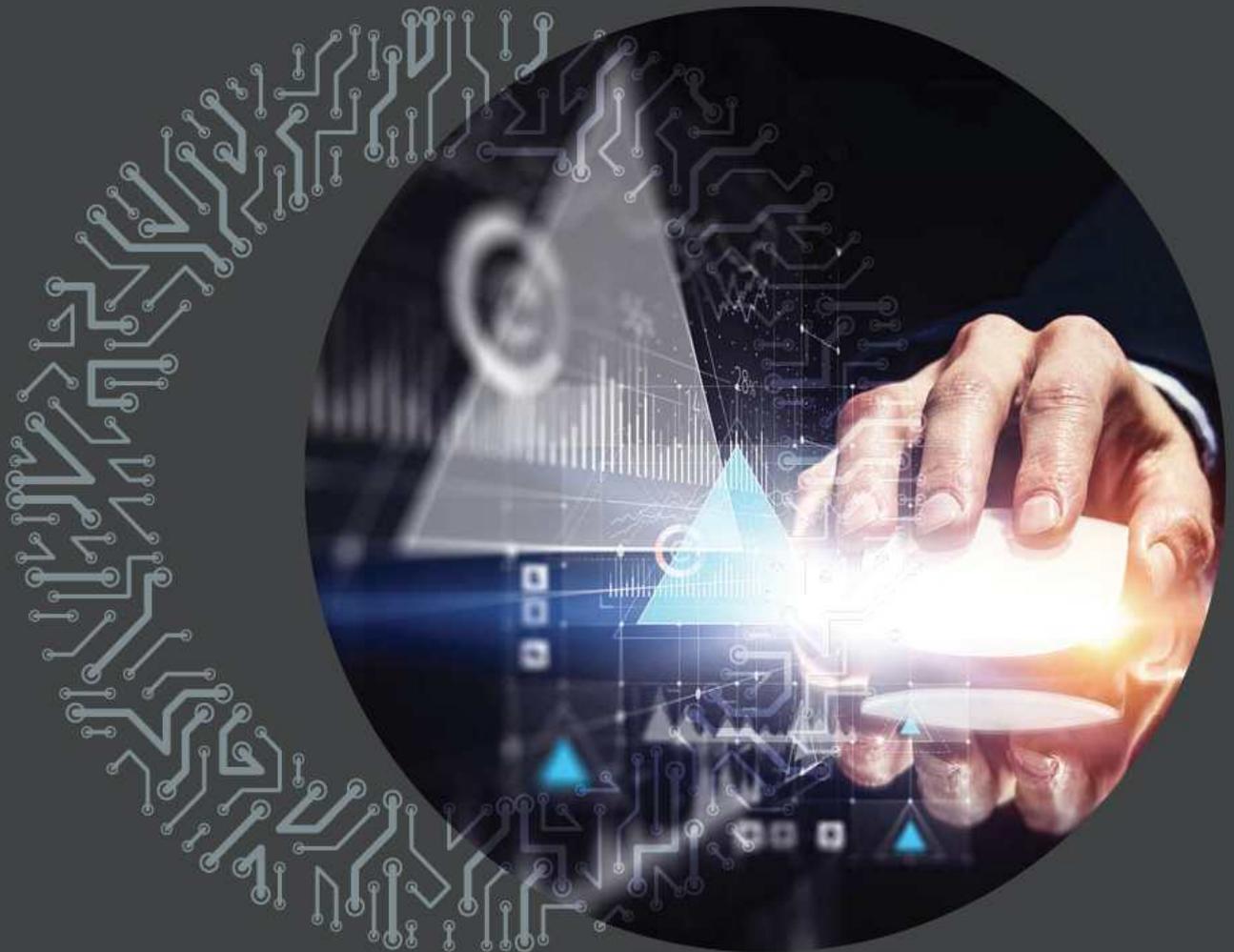


## Insight Report

### ICT 융합부품/소자 도메인 분석: 기술동향 및 시장전망



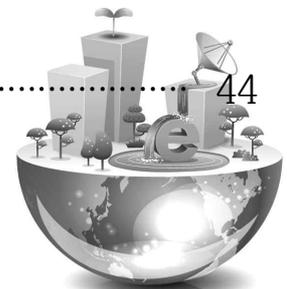
※ 본 보고서의 내용은 필자의 개인적인 견해이며, 한국전자통신연구원의 공식 견해가 아님을 알려드립니다.

본 문서에서 음영처리된 부분은 (  ) 정보공개법 제9조의 비공개대상정보와 저작권법 및 그 밖의 다른 법령에서 보호하고 있는 제3자의 권리가 포함된 저작물로 공개대상에서 제외되었습니다.



본 저작물은 공공누리 제4유형: 출처표시+상업적이용 금지+변경금지 조건에 따라 이용할 수 있습니다.

|   |                              |    |
|---|------------------------------|----|
| ↓ | 요 약 .....                    | 1  |
|   | I. ICT 융합부품/소자 개요 .....      | 2  |
|   | 1. 개관 .....                  | 2  |
|   | 2. 필요성 및 핵심가치 .....          | 9  |
|   | II. 국내외 기술동향 .....           | 10 |
|   | 1. 분야별 기술동향 .....            | 10 |
|   | 2. 미래 기술발전 전망 .....          | 32 |
|   | III. ICT 융합부품/소자 시장 분석 ..... | 33 |
|   | 1. 시장상황 및 경쟁상황 분석 .....      | 33 |
|   | 2. 미래 시장 전망 .....            | 35 |
|   | IV. 정책적 시사점 .....            | 41 |
|   | 참고문헌 .....                   | 44 |





## 요 약

### ICT 융합부품/소자의 특성과 중요성

- ICT 융합부품/소자는 ICT 완제품을 생산하는 과정에 있어서 소재부터 조립단계 이전까지 투입되는 전자적 기능을 가진 중간재로 중추적인 역할을 담당
- 4차 산업혁명의 실현을 위하여 지능형반도체, AR/VR 디바이스, 홀로그램 패널, 융복합 실감 센서, 3D프린팅 소재/부품, 전력반도체, 에너지 변환/수집 소자 등 ICT 핵심 부품의 연구개발이 필요

### 시장상황 및 경쟁상황 분석

- (시장 성장세 둔화) 전체적으로 ICT 산업의 성장이 둔화되고 있고 새로운 시장 형성이 지연되고 있어 ICT 융합부품/소자 부문 매출도 성장세가 둔화되고 있음
  - 실리콘 포토닉스, 열전소자, 테라헤르츠 시스템, 슈퍼커패시터 등 일부 세부 시장의 성장률은 높게 나타남
- (시장 경쟁상황) 전력반도체, 에너지 저장 디바이스, 센서, 광전융합 디바이스 등 ICT 융합부품 주요시장은 글로벌 소수 업체로의 시장 집중이 더욱 심화되고 있음
  - 메이저업체의 시장지배력을 고려했을 때, 기존의 경쟁체계를 바꿀 수 있는 획기적인 부품/소자 기술 등의 선도개발이 이뤄져야 변화가 가능
  - 변혁적인 기술이 아닐 경우, 융합부품으로 창출된 새로운 신규시장에 조기 진입하거나, 메이저 업체들이 진입하지 않은 틈새시장 발굴이 효과적

### 정책적 시사점

- 미국, 유럽, 일본 등 선진국과 경쟁하기 위해서는 원천기술 확보, 대규모 정부 프로젝트 발주, 전문인력 양성, 장기적 안목으로 접근, 원칩화 기술 트렌드에 대응, 조화로운 산업생태계 조성, 차세대 소재 기술 개발 등을 추진할 필요가 있음
- 업체들은 혁신을 통해 '경쟁력 강화'를 실행하고 국내 수요시장, Captive Market 보호는 물론 해외시장 확대를 중장기적으로 추진해야
- 국내 ICT 융합부품 업체들의 부가가치 원천인 R&D에 대한 지속적인 투자를 통해 독자적인 영역 확보 및 강화가 필요

## 1. 개관

### ICT 융합부품/소자 기술의 개념

- ICT 융합부품/소자는 ICT 완제품을 생산하는 과정에 있어서 소재부터 조립 단계 이전까지 투입되는 전자적 기능을 가진 중간재를 의미
  - 국가 산업의 기반으로서 ICT 완제품의 경쟁력 향상에 중추적인 역할을 담당
- 최근 전세계적으로 4차 산업혁명의 기치를 걸고 인공지능, IoT, AR/VR, 웨어러블 스마트기기, 3D프린터, 자율주행차, 드론/로봇, 스마트공장 등의 ICT 융합기술의 연구개발이 활발하게 수행
  - 이러한 연구개발의 성공을 위해서는 현재까지 시장에 없었던 새롭고 다양한 ICT 융합부품/소자의 개발과 보급이 전제되어야 함

### 분류

- ICT 융합부품/소자는 크게 전력반도체, 에너지 저장 디바이스, 에너지 하베스팅 디바이스, 인쇄전자소자 및 3D 프린팅, 센서, 광전융합디바이스, 테라헤르츠 등으로 분류

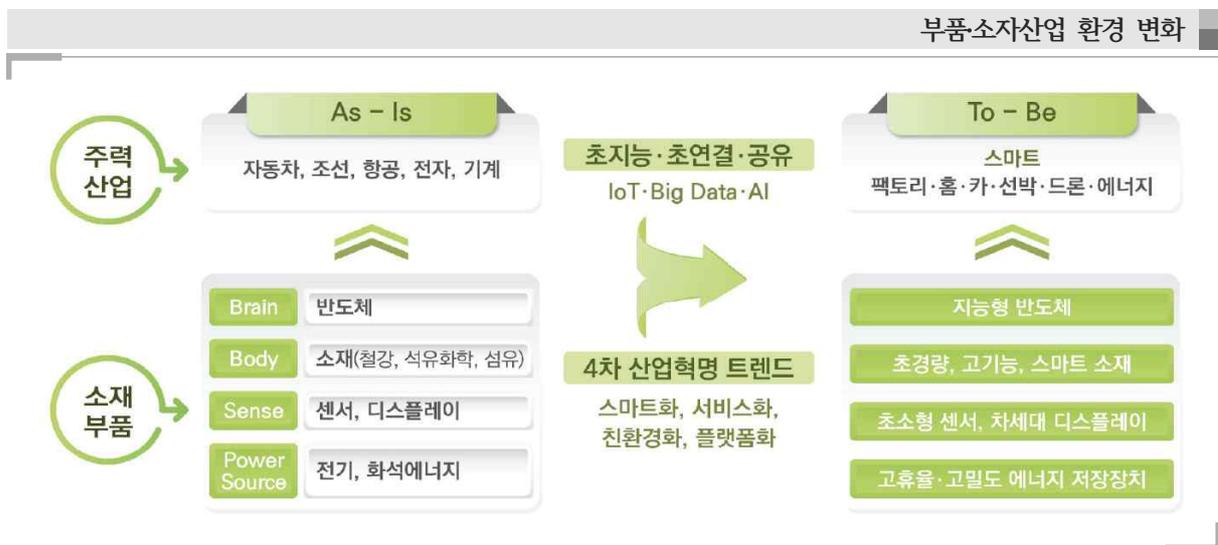
표 1 ICT 융합부품/소재 분류

| 구분             | 세부내용   |
|----------------|--|
| 전력 반도체         | Si/GaN/SiC/MT 소자모듈IC 등                         |
| 에너지 저장 디바이스    | 소형/중대형 이차전지, 슈퍼커패시터 등                          |
| 에너지 하베스팅 디바이스  | 열전소자, 압전소자, 솔라소자                               |
| 인쇄전자소자 및 3D프린팅 | 인쇄전자소자, 3D프린팅                                  |
| 센서             | 음향센서, 환경센서, 모션센서, 바이오센서, 영상센서, 터치센서, 터치리스 UI 등 |
| 광전융합 디바이스      | 실리콘 포토닉스                                       |
| 테라헤르츠          | 테라헤르츠 시스템·분광기·센서·컴퓨팅                           |

출처: ETRI 기술경제연구본부, 2017.11

## 특성

- ICT 융합부품/소자 산업은 부가가치의 원천으로서 4차 산업혁명 연관 신산업 육성과 주력산업의 고도화에 크게 영향을 끼치는데, 초경량, 고기능 스마트 융복합소재는 시장 지배가 가능한 고부가 소재산업으로 발전할 전망
- 다품종 소량생산의 특성을 지니며 고도의 기술력을 가진 부가가치 제품
- 글로벌 기업들은 4차 산업혁명 기반 기술과 연관된 첨단 ICT 융합 부품·소자 개발에 핵심역량을 집중



자료 : 산업통상자원부, 2017.12.27

## 정책

- 융복합 소재 개발
  - 정부는 「13대 미래성장동력 실행계획」(2014.6.18)의 일환으로 지속성장기반(4대기반산업)을 위하여 미래 융복합 소재를 미래성장동력으로 육성
  - 새로운 물리, 화학적 결합을 통해 초경량화, 고성능화, 다기능성을 극대화한 융복합 소재는 스마트자동차, 해양플랜트 등 성장동력 발전의 기초역할을 수행
  - 창의소재 및 고부가 산업용 소재 개발을 통한 소재 4대강국을 실현하도록 「창의소재연구단」 등 융합연구체제를 구축하고, 비즈 플랫폼(Biz. Platform) 등 소재기술 사업화 인프라를 마련하며, 소재-수요 연계 산업 생태계를 조성

- 정부는 「2016년 미래성장동력 실행계획」(2016.3.30)의 일환으로 창의소재 및 산업용 핵심소재로서 융복합 소재 개발을 추진하고 있는데, 2024년까지 미래소재 및 산업용 핵심소재 4대 강국 실현을 목표로 융복합 소재 원천기술 융합연구 체계 구축 및 응용기술 개발 통한 원천기술 확보
- 2016년에는 미래 소재 연구 활성화, 추격형 소재 원천기술 확보, 소재 설계 및 양산기술 개발에 중점을 두고 미래소재사업단 구성, 계산과학플랫폼 기술개발, 나노입자설계 분석기법 확립, 첨단산업용 전략 소재·부품 운영 기술 기반 구축, 하이퍼플라스틱 원천기술 확보 등을 추진
- 또한 미래소재 원천특허포트폴리오 구축, 특허 등록 관련 제도 개선, 기업 맞춤형 융복합소재 고급인력 양성, 범부처 미래소재 사업화 애로 극복 협의회 구성 등을 추진

**표 2** 융복합 소재 추진전략

| 구분      | 주요내용  |
|---------|---|
| R&D.사업화 | 창의소재연구단 구성을 통한 융합연구 추진 및 미래성장동력 타 분야에 적용 가능한 융합소재 발굴·개발             |
| 인프라     | 우수 원천기술의 사업화 장애요인을 해결하는 창의소재 갭 극복위원회 구성 및 타이나눔 산업발전협의회 구성·운영        |
| 법·제도    | 원천소재의 특허 출원, 등록비용 지원을 위한 제도개선 및 융복합소재 분야 투자 확대를 위한 금융 및 M&A 지원체계 마련 |

출처: 미래창조과학부, 정보통신산업의 진흥에 관한 2016 연차보고서, 2017.1, p.84

### ● SW 융합형 20대 부품 선정

- 산업통상자원부는 2015년 8월 25일 주력산업의 고도화와 스마트화를 추진 하는데 필수적인 SW 융합형 20대 부품을 선정
- 2013년 이후 산업통상자원부의 연구개발 과제 중에서 자율주행 자동차, 웨어러블 디바이스, 지능형 로봇, 스마트 선박, 사물인터넷 등 13대 산업 엔진에 탑재될 핵심부품을 SW 융합형 20대 부품으로 선정
- 산업통상자원부는 20대 부품의 조기 사업화를 위해 기술개발 지원 강화, 사업화 애로 발굴 및 해소, 국내외 수요처 발굴 등에 대한 지원을 강화

