

Innovations in Battery Storage, Solar Cells, and Wave Energy

배터리 저장장치, 태양광, 조력 에너지 분야의 혁신

Frost & Sullivan

Contents

I. 독특한 전해 첨가법을 통한 차세대 리튬이온전지 개발. 미국 아르곤국립연구소.....	7
II. 더 높은 변환효율을 갖는 탠덤 구조의 페로브스카이트 태양전지. 중국 난징대학교.....	8
III. 해양에서 사용할 수 있는 고에너지밀도 전지. 노르웨이 코르부스 에너지.....	9
IV. 고효율 파력 에너지 변환. 스웨덴 CORPOWER OCEAN.....	9
V. 외함이 없는 축형 전기 기기. 벨기에 MAGNAX.....	10
VI. 대용량 실리콘 리튬이온전지. 미국 ENOVIX.....	11
VII. 리튬공기 이차전지의 고성능 전극 재료. 미국 캔자스대학교.....	12
VIII. 개선된 충방전 사이클 특성을 갖는 나트륨전지. 한국 KAIST.....	12

I. 독특한 전해 첨가법을 통한 차세대 리튬이온전지 개발. 미국 아르곤국립연구소

A. 현 추세와 요구사항

리튬이온전지 수요가 급격히 늘어나며 과학자들은 더 안전하고 싸면서도 용량은 더 큰 리튬이온전지를 개발하고 있다. 더 나은 전극과 전해액도 계속 찾는 중이다. 실리콘은 리튬이온전지에 사용 중인 그래파이트를 대체할 만한 양극재로 여겨져 왔다. 실리콘은 풍부한 데다 그래파이트보다 10배 큰 용량을 달성할 수 있어 매력적이지만, 실리콘 소재의 양극은 충방전 사이클 중 전해액과 높은 반응성을 가진다는 제약이 있다.

B. 혁신성

- 높은 안정성: 실험을 통해 2~3배 높게 충전된 메탈 양이온과 리튬 이온이 실리콘 양극으로 이동하여 리튬-메탈-실리콘을 구성함으로써 리튬-실리콘과 비교해 더 나은 안정성을 제공하는 것이 관찰되었다.
- 낮은 부반응: 새로운 전해질에서는 기존 전해질이 갖는 양극과 전해질 간 부반응이 상당히 줄어든다.
- 높은 에너지 밀도: 리튬이온전지에 사용되는 마그네슘(Mg²⁺)과 칼슘(Ca²⁺) 이온을 이용하면 그래파이트를 양극으로 사용하는 것에 비해 에너지 밀도가 50% 증가한다.

C. 기술 프로파일

미국 에너지부 산하 아르곤국립연구소는 전해질에 마그네슘,

칼슘, 아연, 알루미늄 등의 금속 이온을 함유한 소량의 소금을 첨가하여 새로운 전해액을 만드는 전해질 첨가법을 개발하였다. Mixed-salt electrolytes for silicon anodes (MESA)로 불리는 전해질은 사이클 수명과 전해질 수명을 개선하였으며, 표면 안정성과 체적 안정성을 높였다.

D. 기술 성숙도 **123456789**

MESA는 아르곤국립연구소의 셀 분석, 모델링, 시제품 설비에서 시험 되었다.

E. 분석 관점

배터리 산업이 더 높은 에너지 밀도를 갖는 차세대 리튬이온 화합물을 개발하는 방향으로 나가면서 그래파이트 소재의 양극을 대체하거나 같이 사용할 수 있는 실리콘 소재 양극의 가능성이 높아졌다. 이런 시나리오라면 MESA를 사용하는, 간단하면서도 스케일을 조절할 수 있는 해법은 높은 상업화 가능성을 갖고 있다.

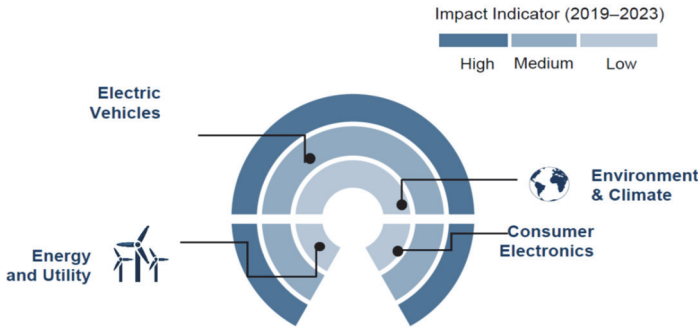
몇 기업이 리튬-실리콘전지 특성을 개선 중이다.

- 고속 충전, 긴 사용 시간, 안전하고 값싼 배터리에 대한 수요가 새로운 또는 더 나은 리튬이온전지 개발에 추진력을 제공하고 있다. 전기자동차의 확대와 재생에너지 연계가 급격하게 증가하면서 차세대 리튬전지에 대한 수요를 어느 때보다 확연히 느낄 수 있다.

