



# “전기기술이 우리 삶의 미래 바꾼다”

- KERI 선정 미래 유망 10대 전기기술



류동수  
한국전기연구원(KERI) 대외협력실 팀장

청정 에너지로서 지난 반세기동안 우리 국가경제 성장에 든든한 버팀목 역할을 해온 전기기술은 10년 후 우리의 삶과 세상을 어떻게 변모시킬까.

한국전기연구원(원장 유태환)은 2010년 새해를 맞아 전 세계적으로 연구가 진행되고 있는 첨단 전

기기술 중에서 향후 10년내 실현 가능할 것으로 예측되는 기술들을 대상으로 기술적 완성도, 실현가능지수, 사회적 경제적 파급효과 등을 고려해 「미래를 바꿀 KERI 10대 유망 전기기술」을 선정 발표했다.

10대 기술에는 국민의 삶의 질을 향상시키고 저탄소 녹색 성장을 견인할 수 있는 첨단 전기 기반 기술들이 망라됐다. 저탄소 경제시대에서 지속적 성장을 추구하기 위해서는 무엇보다도 전기에너지에 대한 혁신적 전환기술이 요구되는 상황에서 10년 후 우리 사회는 물론 전 세계 산업지형을 바꿔놓을 핵심 기술들이 포함돼 있다.

한국전기연구원(이하 'KERI')은 10대 유망 전기 기술로 △금속-공기 배터리 △페이퍼 배터리 △마이크로 발전 △투명 태양전지 △무선 전력전송 △분산전원 △직류전원망 △전기자동차 △유연 투명 전극 △무방열 LED를 제시했다.

KERI는 이번 미래 유망 기술 선정을 위해 조지 워싱턴대학의 미래학자이자 공학박사인 윌리엄 할탈이 운영하는 과학기술예측의 온라인 싱크탱크 테크캐스트(Techcast)사와 한국과학기술정보연구원(KISTI)의 미래예측기법에 관한 자문을 받았다. 아울러 자료조사 및 인터뷰(Scanning), 논문/특허 등의 계량분석과 트렌드 분석(Analysis), 전문가 의견조사(Survey), 종합분석(Evaluation) 등 6개월간의 집단 지성을 활용한 미래유망기술 발굴 프로세스를 거쳐 최종 선정했다.

전기에너지는 “생산-수송-저장-이용”의 4단계로 분류되는데, 이번 선정된 10대 유망 전기기술은 이 4단계에 골고루 분포되어 있으며, 각 단계에서 전기에너지 공급자 입장이 아닌 전기에너지 사용자 입장에서 유망한 사업화 기술을 표현하고 있다. 다만, 초전도 재료 및 응용기술, 전자의료기기 등 연구를 시작한 지 10년이 넘어 현재 이미 왕성한 연구가 이뤄지고 있거나 시장 진입시기가 10년 이후

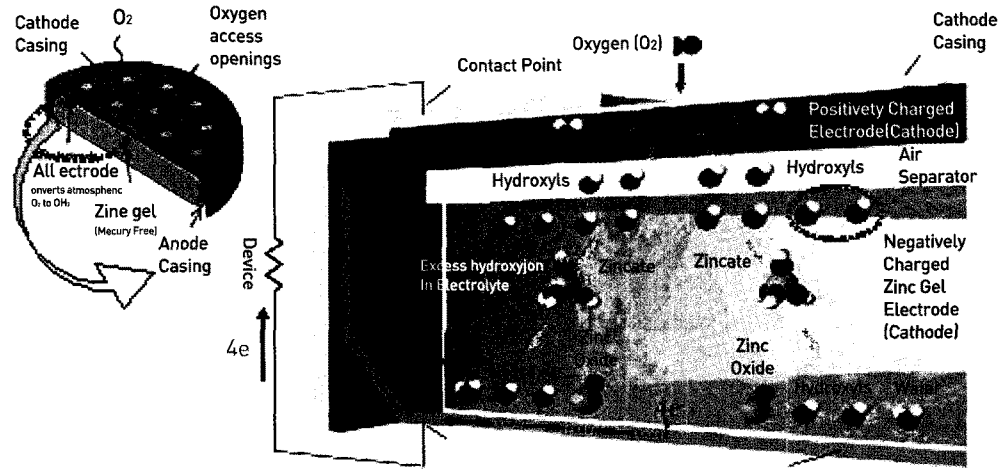
가 될 공산이 큰 기술 등은 이번 선정 대상에서 제외됐다.

