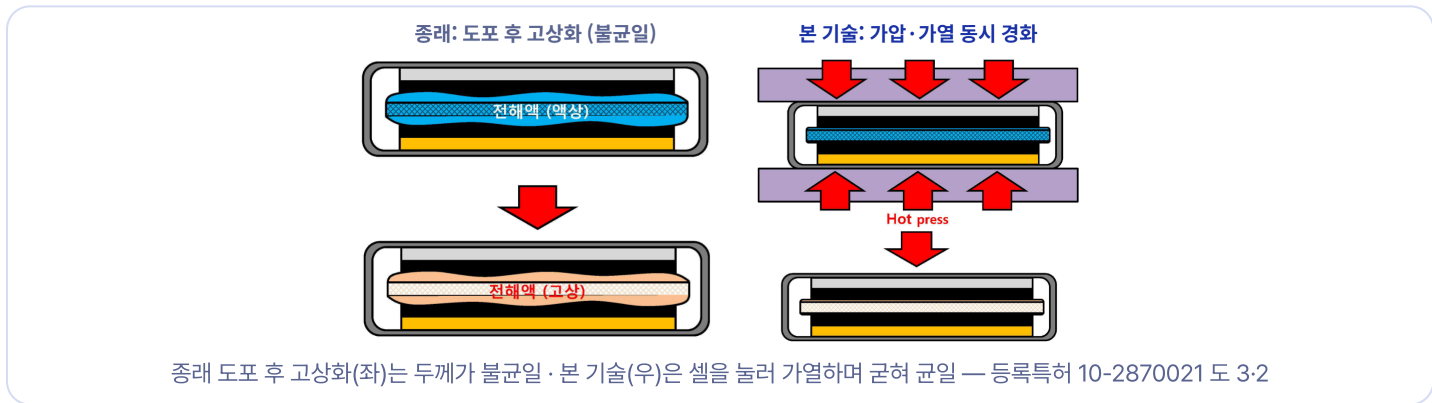

배터리 제조장비사
가압·가열 경화·디가싱 설비


중소형·특수 셀 제조사
플렉시블 전고체 셀


ESS·방산
고안전 비발화 셀

1 기술정의 · 작동원리

고분자 고체전해질은 점성이 높아 전극 위에 바르면 **기포와 데드존**(이온이 지나가지 못하는 빈 곳)이 생깁니다. 본 기술은 전해액을 전극 사이에 넣은 뒤 **셀을 통째로 눌러가며 균히고**, 활성화-가스 배출을 반복해 계면을 단단히 붙입니다.




가압·가열 동시 경화
500~2,000 Pa · 80~100°C


활성화-디가싱 반복
2~5회 → 총·방전 용량 대칭


양면 코팅 + N/P 설계
N/P 1.0~1.2, 비가역 용량 반영

2 경쟁기술 대비 차별성


고분자 전고체의 발목을 잡는 건 소재가 아니라 "고르게 균히는 일"입니다.

⊗ 기존 기술		☑ 본 기술
🌀 전해질 형성	도포 후 고상화 — 기포·데드존, 두께 불균일	✓ 가압·가열 동시 경화 — 균일 두께·저계면저항
↔ 활성화	가스 포켓 자연 배출 — 잔류 가스	✓ 디가싱 2~5회 반복 — 용량 대칭화
≡ 적층 구조	단면 코팅 — 집전체 증복, 두께 증가	✓ 양면 코팅 — 같은 적층 수에서 높이 감소
🔧 접근 방식	새 고체전해질 소재 합성	✓ 공정·구조 설계 — 소재 공급망 변경 불필요

3 주요 성능 결과 등록특허 실시예 · 동일 소재·조건 비교

95.2 mAh/g

양면 코팅 중량당 용량

단면 코팅 88.4 mAh/g 대비 +6.8 mAh/g
(+7.7%)

1.01 N/P

리튬 전착 없음 · 가역 용량 최대

N/P 0.75는 전착 발생, 1.31은 용량 감소

2 회

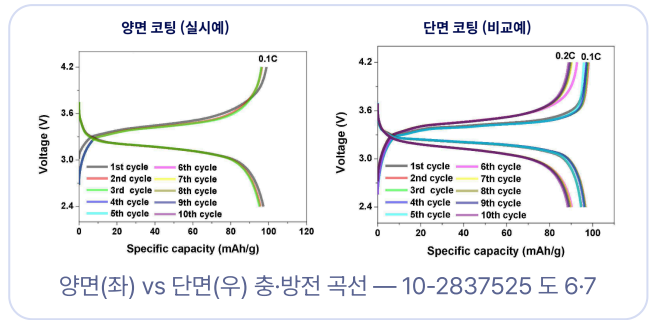
활성화-디가싱 반복

1회는 충·방전 비대칭 → 2회에서 대칭

90 °C

1,000 Pa 가압 경화

가압·가열 없는 비교에 대비 비용량·사이클
안정성 증가



4 적용분야 및 기대효과

새 소재 없이 **공정만 바꿔** 기존 파우치셀 라인에 적은 변경으로 적용할 수 있습니다.