**표 3** SW 융합형 20대 부품 선정 현황

| 산업        | 적용제품 예시     | 20대 부품명                   | 적용분야   |
|-----------|-------------|---------------------------|--|
| 전자        | 착용형 스마트기기   | 웨어러블 디바이스 부품              | 착용형 스마트기기, 맞춤형 웰니스 케어, 재난안전관리 스마트 시스템                |
|           | 스마트모바일기기    | 모바일기기 부품                  | 착용형 스마트기기, 5G 이동통신산업                                 |
|           |             | 차세대통신 부품                  | 광대역 통신, 초고속 통신, 멀티미디어 통신부품                           |
|           | 스마트홈가전기기    | 고품질 실감형 멀티미디어 부품          | 실감형콘텐츠, 차세대 가전산업                                     |
| 디스플레이     | 신기능 디스플레이   | 차세대 디스플레이 부품              | 스마트TV, 스마트폰, 착용형 스마트기기 등 차세대 가전산업                    |
|           |             | 스마트 디스플레이 UI/UX부품         |  |
|           |             | AMOLED 디스플레이 부품           |  |
|           |             | 디스플레이/반도체 장비 부품           |  |
| 반도체       | IoT 전력반도체   | 스마트 전력반도체                 | 신재생에너지, LED조명, 가전, 자동차, 모바일, 디스플레이, 무선추진, IoT, 스마트공장 |
|           |             | 스마트센서                     | 계측기, 자동차, 모바일, 가전기기, 의료기기, 국방·보안기기                   |
| 자동차       | 자율주행자동차     | 고안전 능동 샤시부품               | 차량안전시스템  |
|           |             | 커넥티드카 부품                  | 자율주행 차량간 통신  |
|           | 스마트카        | 운전자지원편의 부품                | 운전자 편의시스템, 운전자 정보제공 시스템 차량용 인터페이스 부품                 |
|           | 그린카         | 고효율·장수명 이차전지 부품           | 능동 샤시시스템, 차량안전시스템                                    |
| 고연비 구동 부품 |             | 경량 소재제품, 엔진·구동계 효율 향상 제품  |  |
| 조선        | 스마트선박       | 통합제어 융합형 고성능 최적화 선박·해양플랜트 | 연료저감장치, 시추형 머드 시스템, 드릴링시스템                           |
|           |             | 생애주기지원 스마트 정보처리시스템        | 상태진단시스템, 항해지원시스템 등                                   |
| 기계로봇      | 지능형 로봇      | 고정밀 제어 부품                 | 정보가전, 자동차, 국방·산업, 에너지, 조선, IoT, 스마트공장, 의료 등          |
| 광레이저      | 첨단 디지털 계측기기 | 레이저 광모듈 부품                | 디스플레이, 포터블 빔 프로젝터 및 광통신제품 등                          |
|           | 차세대 조명      | 고신뢰성 LCD 부품               | 농축산용, 원자력 조명 등 특수 조명 분야, 의료, 바이오 산업분야 등              |

출처: 미래창조과학부, '정보통신산업의 진흥에 관한 2016 연차보고서, 2017.1, pp.82-83

● 스마트·친환경 핵심 소재부품 개발

- 정부는 세계 최초로 상용화하거나 시장을 창출할 수 있고, 지속적으로 시장지배력을 가질 수 있는 세계 최고 수준의 10대 핵심소재(WPM: World Premier Materials)를 2019년까지 개발
- WPM은 2019년 세계시장 10억 달러 이상 창출이 가능하며, 점유율 30% 이상 달성도 가능한 세계시장 선점 핵심소재
- 아울러 스마트카, 에너지저장시스템(ESS) 등 스마트 제품의 상용화에 필요한 20대 핵심 SW 융합형 부품을 2018년까지 집중 개발할 계획

WPM 사업중 ICT소재 관련 성과



자료 : 미래창조과학부, 2017.1, 정보통신산업의 진흥에 관한 2016 연차보고서, p.85

● ICT 융합부품(스마트카) 국산화 개발

- 정부는 ICT-자동차 업계간 공동기술개발을 통해 자율주행차 핵심부품을 국산화하고 있는데, 자율주행차 핵심부품은 첨단전자보조시스템(ADAS)과 같은 자동차용 반도체, 레이더 등 IT융합부품

● 제4차 소재·부품발전 기본계획

- 우리나라는 반도체, 디스플레이의 신소재 및 재료 개발이 시급한 실정으로 산업통상자원부는 관계부처 합동으로 「제4차 소재·부품발전 기본계획 (2016.12.27)」을 수립
- 2025년까지 첨단 신소재」부품 100대 기술개발, 가상공학 플랫폼 등 미래형 소재·부품 인프라 구축, 글로벌 파트너링(Global Partnering) 사업 확대를 통한 해외진출 지원 강화 등을 추진할 방침
- 2025년까지 개발할 100대 유망기술은 4차 산업혁명 대응을 위한 소재·부품 기술 50개 및 주력산업 고도화를 뒷받침할 수 있는 기술 50개로 구성

**표 4** | 첨단 신소재·부품 100대 유망기술

| 구분         | 100대 유망기술                                 |
|------------|---|
| 4차 산업혁명 대응 | ○ IoT(21개): 5G 이동통신 모뎀, 전자센서용 마이크로 광원부품 등 |
|            | ○ 빅데이터(3개): 클라우드컴퓨팅용 고분자 소재 등             |
|            | ○ AI(3개): 항공기용 고성능 항법장치, 드론용 충돌회피 시스템 등   |
|            | ○ 로봇(18개): 고강도·고성형 알루미늄, 고효율 모터부품 등       |
|            | ○ 3D 프린팅(5개): 임플란트 바이오세라믹 소재 등            |
| 주력산업 고도화   | ○ 산업공통(14개): 센서부품, 리튬이온전지, 에너지고밀도화 기술 등   |
|            | ○ 자동차선박(14개): 마그네슘판재 제조기술, 친환경평형수 처리기술 등  |
|            | ○ 철도·항공(8개): 동력용 배터리팩 모듈, 차세대 고품고무제조기술 등  |
|            | ○ 반도체·디스플레이(8개): 파워반도체 기술, OLED 엔진기술 등    |
|            | ○ 바이오(6개): 바이오의약품 기반기술, 뷰티케어 세라믹 소재 등     |

출처: 산업통상자원부, 2017.12.27

● 추진실적 및 성과

- 기존 상용화된 에너지 저장 소재보다 6.5배 성능 향상을 가지면서도 긴 수명(10,000 이상 사이클)을 가진 차세대에너지 저장소재인 슈퍼커패시터(Super Capacitor)를 세계 최초로 개발, 성공했는데 저장용량이 2.5배(1,150F/g) 높으면서도, 반영구적인 수명(50,000번 이상 충·방전 기능)을 가진 차세대 에너지 저장소재를 개발
- 또한 충·방전 속도를 개선한 전지 소재를 개발했고, 새로운 구조의 시각 이미징, 광통신용 저전력 고효율 광센서를 세계 최초로 개발했으며, 100회 이상 접어도 성능이 그대로 유지되는 플렉시블 투명전극도 개발<sup>1)</sup>

1) 미래창조과학부, “정보통신산업의 진흥에 관한 2016 연차보고서”, 2017.1, pp.82-84.

표 5 ICT 소재 추진실적(2014.1~2017.6)

| 시기      | 추진실적                                    | 주요내용  |
|---------|---|---|
| 2014.7  | 슈퍼커패시터 세계 최초 개발                         | ○ 기존 상용화된 에너지 저장소재보다 6.5배 성능 향상과 긴 수명 가진 차세대 에너지 저장소재   |
| 2014.8  | 하이브리드 슈퍼커패시터 향상 물질 개발                   | ○ 차세대 에너지 저장장치로 주목받는 하이브리드 슈퍼커패시터의 용량과 충전속도를 높이고 수명을 향상시킬 수 있는 물질 발굴  |
| 2014.8  | 테라헤르츠 고주파수 대역에서 전자를 이동시키는 실리콘 소자기술 최초개발 | ○ 실리콘 반도체의 전자가 테라헤르츠 주파수로 진동하면서 기존 전자이동 속도보다 10~100배 빠른 이동 세계 최초 제시   |
| 2014.8  | 우수한 고효율 페로브스카이트 태양전지 개발                 | ○ 재현성이 뛰어나고 광 포집(light harvesting) 기능과 전자추출능력(charge carrier extraction) 우수한 고효율 페로브스카이트 태양전지 개발  |
| 2014.9  | 고효율 유기발광소자 개발                           | ○ 차세대 디스플레이와 조명 등의 광원으로 주목받는 고분자 유기발광소자의 발광효율과 안정성 극복   |
| 2014.11 | 차세대 에너지 저장소재 개발                         | ○ 기존제품보다 에너지 저장용량이 2.5배(1,150F/g) 높고, 반영구적 수명 가진 차세대 에너지 저장소재   |
| 2014.11 | 충방전속도를 개선한 리튬이온전지소재 개발                  | ○ 개미집처럼 연결된 기공 가진 계층형 다공구조 갖는 무기질 산화물 합성기술 개발하고, 합성한 산화물 사용해 충방전 속도 개선한 리튬이온전지 구현   |
| 2014.12 | 유기 메모리 소자 개발                            | ○ 정보저장능력 크게 향상시킬 수 있는 기술개발  |
| 2014.12 | 키토산 메모리 소자 개발                           | ○ 게 겹질에서 추출한 키토산으로 메모리 소자를 만들 수 있는 기술 개발  |
| 2015.3  | 시각 이미징, 광통신용 저전력 고효율 광센서 개발             | ○ 그래핀과 실리콘 양자점을 활용하여 새로운 구조의 저전력 고효율 광센서를 세계 최초 개발  |
| 2015.3  | 유연 투명전극 개발                              | ○ 종이처럼 구기거나 1,000회 이상 접어도 성능이 그대로 유지되는 플렉시블 투명전극 개발   |
| 2015.8  | 리튬전지 개발                                 | ○ 원하는 곳에 원하는 모양으로 얇게 입힐 수 있는 리튬전지 개발  |
| 2016.4  | 플렉시블 디스플레이 소재                           | ○ 플렉시블 디스플레이용 플라스틱 기판소재 및 가볍고 유연한 보호 투명필름 개발해 세계 최고수준의 수분투과도의 보호필름을 QLED TV에 적용   |
| 2016.4  | 고성능 이차전지 소재                             | ○ 자동차 및 에너지 저장용 리튬이온 이차전지 양극 전극소재 개발.사업화해 월 100톤 고용량 양극 소재 설비구축 및 연 3천톤 음극소재 공장 증설  |
| 2016.4  | 슈퍼 사파이어 단결정 소재                          | ○ LED용 대구경 사파이어 단결정 잉곳 및 기판 개발, IT기기 전면보호 윈도우용 잉곳 및 윈도우용 개발<br>○ 세계 최고 수준 6인치/8인치 사파이어 단결정 잉곳 성장하고, 기판 가공 사업화기술 개발<br>○ IT기기용 광학 윈도우 시장 대응을 위한 전용 잉곳 및 가공기술도 개발 |
| 2016.4  | 투명전극 제조기술 개발                            | ○ ETRI는 나노와이어에 전자빔 쏘아 투과성이 좋고 저항이 낮은 투명전극 제조기술을 개발, 나노와이어를 이용해 투명하고 휘는 디스플레이 등에 적용  |
| 2016.7  | 차세대 메모리 핵심소재 개발 성공                      | ○ 기존 SRAM 메모리 한계를 뛰어넘는 비휘발성 고속, 고집적 소재  |
| 2017.3  | 페로브스카이트 태양전지 소재 및 소자 기술개발               | ○ 고효율(21.2%)과 고안정성(1,000시간) 만족 페로브스카이트 태양전지용 핵심 소재 및 제조기술 개발  |
| 2017.5  | 더 얇아진 인체정보센싱 디스플레이 원천기술 개발              | ○ 휴대용 및 차량용 디스플레이 등 적용 기대   |
| 2017.5  | 은나노선편름소재(flexionet) 기술 설명회              | ○ 유연 디스플레이 산업의 기술 난제 해결   |
| 2017.6  | 고점착 패치소재 세계최초 개발                        | ○ 물속에서 떼고 붙이는 최초 문어빨판 패치 소재 개발, 네이처 게제, 전자소자, 의료용 패치 등에 적용  |

출처: 관련 자료를 참고로 ETRI 기술경제연구본부 작성, 2017.11

## 2. 필요성 및 핵심가치

### 필요성

- 4차 산업혁명의 실현을 위하여 지능형반도체, AR/VR 디바이스, 홀로그램 패널, 융복합 실감 센서, 3D프린팅 소재/부품, 전력반도체, 에너지 변환/수집 소자 등 ICT 핵심 부품의 연구개발 및 군수부품, 방송통신 융합부품, 광통신 소자/부품, 양자통신 소자/부품 등 시스템과 서비스가 연계된 핵심 고부가가치 소재부품 연구개발이 필요
- 산업계 및 연구기관과의 협력연구로 시너지 창출을 이루어 국내 ICT 부품 업체들이 신시장을 선점하여 세계적인 중견 중소기업으로 도약하고 ICT 소재부품 강국이 될 수 있도록 지원해야
- ICT 부품산업은 성숙기에 접어든 ICT산업의 새로운 성장 동력
  - IT 완제품 제조업체간 경쟁이 더욱 심화될 것이며, 독과점화가 강화될 전망
  - 기술 측면에서의 융복합화 현상, 최종 소비자 수요 측면에서의 욕구 다양화에 따라 ICT 완제품간 시장 경계가 무너지고 경쟁 구도가 빠르게 재편
  - ※ 기존 TV, 휴대폰 등의 서로 독립적인 시장에서 동일 제품간 경쟁만을 고려했던 시기에서 IPTV, 스마트폰, 모바일패드 등의 복합 기기로 발전함에 따라 이종 제품간 경쟁도 고려해야하는 시기로 전환

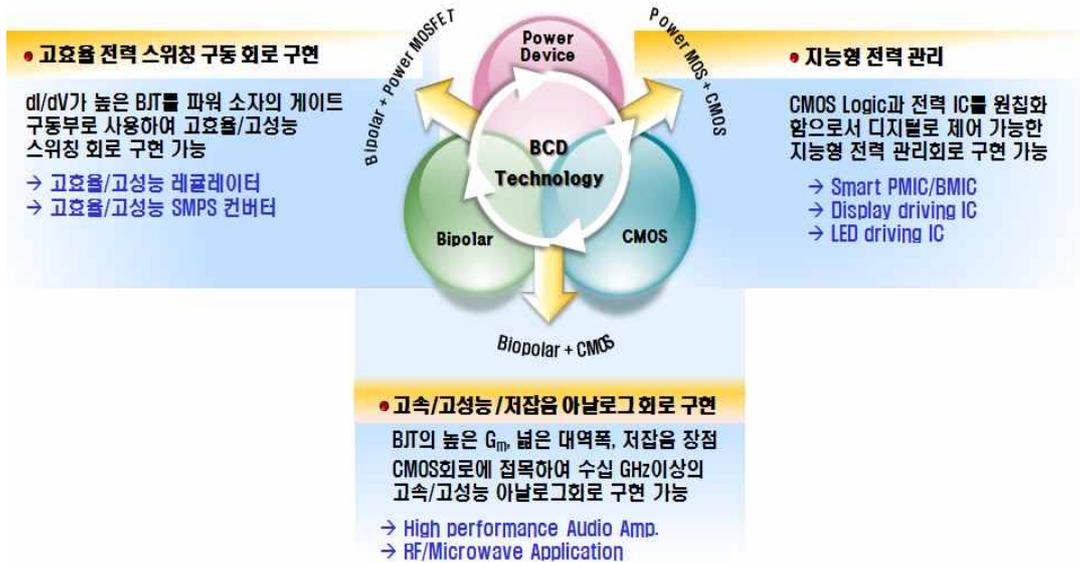
### 핵심가치

- 메이저 업체의 시장지배력을 고려했을 때, 기존의 경쟁체계를 바꿀 수 있는 획기적인 부품/소자 기술 등의 선도개발이 이뤄져야 시장판도 변화 가능
- 시장 관점에서 성장률이 높은 실리콘 포토닉스(58.5%), 열전소자(55.7%), 테라헤르츠 시스템(38.7%), 슈퍼커패시터(27.2%), 3D 프린팅(24.7%) 등이 핵심
- 전략적 관점에서 ICT 융합부품이 추구해야 할 방향성으로는 원천기술 미비로 시장규모가 큰 전력반도체와 센서 등을 90% 이상 해외에 의존하고 있어 정부 지원 하에 산·학·연이 연계해 핵심 원천기술을 개발하고 전문업체를 육성해 국산화 제고와 대외의존도 감소를 도모해야
- 부처간 협력을 통해 부품/소자 산업 육성과 종합적인 부품/소자 R&D 체계 정비로 ICT 부품/소자 산업의 구조 재편 및 생태계 조성