선정된 10개 분야는 생소할 수도 있고 어찌 보면 한번쯤 들어봤을 만한 익숙한 기술일 수 있다. 그러나 저탄소 녹색성장이라는 국정 아젠다와 더불어 2020년 탄소배출감축 30%를 선언한 이 시점에서 30년 이상 관련 분야를 연구해 온 전기에너지 전문 연구기관이 전기에너지에 대한 미래 유망기술을 도출하고 재조명한 것은 의미가 있다. 특히 이번 선정 작업은 KERI 내부적으로는 전기 분야 정부출연연구기관으로서 향후 집중해야 할 연구분야의 방향성을 정립하는 계기가 된 한편, 장차 우리나라가 세계 시장을 선도해 나갈 첨단기술의 오늘과 내일을 점검하고 저탄소 시대 대비를 위한 전기에너지 기술의 변화를 읽어 보는 하나의 계기가 될 것으로 기대된다.

### KERI 선정 '미래를 바꿀 10대 유망 전기기술' 금속-공기 배터리

“전기자동차 성패는 나에게 물어봐!”

금속-공기 배터리는 금속을 음극(‘-’ 극)으로, 공기 중의 산소를 양극(‘+’ 극) 물질로 사용하는 전지이다. 기존 전지보다 높은 에너지를 갖는 특성 때문에 보청기 등 주로 사용시간이 긴 다양한 응용분야에 활용이 가능하며, 이차전지로서 전기자동차에 이용될 경우 주행거리를 2배 이상으로 늘릴 수 있는 배터리 기술이다.



[ 그림 1 ] 아연공기전지 반응원리

금속-공기 배터리가 주목받는 것은 금속을 사용한 전지의 탁월한 에너지 저장 능력 때문이다.

아연을 사용한 경우 휴대폰용 전지의 2~3배, 리튬을 사용한 경우 이론적으로는 50배 정도의 더 많은 에너지를 같은 무게에 저장할 수 있다.

현재는 보청기의 전원 등 주로 사용시간이 긴 응용분야에서 활용되고 있지만 향후 다양한 분야로의 적용이 기대된다. 특히 일반전지(일차전지)로서의 우수한 특성을 재충전 전지(이차전지) 형태로 발전시키기 위한 연구가 진행되고 있으며, 연료전지 형태로 발전시키는 연구도 진행되고 있다. 전기자동차가 그 중 유력한 분야다. 현재의 리튬전지가 탑재된 차량의 1충전 주행거리가 160km에 머무르고 있지만 아연공기전지가 탑재된다면 500km 수준으로 연장될 가능성이 있다. 그리고 저렴한 자동차 가격과 폭발위험성이 사라지는 점은 부가적으로 누릴 수 있는 혜택이 될 수 있다.

KERI 선정 '미래를 바꿀 10대 유망 전기기술' **2**  
**페이퍼 배터리**

**“화장품에도 전지가 들어가 있다고?”**

페이퍼 배터리(Paper Battery)는 용어 자체가 암시하듯 기존의 배터리가 갖고 있는 형상 이미지들로부터 과감히 탈피하여 종기와 같이 얇게 만든 것이 가장 큰 특징이다. 종기와 같이 얇기 때문에 구부릴 수 있는 형태로 제작이 가능하며 전기화학적 특성으로는 최고 성능을 보유한 리튬이차전지라고 할 수 있다.

특히 뛰어난 유연성 때문에 외부 화학물질과 생체를 효율적으로 결합시키는 기능이 추가되는 미래 고부가 제품으로 탄생할 수 있다. 지금 그 활용성을 조용하게 두드려보고 있는 분야로는 인체의 피부와 직접적인 관련이 있는 여성들의 화장품과 연고나 파스를 생각해 볼 수 있다. 화장품과 페이퍼를 결합한 소위 페이퍼 마사지 팩은 화장품을 피부 속으로