고분자계 고체전해질²

9,240만 → 12.23억 달러
(‘25 → ‘35)

연평균 29.5%

고체전해질 전체²

3.554억 → 55.5억 달러
(‘25 → ‘35)

연평균 31.7%

EV용 전고체 배터리³

2.6억 → 22.3억 달러
(‘25 → ‘31)

연평균 43.1%

전고체 배터리 전체⁴

19.24억 → 252.08억 달러
(‘26 → ‘34)

연평균 37.9%



동향 삼성SDI 2027년 하반기 황화물계 양산 목표(900 Wh/L)⁵ — 고분자계는 **상온·고수율 셀 제조 기술** 확보가 과제
전망 전고체 글로벌 침투율 약 0.1%(‘25) → 약 4%(‘30) → 약 10%(‘35)⁶

5 관련 특허

출원(등록)번호	발명의 명칭	등록일	출원인
10-2870021	파우치형 전고체 리튬이차전지 및 이의 제조 방법	2025.10.01	한국기초과학지원연구원
10-2837525	양면 코팅된 전극을 포함하는 전고체 리튬이차전지 및 이의 제조 방법	2025.07.18	한국기초과학지원연구원

공정 특허 + 구조 특허 조합 — 함께 실시하는 것을 전제로 설계 · 해외 패밀리 **업데이트 중**

6 기술이전 문의

특허법인(유) 화우

☎ 02-3465-7864

✉ hjyi@hwawoo.com

🌐 smart-battery-site.pages.dev



홈페이지

² * 출처: Global Market Insights. (2026. 8.). Solid state battery electrolyte market size & share, 2026-2035. <https://www.gminsight.com/industry-analysis/solid-state-battery-electrolyte-market>

⁴ * 출처: Inkwood Research. (2025. 12. 6.). Global solid-state battery market analysis. <https://www.inkwoodresearch.com/global-solid-state-battery-market-analysis/>

⁶ * 출처: Shanghai Metals Market. (2026. 5. 20.). CIBF2026 solid-state: Toward solid-state, still testing. <https://news.metal.com/en/newscontent/103912524-cibf2026-solid-state-toward-solid-state-still-testing>

* 출처(기술내용·성능): 한국기초과학지원연구원, 등록특허 제10-2870021호(2025. 10. 1.), 제10-2837525호(2025. 7. 18.).

³ * 출처: Mordor Intelligence. (2026. 9. 11.). EV 전고체 배터리 시장 규모 및 점유율. <https://www.mordorintelligence.kr/industry-reports/ev-solid-state-battery-market>

⁵ * 출처: 삼성SDI. (2024. 12. 3.). [SDI Focus] 900Wh/L 전고체 배터리가 현실로. <https://news.samsungsdi.com/global/articleView?seq=203>

초음파 기반 나노구조 리튬이차전지 양극활물질 제조 기술

초음파로 상온에서 입자를 키워, 고온 고상반응이나 후열처리 없이 균일한 구형 양극재를 만드는 공정 기술

기관·연구자 한국기초과학지원연구원(KBSI) · 특허 2건(고전압 스피넬 · LFP-rGO)

TRL 코인셀 전기화학 평가 완료 업데이트 중 · TRL 등급

입자 형성 공정 온도
10~40℃
상온에서 구형 나노입자

기존 고상반응법은 700℃ 이상 · 혼합·분쇄 반복

이런 기업에 필요한 기술입니다



양극재 제조사
LFP 도전재 분산 대체 · 고전압 스피넬



배터리 셀 제조사
저원가 LFP · 코발트-프리 셀



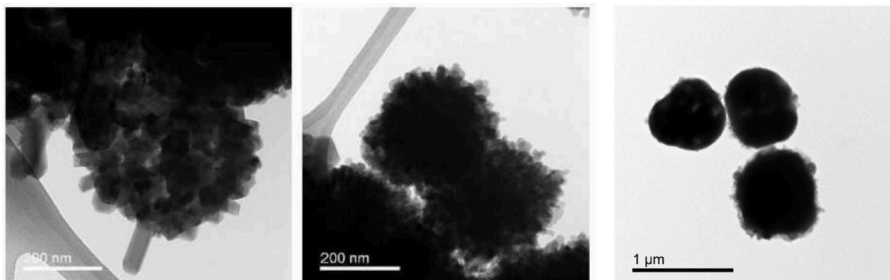
분체·소재 장비사
초음파 반응기 · 분무열분해



ESS·소형 모빌리티
LFP 기반 고안전 전원

1 기술정의 · 작동원리

양극재는 보통 **700℃ 이상 고상반응**으로 만들어 혼합이 고르지 않고 공정이 깁니다. 본 기술은 같은 **초음파 액상 공정 플랫폼**으로 두 소재를 만듭니다 — ㉠ 막대 단결정(10~50 nm)이 쌓인 **메조다공성 Ni-Mn 스피넬**, ㉡ 분무열분해로 활물질과 도전재를 입자 단위로 함께 만드는 **LiFePO₄-rGO**.



㉠ 막대 단결정이 쌓인 메조다공성 구형 입자 TEM(10-2040708 도 2) · ㉡ rGO가 덮은 LiFePO₄-rGO 입자 TEM(10-2026091 도 1b)



상온 공정
입자 형성 전 단계 10~40℃



후열처리 생략 (㉢)
분무열분해 직후 올리빈 구조 완성



Mn 용출 억제 (㉣)
이종금속 도핑으로 격자상수 저하

2 경쟁기술 대비 차별성



양극재의 성능은 조성이 아니라
"입자를 어떻게 키웠는가"에서 갈립니다.