### 1. 분야별 기술동향

#### ■ 전력반도체

- 전력반도체는 에너지 절감을 위해 전력을 관리하는 시스템반도체의 일종으로 최근 전기차, 신재생에너지 분야 등에서 수요가 증가
  - 전력반도체는 디스크리트와 모듈로 구성되며 디스크리트는 모스펫(MOSFET), 절연게이트 양극성트랜지스터(Insulated Gate Bipolar Transistor, IGBT) 등이 있고, 모듈은 하나의 패키지 안에 두 개 이상의 디스크리트 제품과 집적회로(IC)를 통합한 것
  - 지구 온난화 방지 노력과 글로벌 환경규제의 강화로 친환경 절전형 부품/시스템 개발이 절실히 요구되고 있는데, 전력반도체가 대안으로 부상
  - 컴퓨팅, 통신, 가전, 산업, 자동차 등 전자 애플리케이션뿐만 아니라 스마트폰, 태블릿PC 등 모바일시대의 도래로 전력반도체의 적용이 확대
  - 차세대 소자인 탄화규소(SiC)와 질화갈륨(GaN)을 채용한 전력반도체도 태양광 발전, 산업기기, 통신기기, 생활가전 등으로 적용이 확대되어 수요가 급증
- 세계 전력반도체 시장 구도
  - 파워 트랜지스터는 인피니언, 미쓰비시전기, 도시바, 페어차일드, 르네사스 순이고 파워 MOSFET 분야에서는 페어차일드가 1위업체이며, 전압조정기는 TI, 맥심, Linear, Consumer PMIC는 쉘컴, 맥심, TI 순으로 시장을 지배
  - 국내는 원천기술 부족과 해외 특허 등으로 인해 전력반도체 시장의 90% 이상을 해외 수입에 의존
  - 기술수준은 선진국대비 50~70%에 불과할 정도로 진입장벽이 존재하는데, 고 집적 BMIC, 수소연료전지차용 PMU, Smart PFC, 오디오 프로세서 등은 발아기로 선진국에 비해 기술수준이 50%에 불과



자료 : ETRI, 2016

- 반도체 기업들은 기존 실리콘 웨이퍼보다 전력 손실을 크게 줄일 수 있는 SiC (탄화규소), GaN(질화갈륨) 웨이퍼 개발에 주력
  - GaN(질화갈륨) 반도체는 와이드밴드 갭 특성과 고온(700°C) 안정성에 장점이 있어 차세대 고효율/고출력 전력소자의 솔루션으로 채택
  - 인피니언, 페어차일드, ST마이크로일렉트로닉스 등은 300mm 웨이퍼를 이용한 전력반도체(CoolMOS)를 개발하고 있으며 GaN(질화갈륨) 등 차세대 화합물반도체를 개발
  - 인피니언은 진입 장벽이 높은 전력용 반도체 1위업체로 세계시장 점유율은 18.7%로 1위를 기록하고 있으며 다품종 소량 생산으로 고객과 충분히 사전 조율을 가진 뒤 제품을 개발하며, 웨이퍼(반도체 기판) 크기를 넓혀 생산성을 높이고 있음
  - 온세미컨덕터는 2017년 5월 독일 뉘른베르크에서 개최된 PCIM Europe 2017 전시회에서 FDMF8811를 출시했는데, 고집적 100볼트 정격 브릿지 전력단 모듈로서 하프브리지와 풀브리지 DC-DC 컨버터 토폴로지를 모두 처리할 수 있어, 이 솔루션을 채택한 엔지니어들은 효율적으로 시스템 설계를 할 수 있고, 무선 기지국 및 다른 클라우드 컴퓨팅 기반 시설에서 사용되는 DC-DC 컨버터의 좁은 공간 내에서도 전력을 빠르게 전달

- 후지전기는 2017년부터 2018년까지 반도체 제품의 생산 능력을 대폭 끌어 올릴 계획으로 2018년 3분기까지 122억엔을 투자할 방침이며, 전력반도체의 월 생산 능력을 40% 증가(200mm 웨이퍼 환산)시키는 것 외에도 에어컨용 지능형전력모듈(IPM)의 생산 능력을 두 배 증가시킬 계획
- 맥심은 아날로그를 디지털 신호로 바꿔주는 아날로그 반도체 전문 업체로 전력관리반도체(PMIC) 분야에서 강점을 가지고 있는데, 배터리 수명, 충전속도, 전력관리 등에서 뛰어난 성능으로 충족시키고 있으며, 2017년 웨어러블과 IoT 시장을 겨냥해 출시한 나노파워부스트 레귤레이터 'MAX17222'는 제품 크기를 최대 50% 줄이면서 업계 최대 95% 효율을 구현하고, 대기전류를 300 나노암페어(nA)로 업계 최초로 밀리암페어가 아닌 나노암페어 수준으로 최소화
- 애플은 최근 들어 아이폰용 전력관리반도체(PMIC)를 자체 개발하고 있는데, PMIC로 불리는 부서에 엔지니어 80명을 보유하고 있으며, 타 회사로부터 핵심 부품을 구매하거나 라이선스를 취득하는 대신, 자체적으로 더 많은 핵심기술을 개발하기를 원하며, 외부 조달 기술을 내재화하고 있음
- 국내 전력반도체 산업은 수입의 95%를 해외에 의존하는 등 매우 열악한 수준이었으나 최근 들어 삼성전자, LG전자, 동부하이텍, 실리콘마이트스 등을 중심으로 전력반도체 개발이 활발해지고 있으며 GaN 소자를 이용한 연구가 수행
- 한국전기연구원(KERI) 전력반도체연구센터는 2016년 '고효율 신소재 SiC 전력반도체' 국산화에 성공했는데, 메이플세미컨덕터에 기술 이전해 현재 상용화 과정을 밟고 있으며, 전기자동차 구동 전력변환장치에서 산업용 모터 전원공급장치, 대용량 전력계통용 전력변환장치 대부분이 SiC 전력반도체로 대체될 전망이며, 향후 수십년 동안 전력반도체 시장을 주도하고 우리나라 주력산업으로도 자리잡게 될 것으로 기대
- (주)아이에이는 2017년 9월 계열사인 트리노테크놀로지와의 전량 수입에 의존하던 자동차용 고전력 파워모듈의 핵심부품인 전력반도체의 국산화 개발에 성공했는데, 고전력 파워모듈에 적용되는 이 전력반도체는 자동차에 장착된 많은 모터들을 효율적으로 제어하는 고전력 파워모듈의 핵심부품으로 전력 손실을 낮추고, 설계 최적화를 통해 고신뢰성을 확보

- 시스템 반도체 설계 전문기업 에이디테크놀로지는 2017년 9월 ‘초 저전력 설계가 가능한 라이브러리’ 개발에 성공했는데, 전원 차단 없이 항상 구동되는 기능이 필요한 반도체 설계에 적용이 가능하며, 소자 기술과 회로 구성 기술을 접목해 0.8~5V까지 광역 전압 영역에서 안정적으로 동작하고, 동일 기능을 수행하기 위한 회로 설계에서 타사 라이브러리 대비 소비 전력을 약 6분의 1 수준으로 감소한 것이 특징

## 에너지 저장 디바이스

### ● 개요

- 에너지저장용 이차전지와 전기차용 이차전지에서 LG화학, 삼성SDI 등이 시장을 주도하고 있으며 전기차 판매의 증가로 시장이 급속히 확대

### ● 슈퍼커패시터(Supercapacitor)

- 고용량 커패시터, 콘덴서 또는 전해액 커패시터에 비해 월등히 많은 용량을 가지는 에너지 저장 디바이스로 급속 충방전이 가능하고 높은 충방전 효율 및 반영구적인 사이클 수명 특성으로 차세대 에너지 저장 장치로 각광을 받고 있음
- 에너지를 저장한 후 필요할 때 순간적으로 고출력 전기를 낼 수 있는 저장장치로 풍력발전기, 태양광 등에서 전기를 발생시킬 때 처음 날개를 돌리는 힘으로 사용해 안정화된 전기에너지를 얻을 수 있고, 전력시스템과 수용가에 고품질의 전력 제공이 가능하며, 블랙박스 전원이 꺼졌을 때를 대비한 배터리, 내비게이션 전원에도 들어감
- 산업분야의 생산 현장뿐만 아니라 일반 수용가에도 보급된 민감한 부하들에 대한 순시전원 보상으로 슈퍼커패시터 에너지 저장시스템 기반 솔루션 제공 가능
- 해외에서는 에너지 저장장치(ESS: Energy Saving System)를 중심으로 정책이 추진되고 있으며, 실증사업 확대 및 소비용 ESS 인증 도입
- 슈퍼커패시터는 Maxwell 등 미국업체와 파나소닉 등 일본업체가 시장을 주도했으나, 최근 들어 중국업체들의 생산이 급증
- 캐나다 워털루대 연구진은 2017년 10월 나노 기술로 스마트폰 등의 전자장치를 급속충전하고 슈퍼커패시터를 개발했는데, 연구진은 나노 기술의

도움으로 슈퍼커패시터의 저장 용량을 증가시킴으로써 빠른 충전 및 신속 방전 기능을 가능하게 하여 노트북 컴퓨터, 고성능 레이저, 전기 자동차 및 스마트폰과 같은 품목에서 급속충전 기능을 사용할 수 있을 것으로 전망하고 있으며, 탄소 형태의 얇은 막인 그래핀(graphene)을 사용하여 전극에 기름진 액체 염을 코팅해 액체 염은 그래핀의 박판을 분리하기 위한 역전류기의 역할을 수행해 슈퍼커패시터의 에너지 저장 용량을 극대화

- 국내에서는 대학 및 연구소를 중심으로 슈퍼커패시터 소자 개발 및 성능 향상이 이루어지고 있으며, 기업은 하이브리드 슈퍼커패시터 등 신제품을 자체 개발해 시판중
- 산업통상자원부가 ‘에너지저장 기술개발 및 산업화 전략’(K-EES 2020전략)을 추진하여 원천기술 확보 및 미래 에너지 시장의 선점을 목표
- 비나텍은 슈퍼커패시터 제조업체로 소형 슈퍼커패시터 분야에서는 세계 1위 업체로 구글·GE를 비롯 이스라엘 기업 등이 캘리포니아 이반파 사막에 건설한 이 태양광발전소 사업에 참여했으며, 슈퍼커패시터의 에너지 저장능력을 2배로 높인 ‘하이브리드 커패시터’를 개발
- 울산과학기술원(UNIST) 에너지·화학공학부 이상영 교수팀은 2017년 8월 옷에 그려서 입을 수도 있는 이차전지 종류의 하나인 슈퍼 커패시터를 개발했는데, 배터리 구성에 필요한 요소인 양극과 음극, 전해질 물질을 각각 점성을 갖도록 끈적끈적한 겔(gel) 상태로 만든 뒤 옷감에 차례대로 바르고 자외선에 노출시켜 배터리를 굳혀서, 밑에 칠해진 양극과 위에 음극 성향의 겔에 전선을 대면 LED 전구에 불이 켜지고, 손바닥만 한 크기의 배터리로 20분 정도 전구를 밝힐 수 있어, 물에 세탁하고 비틀어 짜도 정상 작동하고, 다리미로 다려도 녹지 않아 웨어러블 기기 시장에서 널리 쓰일 것으로 기대



자료 : 전자신문, 2017.9.25

- (주)경일그린텍은 2017년 3월 배터리를 사용하지 않는 대신 지속 가능한 장수명 슈퍼커패시터 태양광 에너지 저장장치를 적용한 독립형 태양광 가로등을 출시했는데, 1백만 회 충전과 방전을 할 수 있어, 그 수명이 배터리 대비 반영구적이고, 사용온도 특성도 -40도~+65도 까지 사용할 수 있어, 태양광을 저장하는 저장매체로 적합하며, 급속 충전을 할 수 있다는 장점이 있어 구름, 눈, 비 등 기상조건의 변화에 따라서 발전 효율이 떨어지는 기존 태양광 부분의 기술적인 문제점을 해결 할 수 있을 것으로 예상
- 인하대 박수진 화학과 교수팀은 2017년 3월 부직포 형태의 전기에너지 저장장치 '그래핀 슈퍼커패시터'를 개발했는데, 탄소만으로 이뤄진 시트 형태의 규격을 갖춘 장치로 새로운 저장장치를 상용화하면 각종 금속 장치는 이것으로 대체가 가능하며, 금속이 없어도 전기 이동이 가능하고 금속보다 전기 전도도 우수해 내구성이 높은 데다 전류가 흐를 수 있는 표면적이 넓어 저장장치의 성능을 높일 수 있고, 전기가 흐르면서 발생할 수 있는 전기 감전 등의 위험도도 낮출 수 있어 착용 기술 상용화와 스마트 의류 개발을 앞당길 것으로 전망

- 차세대융합기술연구원 나노바이오연구실 박상윤, 신민균 박사 연구팀은 2017년 2월 '그래핀-그래핀산화물만으로 구성된 세계최고수준의 에너지밀도 슈퍼커패시터'를 개발하는데 성공했는데, 우수한 그래핀 산화물 섬유의 방염·내열성으로 그래핀 에너지저장소자는 소방복과 같이 높은 내열성을 요구하는 의류에도 스마트한 특성을 부여할 핵심 소재가 될 전망이며, 세계최고수준의 에너지 밀도를 갖춘데다 스마트 의류, 웨어러블의 상용화를 앞당길 혁신기술로 기대
- 경희대학교 전자·전파공학과 유재수 교수팀은 2016년 11월 휴대용 및 웨어러블 에너지 저장 소자에 적용 가능한 전도성 섬유기반 직물형 슈퍼커패시터를 개발했는데, 전기화학적증착법을 이용해 짧은 시간 동안 뛰어난 에너지 저장성능을 가지고, 충·방전에도 안정적인 나노구조( $\text{Ni}_3\text{Se}_2$ )를 합성시켜 보다 합리적이고 유연한 슈퍼커패시터를 구현했으며, 기존에 널리 사용되는 전해질(KOH)에 충·방전시 전극의 표면에서 일어나는 산화환원 반응을 도와줄 수 있는 'Electron Shuttle' 역할을 할 수 있는 소량의  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$  첨가물을 사용하여 슈퍼커패시터의 성능을 향상시킴
- 성균관대 이영희 교수팀은 2015년 2월 휴대폰 등 휴대용 초소형 전자기기에 활용할 수 있는 고성능 마이크로 슈퍼커패시터 기술을 개발하는데 성공했는데, 얇은 판상의 초소형 슈퍼커패시터로 이동용 초소형 전자소자, 초소형 전기역학계 등에 탑재돼 활용되는 전기저장장치로 연구팀은 나뭇잎 줄기의 구조에 착안해 이온 이동경로를 최대한 짧게 만들어 비표면적이 높은 그래핀 표면에 이온을 최대한 흡착시키는 구조를 만들어 에너지 밀도를 증가시키고 높은 출력밀도를 유지시켜 부피당 최대 출력밀도와 최대 에너지밀도 값을 얻어 이는 마이크로 리튬이온전지가 갖는 에너지밀도에 가까우면서도 출력밀도는 1만배 이상 개선

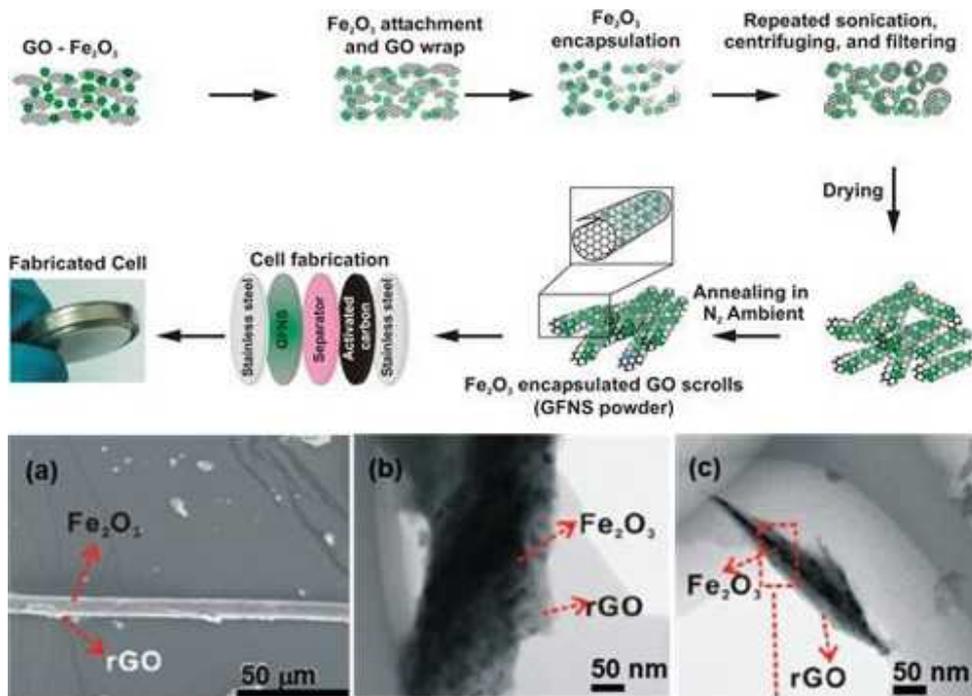
#### ● 하이브리드 슈퍼커패시터(Hybrid Supercapacitor)

- 배터리(리튬이온 이차전지)처럼 산화/환원 반응을 통해 에너지를 저장하는 음극물질과 축전지(전기이중층 커패시터)와 같이 전기이중층에 전하를 모으는 양극물질을 사용한 하이브리드 에너지 저장장치
- 광주과학기술원(GIST) 장재형 교수팀은 2017년 7월 기존 그래핀 전극보다 에너지 저장밀도가 2~3배 높은 하이브리드 슈퍼커패시터 기술을 개발했는데, 연구팀은 환원된 산화그래핀을 둘둘 만 '두루마리 구조'(나노스크롤)