[ 그림 2 ] 로케트 전지에서 제조한 기미개선 및 화이트닝 패치

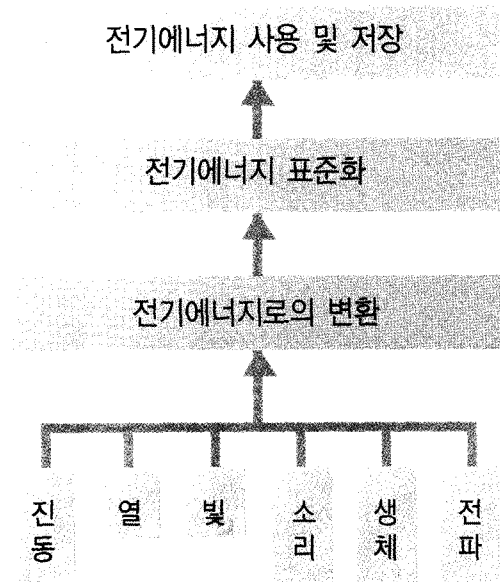
빠르게 흡수시킬 수 있어서 여성들의 관심을 끌 수 있고, 연고나 파스 역시 약효가 상처 부위에 빠르게 흡수될 수 있도록 도와주기 때문에 빠른 치유를 기대할 수 있다.

페이퍼 배터리는 그 밖에 전자종이(e-paper) 형태의 디스플레이 장치용 전원, 착용형(Wearable) 컴퓨터의 전원, 태양전지와 결합시킨 형태의 에너지 저장장치, 유기발광다이오드(OLED)와 같이 면 형태의 빛을 발산하는 면광원 구동용 전지, LED와 같이 점 형태의 빛을 발산하는 점광원 구동용 전지 등이 대표적인 활용 분야로 떠오르고 있다.

KERI 선정 '미래를 바꿀 10대 유망 전기기술' **3**  
**마이크로 발전**

**“배터리로부터의 해방”**

마이크로발전은 저전력 에너지하베스팅으로 더 많이 알려진 기술분야로서, 주변에 널려 있는 미활용 미소에너지(빛, 열, 진동 등)를 적극적으로 수집



[ 그림 3 ] 마이크로 발전의 개념도

(harvesting)하여 활용하고자 하는 일종의 전력에너지 확보기술이다. 가령 입고만 다니기만 해도 전기가 발생하는 섬유베이스의 마이크로발전기를 통해 스마트폰을 충전하는 것이 적용 예이다.

무선센서 및 모바일기기가 넘쳐나는 이 시대에 배터리충전 및 배터리교체로부터 자유로워지고 싶어 하는 욕구 때문에, 선진국에서는 마이크로발전 형태의 미래에너지기술 탐색 및 산업화 기술개발에 투자를 늘리고 있다.

향후 이러한 기술들의 발달을 통해 초소형 휴대용 전화기, 소형 인터넷 단말기, 인체모니터링 센서 등의 전원을 인체의 활동, 체열, 주변의 진동에너지 등으로부터 손쉽게 공급받아 사용하게 됨으로써 정보와 에너지가 지역이나 공간에 구애받지 않고 소통, 이용할 수 있는 진정한 “유비쿼터스”의 시대가 도래할 것으로 기대된다.

KERI 선정 '미래를 바꿀 10대 유망 전기기술' **투명태양전지**

“건물디자인, 게임의 룰을 바꾸다”

투명태양전지는 외벽에 붙여 전기를 생산할 수 있는 전지다. 건물 디자인에 어울리는 색을 선택할 수 있고, 태양전지에서 생산된 전기를 이용해 유리창의 색과 명암을 조절할 수 있으므로 스마트 커튼 기능을 가질 수도 있다. 그린에너지 건축기술의 한 장르를 구성할 대표적 기술로서 향후 태양전지 투명박막을 입은 건물외벽 및 창문이 에너지원으로 재탄생하는 건축디자인 혁명이 일어날 것으로 예상된다.

