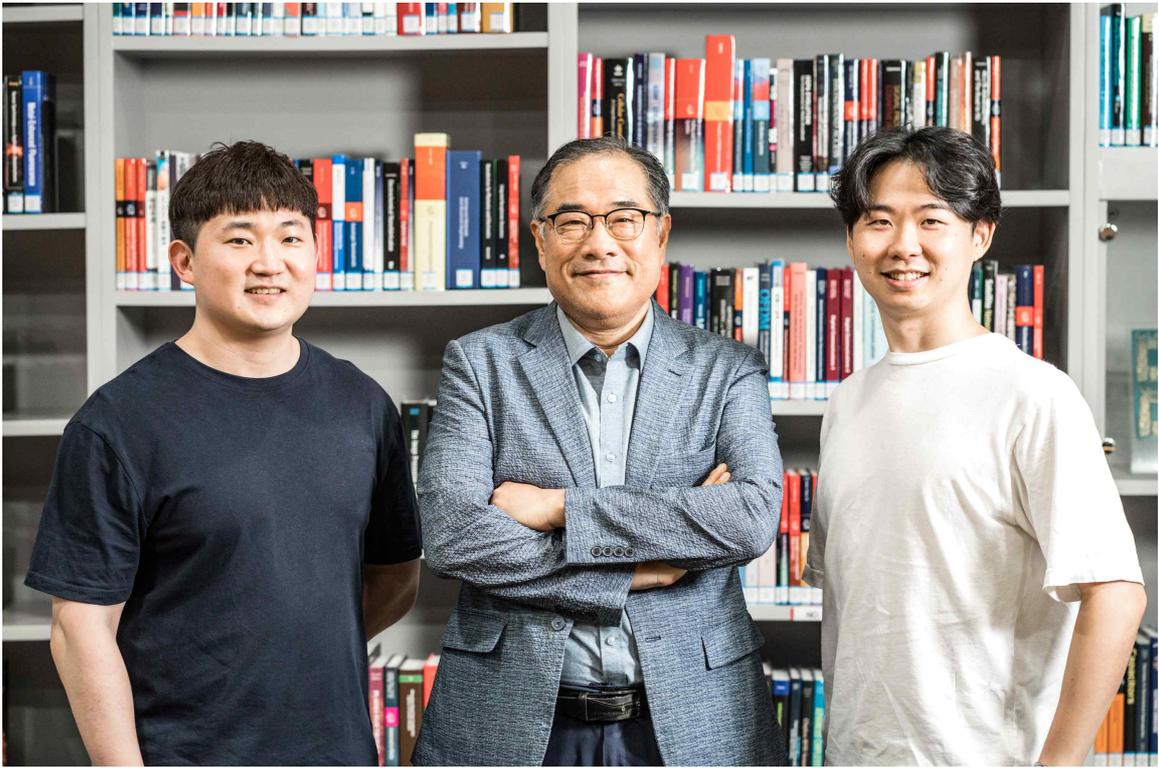


지스트, 리튬이차전지용 고용량 실리콘 음극재 개발

- 기존 실리콘 음극재 대비 뛰어난 전기화학적 성능과 내구성 확보... 고용량·고효율 실리콘 음극소재 개발



[사진] 왼쪽부터 서석호 박사과정생, 김형진 교수, 윤호철 석사과정생

이차전지는 일차전지와 달리 충전 후 재사용이 가능하여 전기차, 드론, 로봇 등 적용 영역이 점차 확장되고 있다. 국내 연구진이 기존 리튬이차전지용 실리콘 음극재 대비 뛰어난 전기화학적 성능과 합성 공정이 간단한 실리콘-구리-탄소 복합 음극재를 개발하여 향후 이차전지의 에너지 밀도를 비약적으로 향상시킬 것으로 기대된다.

지스트(광주과학기술원) 에너지융합대학원 김형진 교수 연구팀은 차세대 리튬이차전지용 음극으로 주목받고 있는 실리콘 음극*의 성능과 내구성을 개선하였다.

* **실리콘 음극:** 실리콘 음극은 현존 차세대 음극 중에서 가장 상용화에 가깝게 다가선 기술로, 단위 무게당 이론용량이 최대 4,200 mAh/g에 달해 기존 흑연 상용 음극 대비 10배가 넘는 이론용량을 갖는 초고용량 차세대 음극이다.

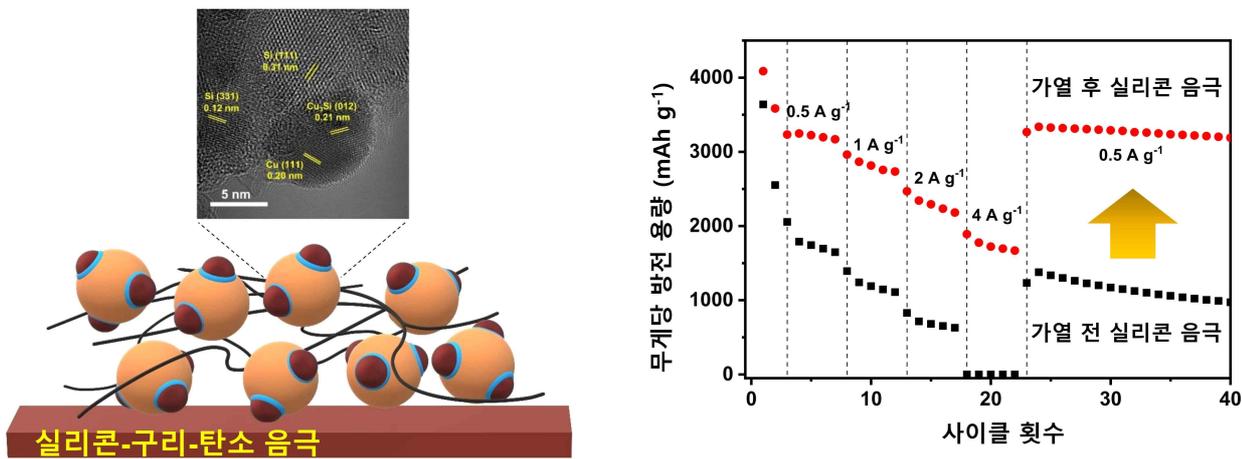
실리콘 음극은 기존 흑연 상용 음극 보다 이론적으로 10배가 넘는 에너지 밀도를 갖고 있을 뿐 아니라 경제적이고 친환경 소재로 차세대 음극으로 주목받고 있다.

