첨단 에너지 소재 연구실 Advanced Energy Materials Laboratory

- **주소** 서울특별시 마포구 상수동 와우산로 94 홍익대학교 제1공학관 K414호
- **Phone** 02-320-1623
- **Fax** 02-333-0127
- **Homepage** https://electrochemistry.hongik.ac.kr/
- **E-mail** dongwook@hongik.ac.kr
- **지도교수** 이 동 욱

홍익대학교 첨단 에너지 소재 연구실(Advanced Energy Materials Laboratory, AEML)에서는

기후 변화 및 4차 산업혁명에 선제 대응하는 에너지 소재에 대한 연구를 진행하고 있다.
기존에 정립된 세라믹과 금속 소재와 그 소재에 맞는 대량생산용 공정은 대부분 경제성이 검증되었기 때문에
이들을 리튬 이온 전지 음극재 및 양극재 합성 및 생산에 적용하는 연구를 수행 중이다.
또한, 기존에 에너지 저장 매체로만 알려진 이차전지가 할 수 있는 또 다른 기능인 폐열의 효율적인 수거를 발굴하여
이에 대한 개척 연구도 진행 중이다.

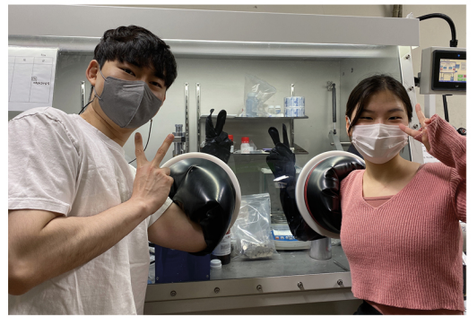
연구 분야 및 내용

금속 판재형 리튬 이온 전지 음극

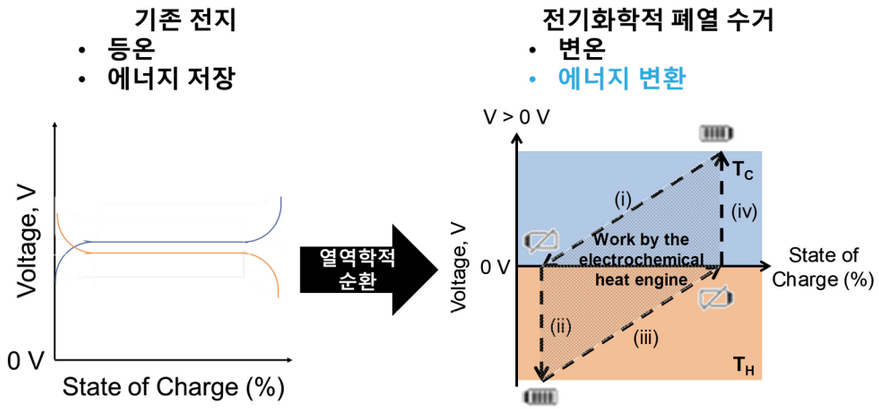
리튬 이온 전지에서 기존에 사용되던 음극재는 대부분 집전체 구리 호일 위에 음극재를 포함한 슬러리를 코팅하고 건조시키는 방식으로 제조된다. 하지만 슬러리 공정을 취할 경우 필요한 공정의 단계가 많고, 집전체가 차지하는 부피 때문에 단위 부피당 에너지 저장 용량이 떨어진다는 단점이 부각되고 있다. 최근 이에 대응하는 차원에서 금속 판재를 리튬 이온 전지의 음극으로 활용하여 단위 부피 당 에너지 저장 용량을 늘이려는 연구가 시도되고 있으나, 짧은 수명과 폭발성이 있는 리튬 금속을 포함하는 공정을 대체로 수반하고 있다는 단점이 여전히 존재한다. 우리 연구실에서는 리튬 금속을 포함하지 않고도, 대량생산에 적합한 기존 금속공학적인 방법으로 장수명을 가진 금속 판재형 리튬 이온 전지 음극을 개발하고 있다.

하이 니켈 리튬 이온 전지 양극재의 성능 개선

NMC811은 가격이 상대적으로 저렴하고, 매장량이 특정 국가에 편중되지 않은 니켈 원소를 다량 사용하여, 에너지 저장 용량을 높임과 동시에 경제성을 담보한다. 또한, 2022년 현재 한국의 유수 이차전지 기업들에서 활발히 사용되고 있는 리튬 이온 전지용 양극재이기도 하다. 그러나 NMC811은 양극재 표면에서의 부반응 때문에, 수명 특성이 제한되고 사용 전압 범위도 4.3 V 이하로 한정된다는 단점이 있다. 우리 연구실에서는 대량생산에 적합하면서도 아주 단순한 습식 공정을 통해 NMC811의 표면을 코팅하여 장수명, 사용 전압 범위를 둘 다 향상시키는 연구를 하고 있다.