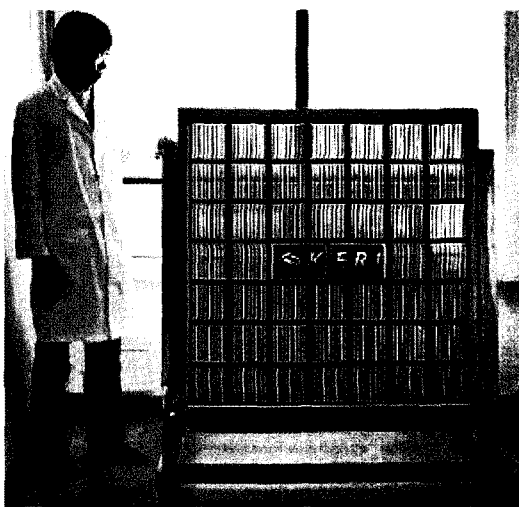
여기에는 대형 박막, 효율, 유연성, 투명도, 내구성 등의 요구 특성 때문에 염료감응형 태양전지가 가장 근접한 대안으로 알려져 있다. 투명태양전지의 한 형태인 염료감응 태양전지는 식물의 광합성 작용을 모방하여 만든 태양전지이다. 두 개의 유리

판 사이에 유기염료를 입힌 나노분말로 채운 구조로 빛을 받은 염료에서 나온 전자를 모으면 전지처럼 사용할 수 있다. 투명하고, 염료를 사용하기 때문에 다양한 색상을 지니고 있고, 기존의 태양전지가 빛이 들어오는 각도의 영향을 많이 받는 것에 비해 빛의 각도에 따른 발전량의 감소가 작으므로 유연하게 만들 수 있다. 효율과 내구성 등에서 아직 검증되지 않은 문제가 남아 있지만, 공정의 단순함과 디자인의 다양함은 태양전지의 미래를 견인할 것으로 보인다. 특히 기존 유리창을 이용해 만들 경우 내구성 걱정 없이 바로 고층 빌딩의 창으로 사용하거나 건물 외부 디자인, 스테인드글라스 등에 활용할 수 있다. 산업계는 이 태양전지 기술이 상용화되는 오는 2015년경이면 유리창만으로 건물의 전기를 만들어 쓰는 획기적인 발전이 가능할 것으로 기대하고 있다.

KERI 선정 '미래를 바꿀 10대 유망 전기기술' **무선전력전송** 5

“꼬리 같은 전선이여 안녕~”

가전제품을 사용하다 보면 꼬리처럼 달린 굵은 전선이나 멀티탭이 거추장스럽게 느껴질 때가 많다. ‘무선전력전송’은 전기에너지를 전자기파·전자기 유도 또는 전자기 공진 형태의 ‘무선으로 전달하는 기술’이다. 기존 유선 전원 공급이나 충전 방식을 대체해 전선 없이 언제 어디서나 전력을 공급할 수 있다. 무선전력전송이 무선통신에 이어 유비쿼터스 시대에 미래 사회를 바꿀 주역으로 각광받는 이유다.



[ 그림 4 ] KERI에서 개발한 단판 대면적 모듈 염료감응 태양전지 (크기 15cm x 15cm)

특히 전자제품 업체 입장에서는 무선전력전송은 충전의 불편함과 전선의 거추장스러움을 제거할 수 있다는 점에서 에너지 효율화에 버금가는 경쟁력의 핵심 포인트로 여겨지고 있다. 의료분야는 생체조직에 이식된 보조기기의 전력 공급에 새로운 대안이 될 수도 있다.

현재 무선전력전송 기술이 넘어야 할 산은 효율성과 함께 인체 안전성 확보다.

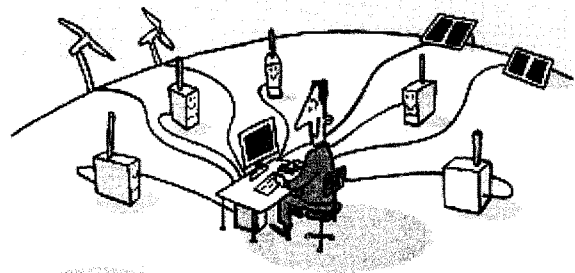
한국전기연구원 전기정보망연구센터 박영진 박사는 “무선전력전송은 무선통신보다 높은 에너지 밀도를 다루기 때문에 효율 극복 문제보다도 누가 인체에 보다 안전한 방법으로 전송할 수 있는지가 더 큰 문제”라며 “인체와의 간섭이 가장 적은 자기공명 방식이 무선전력전송의 미래를 결정할 것”으로 전망했다.