⊗ 기존 기술		☑ 본 기술
합성 방식	고상반응 — 700℃ 이상, 혼합·분쇄 반복	✓ 초음파 액상법 — 입자 형성 상온
입자·표면	3 μm 미만 구형도 제어 곤란, 치밀 구조	✓ 구형 150~400 nm , 메조다공성 — 반응면적 ↑
도전재 (LFP)	합성 후 별도 혼합 — 분포 불균일 시 용량 급감	✓ 전구체에 GO 선혼합 — 표면 전체 균일 피복
후열처리 (LFP)	결정화용 후열처리 필요	✓ 불필요 — XRD·SEM 변화 없음

3 주요 성능 결과 등록특허 실시예 · 코인셀

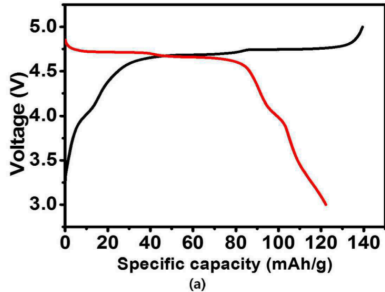
122 mAh/g

㉑ 100사이클 후 방전용량

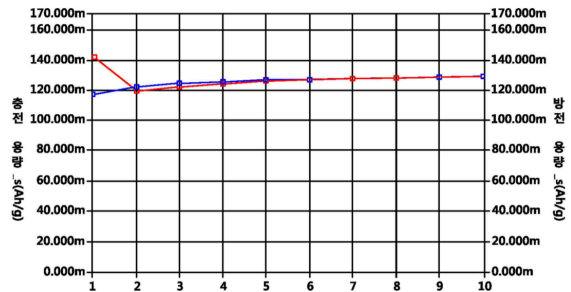
비교예 약 104 mAh/g 대비 +18 mAh/g (+17.3%)

700 °C㉒ 분무열분해 (5% H₂/Ar) · 후열처리 생략

후열처리 전후 XRD·SEM 동일 · 입경 150~400 nm(㉑)



㉑ 메조다공성 스피넬 충·방전 곡선 — 10-2040708 도 3(a)

㉒ LiFePO₄-rGO 사이클별 충·방전 용량 — 10-2026091 도 4b

4 적용분야 및 기대효과

입자 형성을 **상온 초음파 공정**으로 옮기고, LFP 트랙은 **후열처리·도전재 분산 공정**을 줄입니다.양극재 전체¹377.8억 → 651.5억 달러 ('25 → '30) ·
연평균 11.5%LFP 양극재 — ㉒²347만 톤 출하
('25 · 양극재의 72%) · EV 탑재 +22.5%삼원계·고전압 — ㉑²

약 148만 톤 출하 ('25) · EV 탑재 +6.0%

**권리** 2017년 출원·2019년 등록 자매 특허 — 존속만료 2037.11.08, 즉시 실시 가능한 성숙 기술

5 관련 특허

출원(등록)번호	발명의 명칭	등록일	출원인
10-2040708	리튬이차전지용 양극활물질, 그 제조방법 및 이를 포함하는 리튬이차전지	2019.11.07	한국기초과학지원연구원
10-2026091	양극활물질용 복합소재를 제조하는 방법 및 상기 양극활물질용 복합소재를 포함하는 리튬이차전지	2019.09.23	한국기초과학지원연구원

동일 과제 자매 특허(2017.11.08 연속 출원) · 해외 패밀리 **업데이트 중**

6 기술이전 문의

특허법인(유) 화우

☎ 02-3465-7864

✉ hjyi@hwawoo.com

🌐 smart-battery-site.pages.dev



홈페이지

¹ * 출처: MarketsandMarkets, (2023. 3. 20), Cathode materials market [보고서], <https://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/cathode-material.asp>

² * 출처: SNE Research, (2026. 6. 9.), From Jan to Apr 2026, global EV battery cathode installment reached 788K ton, a 15.5% YoY growth. https://sneresearch.com/en/insight/release_view/673/page/0

* 출처(기술내용·성능): 한국기초과학지원연구원, 등록특허 제10-2040708호, 제10-2026091호.

³ * 출처: 이차전지경제, (2020. 6. 17), LG구 양극재 점유율 70% 돌파 — 일진에너지가공, 양전해 30년, <https://view.kobis.or.kr/kobis/article/2026061709405698192>