를 이용해 그래핀의 뭉침·재적층 등의 문제를 해결했고, 특히 두루마리 모양으로 말게 되면 나노스크롤의 끝 부분과 모서리가 열린 상태가 돼 이용할 수 있는 표면적이 최대로 늘어나면서 이온이 내부까지 원활하게 이동할 수 있어 전기자동차나 휴대전자 기기 등에 필요한 에너지 저장장치에 적용될 것으로 전망

- 포항공대 화학공학과 이진우 교수팀은 서울대 강기석 교수, 중앙대 윤성훈 교수와 공동으로 2014년 8월 나노기술이 있는 니오비움계 산화물에 탄소를 코팅한 복합체를 음극물질로 활용해 고용량 하이브리드 슈퍼커패시터를 구현했는데, 티타늄 보다 전기화학적 성능이 우수한 나노기술이 있는 니오비움계 산화물을 사용해 충전속도를 높이고, 용량도 확대했으며, 약 1분 만에 최대 용량의 60%를 충전하는 고속 충전성을 보였고, 티타늄을 음극소재로 활용한 것보다 에너지 용량도 약 1.5배나 많았으며, 1,000회의 충·방전에도 초기 용량의 90% 이상을 유지하는 것으로 나타나 기존 티타늄 기반 배터리에 비해 수명도 길게 나타났는데, 연구팀은 향후 추가 연구를 통해 하이브리드 전기자동차 또는 전기자동차의 차세대 에너지 저장 장치로 활용될 것으로 전망

GIST 장재형 교수팀이 개발한 돌돌말은 산화 그래핀



자료 : 연합뉴스, 2017.7.26

- 인천대 화학과 홍종달 교수팀은 2014년 12월 그래핀 전극의 저항과 전기 에너지 저장 특성이 그래핀 시트의 면적과 밀접한 상관관계가 있다는 것을 세계 최초로 입증했는데, 현재 개발 중인 다양한 그래핀 소자들의 특성을 획기적으로 개선할 수 있는 가능성을 제시해 슈퍼캐퍼시터, 이차전지 활용성 고기능성 그래핀 전극 개발과정에 활용될 수 있는 범용기술로서 적용분야가 넓고 파급효과가 매우 클 것으로 예상되며, 대면적 그래핀 시트를 이용한 하이브리드 슈퍼캐퍼시터 전극 제작을 위한 핵심기술을 확보

## ● 리튬이온전지

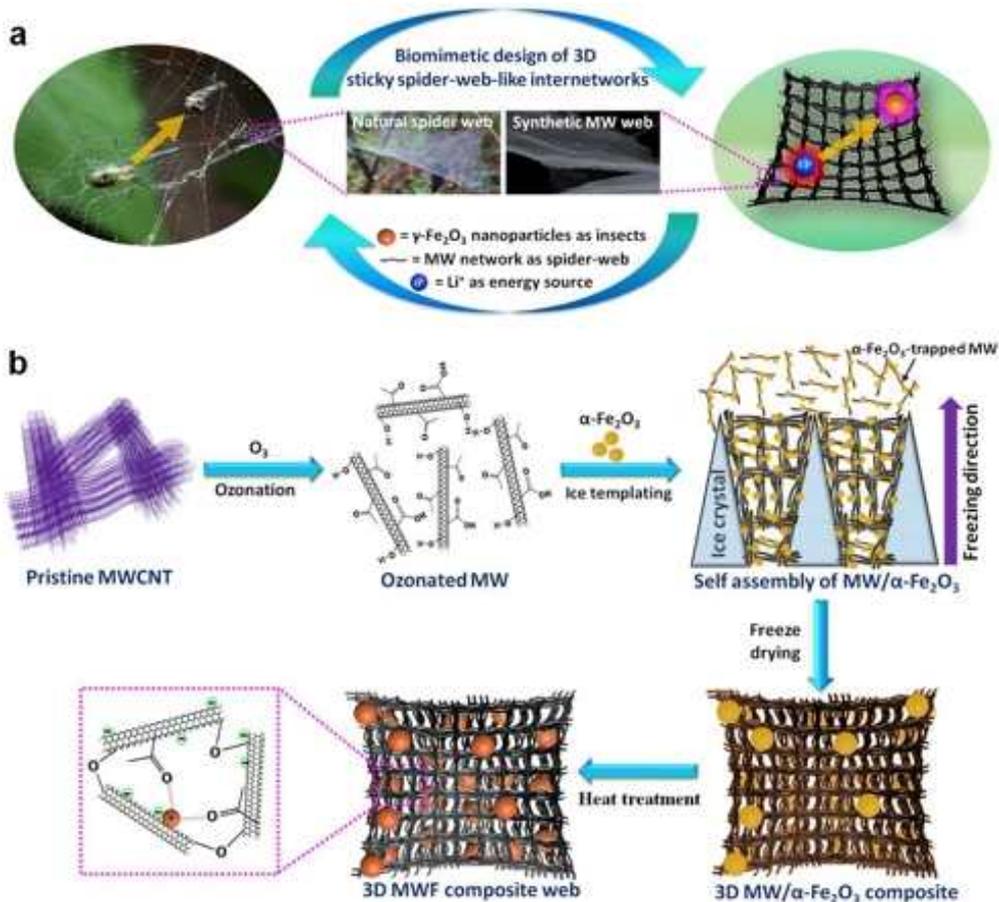
- 리튬이온전지(Lithium-ion battery, Li-ion battery)는 이차 전지의 일종으로서, 방전 과정에서 리튬 이온이 음극에서 양극으로 이동하는 전지로 반복해서 충방전을 할 수 있는 이차전지의 일종으로, 리튬이온의 삽입·탈리에 의한 산화환원 반응을 통해 구동되는 이차전지
- 충전시에는 리튬이온이 양극에서 음극으로 다시 이동하여 제자리를 찾게 되며, 리튬이온전지는 충전 및 재사용이 불가능한 리튬 전지와는 다르며, 전해질로서 고체 폴리머를 이용하는 리튬 이온 폴리머 전지와도 다름
- 리튬이온전지는 에너지 밀도가 높고 기억 효과가 없으며, 사용하지 않을 때에도 자가방전이 일어나는 정도가 작기 때문에 시중의 휴대용 전자 기기들에 많이 사용되고 있으며, 에너지밀도가 높은 특성을 이용하여 방산업이나 자동화시스템, 항공산업 분야에서도 점점 그 사용 빈도가 증가
- 양극에는 층상의 리튬코발트산화물(lithium cobalt oxide)과 같은 산화물, 인산철리튬(lithium iron phosphate,  $\text{LiFePO}_4$ )과 같은 폴리음이온, 리튬 망간 산화물, 스피넬 등이 쓰이며, 초기에는 이황화티탄( $\text{TiS}_2$ )도 사용
- 전지 용량은 mAh(밀리암페어시) 또는 Ah(암페어시)로 표시하는데, 휴대폰에 사용하는 전지는 800~1000mAh가 가장 많이 쓰이며, 스마트폰에는 1500~5000mAh도 사용
- 주요 업체로는 파나소닉, 중국의 BYD, LG화학, 삼성SDI가 리튬이온전지 개발 주도
- 삼성전자는 2017년 11월 기존 배터리에 비해 2배의 성능을 갖춘 전기차 전용 차세대 리튬이온 배터리 '리튬 이온 에어 배터리' 시제품을 개발해 2030년경 상용화 할 계획인데, 배터리 양극과 음극을 분리하는 격판 폭을 90% 이상 좁힌 20마이크론으로 축소해 놀라운 성능을 달성

- KIST 에너지융합연구단 정경운 박사팀은 2017년 11월 나노복합체(플루오린화 주석(SnF<sub>2</sub>)과 탄소(C))를 기반으로 하는 나트륨이온전지용 새로운 음극재 개발에 성공했는데, 나노 크기의 플루오린화 주석(SnF<sub>2</sub>)과 고전도성 아세틸렌 블랙(C)을 불활성 조건에서 혼합한 후, 볼 밀링 방법을 적용하여 제조했고, 제조 환경을 적절히 조절해 두꺼운 탄소 층으로 캡슐화 된 나노복합체를 제조하여 나트륨 이온전지에 적용하는 기술로 복합화 되지 않은 SnF<sub>2</sub> 전극의 가역 용량(323mAh/g)에 비해 두 배 향상
- KIST 에너지융합연구단 조원일 박사팀은 2017년 11월 인공 고체-전해질 중간물질(ASEI)을 사용해 리튬-황 전지의 성능과 수명 특성을 획기적으로 향상시키는 기술개발에 성공했는데, 이론적으로 리튬-이온 전지보다 대략 8배 높은 에너지밀도를 가진 차세대 2차전지로, 1,000회 이상의 안정적인 충·방전이 가능하며, 기존 리튬이온전지에 비해 용량이 3배 높아, 향후 드론, 자율주행차와 에너지저장시스템 등에 적용될 것으로 기대
- 세종대 명승택 교수팀은 2017년 11월 철 산화물과 신소재 탄소나노튜브를 결합하는 방법으로 나트륨이온전지 양극 소재 복합체를 개발했는데, 저렴한 철 산화물 중 터널구조를 갖는 '베타-산화철 수산화물'(β-FeOOH)에 전기 전도도가 높은 탄소나노튜브를 결합해 복합체 산화철이 수산화물/탄소나노튜브를 합성해 높은 전류밀도에서도 우수한 방전용량을 보였고, 신속한 전환반응이 가능하고, 뛰어난 전기적 성능을 발휘
- 한창산업은 2017년 10월 바나듐 레독스플로배터리(RFB·Redox Flow Battery)용 전해액 개발을 완료했는데, RFB는 배터리 내 전기에너지를 전해액의 화학적 에너지로 저장하는 전기화학적 축전장치로 리튬 이온전지를 대체할 차세대 2차전지로 각광을 받고 있음
- 한국화학연구원은 2017년 10월 서울대 이종찬 교수팀과 공동으로 차세대 리튬금속전지의 성능 및 안전성을 모두 확보할 수 있는 겔고분자전해질 첨가제 원천기술을 개발했는데, 리튬이온전지는 노트북, 휴대폰 등의 전자 제품에 널리 쓰이고 있으나, 용량과 수명 문제로 전기자동차, 에너지저장 시스템(ESS) 등의 적용에 어려움이 있어, 음극재에 흑연 대신 리튬 금속을 사용하는 리튬금속전지가 리튬이온전지를 대체할 수 있을 것으로 전망
- KIST 에너지융합연구단 정훈기 박사팀은 2017년 9월 휴대전화나 노트북 등에 이용되는 리튬이온전지의 용량을 지금보다 크게 늘릴 수 있는 소재 기술을 개발했는데, 실리콘을 '틀'에 넣어 부피 변화를 막는 방법을 고안

해 단단한 탄소로 이뤄진 다공성 구형 구조체에 지름이 50nm 이하인 실리콘 나노입자를 넣어 '실리콘 내장 탄소 복합 재료'를 개발했고, 기존 흑연계 음극재보다 용량이 4배 뛰어나며, 다공성 탄소 틀 안에서 부피가 변하는 구조로 되어 있어 망가지지 않고 500회간 안정적 충전·방전이 가능해 향후 전기자동차와 에너지저장시스템에 적용될 전망

- 성균관대 박호석 교수팀은 2017년 9월 거미줄 구조를 모사해 리튬이온전지 전극 소재를 개발했는데, 거미줄로 벌레를 잡는 것처럼 고용량의 철 산화물 나노입자를 3차원 탄소나노튜브(CNT) 네트워크에 고정해 전극 소재를 개발해 820mAh 이상 고용량에서 300차례 이상 충방전해도 88% 이상의 용량을 유지하며, 충전 속도를 20배 빠르게 해도 70% 이상의 율속 특성을 보여, 리튬이온전지의 느린 충방전 속도를 해결할 수 있는 원천기술을 개발해 다양한 고용량 이차전지 소재에 적용될 전망

성균관대 박호석 교수팀이 개발한 거미줄 구조 닮은 리튬이온전지 전극 소재 모식도



자료 : 연합뉴스, 2017.9.7

- LG화학은 현재 리튬이온전지 에너지밀도 한계가 리터당 800Wh 수준으로 4차산업혁명 시대 시장 요구에는 부합하지 못해, 기존 소재의 한계를 극복하기 위해 리튬금속전지 연구 및 안전성 강화 위한 전고체 전지, 획기적인 비용 개선을 위한 리튬황 전지 등을 연구해 2025년경 리튬이온전지를 대체할 차세대 전지를 상용화할 예정

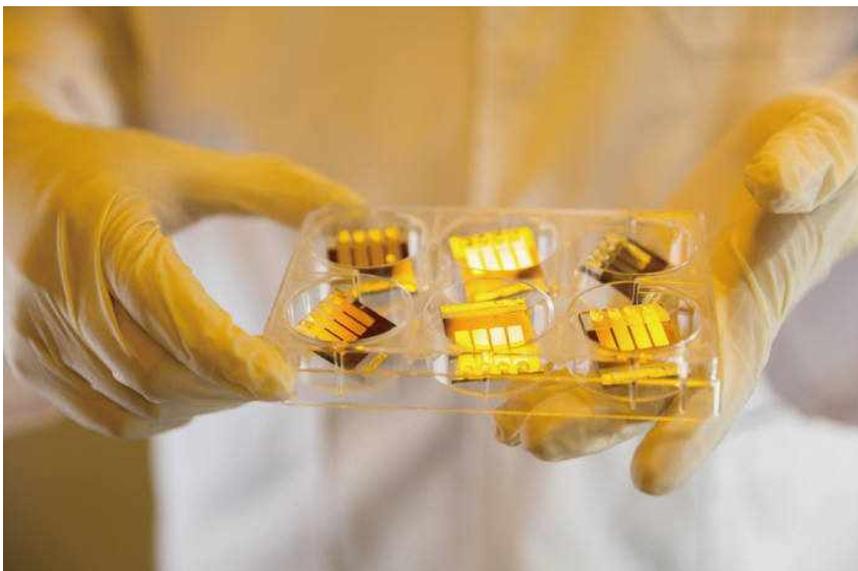
## 에너지 하베스팅 디바이스

### ● 페로브스카이트 태양전지

- 페로브스카이트는 ABX<sub>3</sub>(A는 양이온, M은 금속 양이온, X는 음이온) 화학식을 갖는 결정구조로 부도체·반도체·도체의 성질을 물론 초전도 현상까지 보이는 특별한 구조의 산화물
- 1839년에 발견됐지만 태양전지에 활용된 것은 10년 밖에 되지 않았으며, 현재 태양전지를 비롯한 X선 의료영상 장비, 고효율 LED 광원, 고온 연료전지 촉매, 오염 정화 등 다양한 산업 분야에서 활발히 활용
- 페로브스카이트 태양전지는 태양 빛의 에너지를 전기에너지로 변환해 주며, 높은 광 흡수율, 큰 전하 확산계수, 우수한 전하이동 능력 등으로 인해 발전효율이 높으며 저가 대량생산이 가능해 실용화 연구가 활발하게 수행
- 기존 실리콘 태양전지의 성능을 뛰어 넘어 상용화 직전 단계까지 이르렀다는 평가를 받고 있으나, 공기에 노출됐을 때 전자 수송층의 광촉매 현상과 수분에 의한 페로브스카이트 물질의 분해로 인해 수명이 현저하게 단축되는 문제점을 보유
- 유·무기 하이브리드 페로브스카이트 태양전지는 양이온 자리에 납을 비롯한 금 무기물과 유기물, 음이온 자리에 할로젠화물을 각각 넣는데, 기존 실리콘 기반 태양전지의 광전효율, 공정 난도, 가격 경쟁력 문제를 뛰어넘을 수 있는 차세대 태양전지로 주목받고 있음
- 박남규 성균관대 화학공학·고분자공학부 교수는 2007년 등장과 동시에 사장되다시피 했던 페로브스카이트 태양전지를 꾸준히 연구해 태양전지의 판도를 뒤집어놨다는 평가를 받고 있으며, 2016년 페로브스카이트 태양전지의 효율을 20.4%까지 올림