**“에너지 독립 선언”**

화력이나 원자력·수력 등 대규모 발전소는 규모의 경제 측면에서 이점이 있지만, 온실가스를 대량 배출하고 소비자와 멀리 떨어져 있어 송전 손실이 발생한다. 송전 및 변전 설비도 기피 시설로 인식되는 등 사회·환경적인 부정적 요인이 존재한다.

‘분산전원’은 에너지 실수요자 근처 혹은 건물 내부에 소형 발전 설비를 설치해 에너지 손실과 송·배전 설비를 줄이려는 노력에서 출발했다. 현재는



**Virtual Power Plants:**  
 ● optimizing decentralised power generation  
 ● Solar power, wind power, (micro, mini) CHP  
 ● smart combination of renewable energy and fossil fuels

[ 그림 5 ] 분산전원의 비즈니스모델: 가상발전소

통신 기술의 발전에 따라 원격 자동운전 등을 통해 경제성 있는 규모로도 분산전원의 구현이 가능해졌다.

‘에너지 고갈과 지구온난화’라는 가깝고도 먼 두 가지 문제 해결의 중심에 신재생에너지가 있고, 신재생에너지는 모두 ‘전력’이라는 에너지 형태로 표준화되어 있으며, 신재생에너지원 자체가 지구촌 곳곳에 분산되어 있다는 점에서 최근에는 태양광·풍력·지열·마이크로가스터빈·연료전지 등 다양한 신재생에너지 개발과 적용이 분산전원을 지칭하는 형태로도 이해되고 있다.

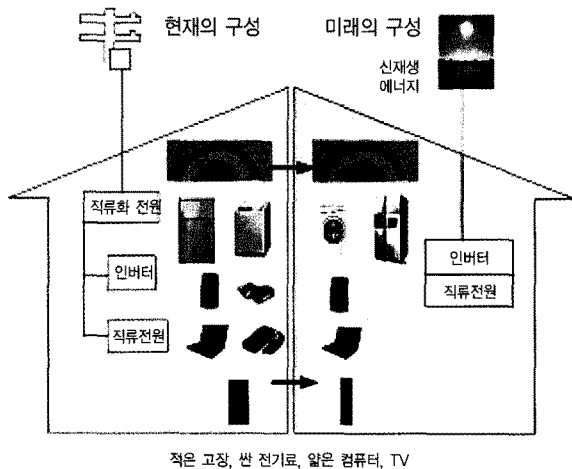
안종보 한국전기연구원 신재생에너지시스템연구센터 박사는 “분산전원이 기술 발전과 함께 경제성까지 확보할 경우 개별 가정이나 건물 등은 에너지를 자급할 수 있게 되고 잉여 전기의 거래도 가능해진다”며 “분산전원망을 기반으로 통신과 에너지가 하나로 통합·운용되는 미래 네트워크 사회는 전기 에너지도 통신처럼 무선으로 전송하고 저장과 전송도 보다 자유로워지게 될 것”으로 설명했다.

KERI 선정 '미래를 바꿀 10대 유망 전기기술' **7**  
직류전원망

“교류냐 직류냐, 그래도 단순한 것이 좋다”

주택과 건물에서는 교류(AC) 220V를 전원으로 사용하고 있다. 그러나 디지털 정보기기는 어댑터라는 것을 통해 모두 직류(DC)를 쓰고 있다. 조명, TV, 에어컨, 냉장고 등 치열한 고효율 경쟁을 하고 있는 가전기기도 모두 직류로 승부를 걸고 있다. 모바일 정보기기가 늘어남에 따라 집에서 쓰던 충전기를 차에서도 그대로 사용하고 싶어 했지만, 집안과 차안에 구축되어 있는 전압의 기반이 서로 달라 소비자만 속을 태우고 있다.

직류전원망은 전력전송 방식으로 에디슨이 처음 제안했으나 전력변환소자 기술의 미비로 테슬라의 교류전력전송에 자리를 내어준 지 100년이 지난 지금 분산전원의 보급과 전기/전자 기기의 고효율화 및 이동형 기기의 증가 추세에 따라 직류망의 필요성이 점점 더 중요해 지고 있다.



[ 그림 6 ] 직류전원의 효과

특히 일부 조명 및 전열기를 제외한 일반가정의 대부분의 전기/전자기기는 이미 직류를 사용하고 있으므로 직류전원 공급의 필요성이 대두되고 있으며 배전망 역시 분산전원에 대한 대비 및 전력손실을 줄이기 위해 직류망 도입을 검토하고 있다.