Article Information

이 보고서는 Frost & Sullivan이 2019년 10월 발간한 "Innovation in Battery Storage, Solar Cells, and Wave Energy"를 Frost & Sullivan의 허가를 받아 한국전력공사가 번역 및 게재합니다. Frost & Sullivan과 한국전력공사는 원문 또는 한국어판의 저작권을 보유합니다.

- 실리콘과 별개로, 나트륨과 황 같은 물질도 리튬이온전지 전극의 후보로 경쟁하는 중요한 물질이다. 리튬-실리콘전지를 개발 중인 몇 개의 기업이 있다. 테슬라는 모델S의 배터리에 일정 수준의 실리콘을 사용하여 운행 가능 거리를 6% 늘렸다. 실라 나노테크놀로지(Sila Nanotechnologies) 같은 회사는 곧 리튬-실리콘전지를 상용화할 계획을 갖고 있다. 중국 화웨이는 최근 고속 충전을 개선한 리튬-실리콘전지 특허를 확보하였다.



- 시장 잠재력: Frost & Sullivan의 분석에 따르면 전 세계 리튬 기반의 배터리 시장은 2025년 약 950억 불에 이를 것으로 예상된다.
- 점진적 파괴성: 리튬이온전지가 시장을 지배할 것이며, 다른 경쟁 기술의 상용화에는 시간이 걸릴 것이다.
- 2개의 메가 트렌드: 미래 에너지, 미래 이동 수단

II. 더 높은 변환효율을 갖는 탠덤 구조의 페로브스카이트 태양전지. 중국 난징대학교

A. 현 추세와 요구사항

전 세계 과학자들이 Wide bandgap 또는 Narrow bandgap 페로브스카이트 태양전지의 광 변환 효율(PCE)과 장기 안정성을 개선하기 위해 연구 중이다. 광 변환 효율을 개선하기 위해 Wide bandgap 페로브스카이트 태양전지와 Narrow bandgap 페로브스카이트 태양전지를 하나로 합치려는 노력도 있다. Narrow bandgap 페로브스카이트 태양전지를 대상으로 한 최근 시험에서는 Sn2+에서 Sn4+로 주석 이온의 산화에 따른 낮은 전류 출력을 보여줬다. 따라서 산화를 방지하여 short carrier diffusion length를 줄일 필요가 있으며 개별 셀의 성능을 개선하여야 한다.

B. 혁신성

- 뛰어난 광 변환 효율: 주석 기반의 페로브스카이트 태양전지는 현재 많이 사용되는 납-할로겐 페로브스카이트 태양전지와 동일한 효율을 보여줬다. 작은 면적의 페로브스카이트 태양전지는 24.8%의 효율을 달성하였으며, 대면적의 경우 22.1%를 달성하였다.
- 높은 안정성: 탠덤 구조의 페로브스카이트 태양전지는 상당한 장기 안정성을 보여준다. 400 시간 운용 후에도 90%의 성능을 유지하였다.

C. 기술 프로파일

중국 난징대와 캐나다 토론토대 연구팀은 최고의 광 변환 효율을 보여주는 탠덤 구조의 페로브스카이트 태양전지를 개발하였다. 연구팀은 균등화 반응(Comproportionation reaction)에 기초한 화학적 방법을 적용하였다. 균등화 반응에 의해 주석을 포함한 페로브스카이트를 줄임으로써(Sn4+를 Sn2+로 되돌림으로써) Narrow bandgap 납-주석 페로브스카이트 태양전지의 carrier diffusion length를 개선하였다.

D. 기술 성숙도 123456789

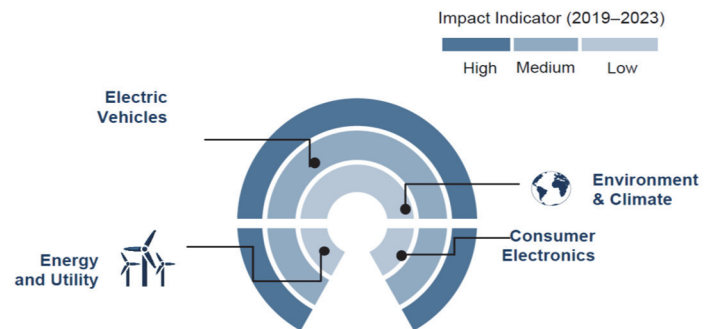
연구팀은 화학적 접근을 통해 개발한 단일 탠덤 구조의 페로브스카이트 태양전지의 성능을 평가하였다.

E. 향후 계획

연구팀은 다음 단계로 Wide bandgap 페로브스카이트 태양전지의 Photovoltage 손실을 줄여 28%의 광 변환 효율을 달성하고자 한다. Tunneling recombination junction의 광학 손실을 줄이는 방법 등 다른 방법들도 효율 향상을 위해 고려할 것이다. 연구팀은 미래 에너지를 위한 값싼 태양광 소자를 개발하려는 목표를 가지고 있다.

