

유기성폐기물 유래 리튬이차전지용 양극활물질 및 이의 제조방법

기술 개요



발명자	공과대학 화학공학과 이창우 교수
출원번호	10-2023-0051990 (2023.04.20)
등록번호	-
TRL	TRL 4단계: 기술 구성 요소 검증

이 기술의 자세한 내용이 궁금하신가요?



The Summary

본 기술은 감자 껍질과 같은 유기성 폐기물을 탄화시켜 얻은 질소 도핑 탄소재로 리튬인산철(LFP) 양극활물질을 코팅하는 새로운 제조 기술입니다. 폐자원을 활용한 단순 고상법을 통해 LFP 입자 표면에 약 4nm 두께의 얇고 균일한 탄소층을 형성하며, 이 코팅층이 LFP의 고질적인 문제인 낮은 전자 및 이온 전도도를 획기적으로 개선합니다. 그 결과, 0.1C의 전류 속도에서 150.39 mAh/g의 우수한 초기 방전 용량을 보이며, 이는 순수 LFP 대비 10% 향상된 수치입니다. 또한 1.0C의 높은 전류 속도에서 100회의 충방전을 반복한 후에도 초기 용량의 99.9%를 유지하는 뛰어난 사이클 안정성을 입증했습니다. 본 기술은 폐기물 재활용을 통해 환경 문제를 해결하고 저비용·고효율 공정을 구현함으로써, 전기차 및 에너지 저장 장치(ESS)용 배터리의 가격 경쟁력과 성능을 동시에 확보하는 핵심적인 솔루션이 될 수 있습니다.

기술의 배경 및 필요성

- 리튬인산철(LFP)은 가격이 저렴하고 구조적 안정성이 뛰어나 차세대 양극활물질로 주목받고 있으나, 강한 공유 결합(P-O) 구조로 인해 리튬 이온의 이동이 제한되고 전자 전도성이 낮아 실제 용량과 고율 특성 성능이 저하되는 문제점을 가지고 있음
- 이러한 한계를 극복하고자 LFP 표면에 전도성이 높은 탄소를 코팅하는 방법이 연구되었으며, 나아가 탄소 구조 내에 질소(N)와 같은 이종원소를 도핑하면 추가적인 구조적 결합이 형성되어 리튬 이온의 저장과 이동을 더욱 원활하게 만들 수 있음
- 기존의 탄소 코팅 및 도핑 공정은 여러 단계의 복잡한 공정을 요구했으나, 감자 껍질과 같이 질소 성분이 풍부한 바이오매스를 활용하면 별도의 도핑 공정 없이 탄화 과정만으로 질소 도핑 탄소재를 제조할 수 있어 공정을 단순화하고 비용을 절감할 수 있는 새로운 접근법이 필요함

기술 구현 방법 및 특징

- 먼저 유기성 폐기물인 감자 껍질을 세척 및 건조한 후, 질소 분위기 하에서 300°C 온도로 3시간 동안 열처리하여 탄화시킴으로써 질소가 자연적으로 도핑된 탄소(PPNC) 분말을 얻음
- 다음으로, 제조된 질소 도핑 탄소 분말과 상용 LFP 분말을 균일하게 혼합하고, 이를 다시 질소 분위기에서 600°C의 온도로 3시간 동안 합성하여 LFP 입자 표면에 약 4 nm 두께의 균일한 코팅층을 형성함
- 이 코팅층은 감자 껍질 단백질의 열분해 과정에서 생성된 피리디닉 질소와 피롤릭 질소를 포함하며, 이 성분들은 리튬 이온과 전자의 이동을 위한 활성 부위를 제공하여 전극의 이온 및 전기 전도성을 크게 향상시키는 핵심적인 역할을 수행함



기술의 차별성 및 경쟁 우위

- 전 세계적으로 대량 발생하는 감자 껍질 폐기물을 원료로 사용함으로써 원가 경쟁력을 확보하고, 폐자원을 고부가가치 소재로 재활용하여 환경적 이점을 가짐
- 원료 자체에 질소 성분이 포함되어 있어 별도의 인공적인 도핑 공정 없이 간단한 탄화 공정만으로 질소 도핑 탄소재를 구현하므로, 기존 기술 대비 공정이 단순하고 경제적인
- 실제 성능 평가에서 질소 도핑 탄소가 코팅된 LFP(PPNC@LFP)는 순수 LFP보다 약 10% 높은 방전 용량을 보였으며, 1.0 C의 전류 속도에서 100회의 충·방전 사이클 후에도 약 99.9%에 달하는 우수한 용량 유지율을 입증함