대부분 선진국들은 2020년경이 되면 직류전력 사용량이 2000년의 5배 수준인 50%까지 급증할 것으로 전망하고 있다. 이때가 되면 전력기술의 발전경로가 교류에서 직류로 변경된다는 의미로 해석된다. 향후 보급 확대가 예상되는 LED조명이나 전기자동차도 모두 직류전력을 사용하므로 앞으로 직류전력 수요는 예상보다 더욱 가속화될 전망이다.

KERI 선정 '미래를 바꿀 10대 유망 전기기술' **8**  
전기자동차 충전 플랫폼 기술

“언제 어디서나 자유로운 충전”

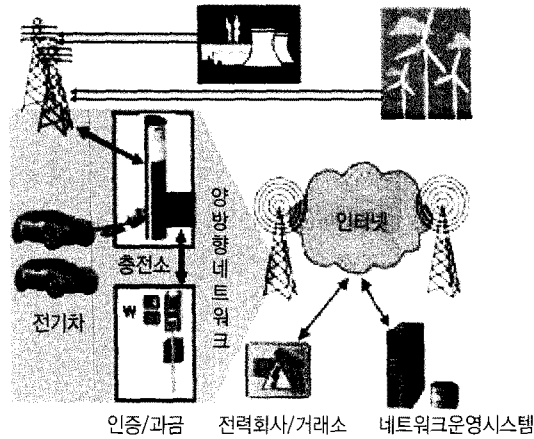
1882년 구스타프 트로브(Gustave Trouve)가 프랑스에서 3륜 전기차를 발표한 이후 주춤하던 전기자동차는 환경문제가 심각하게 논의되면서 다시금 각광을 받고 있다. 전기자동차가 미래 운송수단으로서 대세가 될 것으로 모든 조사기관들이 예상하고 있는 가운데, 몇 년 내에 우리는 실생활에서 급속한 변화를 경험하게 될 것이며, 전기자동차의 급속한 보급은 물론 이를 이용한 많은 서비스 산업이 탄생할 것으로 예상된다.

전기자동차는 운송수단으로서의 한계를 넘어 이동하는 에너지(Mobile Energy)의 수단으로 사용되고, 서비스 플랫폼의 기능으로 발전할 것으로 예상

KERI 선정 '미래를 바꿀 10대 유망 전기기술' **9**  
**유연 투명전극**

“디스플레이 산업의 혁신 이끈다”

유연 투명전극은 가시광선 영역에서 80% 이상의 투과도를 지니고 전기전도성이 우수하며 구부러질 수 있는 유연성을 지니는 전극을 말한다.



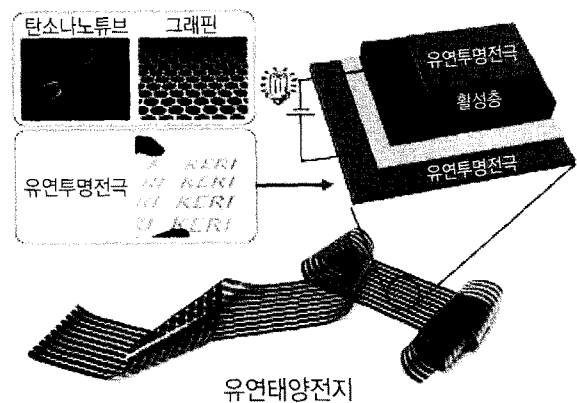
된다. 즉 전력은 발전과 소비가 동시에 일어나는 특성을 갖고 있으나 심야의 발전전력을 소비가 많은 낮 시간대로 이동시키는 수단으로 사용될 것이며, 전기자동차가 움직이는 센서와 리더, 무선통신의 접속점(Access Point) 등으로 이용될 것으로 예상된다.

움직이는 전기저장고로서의 역할도 주목된다. 아직 전력저장장치인 배터리 기술이 미흡하기는 하지만 2030년에는 성능 7배, 가격 1/40의 배터리 개발을 목표로 연구가 진행되고 있어서 전기자동차의 획기적인 성능개선과 보급확대가 진행될 것으로 기대되고 있다. 미래 어느 시점에 100만대(현재 승용차의 10% 수준)의 전기자동차(50kW)가 운행된다 고 가정할 경우, 이들이 시간대별로 분산되어 있지 않다면 원전 50기(50GW)에 해당되는 전력수요 또는 이동 발전소가 형성된다고 볼 수 있으므로 전기자동차 충전/방전관련 분야는 미래사회에 큰 변화를 가져다 줄 기술이다.