페로브스카이트 태양전지 상용화를 위한 중요한 도전. 장기 안정성

- 더 높은 광 변환 효율을 갖고 생산이 쉬운 태양전지에 대한 요구가 페로브스카이트 태양전지의 개발에 추진력을 제공하고 있다.
- 실험실 수준에서 얻은 페로브스카이트 태양전지의 광 변환 효율이 괄목할 만하지만, 상용화에는 여전히 많은 도전이 기다리고 있다. 가장 큰 도전은 페로브스카이트 태양전지의 열화를 막고 장기 신뢰성을 높이는 것이다. 또 다른 도전으로는 페로브스카이트 태양전지의 사용이 확대됨에 따라 발생할 수 있는 환경오염 문제이다. 흔히 사용하는 페로브스카이트 태양전지는 심각한 오염물질인 납을 이용한다.
- 그럼에도 불구하고 최근 등장한 다양한 스타트업 기업은 페로브스카이트 태양전지의 단점을 해결하려는 연구에 열심으로, 상용화를 위한 중요한 발전을 이루었다.



- 광 변환 효율의 빠른 개선: 페로브스카이트 태양전지 분야의 연구개발을 통해 지난 10년간 겨우 3.8%에서 24%까지 광 변환 효율의 급격한 개선을 달성하였다.

- 점진적 파괴성: 페로브스카이트 태양전지의 성공은 실험실 안에서 수행한 작은 크기의 태양전지가 달성한 광 변환 효율을 더 큰 태양전지로 얼마나 빠르게 확대하는가에 달려있다.
- 3개의 메가 트렌드: 미래 에너지, 미래 이동 수단, 제로 배출을 위한 혁신

III. 해양에서 사용할 수 있는 고에너지밀도 전지. 노르웨이 코르부스 에너지

A. 현 추세와 요구사항

선박 등 해양 구조물을 정해진 위치에 가만히 있도록 하는 자동 위치 제어를 위해서는 추진기와 프로펠러 등에 짧은 시간 내에 엄청난 양의 에너지를 전달해야 하는데, 이처럼 에너지와 동력이 많이 요구되는 곳에 배터리가 관여한다. 하지만 선박용 배터리를 생산하는 과정에서 늘어난 원가로 인해 선박이 배터리를 활용하는데에 몇 가지 문제가 발생한다. 해양 응용을 위해 배터리를 재조합하거나 필요한 등급과 규격 인증을 받는 과정 역시 배터리의 가격을 올린다. 이런 것들이 해양 분야에 일반적인 배터리의 적용을 방해하는 주된 요인이 되어 왔다. 해양 분야의 또 다른 중요한 요구사항은 선박에서 더 적은 공간을 차지해야 한다는 것이다. 화물선이나 유람선의 경우 높은 에너지 밀도를 갖는 설치 방법이 공간과 에너지 측면의 요구사항을 쉽게 만족하는데 도움이 된다.

B. 기술 속성

코르부스 오르카의 ESS 배터리팩은 다른 팩에 비해 거의 1.5 배 높은 약 6 peak C-rate를 갖는다. 이로 인해 코르부스 오르카의 ESS 배터리팩은 10초라는 더 짧은 시간 동안 더 높은 출력을 제공할 수 있다. 코르부스 오르카 ESS의 개별 팩은 최대 135 kWh의 출력을 제공하며, 에너지 요구사항에 맞춰 5 kWh 에서 137 kWh 사이에서 출력을 조절할 수 있다.

C. 기술 프로파일

- 노르웨이의 코르부스 에너지는 해양용 에너지 저장장치 산업의 선두 업체이다. 코르부스 에너지는 해양용으로 특별히 설계된 니켈-마그네슘-코발트(NMC) 산화물 리튬이온전지를 이용한 오르카 에너지저장장치 모듈과 배터리팩을 공급 중이다.
- 오르카 에너지에 사용된 NMC 폴리머 기반 리튬이온전지는 시장에서 살 수 있는 가장 신뢰성 높고 안전한 배터리이다.
- NMC 배터리의 낮은 발열률 같은 특징 덕분에 배터리의 안정성이 개선되는 동시에 자동차에도 적합하게 된다.

D. 인증

코르부스 에너지의 제품은 DNV-GL과 로이드 선급 및 미국선급협회로부터 클래스와 규격 인증을 받았다. 오르카 에너지 ESS는 세 개의 인증기관으로 모두 인증받은 유일한 제품이다.

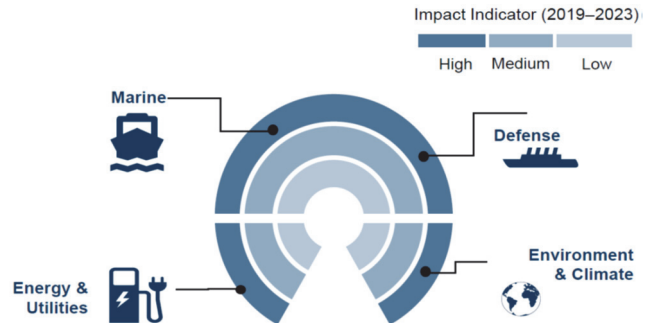
E. 파트너십

코르부스 에너지는 Norled AS, Edda Ferd, Eidesvik Offshore,

Scandlines, Kotug, CCCC Shanghai Equipment Engineering 등 산업체와 다수의 협약을 통해 해양 분야에서 가장 중요한 에너지저장장치 공급자로 꾸준히 자리매김하고 있다.

