연구책임자 | 에너지소재연구실 김희연

01

연료전지 및 이차전지 전극의 내구성 향상을 위한 one-step 탄소층 코팅기술

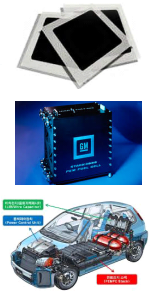
문의 | 한국에너지기술연구원 기술사업화실 TEL | 042-860-3465 E-mail | kier-tlo@kier.re.kr

기술개요

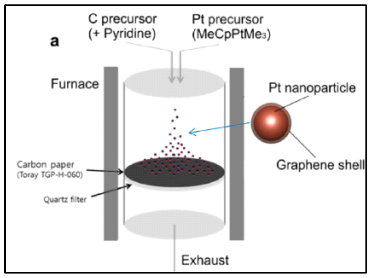
연료전지용 백금계촉매 및 이차전지용 실리콘나노입자 등의 표면에 다공성 그래핀쉘을 one-step 공정을 통하여 코팅하는 기술로서, 대부분의 에너지디바이스에서 성능저하의 원인이 되는 금속 입자의 응집, 부식, 탈락 등을 원천적으로 방지하여 전극의 장기안정성을 획기적으로 개선하는 기술이다. 해당기술은 연료전지, 개질기 등의 촉매와 이차전지 전극 소재의 내구성 향상에 효과적이며, 관련 특허와 해당 분야 최우수 저널에 결과를 게재하였다.

기술의 적용처

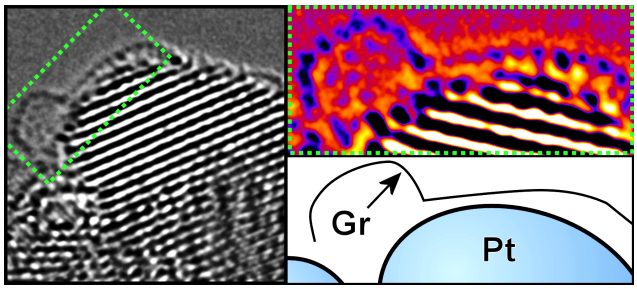
응용분야	적용제품
연료전지전극, 이차전지 전극, 수소제조용 개질촉매 화학공정용 촉매	화학공정용 촉매, 연료전지자동차, 전기자동차, 휴대용 전원, 특수 발전, 대면적 태양전지, 인테리어 내장재 등



기술의 구성도 /개념도



[백금-그래핀 코어쉘촉매 합성을 위한 동시기화공정 공정도]



[백금-그래핀 코어쉘 촉매의 투과전자현미경 구조 분석, ACS nano 2015.6]

기술의 특장점

① 연료전지전극에 사용되는 백금계 촉매의 장기 안정성을 확보하기 위하여, 상압, 저온의 one-step 공정을 사용하여 백금 나노입자의 표면에 다공성 그래핀껍질을 코팅함으로써, 촉매 입자의 응집이나 부식, 탈락과 같은 비활성화를 근본적으로 방지할 수 있음. 또한, 이차전지의 전극 물질(실리콘 등)에 그래핀 껍질을 적용하는 경우, 충방전 반복에 따른 전극의 비활성화를 원천적으로 방지할 수 있음.

② 이러한 백금-그래핀 코어쉘 구조체는 상용 촉매 이상의 초기 성능과 **150% 이상 우수한 장기안정성**을 나타내며, 이차전지전극(실리콘-그래핀 코어쉘)에 적용하는 경우 **75%이상의 용량유지율**(retention)을 나타냄.

③ **기존 촉매 제조 공정에 간단한 추가 부품 설치만으로 one-step 그래핀쉘 합성이 가능**하며, 저온, 상압 공정으로 설치비가 매우 단순하고 저렴함.

④ 동시기화공정을 적용하는 경우, **기존의 복잡한 촉매제조공정(담지, 건조, 소성, 환원, 합금화)을 one-step으로 단순화**할 수 있음.

