

보도자료



보도일시	즉시 보도
	2023. 4. 3.(월)
문의	연구단/연구책임자 : 화학부 임종우 교수(02-880-2236) 교신저자
	연구단/연구진 나익천 연구원(02-880-2237) / 제1저자

서울대 연구진, 전고체 배터리의 안정성 및 성능을 개선한 차세대 핵심기술 개발 - 기존 전고체 배터리 전극에 반도체 소재기술 접목, 리튬이온 배터리를 대체할 초고용량 전고체 배터리 생산 열려

■ 요약

연구 필요성	<p>배터리의 화재 및 폭발 이슈를 해결해야 함. 전고체 배터리는 불연성의 고체 전해질을 사용해 화재에서부터 안전한 차세대 배터리로 주목받음. 게다가 에너지 밀도가 높아 기존의 리튬이온 배터리를 대체할 기술임. 오늘날 전고체 배터리는 흑연 음극을 대신하여 고용량의 실리콘 또는 리튬 금속 음극을 그대로 사용할 수 있음.</p> <p>실리콘은 리튬 금속에 비해서 안전하고 친환경적이며 경제적임.</p> <p>지금까지 실리콘 음극은 분말 형태의 입자를 사용하는 것에만 그쳐옴. 전고체 배터리에서 실리콘 분말 전극은 입자 간의 공극이 있어 리튬 이동을 방해함. 리튬 이동의 높은 저항은 안정적인 구동을 방해하며 배터리 수명 단축의 원인이 됨. 게다가 전고체 배터리의 전극 내부에 포함된 고체 전해질과 도전재의 부반응은 빠른 배터리의 열화로 이어짐. 나아가 전고체 배터리의 전극은 수분에 취약한 고체 전해질을 섞어 제작되어서, 특수 제작된 드라이룸 환경 또는 수분이 없는 아르곤가스 환경에서 주로 제작되며 제작 환경에 대한 제약이 있음.</p>
-----------	--

<p>연구성과/ 기대효과</p>	<p>서울대학교 화학부 임종우 교수 연구팀은 실리콘 분말 전극이 아닌 반도체에서 사용하는 실리콘 웨이퍼를 전고체 배터리 전극으로 하여 안정적인 구동에 성공함. 실리콘 웨이퍼 전극은 분말 전극과 달리 내부에 고체전해질과 도전재가 없어 부반응의 위험이 없음. 게다가 공극이 없어 리튬의 이동이 용이해 배터리의 안정적인 충/방전이 가능함. 그리고 실리콘 웨이퍼는 부피당 밀도가 가장 높은 구조로 배터리의 고에너지 밀도 달성에 유리함.</p> <p>본 연구팀은 실리콘 웨이퍼를 전고체 배터리 음극으로 사용하여 10 mAh cm⁻²의 용량을 달성함. 이는 현재 상용화된 리튬이온 배터리보다 약 2~3배 큼. 나아가 실리콘 웨이퍼를 단순 습식 식각을 통해 표면의 거칠기를 조절하였으며, 고체전해질과 접촉면을 강화함. 그 결과 상온에서 100회 이상 안정적인 충/방전에 성공.</p> <p>본 연구결과는 실리콘 웨이퍼를 반도체 또는 태양전지에서만 사용되는 것이 아닌 배터리에서 전극으로 사용될 가능성을 보여줌. 실리콘 웨이퍼 기반의 배터리는 일반적인 전자기기에 들어가는 크기뿐만 아니라, 초소형 배터리에 접목될 수 있음. 또한 웨이퍼의 성질을 바꾸고 이미 개발된 웨이퍼 제작 기술을 적용한다면 더 안정적이고 고성능의 배터리 개발이 가능함. 본 연구결과는 미래의 고밀도, 고용량 전고체 배터리 생산에 새로운 길을 제시함.</p>
------------------------------	--