엄격한 배출 규제, 높은 유가, 배터리 가격 감소가 해양용 배터리의 채택을 유인한다

- 온실가스 배출을 줄이기 위한 국제해사기구(IMO)의 엄격한 규격은 선박 설계자에게 혁신적인 추진 장치를 찾아내도록 해왔다. 결과적으로 전기 또는 하이브리드 추진시스템으로 개량하거나 새로운 시스템을 만들게 한 패러다임 이동이 나타났다. 점점 늘어나는 환경에 관한 관심은 배터리 에너지저장장치가 목표를 달성하는데 근본적인 역할을 할 수 있는 성장 기회를 키워왔다.
- 시장의 대표적 혁신회사로는 Spear Power Systems (미국), Beckett Energy Systems (미국), RELiON Batteries (미국) 등이 있다.



- 중요 동인: 해양 분야는 배출을 줄이려는 선박의 배터리에 대한 요구 증가로 인해 새롭게 떠오르고 있는 시장이다. 선박 배출 규제의 도입, 치솟는 연료 가격, 해양 분야에서 배터리의 신뢰성 확보 등이 주요 동인이다.
- Frost & Sullivan에 따르면 해양용 배터리 시장은 6.4%의 연평균 성장률로 2023년 2.4억 불에 달할 것으로 예상된다.

IV. 고효율 파력 에너지 변환. 스웨덴 CorPower Ocean

A. 현 추세와 요구사항

기후변화에 관한 정부 간 패널(IPCC) 보고서에 따르면 파력 에너지는 이론적으로 연간 32,000 TWh의 잠재력을 가지고 있어서 파력 에너지의 이용은 재생에너지의 용량을 엄청난 규모로 키울 수 있다. 비록 엄청난 장점이 있다고는 하지만, 파력 에너지는 여전히 기술적 한계로 인해 태양광이나 풍력의 상용화 수준에는 미치지 못하고 있다. 파력 에너지를 전기로 바꾸는 파력 발전기는 일반적으로 천천히 왔다 갔다 하는 파도의 움직임을 효율적으로 전기로 바꾸기 위해 설계된다. 이런 전통적인 방식의 발전기는 태풍

등으로 인해 심각한 고장을 겪거나 동작이 완전히 멈춰 버릴 수도 있다. 따라서 복잡한 기계 설비가 부서지지 않으면서 여러 방향으로 많은 양의 에너지를 흡수할 수 있는 능력이 요구된다. 이렇게 생존성 문제를 높이는 기술적 진보에는 항상 많은 예산과 함께 무겁고 큰 장비를 덧붙이는 것과 관련되어 왔으며 궁극적으로는 파력 발전 산업의 사업 시나리오에도 영향을 미친다.

B. 기술 속성

CorPower Ocean의 WaveSpring 위상제어장치는 파도의 움직임에 맞춰 움직이면서 운동량과 에너지 흡수를 키우는 작은 파력 발전기이다. 공압식 프리텐서닝 기술과 WaveSpring 위상제어기술의 효과적인 조합으로 CorPower Ocean의 파력 발전기는 현존하는 장치에 비해 발전기 단위 무게당 3배의 에너지를 만들 수 있다.

C. 기술 프로파일

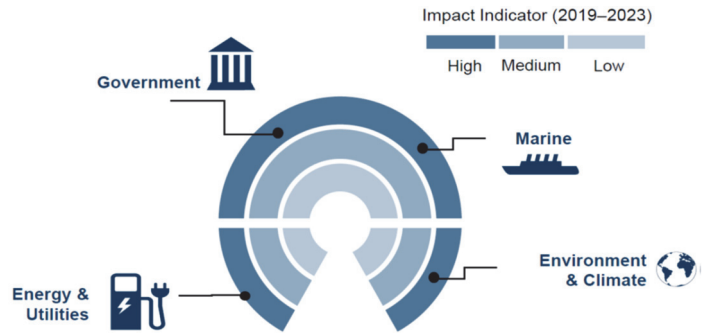
- 2012년 설립된 CorPower Ocean은 독특한 파력 발전 기술을 개발하였다. 이 기술은 Point Absorber 방식의 파력 발전기로 다른 기술에 비해 태풍에서 생존율이 높고 더 높은 에너지 밀도를 가지고 있다.
- 특허받은 공압식 프리텐서닝 기술과 WaveSpring 위상제어기술 및 Cascade gear 기술을 이용함으로써 CorPower Ocean은 설비의 단위 증량당 더 높은 에너지를 생산하는 동시에 태풍에서 생존율을 높인 파력 발전기를 개발하였다.
- CorPower Ocean의 혁신적인 파력 발전기는 파도에 맞추어 움직여 설비 생존성을 높였다. 생존성의 증가는 주로 공압식 프리텐서닝, WaveSpring 위상제어기술, Cascade gear 기술에 기반한다.