마이크로파 합성 기반 다공성 산화철 음극활물질

마이크로파 20분으로 만드는 다공성 산화철 음극재 — 흑연의 3배 용량을 100번 충·방전해도 그대로

기관·연구자 한국기초과학지원연구원(KBSI) · 등록특허 10-1983046

TRL 코인셀 전기화학 평가 완료 업데이트 중 · TRL 등급

초기 충·방전 효율

95.9%

방전용량 1,166.9 mAh/g

흑연(372 mAh/g) 대비 약 3.1배 · 100사이클 후 1,100~1,200 mAh/g 유지

이런 기업에 필요한 기술입니다



음극재 제조사
흑연 대체·혼합용 고용량 소재



배터리 셀 제조사
소형 IT·웨어러블 고용량 셀



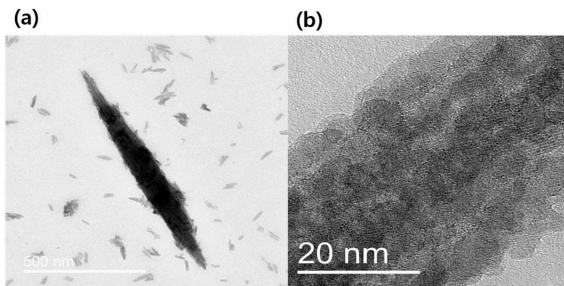
철강·화학 소재사
철계 원료 신규 사업



분체·마이크로파 장비사
마이크로파 연속 합성 설비

1 기술정의 · 작동원리

산화철(III)은 이론 용량 1,007 mAh/g으로 흑연(372 mAh/g)의 세 배가 넘고, 값싸고 흔하며 독성이 없습니다. 문제는 충·방전 때의 **부피 변화로 전극에 균열**이 생기는 것. 본 기술은 약 50 nm 스피ndl 입자가 **스스로 모인 400~800 nm 다공성 입자**를 만들어, 내부 빈 공간이 팽창을 흡수하게 합니다.



(a) 스피ndl형 산화철 입자 · (b) 50 nm 입자가 자가조립된 다공성 구조 — 등록특허 10-1983046 도 1



마이크로파 20분
고압·장시간 반응 불필요



다공성으로 팽창 흡수
자가조립 구조가 부피 변화 완충



입경 정밀 제어
용액 농도 0.01~0.05 M로 조절

2 경쟁기술 대비 차별성



**부피 팽창은 막는 게 아니라,
받아낼 공간을 미리 만들어 두는 것입니다.**

⊗ 기존 기술		⊙ 본 기술
☞ 음극 소재	흑연 — 372 mAh/g, 용량 한계	✓ 산화철(III) — 이론 1,007 mAh/g
🔥 합성 방법	오븐 열처리 등 — 고압·장시간, 대량 생산 곤란	✓ 마이크로파 15~25분 — 상압·단시간
○ 입자 구조	치밀 입자 — 부피 변화를 그대로 받음	✓ 다공성 자가조립 — 내부 공간이 팽창 흡수
🌀 원료	실리콘·코발트계 — 가격·공급망 리스크	✓ 철계 — 저가·풍부·무독성

3 주요 성능 결과 등록특허 실시예 1·코인셀

95.9 %

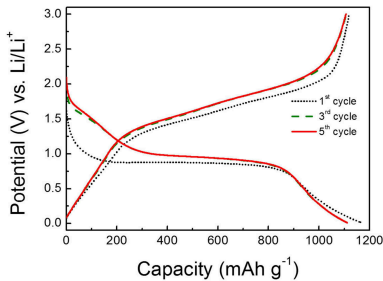
초기 충·방전 효율

방전 1,166.9 · 충전 1,118.7 mAh/g

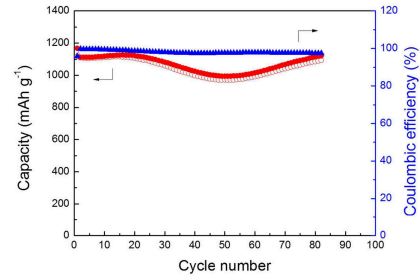
1,100~1,200
mAh/g

100회 후 용량

일정하게 유지



충·방전 곡선 (1·3·5 사이클) — 도 3



사이클 수명·쿨롱효율 — 도 4

4 적용분야 및 기대효과

철계 원료로 흑연 3배 용량 — **저원가 고용량 음극재** 선택지, 제조는 마이크로파 20분.

고용량 차세대 음극재¹

19억 → 43억 달러 ('25 → '30) · 실리콘 음극재 기준

대리지표

음극재 전체¹

103.4만 톤 ('23 수요)

소형 IT·웨어러블

고용량 우선
고율 요구 낮음

ESS

저가·무독성
원료 선호



권리 물건 + 제조방법 모두 청구 — **소재 공급·공정 라이선스 모두 가능**, 존속만료 2037.11.08

5 관련 특허

출원(등록)번호	발명의 명칭	등록일	출원인
10-1983046	이차전지용 음극활물질, 그 제조방법 및 이를 포함하는 리튬이차전지	2019.05.22	한국기초과학지원연구원

출원 2017.11.08 · 존속만료(예정) 2037.11.08 · 해외 패밀리 **업데이트 중**

6 기술이전 문의

특허법인(유) 화우

☎ 02-3465-7864

✉ hjyi@hwawoo.com

🌐 smart-battery-site.pages.dev



홈페이지

¹ 출처: 헬로티, (2024. 2. 23), SNE리서치 "리튬이차전지 실리콘 음극재 시장, 2035년 9조원 규모 육박" 전망. <https://www.hello.ti.net/mobile/article.html?no=87073>

* 출처(기술내용·성능): 한국기초과학지원연구원, (2019. 5. 22), 등록특허 제10-1983046호.