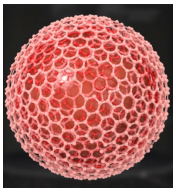
기술의 비교우위성/기존 기술 대비 차별성

기존 기술	본 기술
● 건식개질반응: Ni 촉매의 심각한 비활성화(코크 침적)으로 인해, 장기안정성 저하 ● 고분자전해질연료전지: 백금촉매의 심각한 비활성화로 인해 장기안정성 저하, 고가의 백금 손실 ● 이차전지: 운전중 반복된 충방전에 따른 전극물질의 비활성화 및 시스템 수명저하	● 수소제조용 건식개질반응 - 상용 촉매(Ni/Al2O3) 대비 7% 이상 우수한 내구성 검증 (가혹조건 @700°C, 72시간 반응) ● 연료전지용 촉매 성능 (PEMFC) - 상용 촉매(JM4000, 존슨매티)대비 장기안정성 150% 향상 (가혹조건 @1000CV cycles) ● 이차전지 전극 (리튬-실리콘 이차전지) - 75%이상의 용량유지율 확보 (@ 50cycles)

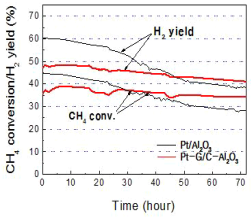
실험 및 실증 데이터

금속촉매의 내구성 향상을 위한 다공성 그래핀 적용 기술

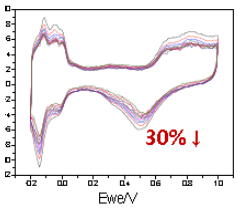
금속 코어와 다공성탄소(그래핀 쉘)로 구성되어 촉매의 비활성화를 근본적으로 방지함으로써, 전극 및 시스템의 장기내구성을 극대화 함.



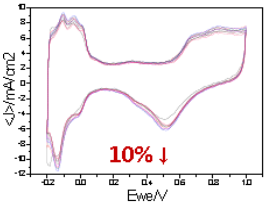
그래핀 도핑된 금속 결정



건식개질반응 성능



연료전지전극 성능
(상용 촉매/JM4000)



연료전지전극 성능
(백금-그래핀 코어쉘)

기술의 성숙도

1 기초연구 — 2 — 3 실험 — 4 — 5 시작품 — **6** — 7 실용화 — 8 — 9 사업화

금속촉매의 내구성 향상을 위한 다공성 그래핀 적용 기술

Pilot 시작품 성능 평가[TRL 6] 단계

- ▷ 고효율화/대량생산 기술개발 진행
- ▷ 준 pilot 수준의 설비 구축 및 시제품 제작
- ▷ 연구결과 최우수 SCI논문 게재(ACS nano, Nano letters, Advanced Materials 등)
- ▷ 국내외 원천 특허 확보

지재권의 관련현황

발명의 명칭	나노탄소와 코어-쉘 구조의 백금-탄소 복합체를 포함하는 연료전지용 전극의 제조방법 및 이에 의해 제조된 연료전지용 전극					
등록번호	10-1436030 ZL201310284379.9 US9,172,095	**등록일자**	2014.08.25. 2016.02.03. 2015.10.27	**출원번호**	10-2012-0078362 CN201310284379.9 US13/938,643	**출원일자**	2012.07.18. 2013.07.08. 2013.07.10
발명의 명칭	질소도핑된 탄소 표면을 갖는 금속-탄소 하이브리드 복합체 및 그 제조방법					
등록번호	10-1568247 JP6058075	**등록일자**	2015.11.05. 2016.12.28	**출원번호**	10-2014-0067129 JP2015-112387	**출원일자**	2014.06.02. 2015.06.02
발명의 명칭	질소도핑된 다공성 그래핀 덮개의 형성 방법					
등록번호	10-1735401	**등록일자**	2017.05.08	**출원번호**	10-2015-0075097 JP2016-105142 US15/165,776	**출원일자**	2015.05.28. 2016.05.26. 2016.05.26