D. 협력

CorPower는 현재 Wave Boost란 명칭으로 EU의 과학연구 프로그램인 Horizon 2020에 참여 중이다. 프로젝트의 목표는 태풍이 불 때 발전기의 생존성을 높이고 파도의 강도 변화에 따른 발전량의 변화를 균등하게 만드는 것이다. Wave Boost 프로젝트를 통해 CorPower는 기술과 제품을 보여줄 기회를 가지기도 했다. CorPower는 프로젝트를 통해 기술의 잠재성을 보여주기 위해 대학, 이해 관계자, 정부 기관 등과 협력했다.

발전 용량과 경제적 기회 측면에서 파력 에너지는 상당한 잠재력을 가지고 있다.

- 파력 에너지가 아직은 풍력처럼 성숙한 기술과 경쟁할 수는 없지만, 중기적으로는 바다와 지리적으로 가까운 시장에서는 상당한 기여를 할 것이다. 하지만 전력망 연계나 기술적 신뢰성은 여전히 문제점이다.
- 일단 기술적 생존성이나 운영 경험이 증명된다면 해양 에너지는 상업화 이전 단계의 대규모 실증설치 단계로 나아갈 준비가 될 것이다. 실증은 투자를 보호하는 동시에 현재는 존재하지 않는 새로운 기술적 발전의 위험성을 분산하기 위해 정부로부터 추가적인 재원이나 지원이 필요하다.



- **중요 동인:** 일반적으로 파력 발전은 환경오염 배출이 없다는 측면에서 환경에 적합하다는 중요한 장점이 있다. 게다가 해상 또는 바다속 설비의 낮은 시각적 영향이나 음향 효과는 풍력이나 태양광보다 나은 장점이다.
- **유럽의 잠재력:** 유럽의 서부 해안은 상당히 높은 파력 에너지 수준을 보여주고 있어 파력 발전의 개발에 적합하다.

V. 외함없는 축형 전기 기기. 벨기에 Magnax

A. 현 추세와 요구사항

자동차 산업계에는 작고 가벼운 효율적인 전동기에 대한 개발 요구가 있다. 이런 전동기 특성으로 전기자동차의 운행 가능 거리를 늘릴 수 있다. 반면 에너지 산업계에는 작고 가벼운 고효율의 발전기에 대한 수요가 있다. 이런 발전기로 가장 강력하고 가장 높은 풍력 발전기를 지을 수 있다.

B. 기술 속성

- **고효율:** 하나의 회전자에서 고정자를 통해 다른 곳으로 이어지는 직선 방향의 자기장으로 인해 전동기의 효율이 높아진다. 전동기 시제품은 91-96%의 효율을 보여줬다. 또한 전기자동차에 사용된 일반적인 전동기에 비해 3배 높은 15 kW/kg의 출력 밀도를 보여줬다.
- **소형 경량:** 새로운 설계의 주요 장점으로는 고정자가 외부 프레임에 고정될 필요가 없어 전동기가 작고 가벼워진다는 것이다. 작은 크기는 생산 과정에서 재료가 덜 필요하게 만드는데, 일반적 전동기에 비해 구리의 40%, 자석의 20%를 절약한다.

C. 기술 프로파일

전동 열차 스타트업 기업인 Magnax는 외함없는 축형 전동기 기술을 개발하였다. 이 기술을 이용해 가볍고 훨씬 효율이 높은 전동기와 발전기를 개발하였다. 이 회사는 고정자를 두 개의 회전자 사이의 개스킷에 놓는 완전히 새로운 전동기를 개발하였다. 전동기는 혁신적인 공랭 또는 수랭 시스템을 갖추고 있다. 특별한 구리 방열 설계는 열을 제거하여 전동기 외부로 방출한다.

D. 기술 성숙도 **123456789**

전동기 시제품이 실제 상황에서 제작되고 시험 되었다.

E. 활용 가능성

전동기는 쉽게 대형화가 가능하다. 소형 전동기를 스쿠터 바퀴 위에 놓을 수 있고, 대형 산업용 발전기로 사용하기에도 적합하다.

F. 협력

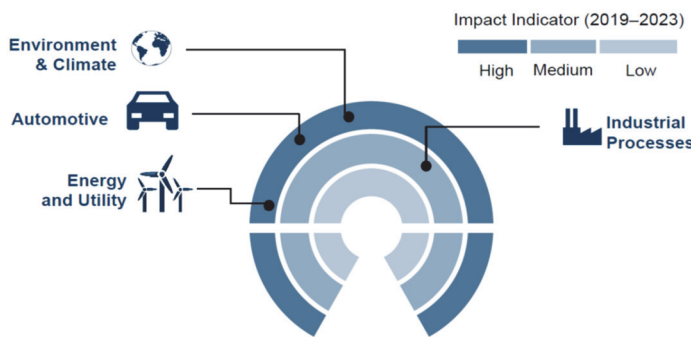
벨기에 Ghent 대학교와의 협력을 통해 전동기를 개발하였다. 현재 유럽 자동차 제작사 중 한 곳이 차량 바퀴 위에 Magnax의 혁신적인 전동기 4개를 설치한 전기자동차를 시험 중이다.