² 출처: Battery Burn Book, (2026. 7. 29.), Si anodes. <https://batteryburnbook.beehiiv.com/p/si-anodes>

리튬-황 전지용 황-하이브리드 복합체 양극소재

금속 킬레이트 하나로 다공성 탄소와 탄소나노튜브를 동시에 길러, 리튬-황 전지 용량을 **20% 이상** 끌어올린 양극소재

기관·연구자 한국기초과학지원연구원(KBSI) · 등록특허 10-2173294

TRL 코인셀 전기화학 평가 완료 **업데이트 중 · TRL 등급**

초기 충·방전 용량

1,300 mAh/g

기존 대비 +20% 이상

비교예(메조다공성 탄소 단독) 약 1,100 mAh/g · 0.2C 코인셀

이런 기업에 필요한 기술입니다

리튬-황 전지 개발사
황 양극 호스트 소재

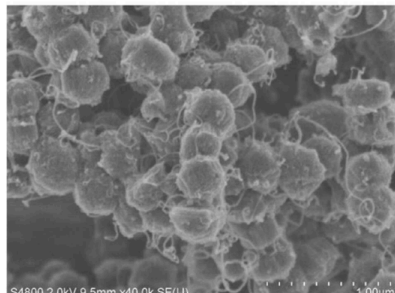
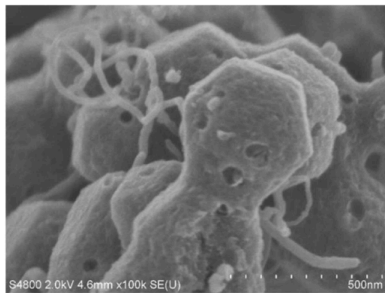
탄소소재 기업
탄소-CNT 하이브리드
양산

UAM·드론·항공
경량 고에너지 전원

촉매·에너지저장 소재사
질소 도핑 다공성 탄소

1 기술정의 · 작동원리

황은 이론 용량 1,675 mAh/g으로 기존 양극의 4~5배지만, **전기가 통하지 않고** 방전 중 폴리설파이드가 녹아 빠져나갑니다 (셔틀 현상). 본 기술은 황을 담은 **전도성 다공성 탄소 호스트**를 금속 킬레이트(코발트 프탈로시아닌)와 실리카 주형을 섞어 **한 번의 가열로** 만듭니다.



메조다공성 탄소체 표면에서 자란 탄소나노튜브 SEM (x100k · x40k) — 등록특허 10-2173294 도 2a-2b

한 번에 두 구조
다공성 탄소 + CNT 동시 형성

공정 단순화
탄소 증기증착 단계 생략

이중 담지·질소 도핑
기공 + CNT 표면 양쪽에 황

2 경쟁기술 대비 차별성



황을 담은 그릇을,
단 **한 번의 가열로 만듭니다.**

⊗ 통상 메조다공성 탄소		✓ 본 기술
탄소 전구체	페놀·포름알데하이드 증기증착 (별도 공정)	✓ 금속 킬레이트를 주형과 혼합만
구조	메조다공성 탄소 단독	✓ 메조다공성 탄소 + 표면 성장 CNT
CNT·질소	별도 합성·혼합 필요, 질소 도핑 없음	✓ 금속이 촉매로 CNT 자생, 질소 도핑
초기 용량	약 1,100 mAh/g	✓ 약 1,300 mAh/g (+20% 이상)

3 주요 성능 결과

등록특허 실시예 · 리튬-황 코인셀, 0.2C

1,300
mAh/g

황-하이브리드 복합체 초기 용량
비교예 약 1,100 mAh/g 대비 +약 200 mAh/g

15~25 nm

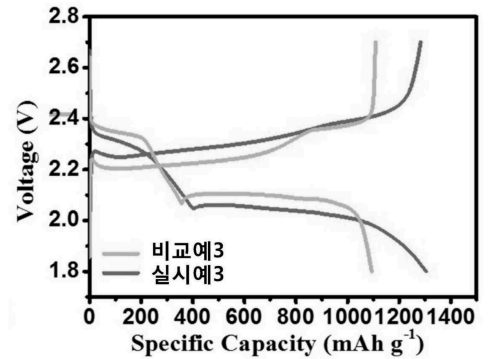
표면 성장 탄소나노튜브 직경
그래파이트 수준 격자 — 고전도성

155 °C

황 용융 함침 (15시간)
황이 메조기공과 CNT 표면 양쪽에 적층(질소
흡착량 감소로 확인)

50 회

충·방전 사이클 평가 **업데이트 중 · 용량 유지율**
1.5~2.8 V · TEGDME/DOL/DME + LiTFSI 1 M



실시예 3(진한 선) vs 비교예 3(열은 선) 충·방전 — 도 4

4 적용분야 및 기대효과

Li-S 상용화의 관건은 황이 아니라 **황을 담는 호스트 소재**입니다. 공정이 짧아지면 수율이 오르고 단가가 내려갑니다. 하이브리드 구조체는 촉매 담체·수퍼커패시터 전극으로도 확장할 수 있습니다.