- 석상일 울산과학기술원(UNIST) 특훈교수팀은 페로브스카이트 태양전지의 효율을 22.1%까지 높여 세계 최고 효율을 기록했는데, 2017년 6월 '사이언스'에 발표했고 앞으로 페로브스카이트의 현재 효율을 25%, 1000시간의 내구성은 3000시간으로 각각 높여서 상용화에 이른다는 목표를 설정
- 전북대 화학공학부 한윤봉 교수팀은 2017년 10월 나노복합소재와 계면공학 기술을 적용해 차세대 태양전지로 각광받고 있는 페로브스카이트 태양전지 제조기술을 개발했는데, 기존 페로브스카이트 태양전지의 한계를 극복하기 위해 산화니켈(NiO) 나노입자와 페로브스카이트를 하이브리드한 나노복합소재를 개발하고 계면공학 기술을 적용해 모든 공정을 용액상태로 대기 중에서 진행해 20일 후면 소자가 안정화되고 7개월이 지나도 태양전지 성능이 90% 이상 유지해 저렴한 가격으로 성능이 좋은 태양전지를 생산할 수 있음
- 포스텍은 화학공학과 박태호 교수팀은 2017년 10월 친환경적 공정으로 폐고효율의 페로브스카이트 태양전지를 만드는 전달 물질을 개발했는데, 기존 공법이 건강에 악영향을 미칠 수 있는 독성물질인 클로로벤젠을 사용해왔으나, 연구팀은 클로로벤젠 대신 호두향이 나는 친환경 식품첨가제(2-methylanisole)를 이용해 친환경 공정으로 페로브스카이트 태양전지를 만드는 데 성공해 앞으로 전도성 고분자산업에 큰 영향을 줄 것으로 기대

UNIST가 개발한 페로브스카이트 태양전지 셀



자료 : 전자신문, 2017.10.18

## ● 열전소자

- 열전소자는 열에너지를 전기에너지로, 전기에너지를 열에너지로 직접 변환하는데 사용되는 소자로 에너지 절감이라는 시대적 요구에 가장 잘 부응하는 소재이자 기술
- 자동차, 우주항공, 반도체, 바이오, 광학, 컴퓨터, 발전, 가전제품 등 산업 전반에서 광범위하게 활용
- 선진국들은 연구소와 기업을 중심으로 연료효율을 증진시키기 위한 열전소재 연구를 진행하고 있고, 국내에서도 연구소와 대학을 중심으로 수행
- 미국은 NASA, 버클리대, 하버드대, MIT 등에서 초격자, 나노와이어, 나노점등의 구조를 이용한 고효율 열전소재 개발을 활발히 추진 중
- GM과 포드는 머플러에 열전 재료를 입혀 폐열을 전기로 바꿔 다시 엔진의 보조전력으로 사용하거나 차량시트 냉난방 등에 활용하는 기술을 개발해 자동차 연료 효율을 높이는데 주력
- 유럽의 열전소자 연구는 EU의 FP-7을 중심으로 대학과 프라운호퍼(Fraunhofer) 등 연구소를 중심으로 기술개발이 활발히 수행되고 있으며 벤츠, BMW, 폭스바겐 등은 폐열을 회수해 연료효율 높이는데 주력
- 벤츠와 BMW는 자동차 머플러에 열전소자를 장착해 폐열을 전기로 바꿔 엔진 보조전기나 시트 냉난방에 활용하는 기술을 개발하고 있으며, 방출되는 열을 열전소자를 이용하여 재활용하는 연구를 진행
- 일본의 열전소자 관련 프로젝트로는 NEDO 프로젝트/나노구조의 열전소자 개발과 JST(Japan Science and Technology Agency; 일본과학기술진흥기구) 프로젝트/고효율 열전소자 및 시스템 개발 등이 있음
- JST는 2013년 5월 독창적 시리즈 전개사업의 개발과제로 열전교환소자와 연료전지를 조합한 배기가스 발전시스템을 개발했는데, 자동차에서 배출된 열과 미 이용 연료를 전기에너지로 회수하는 발전장치로 환경부하 경감에 기여
- 기업의 열전응용 개발로 폐열회수시스템(Waste Heat Recovery systems)에서 ① 산업용 용광로(Industrial furnaces)는 고마쓰/KELK, 쇼와케이ابل시스템, TEC New Energy 등이, ② 오토바이/자동차는 Atsumitec, 고마쓰 등이, ③ 소각로(Incinerator)는 쇼와전공이 개발

- 국내에서는 열전소자를 제작하기 위한 기반기술은 선진국에 비해 낮은 수준(ZT~0.8)이며, 정부 지원도 미흡한 실정으로 대학 및 출연연을 중심으로 실리콘 및 비스무스-텔루라이드(Bi-Te)계 벌크, 박막, 나노선 등 열전소재의 효율을 높이기 위한 연구가 진행
- KIST 광전하이브리드연구센터와 서울대 재료공학부 박종래 교수팀은 2017년 9월 탄소나노튜브를 실 형태로 제작한 후 별도의 금속 전극 없이 열전 소자에 적용해 기존 열전 소자의 한계를 해결했는데, 더욱 유연하고, 내부에서 발생하는 저항이 적어 발전밀도를 향상시켜 5도와 40도의 온도 차이에서 각각 10.85  $\mu\text{W/g}$ 과 697  $\mu\text{W/g}$ 의 발전밀도를 보임
- UNIST 최경진 교수팀은 2017년 9월 옷이나 유리창, 건물 외벽 등에 붙여 전기를 만드는 '웨어러블 태양광-열전 발전기'를 개발했는데, 햇빛을 흡수해 뜨거워진 부분과 나머지 부분의 온도차를 이용하는 원리로 온도차를 20.9도까지 벌릴 수 있어 발전 효율을 크게 높일 수 있어 소형 웨어러블 전자기기의 자가충전 기술로 응용이 가능
- LG이노텍은 2017년 5월 '와인셀러용 열전모듈'을 개발해 양산에 들어가 LG전자 와인셀러 미니에 처음 적용됐는데, 열전모듈은 반도체 소자에 전기를 공급해 온도를 제어하는 전자식 냉각·가열 부품으로 성질이 다른 반도체에 전기가 흐르면 한쪽은 발열, 반대쪽은 냉각되는 '펠티어 효과'를 이용하며, 기존 제품보다 작고 가벼운 와인셀러를 만들 수 있음

LG이노텍의 와인셀러용 열전모듈과 열전소자



자료 : 전자신문, 2017.5.14

## ● 압전소자(piezoelectriceffectelement)

- 기계적 응력을 걸면 전압이 발생하고 반대로 전압을 걸면 일그러짐이 발생하는 수정이나 **압전 세라믹스** 등을 사용한 소자로, 압력을 가하면 전압이 변화하고(압전 효과), 반대로 전압을 가하면 팽창되거나 수축되는 성질을 가진 소자
- 옛날부터 알려져 있는 수정이나 티탄산바륨을 소결한 압전 세라믹도 있지만, 가장 널리 쓰이고 있는 것은 티탄산 지르콘산납(약하여 PZT)이며, 라이터나 가스 기구의 점화 장치에서 볼 수 있고, 자동차에서는 노크 센서나 각종 압력 센서로 이용
- 경남과학기술대 에너지공학과 박귀일 교수 연구팀은 2017년 11월 플렉서블 압전발전소자를 개발했는데, 외부압력 및 굽힘 등과 같은 물리적 힘이 가해질 때 전기를 생성하는 소자로, 아무 제한 없이 언제 어디서나 공급될 수 있는 기계적 힘으로 에너지를 생성할 수 있고, 고효율 압전나노소재를 유연한 플라스틱 기판에 직접 코팅할 수 있는 기술을 적용했기 때문에 인체에 부착이 가능하며, 사람이 활동할 때 발생하는 신체 움직임들과 심장박동, 눈깜빡임, 호흡 등과 같이 미세한 움직임들도 전기에너지로 변환시킬 수 있는데, 간단한 잉크젯 프린팅 기술을 사용해 150 nm 압전입자가 분산된 잉크와 유기물을 플라스틱 기판에 차례로 도포하여 대면적 형태의 유기-무기 하이브리드 압전후막 제조
- 포스텍 화학공학과 김진곤 교수와 산딕 마이티(Sandip Maiti) 박사팀은 2017년 11월 인도 카락푸르 공대 연구팀과 공동으로 양파껍질을 이용해 높은 전력 효율을 만드는 압전소자를 개발했는데, 연구팀은 셀룰로스 섬유질 성분이 압전 효과를 낼 수 있다는 데 주목하고 이 성분이 풍부하고 쉽게 구할 수 있는 양파껍질을 활용해 전기 에너지를 얻는 데 성공했으며, 개발한 소자가 가벼운 나뭇잎 정도 움직임만으로 전기를 생산할 수 있을 만큼 민감하고 내구성이 뛰어나고, 화학처리가 필요 없는 양파껍질을 사용하기 때문에 인체에 무해하고 몸에 부착해도 거부반응이 없고 효율이 높음
- 고려대 화공생명공학과 조진한 교수팀과 성균관대 신소재공학부 김상우 교수팀은 2014년 9월 공동연구를 통해 직경 약 10nm(나노미터)의 바륨 티타네이트 나노입자와 고분자 재료를 반복적으로 쌓아올린 다층박막 필름을 제작하고, 이를 압전 나노발전기에 구현했는데, 연구팀은 일정하게 누르는 힘을 반복적으로 가해줌으로써 커패시터 도움 없이 LED 소자를 구동할 수

있는 수준인 1.8V의 출력전압과 700nA의 출력전류 발생을 확인했고, 무극성 용매에서 박막을 조립함으로써 기존처럼 극성 용매인 물에서 조립할 때 나타날 수 있는 입자의 흡착량 감소나 누설전류 발생 문제를 완화했으며, 고분자 대신 탄소나노튜브를 이용하면 리튬이온전지 등 다양한 에너지 저장소자에도 응용할 수 있을 것으로 기대

## 인쇄전자소자/3D프린팅

### ● 인쇄전자소자

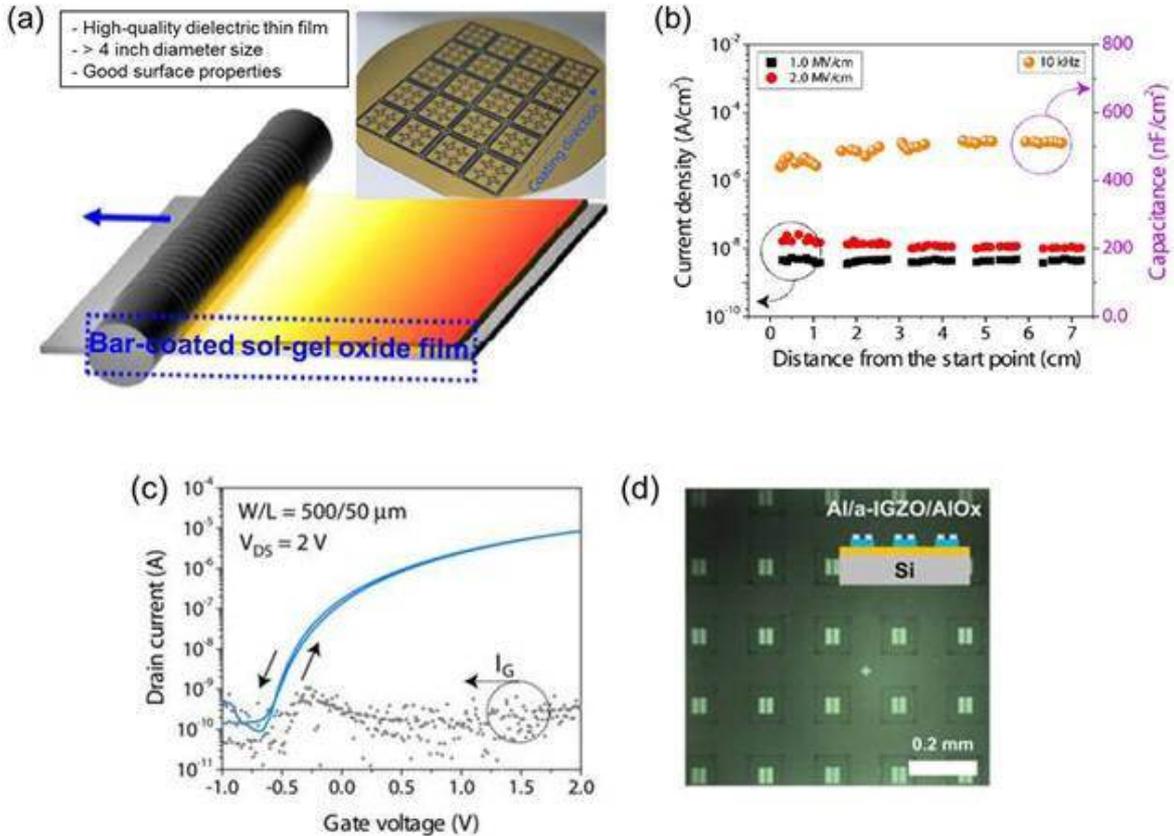
- 기관분야에서 듀폰, 데이진필름, 3M, 다우코닝 등이 인쇄기기에서는 제록스, HP, 세이코엡손 등이 로직/메모리에서는 PolyIC, OrganicID, AMD 등이 디스플레이에서는 샤프, DNP 등이 태양전지에서는 VTT, DNP 등이 시장을 지배하고, 국내에서는 ETRI, 화학연구원, 삼성전자등이 연구 수행

### ● 3D 프린팅

- 3D프린팅은 프린터로 물체를 뽑아내는 기술로 종이에 글자를 인쇄하는 방식으로, 입체 모형을 만드는 기술이라고 하여 3D프린팅이라고 부름
- 일본 와세다대 연구팀은 2017년 4월 고분자 나노 시트를 이용하고, 열처리를 하지 않고 전자 소자를 고정하는 봉지 기술을 개발했는데, 개발한 밀봉 기술을 이용하는 웨어러블 장치를 피부에 붙여 작동시켰고, 유연한 생체 조직 표면에서도 안정적으로 전류가 통하는 것을 확인해 피부에 부착하는 웨어러블 디바이스의 실현 가능성이 높아 건강 의료 및 스포츠 분야에의 응용이 기대되는데, 연구소는 지금까지 소재로 고무를 이용하는 것으로, 기존보다 100배 부드러운 나노 시트를 개발
- 국내에서도 FDM 기술을 활용해 3D프린터를 생산하는 업체가 증가
- 한국전기연구원 설승원 박사팀은 2017년 6월 탄소나노튜브(CNT)와 은 나노입자를 이용한 '3D 프린팅용 나노 전자잉크'와 '잉크 기반 고정밀 3D 프린팅 기술'을 개발하는데 성공하고 기술을 이전
- GIST와 동국대학교 공동 연구팀은 2015년 9월 새롭게 고안된 용액공정 산화물 '와이어-바(wire-bar) 인쇄법'을 통해 다양한 고성능 금속산화물 초박막 절연체 기반 인쇄전자 대면적 제작에 성공해 웨어러블 소자 소비전력을 기존 10분의 1 수준으로 낮출 수 있게 되었는데, 와이어-바는 정형화된 크기 금속 막대에 각각 다른 굵기 얇은 와이어 철사가 감겨 있는 막대로 금속 산화물

물질을 용액상 간단한 기능성 잉크로 제조하고, 새롭게 고안한 와이어-바 코팅을 이용해 용액공정 기반 저비용 인쇄공정으로서 대면적 고속 인쇄가 가능한 고성능 산화물 전자소자를 제작했으며, 유연성 대면적 디스플레이의 상업화에 기여하고, 차세대 저전력 웨어러블 디바이스 제작에 적용되면 소비전력을 낮출 수 있어 잦은 충전의 수고를 덜 수 있음

GIST가 개발한 연구원이 개발한 고성능 산화물 전자소자



자료 : 전자신문, 2015.9.17

## ☐ 센서

- 센서산업은 센서 제조를 위한 소재산업, 소재를 이용하여 고유 기능이 구현된 소자산업, 여러 개 소자를 사용하여 조립한 모듈 및 시스템형 산업 포함
  - 센서산업은 칩, 패키지, 모듈, 시스템의 단계를 거쳐 대부분의 산업에 활용되고 있으며, IoT 시대의 도래에 따라 산업적 활용도는 대폭 증가할 전망
- 세계 센서시장은 IT융합의 진전으로 센서사용이 급증하고 센서의 첨단화 추세에 따라 시장이 급성장하고 있으나, 국내 산업의 경쟁력은 매우 취약