G. 향후 계획

Magnax의 다음 단계는 새로운 전동기를 생산하는 것이다. 약 25,000대의 생산 능력을 가진 첫 조립공장이 2022년 운영을 시작할 계획이다.

전기자동차 보급을 가속하는 혁신적인 전동기

- 개발된 전동기는 에너지 효율적으로, 전동기의 작은 크기와 가벼운 무게는 에너지와 자동차 산업에서 매우 유용하다.
- 고정자 주위를 회전자가 회전하는 전동기의 설계는 특히 전기 자동차에 유리하다. 중심부가 고정된 작은 크기의 전동기가 각 바퀴 안에 놓으면 자동차의 조향성이 개선되고 차량 무게를 줄일 수 있다. 이런 전동기를 1개 사용하는 경우 자동차의 운행 가능 거리가 7% 늘어나며, 2개를 사용하면 20% 향상된다. 이런 개선 사항을 통해 전 세계 전기자동차 확산을 가속할 수 있다.
- 가벼운 발전기로 훨씬 강력한 풍력 발전기를 건설할 수 있으며, 풍력 에너지를 전기로 변환하는 용량을 늘릴 수 있다.



- 2020년까지 53억불: 전 세계 전기자동차용 전동기 시장은 2019년부터 2022년까지 연평균 성장률 18.83%로 성장할 것으로 기대된다.
- 게임 체인저: 장거리용 전기자동차, 대용량 풍력 발전기
- 4개의 메가 트렌드: 미래 에너지, 미래 이동 수단, 제로 배출을 위한 혁신, 스마트는 새로운 녹색혁명

VI. 대용량 실리콘 리튬이온전지, 미국 Enovix

A. 현 추세와 요구사항

최근 몇 년간 리튬이온 배터리가 조명을 받아왔다. 이전 연구 개발은 이온을 효율적으로 저장할 수 있는 새로운 음극 소재의 개발에 초점이 맞춰 있는 반면 그래파이트 소재의 양극을 개선하는 데는 관심이 낮았다. 현재는 많은 연구개발이 그래파이트보다 25 배 많은 이온을 묶을 수 있는 실리콘 소재의 양극 개발에 관심이 있다. 실리콘 양극은 리튬이온전지의 가격을 낮출 수 있다.

B. 기술 속성

- 고성능: 개발된 실리콘 기반 소재는 높은 리튬이온 전송률이 특징으로, 배터리 성능 개선을 이끌 것이다. 이 특징으로 인해 배터리는 리터당 1,260 Wh의 에너지 밀도와 1,000번의 충방전 사이클을 달성하게 될 것이다. 이것은 일반적인 리튬이온전지에 비해 에너지 밀도가 50% 향상한다는 것을 의미한다.
- 전극의 이점: 새로운 실리콘 양극은 리튬이온전지의 높은 안전성과 내구성을 유지하면서 가격을 30% 이상 줄일 수 있는 잠재력을 가지고 있다.
- 생산: 실리콘 리튬이온전지의 생산 공정은 현재의 생산 공정에 쉽게 적용된다.

C. 기술 프로파일

미국의 스타트업 기업인 Enovix는 차세대 리튬이온전지 개발을 위해 대용량 실리콘 소재 전극을 개발하였다. 개발된 실리콘 양극은 니켈-마그네슘-코발트 음극과 함께 Enovix가 보유한 3D 구조를 적용하여 325 Wh/kg의 에너지 밀도를 가진 배터리를 만든다. 배터리 생산 공정은 리튬이온전지의 생산 공정과 유사한데, 전극을 감아 펴는 공정이 Enovix만의 고속 적층 공정으로 바뀔 뿐이다.

D. 기술 성숙도 **123456789**

스마트폰 크기의 프로토타입 배터리가 실험실 환경에서 만들어졌다.

E. 협력

Enovix는 실리콘 양극을 가진 스마트폰 배터리셀을 시험 생산하였으며, 전기자동차에 적합한 배터리를 만들기 위해 세계적인 자동차 제작사와 협력을 시작했다.

F. 향후 계획

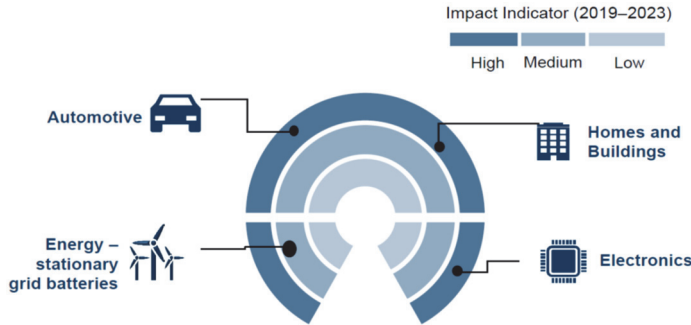
Enovix는 2020년 모바일 장비용 배터리를 생산할 자동화된 시설의 구축에 착수할 예정이다. 다음 단계는 전기자동차의 요구 조건을 맞추기 위해 배터리팩의 크기를 키우는 것이다.