리튬-황 전지¹

9,030만 → 15.235억 달러
('25 → '35)

연평균 32.1%

UAM·드론·항공

경량·고에너지밀도
최우선 적용 분야

방산·특수 전원

무게당 에너지
중요 분야

촉매·수퍼커패시터

다공성 탄소-CNT
확장 적용



동향 Lyten(네바다 10 GWh), Zeta Energy+Stellantis(2030 EV 탑재 목표), LG에너지솔루션(UAM·드론) 등 상용화 경쟁²

권리 구조체·복합체·제조방법 모두 포괄 — **Li-S 외 용도로 분리 라이선스 가능**, 존속만료 2038.12.14

5 관련 특허

출원(등록)번호	발명의 명칭	등록일	출원인
10-2173294	하이브리드 구조체, 이를 포함하는 황-하이브리드 복합체, 및 그 제조방법	2020.10.28	한국기초과학지원연구원

출원 2018.12.14 · 존속만료(예정) 2038.12.14 · 해외 패밀리 **업데이트 중**

6 기술이전 문의

특허법인(유) 화우

☎ 02-3465-7864

✉ hjyi@hwawoo.com

🌐 smart-battery-site.pages.dev



홈페이지

¹ 출처: Grand View Research. (2026. 6.). Lithium-sulfur battery market size, share & trends analysis report. <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/lithium-sulfur-battery-market-report>

² 출처: Shanghai Metals Market. (2026. 8. 3.). US Lyten's dip-buying acquisition of Northvolt's European assets. <https://news.metal.com/en/newscontent/104037407-us-lyten-dip-buying-acquisition-of-northvolts-european-assets-lithium-sulfur-solid-state-battery-global-layout-smm-anal>

* 출처(기술내용·성능): 한국기초과학지원연구원. (2020. 10. 28.). 등록특허 제10-2173294호.

셀 내부 삼입형 압력·온도 센서 및 측정주기 적응형 다채널 신호처리 ROIC

배터리 셀 안에서 부풀음과 열을 직접 읽어, 불이 나기 전에 알아채는 센서 기술

기관·연구자 한국전자기술연구원(KETI) · 이형만, 이권홍 TRL 3~4 (9단계 중) 실험실 규모 핵심성능 평가

🕒 열폭주 경보를

906초

앞당깁니다 (15.1분)

압력 신호가 온도보다 평균 906초 먼저 나타남
과열 ARC 시험 · 선행연구 결과¹

이런 기업에 필요한 기술입니다



배터리 셀 제조사
스마트셀·고안전 셀



BMS·전장 부품사
셀 단위 진단 BMS



아날로그 반도체사
센서 판독 ROIC 제품군

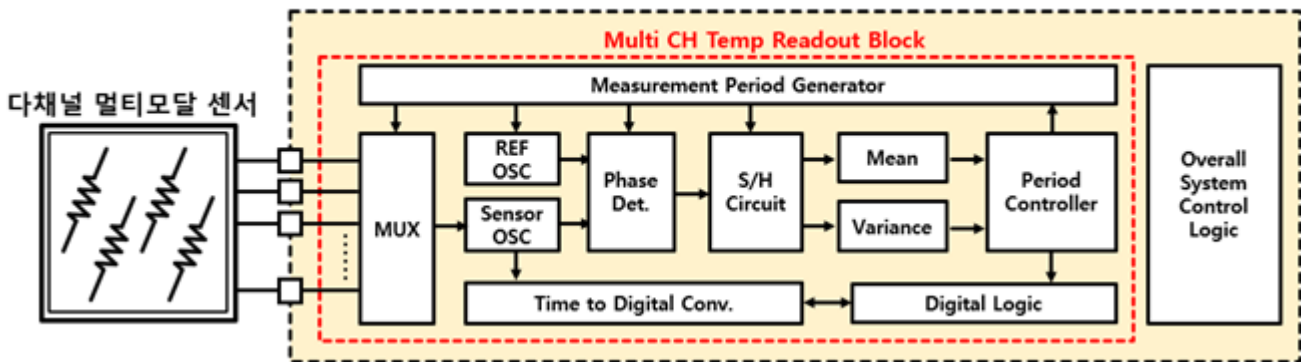


ESS 운영·안전
화재 전조 감지

1 기술정의 · 작동원리

배터리 셀 내부에 직접 넣는 박막 압력·온도 센서와, 그 신호를 저전력으로 읽는 **전용 반도체 ROIC**(센서 신호를 디지털로 바꾸는 칩)를 함께 개발합니다.

Period Adaptive Multi-Modal ROIC Overall System Block Diagram



측정주기 적응형 다채널 멀티모달 ROIC 시스템 블록도



압력센서

Ni₈₀Cr₂₀ 박막으로 셀 부풀음 감지



온도센서

Pt 박막(5×5 mm²)으로 내부 온도 측정



측정주기 적응형 ROIC

평소 저속·이상 시 고속 측정, 전력 절감

2 경쟁기술 대비 차별성



셀이 뜨거워지기 15분 전, 셀은 이미 부풀어 있습니다.
그 신호를 셀 안에서 직접 읽습니다.

⊗ 기존 기술

⊙ 본 기술



센서 위치

셀 바깥에서 전압·온도만 감시



✓ 셀 내부에서 압력·온도 동시 측정



감지 시점

온도가 오른 뒤에 대응



✓ 부풀음을 먼저 포착



센서 형상

광섬유(직경 200 μm) — 전극 적응 교란



✓ 얇은 박막 패턴 — 적응 방해 최소



판독 회로

별도 고가 판독 장비 필요



✓ 셀 단위 탑재 저전력 ROIC

3 주요 성능 결과

 압저항식(눌리면 저항이 변함) 압력센서 · 1차년도**1.47 MPa**

측정 압력 범위 상한

0.54 ~ 1.47 MPa · 1 MPa 이상 동작 확인

2.98 mV

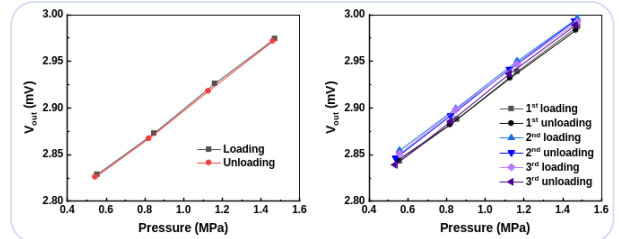
센서 출력 @ 1.47 MPa

반복 측정 일치 · 히스테리시스 0.01 mV 이내

2 MPa

최종 목표 (5차년도)