Advanced Energy Materials Laboratory



이차전지 기반의 폐열 수거 장치

가장 풍부한 미활용 에너지인 폐열을 유용한 전기 에너지로 재생산하여 미래에 에너지 수급의 개선을 도모할 필요가 있다. 폐열 중에서도 주변 환경보다 200°C 이하의 온도를 가지는 열 에너지원을(heat source) 저준위 열원(low-grade heat source)이라고 한다. 저준위 폐열은 전체 폐열의 66%에 달할 정도로 압도적인 비중을 차지하기 때문에, 저준위 폐열을 겨냥한 수거 기술이 필요하다. 그러나, 기존의 저준위 폐열 수거 기술은 대체로 큰 부피를 차지하여 설치에 제한이 있거나, 낮은 열 변환 효율을 가지고 있어서 실제 산업에 사용하는데 제약이 있다. 우리 연구실에서는 기존에 개발된 이차전지 전극 소재들이 열을 전기로 변환할 수 있는 능력이 있다는 점에 착안하여, 이미 널리 쓰이고 있는 이차전지 소재 중 어떤 특성을 가진 소재가 전기화학적 폐열 수거에 유리한지 규명하는 연구를 하고 있다.

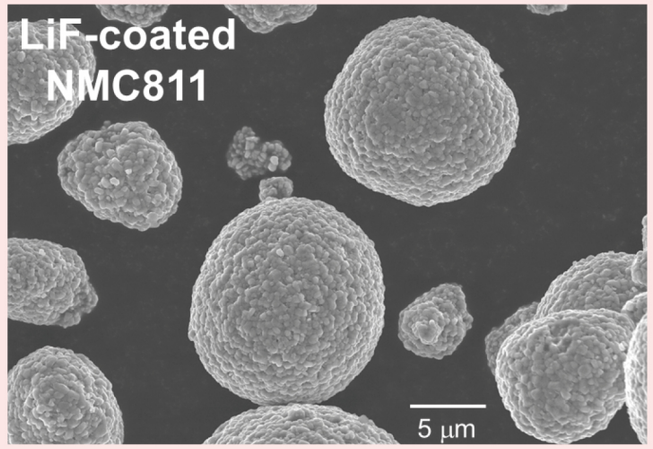
연구 성과

금속 판재형 리튬 이온 전지 음극

리튬 이온 전지 음극을 금속 판재형으로 가공할 경우, 단위 부피당 에너지 저장 용량의 향상에 더하여 기존 금속공학적 공정을 전부 활용할 수 있게 된다는 장점이 추가된다. 기존에 개발된 금속 공학 공정은 결정립의 크기나 형상, 경도나 강도 등을 자유자재로 조절할 수 있는 다양한 옵션을 제공하기 때문이다. 우리 연구실에서는 쉽게 대량생산 공정으로 전용될 수 있는 롤투롤 공정으로 제조된 금속 판재형 음극이 1,000번 충방전을 반복하여도 수명이 유지됨을 실증하였다.

하이 니켈 리튬 이온 전지 양극재의 성능 개선

기존에는 NMC811의 사용 전압 범위 확대와 수명 연장을 위하여 진공 기반 증착 공정으로 NMC811 입자의 표면을 코팅하였다. 우리 연구팀에서는 기존에 사용되던 증착 공정이 아닌 좀더 값싸고 설비비를 절약할 수 있는 용액 공정을 개발하여, NMC811 양극재의 표면에 LiF 코팅을 입혀 수명 특성의 개선과 사용 전압 범위의 확대를 동시에 달성하였다.



이차전지 기반의 폐열 수거 장치

이차전지 기반의 폐열 수거 장치가 폐열을 전력으로 변환할 때 가장 중요한 성능의 척도는 열기전력이다. 열기전력은 단위 온도 차이당, 얼마나 큰 전압을 생성할 수 있는지를 나타낸다. 우리 연구실에서는 전도성 고분자 기반 전극 소재의 용액 공정을 조절함으로써 열기전력을 0.8 mV/K에서 11 mV/K에 이르기까지 조절이 가능함을 보였고, 현재 이를 전기화학적 열기관에 적용하여 고효율의 열·전기 변환 효율을 달성하려는 연구를 진행하고 있다.