다양한 산업을 위해 낮은 가격의 리튬이온전지를 제공하는 기술

- Enovix의 고유한 양극 기술과 배터리 생산 공정으로 에너지 밀도를 상당히 높이는 반면 리튬전지 소재와 생산 원가를 줄일 수 있다. 이런 특징으로 덜 비싼 배터리팩을 더 적게 사용할 수 있다. 높은 에너지 밀도를 갖는 배터리는 전기자동차의 운행 가능 거리를 늘리고 휴대용 전자 장비의 배터리 수명을

늘린다. 소비자용 전자 산업, 에너지 및 자동차 산업계가 이리
배터리로부터 이익을 얻을 수 있다.

- 2023년까지 34억불: 전 세계 리튬이온전지 시장은 2019년부터 2022년까지 연평균 23.9% 확대될 것으로 예상된다.



- 단계적 파괴성: 실리콘 리튬이온전지는 원가를 줄이고 전기자동차와 스마트폰의 능력을 향상시킬 가능성을 제공한다.
- 4개의 메가 트렌드: 미래 에너지, 미래 이동 수단, 제로 배출을 위한 혁신, 스마트는 새로운 녹색혁명

VII. 리튬공기 이차전지의 고성능 전극 재료. 미국 캔자스대학

A. 현 추세와 요구사항

높은 용량을 가진 리튬공기전지는 대용량 에너지 저장장치 분야에서 현재의 리튬이온전지의 대안으로 여겨진다. 하지만 에너지를 빠르게 방전하지는 못한다. 따라서 이 문제점을 해결할 기술이 필요하다. 이 문제점은 낮은 성능 및 안정성과 함께 리튬공기전지가 실험실 수준을 벗어나지 못하게 하는 요인이다.

B. 기술 속성

- 고효율: 조사된 전극 소재를 이용하여 리튬공기전지의 전류 밀도와 전력량을 늘리는 동시에 최고의 에너지 밀도를 유지할 수 있다.
- 방전 용량: 모델링 연구를 통해 배터리 전극에서 발생하는 물질 전달이 개선되었으며, 전극에서 증가한 산소 농도에 의해 리튬공기전지의 방전 용량이 증가하였음을 보여준다.
- 높은 에너지 밀도: 리튬공기전지는 리튬이온, 리튬황 또는 아연공기전지에 비해 훨씬 더 큰 에너지 저장 용량을 특징으로 한다.

C. 기술 프로파일

캔자스대학 연구자들은 장시간 가는 리튬공기전지의 설계를 위한 접근법을 개발했다. 연구자들은 나노 크기의 공극 구조를 갖는 지름 1.2 cm, 두께 0.4 mm의 산소 전극을 모델링하였다. 또한 산소 전달을 개선하기 위해 공극 전극의 세부 구조 변화를 조사하여 공극의 크기, 구조, 액상-기상 변화 등에 따른 전극의 전기화학적 성능을 결정하였다.

D. 기술 성숙도 123456789

기술의 개념 증명과 전극 모델링 연구가 수행되었다. 연구자들은 공기 전극의 프로토타입을 개발 중이다.

E. 향후 계획

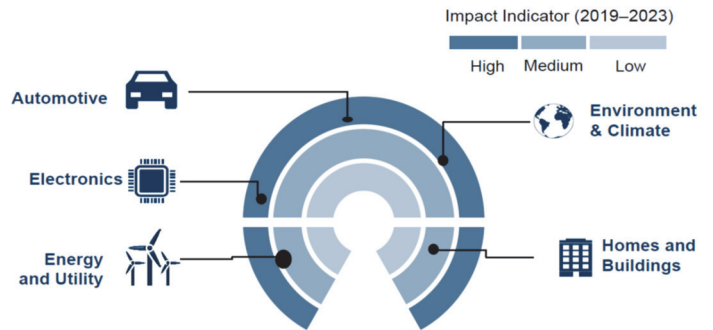
다음 단계는 향상된 전류 밀도를 갖는 고성능 리튬공기전지의 시제품을 설계하여 배터리를 더욱 실현 가능하게 만드는 것이다.

F. 협력

연구자들은 카네기멜론대학교와 협력해 왔다.

리튬공기전지의 채택을 가속하는 기술

- 새로운 접근법은 리튬공기 기술의 연구와 채택을 가속할 가능성이 있다. 연구개발 성과는 더 괜찮고 더 오래가는 배터리의 개발 기회를 열어주었으며, 대부분의 소비자와 전기자동차에 혜택을 줄 것이다.
- 높은 에너지 밀도를 갖는 배터리는 전기자동차의 운행 가능 거리를 500 마일 이상 늘려준다. 휴대 전화에 사용하는 경우 일주일에 단 한 번만 충전하면 된다.



