

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℃

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



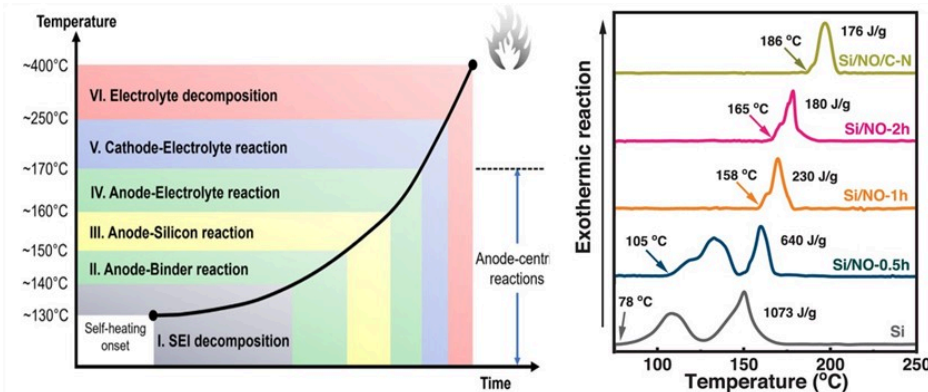
표면처리·열처리 장비사
저온 질화 설비



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.



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

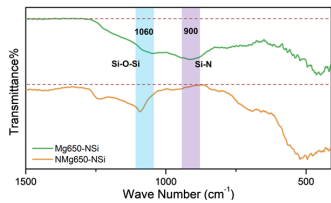
Si-N 결합 피크 (FT-IR)

신규 합성법(Mg650-NSi)에서 확인 · 비교군 미관찰

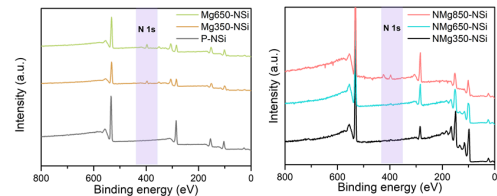
약 2 배

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. <https://chinastandards.org/news/china-gb-38031-2025-ev-battery-safety-no-fire-no-explosion>