앞으로의 연구 계획

전기차 시대의 도래와 기후 변화에 대한 대응 수요 때문에, 미래에는 더 많은 에너지 저장 용량이 필요하게 된다. 그 중심이 되는 이차전지 기술이 좀 더 대량생산에 적합한 공정으로 생산되면서도 에너지 저장 용량과 수명 같은 성능을 희생하지 않는 것이야말로 이차전지가 더 널리, 더 싸게 보급되도록 하는 데에 있어 핵심적인 연구 자세라고 생각된다. 아직 우리가 시도해보지 못하거나 알고 있지 않은 대량생산 공정이 많이 있으며, 이들은 이차전지의 생산 공정에 적용되기를 기다리고 있고, 이들을 이어주는 것이 앞으로 우리 연구실이 나아갈 방향이라고 생각한다. 또한 기존 금속 및 세라믹 소재와 그 공정을 새로운 응용 분야인 이차전지에 적용했던 것처럼, 근 미래에는 디스플레이 분야에서도 이러한 연구 접근법을 구사하여 추가적인 응용 분야를 발굴하고자 한다.

연구원 인터뷰

우리 연구실은 어떤 연구실인가요?

Q&A

박지원 (석사과정)

우리 연구실은 이차전지라는 주제 안에서 그에서 파생된 여러 프로젝트를 진행하고 있습니다. 교수님은 활발한 소통을 통해 석사뿐만 아니라 학부 연구생들까지도 주도적으로 실험을 할 수 있도록 도와주십니다. 열정적인 교수님 밑에서 에너지를 받으며 다양한 연구를 하고 싶으신 분들에게는 최적의 연구실이라고 생각합니다.

장진호 (석사과정)

우리 연구실은 이차전지에 사용되는 소재에 대한 연구를 진행하고 있습니다. 이차전지에는 크게 양극재, 음극재, 전해질, 분리막이 사용되고 있는데 이중 저희는 양극재와 음극재를 중점적으로 실험을 진행하고 있습니다. 열정적인 분위기에 학생들과 함께 원활한 소통으로 연구를 진행하고 있습니다. 저희는 지속 가능한 에너지 및 환경 기술의 기초 재료 과학 및 공정을 연구합니다. 또한 연구를 통해서 얻은 새로운 개념적 이해를 사용하여 에너지 및 환경 장치를 설계하고 시연합니다. 마지막으로 과학 및 기술적 관점에서 에너지 및 환경에 관심이 있는 학생들을 위한 연구, 교육을 진행하고 있습니다.

강동우 (학부 과정)

우리 연구실은 최근 각광 받는 이차전지의 소재뿐만 아니라, 폐열 수거 장치의 역할까지 넓히는 등 다양한 첨단 에너지 소재에 대한 연구를 진행하고 있습니다. 우리 연구실은 이차전지 분야에 대한 다양한 실험을 직접 실행하여 실전에서 필요한 연구 경험을 쌓을 수 있습니다. 지도교수님께서 개개인 학생들의 연구에 신경을 많이 써주시고, 의견 또한 많이 들어주셔서 연구에 대한 이해를 높이며 성장해 나아갈 수 있는 연구실입니다.

김유진 (학부 과정) 2022 하계학술대회 학부생경진대회 최우수상 수상

우리 연구실은 교수님과 학생들 간의 소통이 자유롭고 활발한 것이 장점입니다. 교수님의 자세한 설명과 자료 덕에 학부연구생도 연구를 제대로 이해하고 주체적으로 진행할 수 있습니다. 그리고 교수님께서 진로에 관한 다양한 방향성을 제시해주셔서 진로에 대해 고민하고 대비할 수 있습니다.

박지윤 (학부 과정) 2022 하계학술대회 학부생경진대회 최우수상 수상

우리 연구실은 비교적 값싸고 재료 편중성이 적은 양극재 재료인 NMC 연구를 비롯해 열전 소재 연구, 음극재 연구 등 다양한 이차전지 재료 연구를 진행하고 있습니다. 구성원들 사이의 단단한 유대력을 바탕으로 자유로운 분위기에서 다양한 의견을 나눌 수 있다는 게 우리 연구실의 큰 장점이라고 생각합니다. 매주 진행하는 랩미팅을 통해 서로 부족한 점을 보완하고 진행 방향을 구체화 할 수 있다는 점 또한 큰 장점입니다.