- 20만 불의 연구비: 미국 National Science Foundation은 이 연구개발에 219,312불을 지원하였다
- 단계적 파괴성: 독특한 전극 기술로 인해 리튬공기전지는 리튬이온전지를 대체할 가능성이 있는 가장 유망한 배터리 플랫폼이다.
- 4개의 메가 트렌드: 미래 에너지, 미래 이동 수단, 제로 배출을 위한 혁신, 스마트는 새로운 녹색혁명

VIII. 개선된 충방전 사이클 특성을 갖는 나트륨전지. 한국 KAIST

A. 현 추세와 요구사항

나트륨이온전지는 리튬이온과 유사한 물리적, 화학적 특성을 가진 나트륨 이온의 특성에 따라 리튬이온전지의 유망한 대체재이다. 하지만 적절한 전극 소재의 부재는 나트륨이온전지의 상용화를

막는 주된 문제점이다. 나트륨이온전지는 나트륨의 체적 증가와 전극 소재의 파괴 등으로 인해 짧은 수명을 가지고 있다. 따라서 고성능 나트륨이온전지의 성공적 개발을 위해서는 적절한 전극 소재를 찾아내는 것이 필요하다.

B. 기술 속성

- **고효율:** 황화구리는 높은 용량과 사이클 안정성을 보여준다. 최고의 전극 소재는 파쇄되지 않고, 나트륨화/탈나트륨화 과정에서 용량 회복을 보인다. 개발된 전극 소재는 나트륨 배터리가 고용량, 고출력, 장수명 효율을 가능케 한다.
- **낮은 원가:** 개발된 배터리는 자연에 흔한 값싸고 비독성인 나트륨, 구리, 황 등으로 만든다. 값싼 소재의 사용으로 낮은 가격의 배터리 제작이 가능하고 배터리 용량을 쉽게 늘릴 수 있다.

C. 기술 프로파일

KAIST의 연구자들은 충방전 특성을 개선한 고성능 나트륨이온전지를 개발하였다. 연구에서는 황화구리가 활성 전극 소재로 사용되었다. 연구자들은 그래핀 소재 바닥재 위의 황화구리판에 불화 나트륨을 떨어뜨려 양극 물질을 만들고, 황화구리 음극을 가진 2032 규격의 수은전지 모양과 스웨이저락 모양 등 두 가지 형태의 배터리셀을 만들었다. 전극 소재는 크기나 형태 최적화 없이도 높은 나트륨 저장성을 보여줬다.

D. 기술 성숙도 123456789

황화구리 전극을 가진 나트륨전지가 실험실에서 설계되어 시험 되었다.

E. 활용 가능성

다음 단계는 에너지 저장을 위한 전극 소재의 실질적 활용 가능성을 검토하는 것이다.

F. 재원

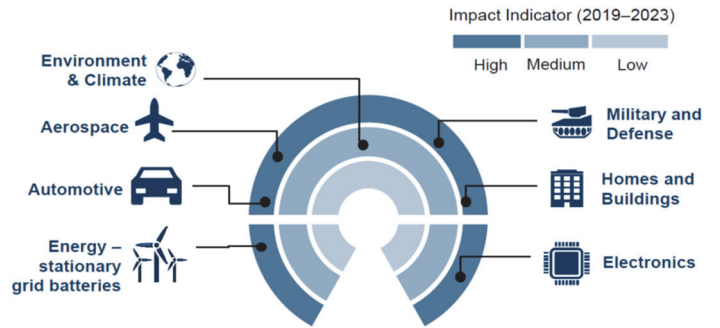
연구개발은 한국연구재단이 지원하였다.

G. 협력

한국에너지기술연구원, 나노종합기술원과 공동수행하였다.

고성능 나트륨전지는 리튬이온전지를 대체할 수 있다.

- 나트륨전지의 핵심적 응용 분야는 가전, 교통, 항공, 군사, 건물 비상 전원, 정치형 배터리 등이다.
- 나트륨은 자연에 흔하게 존재한다. 나트륨이온전지는 경제적인 소재로 만들어지며, 현존하는 생산 공정이 배터리 생산을 위해 활용될 수 있다.
- 나트륨이온전지의 특징은 매우 높은 안전성이다. 완전히 방전된 채로 무한정 보관할 수 있어 운반과 보관이 쉽다.



- 2023년까지 34억불: 나트륨이온전지 기술은 이미 초기 상용화 단계에 와 있다. 시장은 2019년부터 2022년까지 연평균 23.9% 증가할 것으로 예상된다.
- 단계적 파괴성: 나트륨이온전지는 대부분 분야에서 리튬이온전지를 대체할 수 있으며, 고유의 영역을 만들 수도 있다.
- 4개의 메가 트렌드: 미래 에너지, 미래 이동 수단, 제로 배출을 위한 혁신, 스마트는 새로운 녹색혁명

References

[1] Frost & Sullivan, "Innovations in Battery Storage, Solar Cells, and Wave Energy," Frost & Sullivan, D961-TV, Oct. 2019.