세계 최고수준 미국 ORNL 0.25 MPa



압력센서 응답 — 좌: 히스테리시스, 우: 3회 반복

후속 개발 ScAlN 압전 박막(눌리면 전압이 생기는 차세대 압력센서) **업데이트 중** · 온도센서 목표 150 → 200 °C **업데이트 중**

4 적용분야 및 기대효과

이상이 생긴 셀을 그 셀 안에서 특정해, 경보와 냉각·차단을 훨씬 이른 시점에 작동시킵니다.

지능형 배터리 센서²36억 → 87억 달러
('25 → '34)

연평균 10.1%

자동차용 BMS³65.3억 → 156.5억 달러
('25 → '30)

연평균 19.1%

열폭주 감지 시스템⁴21억 → 98억 달러
('25 → '34)

연평균 18.4%

MEMS 압력센서⁵27억 → 51억 달러
('25 → '35)

연평균 6.7%

**규제** 중국 GB 38031-2025 — 열폭주 개시 후 **5분 이내 경보** 의무 (2026.7.1 시행)⁶**현황** 국내 차량화재 중 전기차 비중 0.63%('21) → 3.39%('26 상반기), 약 5배⁷

5 관련 특허

출원(등록)번호	발명의 명칭	출원일	출원인
10-2026-0048728	측정 주기 적응형 다채널 멀티모달 센서	2026.03.18	한국전자기술연구원
10-2026-0048743	유연주기를 갖는 다채널 센서 신호 처리 회로 시스템	2026.03.18	한국전자기술연구원

미공개 단계 — 명세서상 NDA 체결 후 제공

6 기술이전 문의

특허법인(유) 화우

☎ 02-3465-7864

✉ hjyi@hwawoo.com

🌐 smart-battery-site.pages.dev



홈페이지

² * 출처: Global Market Insights. (2025. 7.). Intelligent Battery Sensor Market Size & Share 2026-2034. <https://www.gminsights.com/industry-analysis/intelligent-battery-sensor-market>⁴ * 출처: Market Intelo. (2025. 8. 25.). Battery Thermal Runaway Detection Systems Market Research Report 2034. <https://marketintel.com/report/battery-thermal-runaway-detection-systems-market>⁶ * 출처: ChinaStandards. (2026. 3. 26.). GB 38031-2025: China's "No Fire, No Explosion" EV Battery Standard Explained. <http://china-standards.org/news/china-gb-38031-2025-ev-battery-safety-no-fire-no-explosion>

* 출처(기술내용·성능): 한국기초과학지원연구원 외. (2026. 5.). 환경 적응형 스마트 이차전지개발 1차년도 (수정)연차보고서.

³ * 출처: MarketsandMarkets. (2025. 5. 26.). Automotive Battery Management System (BMS) Industry worth \$15.65 billion by 2030. <https://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/automotive-battery-management-system.asp>⁵ * 출처: Global Market Insights. (2026. 2.). MEMS Pressure Sensors Market Size & Share 2026-2035. <https://www.gminsights.com/industry-analysis/mems-pressure-sensor-market>⁷ * 출처: 굿모닝경제. (2026. 9. 30.). 자동차 화재중 전기차 비중 살펴봤더니...화재 비중 5배 이상 경증. <https://www.goodkyung.com/news/articleView.html?idxno=291888>

저온·무HF 실리콘 표면 질화 기반 고안전 실리콘 음극

실리콘 음극 표면에 **불산 없이, 350°C에서** 질화막을 입혀 열폭주의 첫 단추를
늦추는 기술

기관·연구자 국민대학교 산학협력단 · 김재현, 김형래

TRL 소재 합성·분석 검증 단계 **업데이트 중 · TRL 등급**

불산(HF) 없이

350°C

에서 표면 질화 확인

기존 질화 공정은 850°C 이상 · XPS N 1s 피크
관찰 기준

이런 기업에 필요한 기술입니다



실리콘 음극재 제조사
표면 보호 후처리 공정



배터리 셀 제조사
고실리콘 셀 열안전성



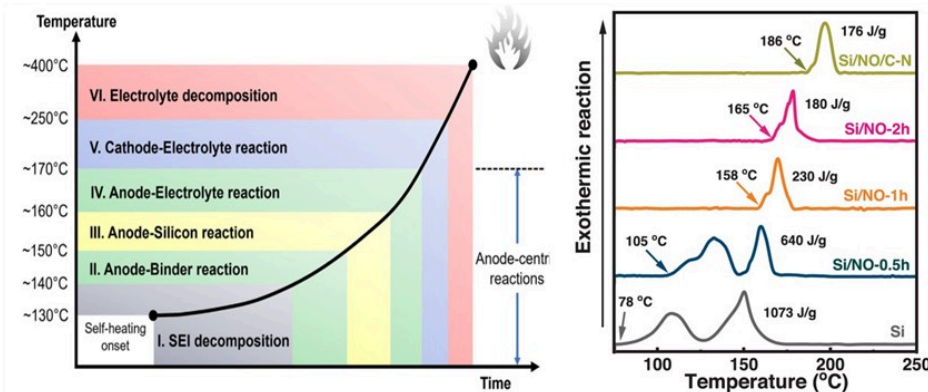
표면처리·열처리 장비사
저온 질화 설비



ESS·전기차
열폭주 지연 소재

1 기술정의 · 작동원리

실리콘 음극은 충·방전 때 부피가 약 300% 변하며 표면 SEI(고체전해질계면)가 반복해 깨지고, 이것이 **열폭주의 첫 단추**가
됩니다. 본 기술은 **산화막 제거 없이·저온에서** 실리콘 표면을 질화해 인공 보호층(SiN_x)을 만듭니다.