적용 가능 분야

에너지 저장 산업	소재 제조	환경 기술
리튬이차전지	고성능 양극활물질 대량 생산	유기성 폐기물의 고부가가치 자원화

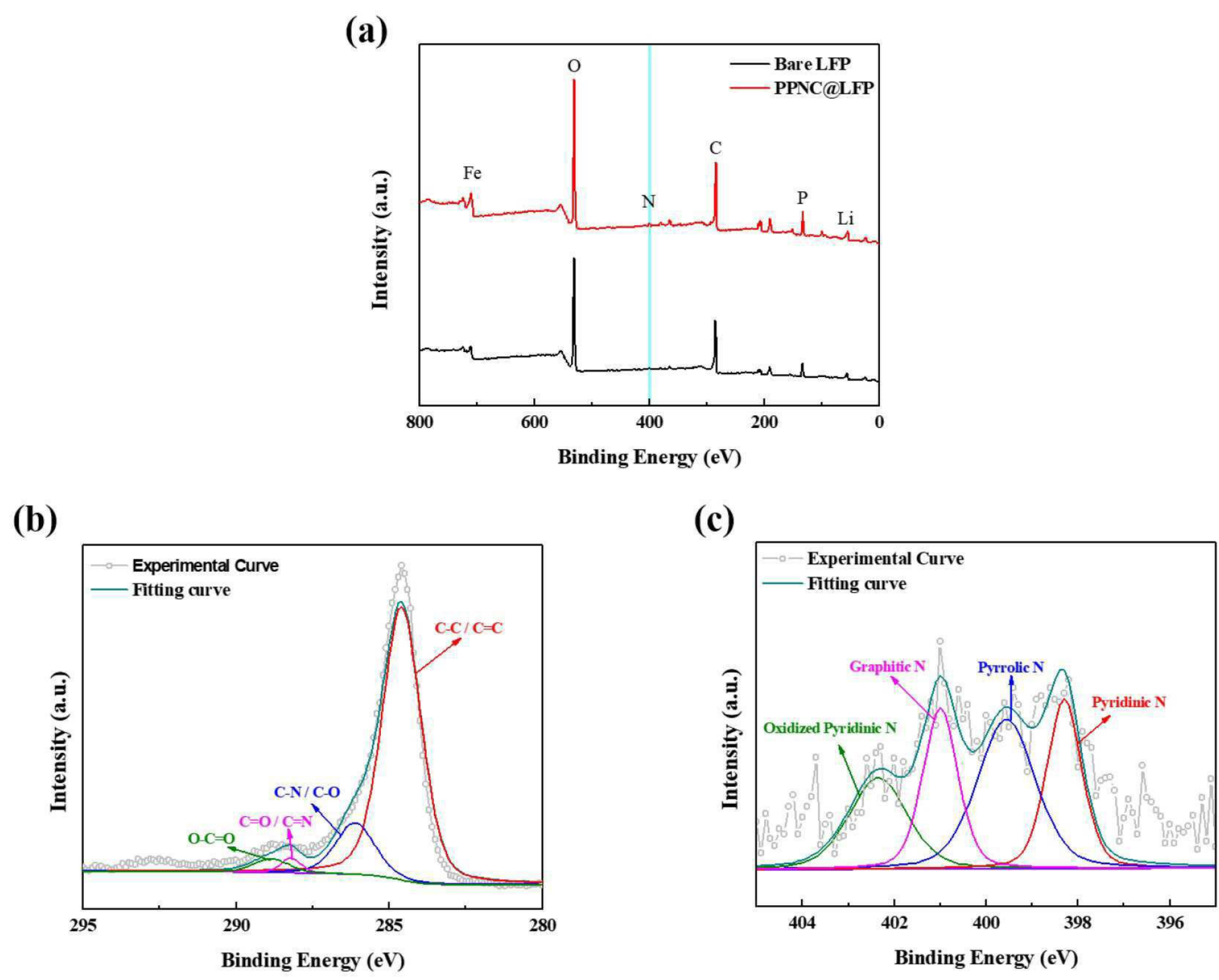
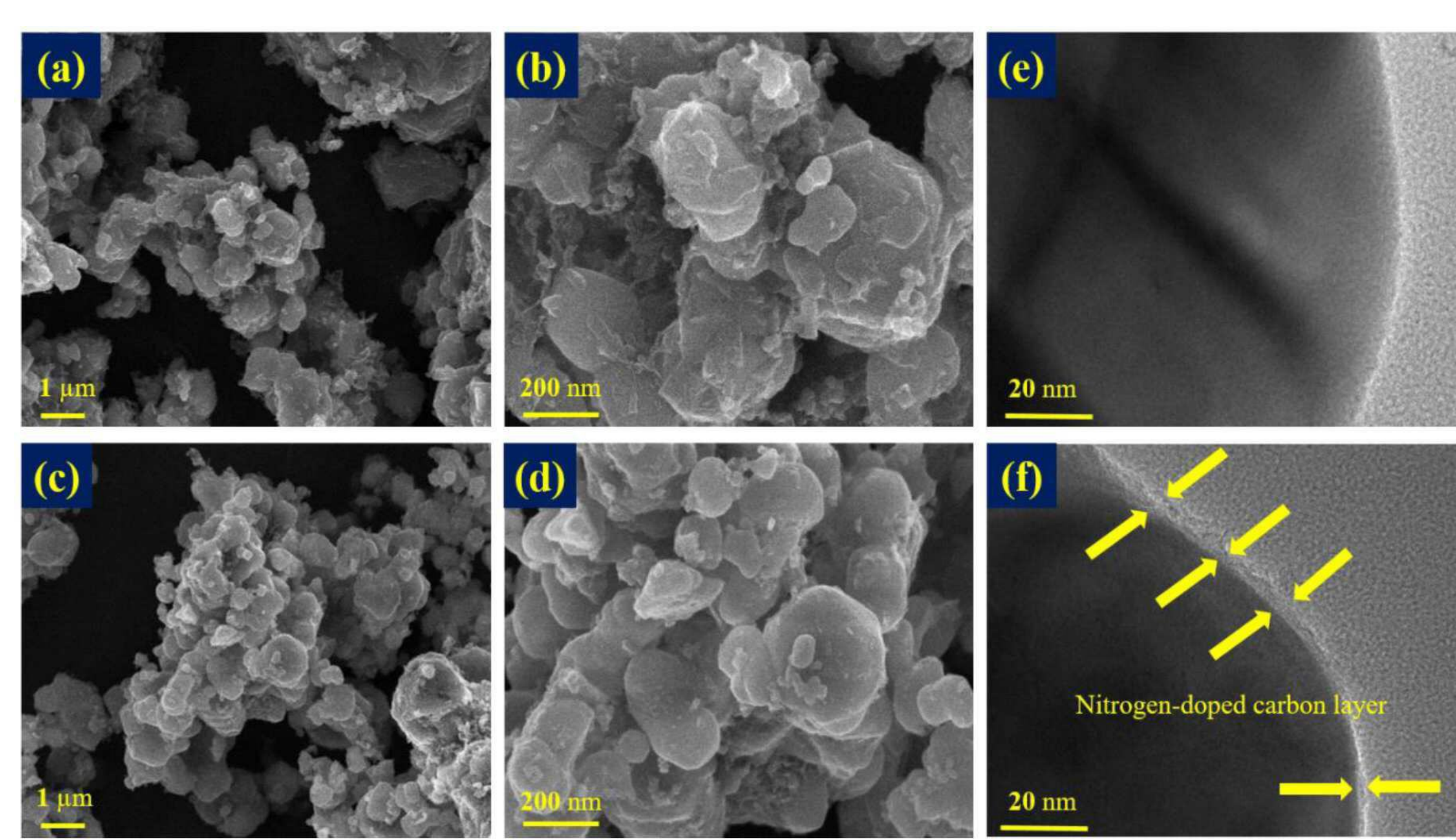
기대효과