- IT융합의 진전으로 센서가 대부분 기기의 핵심부품으로 대두되어 센서산업의 경쟁력 확보가 국가 산업경쟁력 강화의 필수 요소
- 세계 센서 시장은 보쉬, 프리스케일, 아날로그 디바이스, 덴소, 파나소닉 등 반도체 및 전문 센서업체들이 각각 분야별 시장을 지배
- 우리기업의 글로벌 센서 시장 점유율은 2.1%에 불과하고, 국내 수요기업도 성능과 신뢰성을 이유로 해외제품을 선호해 센서산업 기반이 매우 취약한데, 국내에서도 광센서 개발이 활발하게 진행
  - 경희대 최석호 교수팀은 2015년 3월 시각 이미징, 광통신용 저전력 고효율 광센서 기술을 개발했는데 그래핀과 실리콘 양자점을 활용하여 새로운 구조의 저전력 고효율 광센서를 세계 최초로 개발했는데, 수백~수천 개 원자로 구성된 나노미터 크기의 매우 작은 결정체, 실리콘(규소, Si) 등 반도체 물질로 제작하여 LED, 질병진단시약, 디스플레이 등에 다양하게 활용
- 실리콘 포토닉스
  - 데이터의 폭발적인 증가와 함께 빠른 전송 및 처리에 기업의 관심이 집중되고 있는데, 이 가운데 실리콘 포토닉스 기술이 미래 네트워크를 이룰 핵심 키(Key)로 부상
  - 실리콘 포토닉스는 전기 아닌 빛으로 신호를 전달, 빛과 레이저를 이용해 데이터 전송속도를 높여주는 기술로 이론적으로는 현재 상용화돼 있는 전기 신호를 활용하는 반도체보다 100배 이상 많은 정보를 1000배 이상 빠른 속도로 전송할 수 있어 데이터 전송을 돕는 광케이블, 트랜시버, 레이저 등에서 많이 이용
  - 메모리 용량 및 프로세서 처리속도의 향상으로 대두된 금속선 전송 한계, 열/power 문제를 극복하는 차세대 컴퓨터의 출현이 필수적이라 미래 컴퓨터 및 Tera-scale computing 을 위한 핵심기술
  - 2020년경 실리콘 나노포토닉 플랫폼기술이 컴퓨터에 적용 예고되고 있어, Intel, IBM, HP, NEC 등 세계 주요 선도업체와의 실리콘 나노포토닉 기술 경쟁에서 대등 또는 우월한 지위 확보가 필수적
  - 반도체 및 전자, 광통신 전반에 적용 가능하여, 그 시장이 광범위하게 정의될 수 있으며, 컴퓨터, 휴대기기, 네트워크, 로봇, 센서, 자동차, 디스플레이, 항공우주 등 다양한 응용 분야 시장 창출이 예상

- 실리콘 포토닉스는 인텔, IBM, 프리스케일, Luxtera, HP, NEC 등이 기술 개발을 주도하고 제한적인 실리콘 포토닉스 파운드리 서비스 제공
- 인텔은 2016년 8월 샌프란시스코에서 열고 있는 인텔 개발자 포럼(Intel Developer Forum, IDF) 행사에서 자사 최초의 100G 광학 트랜시버(transceiver, 데이터 송수신이 가능한 기기)인 ‘인텔 실리콘 포토닉스(Intel Silicon Photonics)’의 출시를 발표했는데, 자사 최초의 100G 광학 트랜시버 ‘인텔 실리콘 포토닉스’의 상용화로 기업 데이터센터와 ‘마이크로소프트 애저(Microsoft Azure)’ 같은 대규모 클라우드 서비스를 제공하는 업체들이 광 신호를 사용하는 광섬유 케이블을 통해 대량의 정보를 100Gbps 속도로 최대 몇 km까지 전송할 수 있게 되었고, 실리콘 집적 회로와 반도체 레이저가 결합돼 있는데, 인텔의 실리콘 플랫폼에 빛이 통합된 것으로, 대역폭 면에서의 이점과 규모 면을 만족하는 광 연결성, 실리콘의 기술적 역량 등의 장점을 가질 수 있게 됨

## 인텔의 실리콘 포토닉스

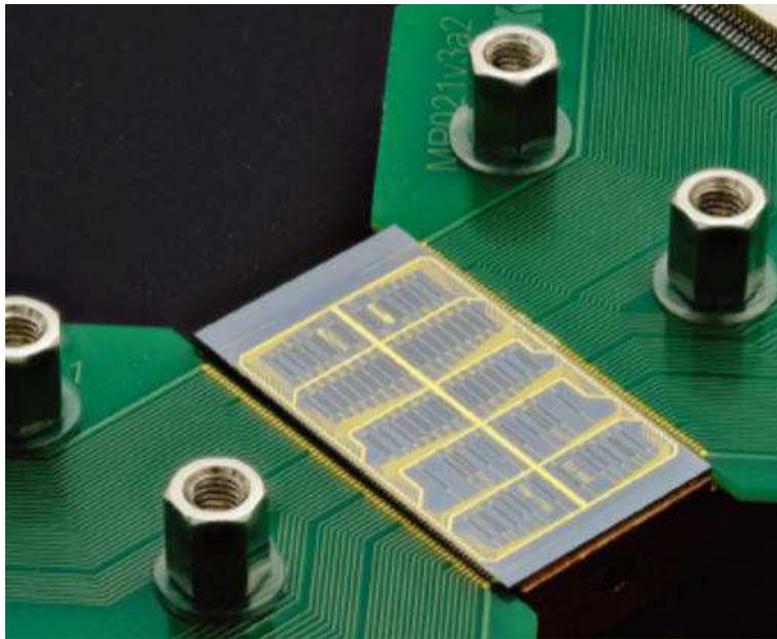


자료 : Intel, 2016.8

- DGIST 에너지공학전공 정대성 교수팀은 2017년 11월 두께를 기존 실리콘 광다이오드의 6분의 1로 줄인 고성능 광다이오드를 개발했는데, 광다이오드의 양 전극 사이에 정방형 세슘납아이오다이드 페로브스카이트 나노입자와 황화합물을 활용한 새로운 형태의 박막형 광다이오드를 개발했으며, 납(Pb<sup>2+</sup>) 양이온과 황(S<sup>2-</sup>) 음이온 간 산-염기 반응을 통해 안정성이 향상

- 와이엠케이포토닉스는 `꿈의 반도체`라 불리는 실리콘포토닉스 상용화를 눈앞에 뒀는데, 레이저 빛을 발생시키고 파장, 진폭, 분광, 간섭, 회절 등 빛 성질을 활용해 기존 전기 신호 반도체를 대체할 수 있는 기술을 보유하고, 핵심은 광 도파로(Optical waveguide) 생성 기술로 빛이 지나다니는 길이다. 와이엠케이포토닉스는 실리콘나이트라이드(Si3N4)와 실리콘다이옥사이드(SiO2) 기반의 광 도파로를 생성하는 일체의 기술을 특허로 보유

와이엠케이포토닉스의 실리콘 포토닉스 칩



자료 : 전자신문, 2016.8.30

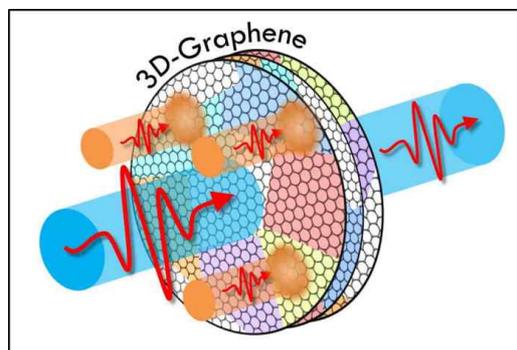
## 테라헤르츠

### ● 테라헤르츠(terahertz)

- 투과성을 가진 전자파로써 10의 12제곱을 뜻하는 테라(Tera)와 진동수 단위인 헤르츠(hertz)를 합성한 말로  $10^{12}$ 로 표시하며 테라헤르츠 방사선(terahertzradiation) 또는 줄여서 티-선(T-ray)이라고도 함
- 테라헤르츠는 투과성이 기존의 엑스레이나 자기공명단층촬영 (MRI)보다 우수하고 전송할 수 있는 정보의 양이 기존의 이동통신의 수천배나 될 정도로 크기 때문에 이 기술을 보안, 병리조직진단, 분자연구, 농작물 재배 등 광범위한 분야에 적용시키기 위한 연구가 진행

- 테라헤르츠 전자파도 투과성이 좋아 인체 암 치료에 사용되며, 암세포에 전자파를 집중적으로 쏘아 에너지를 끌어올리는 방법으로 치료하는데, 테라헤르츠 전자파가 물 같은 분자를 만나면 짧은 시간 안에 에너지를 전달한 뒤 사라지기 때문에 엑스(X)선 등보다 인체를 덜 자극함
- 에너지가 상대적으로 낮은 테라헤르츠 전자파를 이용해 암을 진단할 수도 있는데, 이런 특성에 힘입어 암을 진단하고 치료할 기재로 각광받고 있으며, 공항에서 승객 몸을 투시하는 검색기에도 테라헤르츠 전자파가 쓰이는 등 적용이 확대
- 응용제품으로 의료용 영상진단기기, 비파괴 검사기기, 보안용 검색기기 등이 있으며 프라운호퍼연구소, 네덜란드 아인트호벤대 등이 연구중이고, 기업으로는 미국 방위산업체 조메가, 일본의 아드반테스트 등이 제품 판매
- 국내에서는 ETRI, GIST, DGIST, 표준연구원, 서울대, 연세대, KAIST 등이 관련 연구를 수행중이고 기업으로는 레이텍, 빛과전자가 관련 제품 판매
- 원자력연구원 백인형 박사팀과 KAIST 물리학과 이상민 교수팀이 2017년 5월 단층 그래핀을 3차원 소자로 제작, 빛의 흡수와 투과를 효율적으로 제어할 수 있는 광변조 기술을 개발했는데, 그래핀은 탄소 원자가 벌집 형태로 결합돼 한 층을 구성하는 2차원 물질로 가전자대(밸런스 밴드)와 전도대(컨덕션 밴드)가 한 점에서 만나, 모든 파장의 빛을 흡수할 수 있으며, 연구팀은 작은 그래핀 조각을 모아 그래핀 층을 만들면 결정성이 사라진다는 점에 착안해 수만 개 100마이크로미터( $\mu\text{m}$ ) 크기 조각으로 그래핀 층을 제작·적층해 차세대 고성능 통신용 광변조 소자 개발 위한 원천기술로 활용될 전망

원자력연-KAIST 공동연구진이 개발한 3차원 그래핀 구조의 모식도



자료 : 전자신문, 2017.5.15

- ETRI는 2016년 9월 금속을 제외하고 플라스틱이나 섬유 등을 투과해 볼 수 있는 테라헤르츠파를 이용, 자동차 제조시 차별화된 품질검사와 안전 관리 기법으로 적용될 것이라고 발표했는데, 반도체 레이저 소자와 테라헤르츠파를 생성하는 소자, 대상물을 맞고 돌아오는 파의 검출소자와 이들을 조정하는 회로판 등이 약 가로 10cmx세로10cm 크기에 들어간 초소형 스캐너를 개발해 향후 자동차나 선박의 도장 작업시 도포의 균일성 여부나 성분까지도 알아내는 연구를 진행하고, 나아가 테라헤르츠파 의료용 진단 영상 기술 개발과 5G이후의 차세대 테라헤르츠 무선통신기술 등 다양한 기술 개발을 진행할 계획

ETRI가 개발한 테라헤르츠 비파괴 검사기



자료 : 헤럴드경제, 2016.9.9.전자신문, 2016.8.30

## 2. 미래 기술발전 전망

### 기술발전 전망

- (기술진화 트렌드) ICT 융합부품/소자는 세계적으로 4차 산업혁명의 도래를 앞두고 인공지능, IoT, AR/VR, 웨어러블 스마트기기, 3D프린터, 자율주행차, 드론/로봇, 스마트공장 등의 ICT 융합기술이 개발되고 있어 현재까지 시장에 존재하지 않던 새롭고 다양한 ICT 융합부품/소자의 개발과 보급이 이뤄질 전망
- ICT 융합부품/소자는 4차산업혁명의 ICT 완제품을 생산하는 과정에 있어서 소재부터 조립단계 이전까지 투입되는 전자적 기능을 가진 중간재로 ICT 완제품의 경쟁력 향상에 중추적인 역할을 수행할 것으로 전망

### III ICT 융합부품/소자 시장 분석

## 1. 시장현황 및 경쟁상황 분석

### ■ 시장현황

- (시장 성장세 둔화) 전체적으로 ICT 산업의 성장이 둔화되고 있고 새로운 시장 형성이 지연되고 있어 ICT 융합부품/소자 부문 매출도 성장세가 둔화되고 있음
  - 실리콘 포토닉스, 열전소자, 테라헤르츠 시스템, 슈퍼커패시터 등 일부 세부 시장의 성장률은 높게 나타남

### ■ 경쟁상황

- (시장 경쟁상황) 전력반도체, 에너지 저장 디바이스, 센서, 광전융합 디바이스 등 ICT 융합부품 주요시장은 글로벌 소수 업체로의 시장 집중이 더욱 심화되고 있음
  - 메이저업체의 시장지배력을 고려했을 때, 기존의 경쟁체계를 바꿀 수 있는 획기적인 부품/소자 기술 등의 선도개발이 이뤄져야 변화가 가능
  - 변혁적인 기술이 아닐 경우, 융합부품으로 창출된 새로운 신규시장에 조기 진입하거나, 메이저 업체들이 진입하지 않은 틈새시장 발굴이 효과적
  - 전력반도체는 인피니언, 미쓰비시전기, 도시바, 페어차일드, 르네사스, 텍사스 인스트루먼트, ST마이크로일렉트로닉스, 페어차일드 등 선진국 업체가 주도중
  - 에너지저장용 이차전지와 전기차용 이차전지에서 LG화학, 삼성SDI 등이 시장을 주도하고, 슈퍼커패시터는 Maxwell 등 미국업체와 일본업체가 시장을 주도했으나, 최근들어 중국업체들의 생산이 급증
  - 열전소자는 NASA, 버클리대, 칼텍 등 연구소와 대학이 원천기술을 개발하고, GE, 무리타제작소, 파나소닉, TDDI 등이 TEG 시스템 등 제품 판매
  - 세계 센서 시장은 보쉬, 프리스케일, 아날로그 디바이스, 덴소, 파나소닉 등 반도체 및 전문 센서업체들이 각각 분야별 시장을 지배
  - 실리콘 포토닉스는 인텔, IBM, 프리스케일, Luxtera, HP, NEC 등이 기술개발을 주도하고 제한적인 실리콘 포토닉스 파운드리 서비스를 제공

표 6 융합부품 세부시장별 경쟁상황

| 세부시장          | 경쟁상황   |
|---------------|--|
| 전력반도체         | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 세계 전력반도체 시장을 보면 파워 트랜지스터는 인피니언, 미쓰비시전기, 도시바, 페어차일드, 르네사스 순이고 파워 MOSFET 분야에서는 페어차일드가 1위업체이며, 전압조정기는 TI, 맥심, Linear, Consumer PMIC는 쉘컴, 맥심, TI 순으로 선진국 업체들이 시장을 지배</li> <li>○ 국내는 원천기술 부족과 해외 특허 등으로 인해 전력반도체 시장의 90% 이상을 해외 수입에 의존</li> <li>※ 기술수준은 선진국대비 50~70%에 불과할 정도로 진입장벽이 존재하는데, 고 집적 BMIC, 수소연료전지차용 PMU, Smart PFC, 오디오 프로세서 등은 발아기로 선진국에 비해 기술수준이 50%에 불과</li> </ul> |
| 에너지 저장 디바이스   | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 에너지저장용 이차전지와 전기차용 이차전지에서 LG화학, 삼성SDI 등이 시장을 주도</li> <li>○ 슈퍼커패시터는 Maxwell 등 미국업체와 일본업체가 시장을 주도했으나, 최근들어 중국업체들의 생산이 급증</li> </ul>  |
| 에너지하베스팅 디바이스  | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 열전소자는 NASA, 버클리대, 칼텍 등 연구소와 대학이 원천기술을 개발하고, GE, 무리타제작소, 파나소닉, TDDI 등이 TEG 시스템 등 제품 판매</li> <li>○ 국내에서는 전기연구원, ETRI, KIST, 표준연구원, 서울대, 연세대, KAIST 등이 원천기술을 개발하고 에이스텍, 뉴웰 등이 와인셀러 등 상용제품 판매</li> </ul>  |
| 인쇄전자소자/3D 프린팅 | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기판분야에서 듀퐁, 데이진필름, 3M, 다우코닝 등이 인쇄기기에서는 제록스, HP, 세이코엡손 등이 로직/메모리에서는 PolyIC, OrganicID, AMD 등이 디스플레이에서는 샤프, DNP 등이 태양전지에서는 VTT, DNP 등이 시장을 지배</li> <li>○ 국내에서는 ETRI, 화학연구원, 삼성전자, LG디스플레이 등이 분야별 연구 수행</li> </ul>  |
| 센서            | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 세계 센서 시장은 보쉬, 프리스케일, 아날로그 디바이스, 덴소, 파나소닉 등 반도체 및 전문 센서업체들이 각각 분야별 시장을 지배</li> <li>○ 우리기업의 글로벌 센서 시장 점유율은 2.1%에 불과하고, 국내 수요기업도 성능과 신뢰성을 이유로 해외제품을 선호해 센서산업 기반이 매우 취약</li> </ul>  |
| 광전융합 소자       | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 실리콘 포토닉스는 인텔, IBM, 프리스케일, Luxtera, HP, NEC 등 글로벌기업들이 기술개발을 주도하고 제한적인 실리콘 포토닉스 파운드리 서비스 제공</li> <li>○ 국내에서는 ETRI와 삼성전자가 각자 보유한 실리콘 팹을 기반으로 독자적인 실리콘 포토닉스 연구개발을 수행</li> </ul>   |
| 테라헤르츠         | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 응용제품으로 의료용 영상진단기기, 비파괴 검사기기, 보안용 검색기기 등이 있으며 독일 프라운호퍼연구소, 네덜란드 아인트호벤대 등이 연구중이고, 기업으로는 미국 방위산업체 조메가, 일본의 아드반테스트 등이 제품 판매</li> <li>○ 국내에서는 ETRI, GIST, DGIST, 표준연구원, 서울대, 연세대, KAIST 등이 관련 연구를 수행중이고 기업으로는 레이텍, 빛과전자가 관련 제품 판매</li> </ul>   |