온도 상승 시 셀 내부 반응 단계(좌) · 실리콘 표면 처리별 DSC 발열 곡선(우)



HF 공정 생략

산화막 제거 전처리 불필요



저온 질화

350°C부터 Si-N 결합 형성



열폭주 지연

SEI 분해 개시 온도 상승

2 경쟁기술 대비 차별성



열폭주는 78°C에서 시작됩니다.

그 지점을 옮기는 보호층을, 더 쉽게 만듭니다.

⊗ 기존 질화 공정

☑ 본 기술



전처리

불산(HF)으로 산화막 제거 필수

✓ **불필요** — 산화막 위에 바로 질화



질화 온도

850°C 이상

✓ **350°C**부터 N 1s 피크 확인



**공정
안전성**

HF·NH₃ 취급 위험 공정

✓ 위험 화학물질 부담 완화 **업데이트 중 · 신규 질화원**



상용화

에너지·공정 부담 ↑, 대면적 곤란

✓ 저온·저가 공정 — 대면적 적용 가능

3 주요 성능 결과 1차년도 · 신규 합성법 실측

350 °C

질화 개시 온도 (XPS)

N 1s 피크 관찰 개시 · 기존 문헌 공정 850°C 이상

900 cm⁻¹

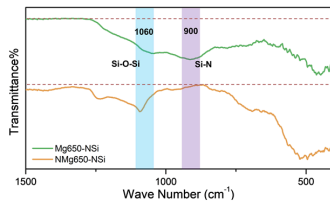
Si-N 결합 피크 (FT-IR)

신규 합성법(Mg650-NSi)에서 확인 · 비교군 미관찰

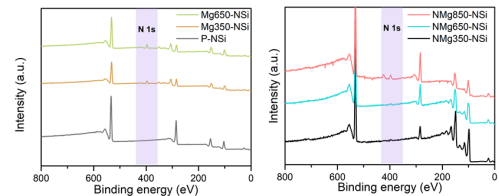
약 2 배

SEI 분해 개시 온도 (보고된 값)

표면 질화 Si vs 맨 Si(약 78°C) · 선행 보고 **업데이트 중 · 본 기술 DSC 실측**



FT-IR — 900 cm⁻¹ Si-N 결합 피크



XPS — N 1s 피크 관찰 온도 비교

4 적용분야 및 기대효과

불산 전처리와 850°C 고온 공정을 동시에 제거해, 기존 음극재 생산 라인의 후처리 공정으로 붙일 수 있습니다.

실리콘 음극재 시장²

19억 → 43억 달러 ('25 → '30)

음극재 내 비중 7%('30)

실리콘 음극재 수요량²

17.5만 → 28.5만 톤 ('30 → '35)

가격 약 27달러/kg('30)

음극재 내 실리콘 비중²

1% → 10%

('23 → '35)



규제 중국 GB 38031-2025 — 열폭주 개시 후 **5분 이내 경보** 의무 (2026.7.1 시행)³

현황 국내 차량화재 중 전기차 비중 0.63%('21) → 3.39%('26 상반기), 약 5배⁴

5 관련 특허

출원(등록)번호	발명의 명칭	출원일	출원인
10-2025-0180677	실리콘 표면의 질화 방법, 이에 의해 제조된 실리콘 질화물계 전극 활물질 및 이를 포함하는 이차 전지	2025.11.25	국민대학교 산학협력단

미공개 단계 — 명세서는 NDA 체결 후 제공

6 기술이전 문의

특허법인(유) 화우

☎ 02-3465-7864

✉ hjyi@hwawoo.com

🌐 smart-battery-site.pages.dev



홈페이지

² * 출처: 헬로티, (2024. 2. 23.), SNE리서치 "리튬이차전지 실리콘 음극재 시장, 2035년 9조원 규모 육박" 전망. <https://www.hellot.net/mobile/article.html?no=87073>

⁴ * 출처: 굿모닝경제, (2026. 9. 30.), 자동차 화재중 전기차 비중 살펴봤더니...화재 비중 5배 이상 경증. <https://www.goodkyung.com/news/articleView.html?idxno=291888>

* 출처(기술내용-성능): 한국기초과학지원연구원 외, (2026. 5.), 환경 적응형 스마트 이차전지개발 1차년도 (수정)연차보고서, 1세부.

³ * 출처: ChinaStandards, (2026. 3. 26.), GB 38031-2025: China's "No Fire, No Explosion" EV Battery Standard Explained. <http://chinastandards.org/news/china-gb-38031-2025-ev-battery-safety-no-fire-no-explosion>