- 리튬이차전지의 핵심 소재인 양극활물질의 성능을 저렴하고 간단한 공정으로 향상시켜, 전기차 및 에너지 저장 장치의 가격 경쟁력 확보에 기여함
- 농업 폐기물을 고부가가치 산업 소재로 전환하는 지속 가능한 생산 모델을 제시하며, 이는 탄소 중립 및 자원 선순환 경제에 긍정적인 파급 효과를 가져올 것으로 기대됨

시장 동향

- 글로벌 LFP 배터리 시장 규모는 2024년 약 USD 18.7 십억 달러였으며, 2025-2034년 동안 연평균 약 16.9% 성장할 것으로 예측됨
- LFP 양극활물질(Cathode) 시장은 2024년 약 USD 5.2 십억 달러 규모였고, 2033년에는 약 USD 12.4 십억 달러로 성장할 것으로 예상됨 (연평균 약 10.3%)

대표 도면



코팅 전후 LFP의 전자현미경 이미지

질소 도핑 탄소 코팅 LFP(PPNC@LFP)의 원소 분석 스펙트럼

기술이전 담당자 연락처	담당자명 최현아	부서 기술혁신팀	전화번호 031-201-3531	이메일 hyunachoi@khu.ac.kr
-----------------	-------------	-------------	----------------------	----------------------------