즉, 미래 전력계통인 스마트그리드가 추구하는 전력수요 분산전략의 성공여부는 움직이는 전기에너지 저장고인 전기자동차의 효율적 활용에 달려있다고 해도 과언이 아니다.

기존의 세라믹계 투명전도성 재료인 진공증착 ITO(Indium Tin Oxide)는 고분자 필름에 박막코팅이 어렵고 외부 스트레스에 의해 쉽게 파괴되는 문제점과 공정상 비용이 매우 높고, 인듐소재의 매장량 제한 등의 취약점이 있었다. 반면에 탄소나노튜브나 그래핀 등의 나노카본소재를 이용한 투명전극은 ITO의 제반 단점을 극복하여 유연한(Flexible) 투명전도성 구현의 가장 이상적인 소재 기술이다.

현재 탄소나노튜브 및 그래핀을 이용한 투명전도성 필름 기술은 KERI 재료응용연구본부에서 추구하는 나노기반 전기 핵심부품소재 기술 개발과 맞물려 휴대폰, 네비게이션, 노트북 등의 터치패널에 사용되는 전도성소재인 기존 ITO 필름을 대체할





수 있는 기술로 기술이전을 통해 상용화를 눈앞에 두고 있으며, 향후 탄소나노튜브와 그래핀의 복합화 기술 등의 개발을 통해 유연태양전지와 같은 신재생 녹색에너지용 소자를 위한 유연 투명전극을 개발함으로써 미래 핵심원천기술 확보에 기여하고자 한다.

KERI 선정 '미래를 바꿀 10대 유망 전기기술' **10**  
무방열 LED

“디스플레이 산업의 혁신 이끈다”

LED(Light emitting Diode)는 발광다이오드로서 전압이 걸릴 때 빛이 방출되는 전기발광효과를 이용한 반도체 소자이다. LED는 에너지 절약효과가 매우 우수하고, 수명이 길고, 수은이 사용되지 않으므로 친환경 제품으로 각광을 받고 있으며 전 세계적으로 시장이 천문학적으로 증가하고 있다. 그러나 LED는 투입전력의 약 80% 정도가 열로 발생되고 있으며 온도가 올라갈수록 LED의 효율이 떨어지고 수명도 줄어들게 된다. 따라서 LED의 효율을 높이고 수명도 길게 하기 위해서는 소자에서 발생된 열을 밖으로 잘 방출시키는 것이 중요하다. 그리고 현재 LED를 구동하는 전원부의 효율을 높

여서 LED 구동에 필요한 에너지를 절약하고 열이 덜 발생되게 하는 기술이 필요하다.

무방열 LED는 이러한 기존 LED의 단점을 외부 방열판 부착없이 해결하는 기술로 에너지 절약효과가 매우 우수하고, 수명이 길어 일반조명, 자동차 조명(전조등, 계기판 등), 디스플레이 조명(LCD BLU, LED 전광판 등) 외에 의료용 조명(치료용 광원, 고성능 진단기기 조명) 및 농업/환경분야(식물재배 조명, 살균/정화용 조명) 등에 적용이 가능하다.

LED의 시장규모는 천문학적으로 증가하고 있으며 시장성과 기술성이 매우 높은 산업이다. LED를 이용한 일반조명은 기존 일반조명을 대체 할 것으로 기대되며, LED를 이용한 일반조명과 IT를 융합함으로써 감성조명, 원격제어 조명 및 동작상태 저장이 필요한 특수조명에 활용될 것이다. 아울러 LED를 이용한 농업조명(BT)과 IT융합분야에서는 LED를 이용하여 광량을 조절하고 단일 파장과 혼합파장의 구현이 가능하다. 또한 식물재배 일정의 데이터 베이스를 통하여 광합성 조절을 통한 식물 성장 촉진시스템이 가능하다. 이렇듯 LED 조명기술은 향후 IT, BT 및 해양기술과 융합됨으로서 지속성장 가능한 녹색성장의 동력이 될 것이다. KEA