특히 대용량 에너지 저장장치(ESS) 및 전기차와 같은 높은 에너지 밀도와 출력 밀도를 요구하는 중대형 에너지 저장장치로 활용이 가능해 세계 각국에서 개발을 위한 경쟁이 치열하다. 그러나 실리콘의 비전도성 특성, 충·방전 과정에서 실리콘의 부피팽창으로 인한 낮은 수명은 상용화에 걸림돌로 작용하고 있다.

최근 실리콘 음극의 성능 개선을 위한 재료 연구가 진행되고 있으나, 보다 실용적인 성능향상을 위해서는 생산단가가 낮고 대량 생산이 가능한 기술에 대한 연구가 필요하다. 실리콘 음극 상용화를 위한 실용적이고 대량 생산 가능성을 고려한 기술에 대한 연구가 부족한 실정이다.

본 연구팀은 간단한 전극 가열 공정을 적용하여 실리콘-구리 합금 반응 및 전극 바인더*를 탄소화함으로써 실리콘 전극 전기 전도성 향상 및 충·방전시 발생하는 전극 내 기계적 응력을 완화시키는데 성공하였다.

* **바인더:** 바인더는 충·방전이 반복적으로 진행될 때 활물질 또는 도전재 사이의 결합이 느슨해지는 것을 방지하여 전극을 기계적으로 안정화한다.



[그림] 실리콘 전극 가열 전/후 전기화학 성능 비교

그 결과, 실리콘-구리-탄소 복합 음극은 크게 향상된 전기화학적 특성을 보여주었다. 특히, 4 A/g의 고전류밀도에서 기존 실리콘 음극은 충·방전이 제대로 이루어지지 않은 반면에, 실리콘-구리-탄소 복합 음극은 1,776 mAh/g의 고용량을 유지하는 것을 확인했다.

실리콘-구리-탄소 합성 기술은 기존 실리콘 음극재 합성 기술 대비 간편한 가열 공정을 적용하였기에 합성 공정이 간단하고 대량 생산 가능성이 높다는 장점이 있다.

김형진 교수는 “이번 연구는 특히 실리콘과 이종 금속 간의 다양한 응용과 전극 가공 기술의 융합이 핵심이며, 실리콘 재료의 제한적인 사용을 뛰어넘어 이종 금속과의 복합물 연구 결과로, 향후 리튬이차전지의 성능향상에 기여할 수 있기를 바란다”고 말했다.

지스트 김형진 교수가 주도하고 서석호 박사과정, 윤호철 석사과정 학생이 참여한 이번 연구는 지스트 연구원(GRI), 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행되었으며, 연구결과는 재료과학, 코팅 분야의 세계적인 학술지인 ‘어플라이드 서피스 사이언스(Applied Surface Science)’에 2021년 8월 10일 온라인으로 게재됐다.

논문의 주요 내용

1. 논문명, 저자정보

- 저널명 : Applied Surface Science (Impact factor: 6.707, 2020년 기준)
※ 재료과학, 코팅 및 필름 분야의 세계적 권위를 가진 국제학술지 (MATERIALS SCIENCE, COATINGS & FILMS (1/21): 2.38% (상위 5% 이내 저널))
- 논문명 : Enhancing the electrochemical performance of silicon anodes for lithium-ion batteries: One-pot solid-state synthesis of Si/Cu/Cu₃Si/ C electrode
- 저자 정보 : 서석호 (제1저자, 지스트), 윤호철 (제1저자, 지스트), 박형훈 (공동저자, 지스트), 김지훈 박사 (공동저자, 한국에너지기술연구원), 김형진 교수 (교신저자, 지스트)

용어 설명

1. 실리콘 음극

- 실리콘 음극은 현존 차세대 음극 중에서 가장 상용화에 가깝게 다가선 기술로서 단위 무게당 이론용량이 최대 4,200 mAh/g에 달해 기존 흑연 상용 음극 대비 10배가 넘는 이론용량을 갖는 초고용량 차세대 음극이다. 이러한 높은 가능성에도 불구하고 아직까지 실리콘의 낮은 전기전도성, 충방전시 부피 팽창으로 인한 사이클 불안정성이 가장 큰 상용화 걸림돌로 알려져 왔다.

2. 전극 바인더

- 바인더는 충·방전이 반복적으로 진행될 때 활물질 또는 도전재 사이의 결합이 느슨해지는 것을 방지하여 전극을 기계적으로 안정화한다.