출처: ETRI 기술경제연구본부, 2017.11

## 2. 미래 시장 전망

### 개요

- (시장 경쟁상황) 전력반도체, 에너지 저장 디바이스, 센서, 광전융합 디바이스 등 ICT 융합부품 주요시장은 글로벌 소수 업체로의 시장 집중이 더욱 심화되고 있음

### 전력반도체

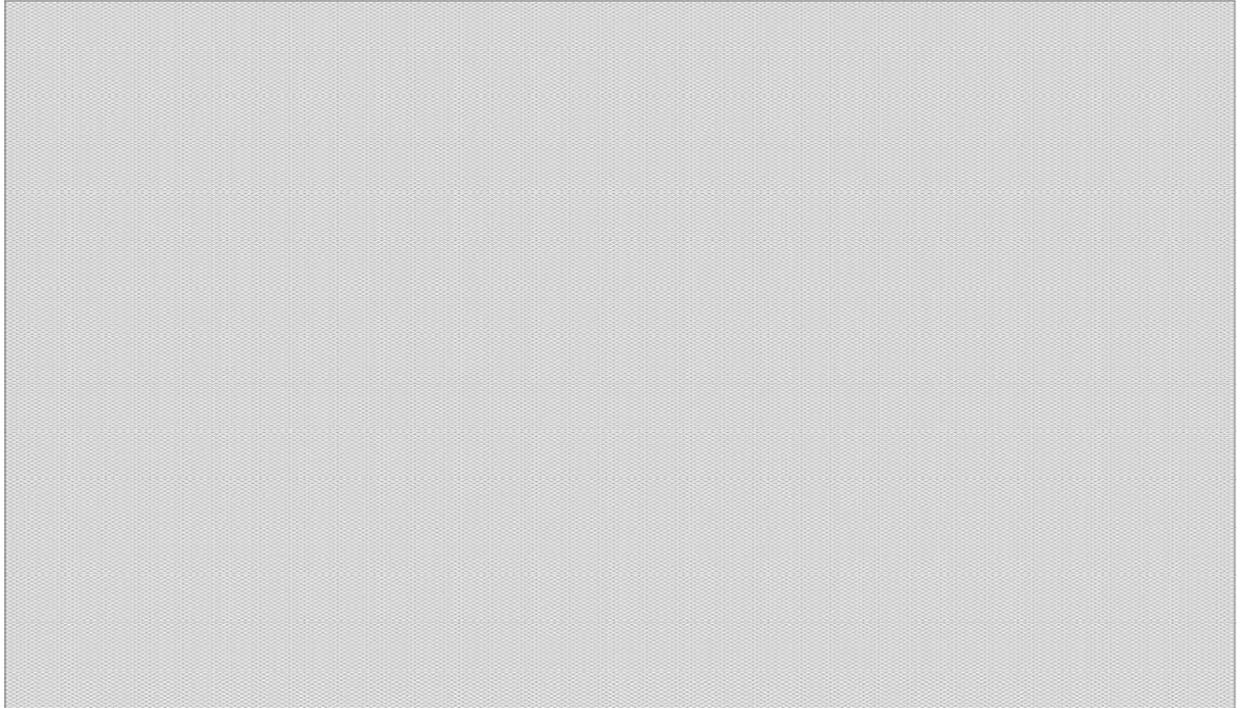
- 전력반도체 시장 1위는 인피니언으로 2015년 18.7%의 점유율을 보이며, 2위는 10.3%의 점유율을 기록하고 있는 온세미컨덕터와 페어차일드반도체가, 3위부터 10위까지는 미쓰비시전기, ST마이크로일렉트로닉스, 비쥬이, 도시바, 후지전기, 르네사스, 세미크론, NXP가 치열한 경쟁을 전개
- 야노경제연구소(세계 파워반도체 시장 규모 및 전망, 2014.8)에 따르면 세계 전력반도체 시장은 2015년의 165억 4천만 달러에서 2020년 294억 8천만 달러로 연평균 12.3% 성장할 것으로 전망

### 에너지 저장장치

- 이차전지는 ESS, 웨어러블 디바이스, 전기자동차를 포함한 다양한 분야에서 활용되는데, 한국전지연구조합(2013)에 따르면 이차전지 시장은 2013년 554억 달러에서, 2020년 1,031억 달러로 성장할 것으로 전망

## ● 슈퍼 커패시터

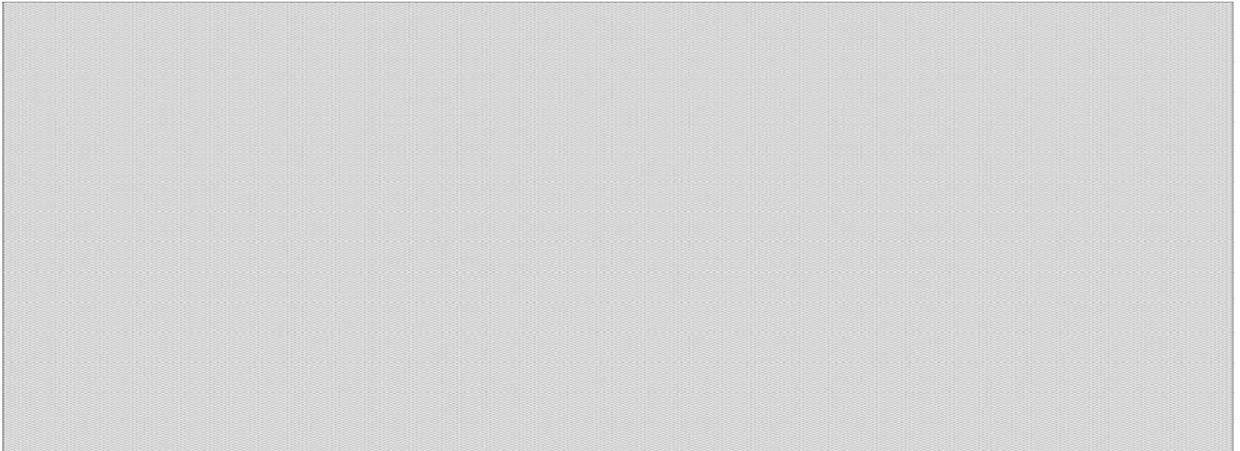
- IDTechEx(2013)에 따르면 세계 슈퍼 커패시터 시장은 2013년 8억 4,200만 달러에서 2023년 116억 달러로 성장할 것으로 전망



## 📖 에너지 하베스팅 소자

### ● 열전소자

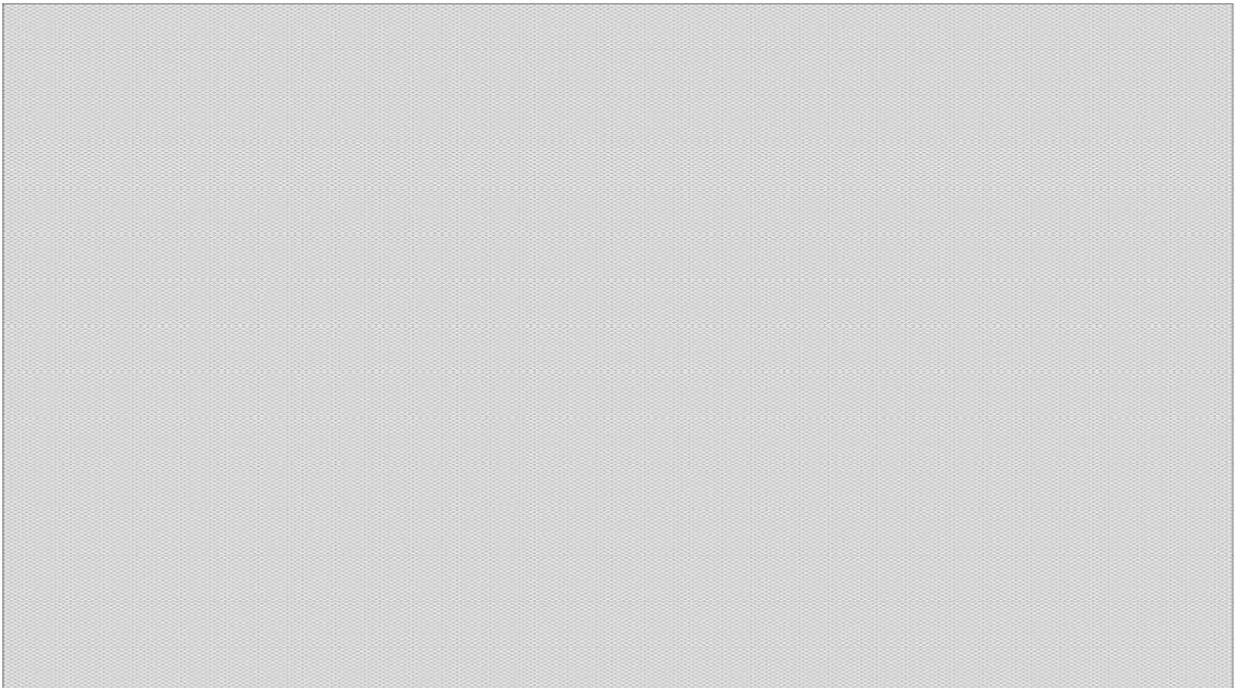
- 열전소자 시장은 발전소자를 이용한 응용시장과 냉각소자를 이용한 응용시장으로 구분
- 열전소자는 자동차 온도조절 시트(Climate Control), 반도체(순환기, 냉각판), 바이오(혈액분석기, PCR, 시료온도싸이클 테스트기), 이학분야(스펙트로포토미터), 광학분야(CCD 쿨링, 적외선센서 냉각, 레이저다이오드 냉각, 포토다이오드 냉각, SHG레이저 냉각), 컴퓨터(CPU 냉각), 가전제품(김치냉장고, 소형냉장고, 냉온수기, 와인냉장고, 쌀통, 제습기 등), 산업분야(폐열발전기, 리모트 파워발전) 등 다양한 분야에 적용
- IDTechEx(2012)에 따르면 세계 열전 에너지 하베스트 시장은 2013년 3,170만 달러에서 2023년 7억 4,600만 달러로 성장할 것으로 전망



## 인쇄전자소자/3D프린팅

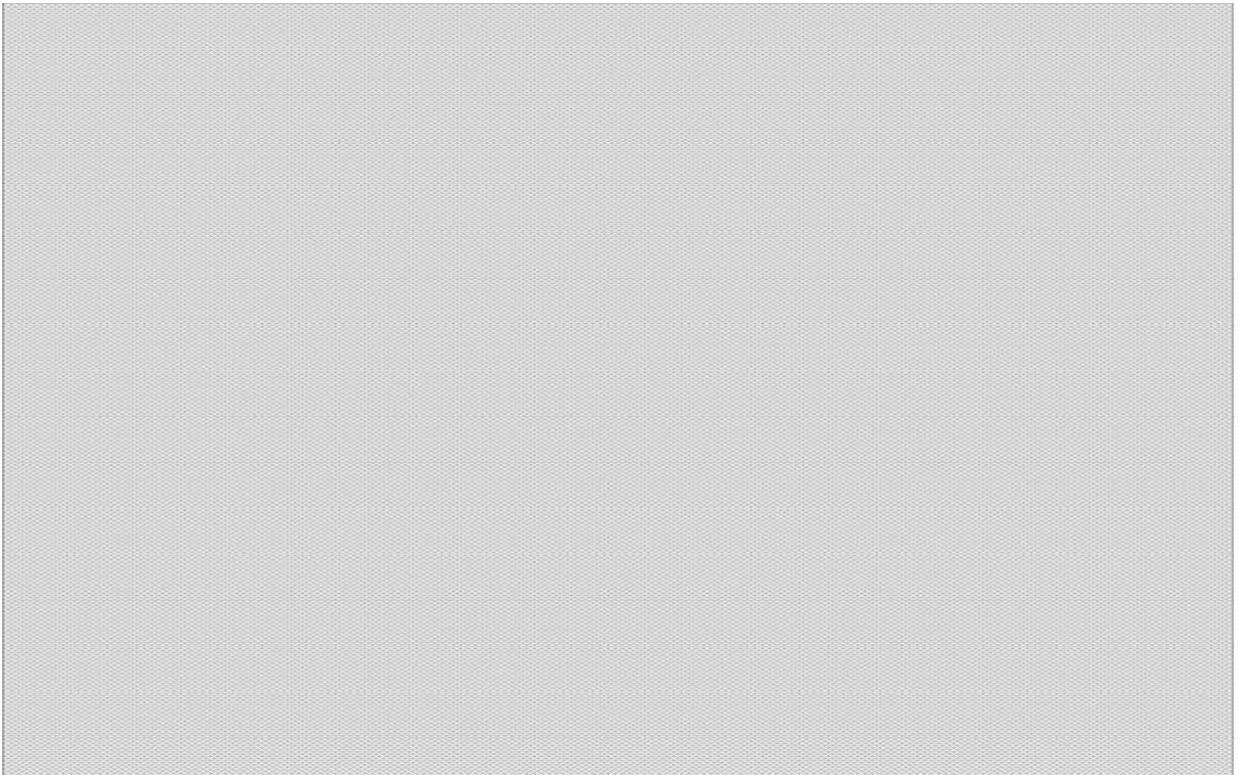
### 3D프린팅

- SmartTech Markets(2015)에 따르면 세계 3D 프린팅 시장은 2015년 37억 2,400만 달러에서 2020년 112억 4,100만 달러로 연평균 24.7% 성장할 것으로 전망
- 분야별로는 개인교육, 치과용, 의료용, 우주항공, 자동차의 순



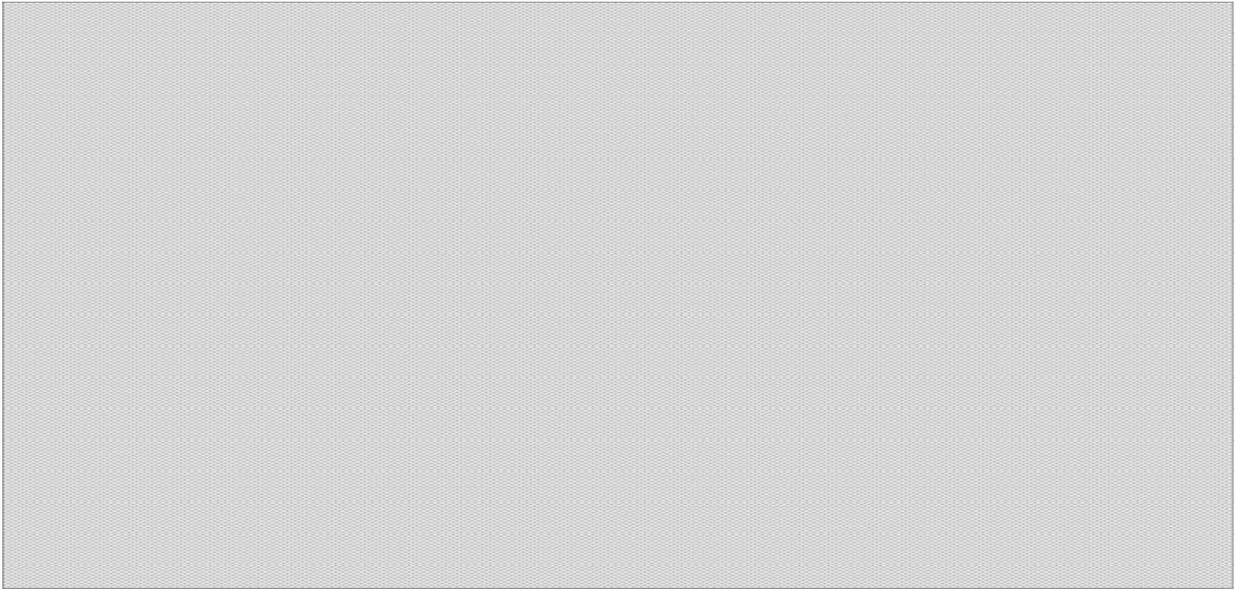
## **센서**

- BCC Research(Global Markets and Technology for sensors; 2013)에 따르면 세계 센서시장은 2015년 884.2억 달러에서 2020년 1,392억 달러로 연평균 9.5% 성장할 전망
- 세부분류별 시장규모로는 이미지센서, 바이오센서, 수평센서, 압력센서, 화학센서, 위치센서의 순