■ 본문

<p>○ 서울대 화학부 임종우 교수 연구팀은 반도체에 사용되는 실리콘 웨이퍼를 전고체 배터리에 적용하여 고용량의 안정적인 구동에 성공하였다.</p> <p>□ 실험 동기 및 내용</p> <p>○ 오늘날 전기 자동차에 포함된 배터리의 화재 및 폭발이 크게 대두되고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해, 많은 국내외 연구진들이 안전한 배터리를 개발에 몰두하고 있다. 전고체 배터리는 휘발성의 액체전해질 대신 불연성의 고체전해질을 사용해 안전성을 대폭 증가시킨 배터리이며, 에너지 밀도가 높아 기존의 리튬이온 배터리를 대체할 차세대 기술로 주목받는다. 전고체 배터리는 기존의 흑연 음극을 대신하여 고용량의 실리콘 또는 리튬 금속 음극을 그대로 사용할 수 있다는 점에서 장점이 있다.</p> <p>○ 특히, 실리콘 음극은 리튬 금속 음극에 비해 전해질을 뚫고 자라는 수지상 성장이 적다는 특징이 있어 배터리 구동이 안전하다. 또한 지표면에서 두 번째로 풍부한 물질이며 친환경적이고</p>

경제적인 장점이 있다.

- 지금까지 실리콘 기반 음극은 분말 형태의 실리콘 입자를 사용하는 것에만 그쳐왔다. 심지어 전고체 배터리에서의 실리콘 분말 전극은 입자 간의 피할수 없는 공극이 존재하여 전극 내부의 원활한 리튬 이동을 방해했다. 전극 내부 리튬 이동의 높은 저항은 안정적인 구동을 방해하며, 빠른 배터리 수명 단축의 원인이 된다. 게다가 전고체 배터리의 전극 내부에 포함된 고체전해질, 도전재 그리고 바인더는 배터리의 에너지 밀도를 낮추는 무용부피이며 서로 간의 부반응은 빠른 배터리 열화의 원인이 되기도 한다. 나아가 전고체 배터리의 전극은 수분에 취약한 고체전해질을 섞어 제작되기 때문에, 주로 특수 제작된 드라이룸 환경 또는 수분이 없는 아르곤가스 환경에서 제작하며, 제작 환경에 제약이 있다.

□ 연구결과

- 서울대학교 화학부 임종우 교수 연구팀은 기존의 실리콘 분말 전극이 아닌 반도체 제작에서 사용하는 실리콘 웨이퍼를 전고체 배터리 전극에 접목해 안정적인 구동에 성공했다. 본 논문의 제1 저자인 나익천 연구원은 “해당 논문은 여태까지 실현 불가능하다고 여겨진 100% 실리콘만을 포함하는 전극을 전고체 배터리에서 실리콘 웨이퍼를 적용하여 실현한 최초의 연구이다.”라고 말하였다. 실리콘 웨이퍼는 실리콘을 거대한 단결정 주괴로 성장시켜 잘라낸 물질이다. 실리콘 웨이퍼를 전극으로 사용하면 실리콘 분말 전극과 달리, 내부 공극이 없어 리튬의 이동이 용이해 배터리의 안정적인 충/방전이 가능하고, 전극 내부에 고체전해질과 도전재가 없어 부반응의 위험 또한 없다. 그리고 실리콘 웨이퍼는 부피당 밀도가 가장 높은 구조로 배터리의 고에너지 밀도 달성에 유리하다.
- 본 연구팀은 실리콘 웨이퍼를 전고체 배터리의 음극으로 사용하여 10 mAh cm^{-2} 의 용량을 달성했다. 이는 현재 상용화된 리튬이온 배터리의 $3\sim 4 \text{ mAh cm}^{-2}$ 보다 약 2~3배로 크다. 더 나아가 연구진은 실리콘 웨이퍼를 단순 습식 식각을 통해 표면의 거칠기를 조절하였으며, 실리콘 웨이퍼와 고체전해질 접촉면을 강화했다. 그 결과 상온에서 100회 이상 안정적인 충/방전에 성공하였다.
- 이번 연구 결과는 실리콘 웨이퍼를 기존의 반도체 또는 태양전지에서만 사용되는 것이 아닌 배터리에서 전극으로 사용될 가능성을 보여주었다. 실리콘 웨이퍼 기반의 배터리는 전기 자동차 또는 전자기기에 들어가는 일반적 크기뿐만 아니라 초소형 배터리에 접목될 수 있다. 또한 웨이퍼의 성질을 바꾸고 이미 개발된 웨이퍼 제작 기술을 적용한다면 더 안정적이고 고성능의 배터리 개발이 가능하다. 본 연구결과는 미래의 고밀도, 고용량의 전고체 배터리 생산에 새로운 길을 제시하였다.
- 이 연구 결과는 3월 27일 ACS Energy Letters에 발표되었다.
 - Monolithic 100% Silicon Anode for All-Solid-State Batteries Achieving High Areal Capacity at Room Temperature