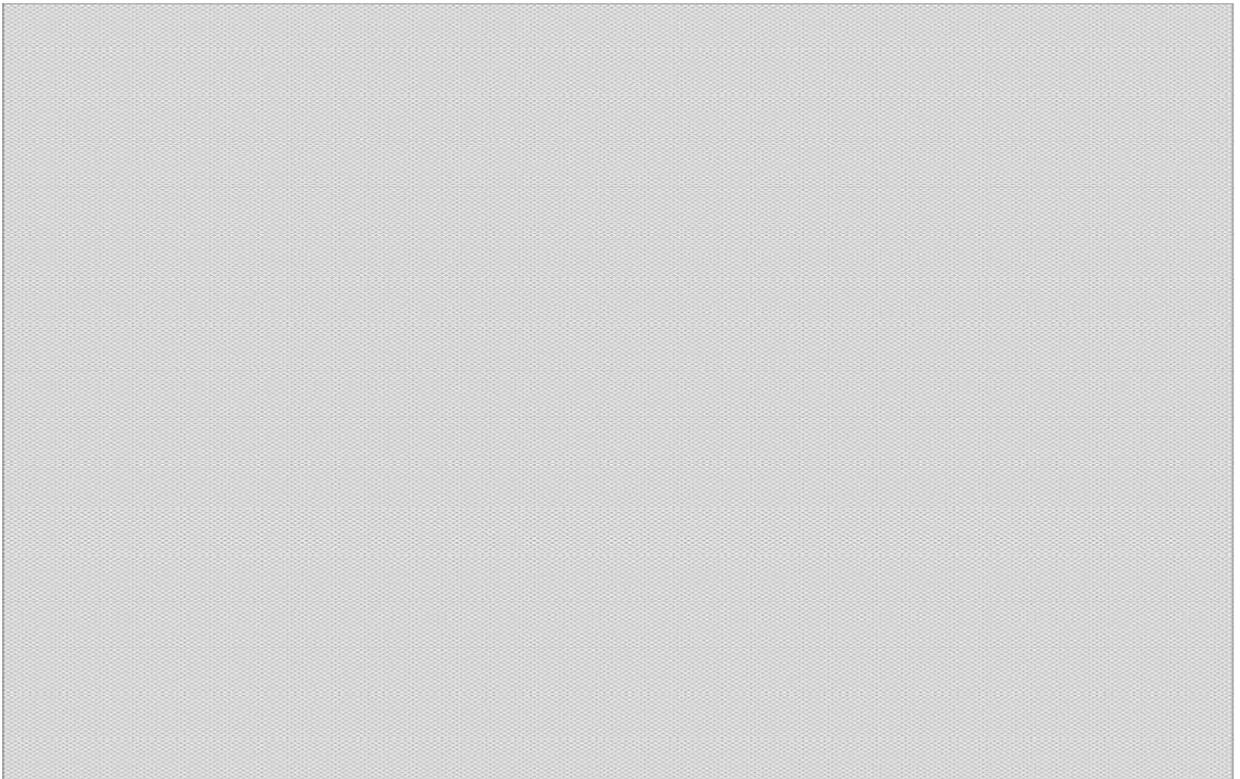
## **광전융합소자**

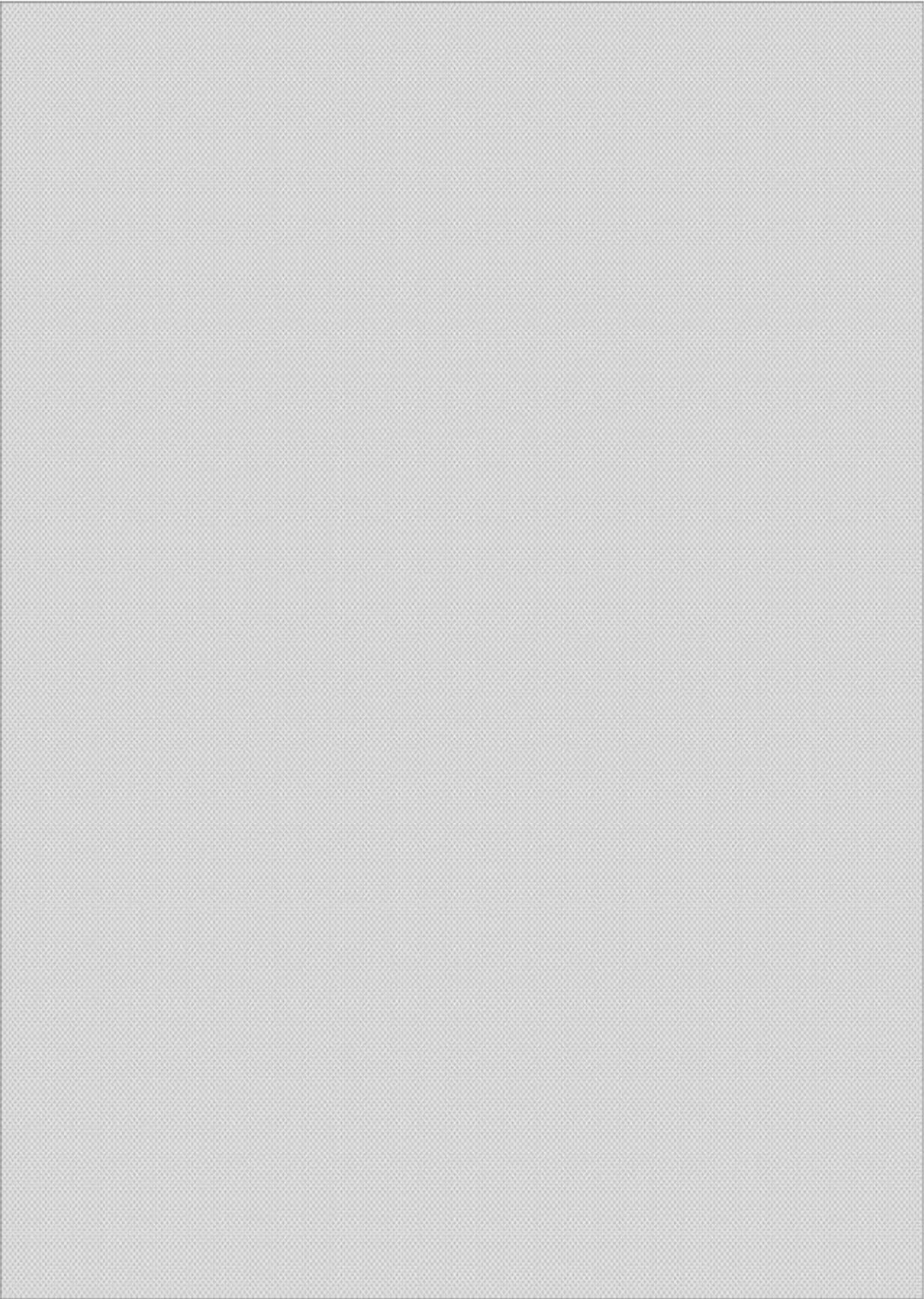
- 실리콘 포토닉스
- 실리콘 포토닉스는 반도체, 전자, 광통신 전반에 적용이 가능하여 컴퓨터, 휴대전화, 네트워크, 로봇, 센서, 자동차, 스디스플레이, 항공우주 등 다양한 응용분야 시장 창출이 예상
- Yole(2016)에 따르면 실리콘 포토닉스 시장은 2015년 4천만 달러에서 2020년 4억 달러로 연평균 58.5%의 고도성장을 기록할 것으로 전망



### 테라헤르츠

- BCC Research(2015)에 따르면 테라헤르츠 디바이스 및 시스템을 합친 세계 테라헤르츠 시장규모는 2015년 7,700만 달러에서 2020년 3억 9,500만 달러로 연평균 38.7% 성장할 것으로 전망





## IV 정책적 시사점

### 원천기술 개발

- 미국, 유럽, 일본 등 선진국과 경쟁하기 위해서는 원천기술 확보, 대규모 정부 프로젝트 발주, 전문인력 양성, 장기적 안목으로 접근, 원칩화 기술 트렌드에 대응, 조화로운 산업생태계 조성, 차세대 소재 기술 개발 등을 추진할 필요가 있음
  - ICT부품의 원천기술 확보 및 핵심부품의 국산화 없이는 미국·일본 등 선진국과 중국 등 후발국 사이에서 넷크래커 상황을 벗어나기 어려움
- 국내 원천기술의 부족 등의 문제점을 신규 ICT 제품용 부품에 대해 산학연 및 정부 공조를 통한 집중지원을 통해 개발을 추진
  - 체계적인 인적 네트워크를 구성하고 일관된 정책 추진으로 원천기술 개발의 성공률을 높여야 함
- 고부가가치 ICT부품과 신소재 분야의 원천기술은 단기간에 경쟁력을 향상시키기 어렵고 대규모 투자 및 위험이 수반되기 때문에 정부가 중장기적으로 지원
  - 현재 IT기기 개발 중심의 연구개발 지원체제를 원천기술 확보 등 핵심 기초기술연구 중심으로 전환
- 선진국 기업과의 M&A, 합작투자, 외국인 직접투자 유치를 통해 수입부품의 국산화를 확대하고, 단기간에 개발하기 힘든 핵심 부품·소재 기술확보 도모
- 미래 유망 융합부품/신소재 발굴 및 원천기술 확보
  - 지능형반도체, AR/VR 디바이스, 홀로그램 패널, 융복합 실감 센서, 3D프린팅 소재/부품, 전력반도체, 에너지 변환/수집 소자, 방송통신 융합부품, 광통신 소자/부품, 양자통신 소자/부품 등 시스템과 서비스가 연계된 핵심 고부가가치 소재부품 연구개발이 필요
- R&D 인프라 확충 및 상생협력 강화
  - 국내 대학, 출연연, 벤처기업들 간 장기적 파트너십 내실화
  - 수요 대기업과 융합부품/소재 제조업체간 상생협력 강화를 통한 네트워크 역량 배양

- 글로벌기업으로 발전하기 위해 M&A를 통해 전문화, 대형화를 유도하는 정책이 필요

● 개방형 기술 혁신 과정을 통한 기술 및 부품 개발은 ICT부품 생산 기업간, IT 완제품 생산 기업과 ICT부품 생산 기업 간에 성과를 극대화할 수 있음

- 대기업은 1차 협력업체만이 아닌 2차, 3차 협력업체와의 협력을 확대·강화해야
- 동종 업체들 간에는 지나친 경쟁의식보다는 국가 ICT부품 산업의 경쟁력 강화를 위해 서로가 조력자의 역할을 해야
- 글로벌 아웃소싱 활성화로 기술 및 시장 변화에 능동적으로 대처해야

### 📖 시장 선도적 기술개발로 경쟁력 강화

● 선도적 ICT 융합부품/소재 기술의 국산화로 ICT산업의 구조 재편에 대응

- 기술보호주의 확산으로 시장 및 기술을 선도할 수 있는 ICT 융합부품 개발
- ICT 융합부품/소재 업체들은 혁신을 통해 경쟁력 강화를 실행하고 국내 수요시장, 즉 Captive Market 보호는 물론 해외시장 확대를 중장기적으로 계획해야

● 국내 ICT 융합부품 업체들의 부가가치 원천인 R&D에 대한 지속적인 투자를 통해 독자적인 영역 확보 및 강화가 필요

- 우수한 기술력을 보유하고 있는 전문업체가 종합 부품 업체보다 뛰어난 성과를 창출
- 일본의 전문 부품업체들은 20% 이상의 고수익을 창출하는 업체가 다수

※ 키엔스, 히로세, 호야, 무라타, 이비덴 등은 우수한 기술력을 기반으로 차세대 기술 개발 등을 통한 핵심 역량 강화 및 끊임없는 신제품 개발로 자신의 영역에서 시장 선도력을 유지

- 국내 ICT 융합부품 업체들도 자신의 독보적인 영역에서 세계를 주도할 수 있는 기술개발 및 핵심 역량을 강화해야 함

### 📖 정부의 적극적인 육성 정책

● 최근 들어 글로벌 경기 침체, 내수 부진 등으로 인한 국내 경제 활성화를 위한 적극적인 대응이 필요

- ICT부품 수요 안정화, 업체들의 안정적 성장 등을 위한 내수 활성화를 위한 적극적인 대안 마련이 필요
- 국내 ICT 부품업체의 경쟁력.전문성 강화를 위한 산업 구조 재편 기틀 마련
  - 국내 대다수 중소 ICT 부품업체들은 자사에서 기술개발은 물론 생산, 마케팅까지 담당해, 불확실성이 높아가고 있는 환경 속에서 부담감으로 작용
  - 각각의 가치사슬 영역에서 전문성이 높은 업체들을 선별, 더욱 강화할 수 있는 산업 구조로의 재편을 위한 기틀을 마련해 상생 협력 체제를 구축해야
    - ※ 동일한 가치 사슬 내 존재하고 있는 업체들은 연구역량이 강한 ICT 부품업체는 연구만을, 생산 역량이 강한 ICT 부품업체는 생산만을 담당하여 상승 작용 효과 기대
  - 정부 차원에서 기술 개발 단계(편의상 연구-개발-사업화로 구분)마다 차별적인 지원을 해야
- ICT 부품업체들의 핵심 역량 강화 위한 혁신 네트워크 구축 및 적극적인 운영
  - 위험 분산, 활용 가능한 외부 원천 다양화 등을 위해 글로벌 ICT 부품업체의 R&D 센터의 국내 적극적인 유치와 이들과의 교류·협력의 강화가 필요
  - 외부의 아이디어, 기술 등을 조달하는 방법으로 국내 유치(In-Sourcing)을 활용하는 것은 시간 절감 측면에서 볼 때, 상대적으로 효율적일 것으로 판단됨
  - 그러나 기술적 종속성으로 높이는 결과를 초래할 수 있기 때문에, 글로벌 ICT 부품업체의 R&D 센터를 국내에 유치하거나 국내외 R&D 센터와 공동 연구개발
  - 글로벌 IT부품업체들의 기술, 노하우 등에 대한 학습을 통해 국내 ICT 부품업체들의 역량을 강화시킬 수 있는 기반이 될 것임
- ICT부품 전문 글로벌기업으로의 성장 촉진
  - 시장지향적인 기술 및 부품 개발의 유도과 시장성 있는 개발 프로젝트 투자
  - 해외 전시회, 해외 바이어 초청 비즈니스 상담회 등 개최를 통해 IT 부품 기업 해외 진출 활성화 및 지원 체제 구축
  - 대기업과 중소기업간 정보공유, 신규시장 진출을 위한 공동 연구개발을 지원하고, 동반성장 모델을 발굴, 확산

## ※ | 참고문헌

IDTechEx, “Global combined Supercapacitor markets and forecast 2010-2013”, 2013.

IDTechEx, “Market forecast for thermoelectric energy harvesters in different applications”, 2014.

Smartech Markets, “Markets for 3DP Related Goods and Services”, 2015.

Yole Development, “Silicon photonics for datacenters and other applications”, 2016.11.

과학기술정보통신부, “정보통신산업의 진흥에 관한 2017 연차보고서”, 2017.8.

미래창조과학부, “정보통신산업의 진흥에 관한 2016 연차보고서”, 2017.1.

미래창조과학부, “정보통신산업의 진흥에 관한 2015 연차보고서”, 2016.1.

야노경제연구소, “세계 파워반도체 시장규모 및 전망”, 2014.8.

한국무역협회 국제무역연구원, “무역업계가 알아야할 최근 ICT융합 관련 분야별 기술 변화 트렌드”, 2016.2.

한국전지연구조합, “이차전지의 시장 현황”, 2013.

## 저자소개

---

전 황 수 ETRI 미래전략연구소 기술경제연구본부 기술경제연구그룹  
책임연구원  
e-mail: chun21@etri.re.kr Tel. 042-860-5115

## ICT 융합부품/소자 도메인 분석

: 기술동향 및 시장전망

---

발 행 인 : 한 성 수

발 행 처 : 한국전자통신연구원 미래전략연구소 기술경제연구본부

발 행 일 : 2017년 12월

---

**ETRI** 한국전자통신연구원  
미 래 전 략 연 구 소

34129 대전광역시 유성구 가정로 218  
전화 : (042) 860-5115, 팩스 : (042) 860-6504

\* 주의 : 본서의 일부 또는 전부를 무단으로 전제하거나 복사하는 것은  
저작권 및 출판권을 침해하게 되오니 유의하시기 바랍니다.