

# 소재 · 부품 · 장비 미래선도품목 R&D 추진방안

2021. 5. 25.

관계부처 합동

## 순 서

[요 약]	i
I. 추진 배경	1
II. 국내외 동향 및 시사점	3
III. 발굴 프로세스	5
IV. 미래선도품목 R&D 추진방안	7
1. 미래선도품목 발굴 · 선정	8
2. 미래선도품목 R&D 지원 강화	21
V. 향후 계획	22
[참고] 분야별 세부 기술 로드맵	23

# 요약

## 소부장 미래선도품목 R&D 추진방안 (요약)

### I. 추진 배경

- 글로벌 공급망 재편 추세에 따라 첨단 소부장 분야에 대한 기술 경쟁이 더욱 심화되는 양상 → 국내 소부장 산업에는 위기이자 기회
  - 그간 정부는 일본 수출규제, 글로벌 공급망 재편 등 대내외 환경 변화에 대응하여 총 2번에 걸쳐 소부장 R&D 전략을 마련
  - 기존의 소부장 국산화 전략을 넘어 미래 공급망을 창출·선점하기 위한 '소부장 미래선도품목\* R&D 추진방안' 수립 추진

\* 향후 5년 이후, 기술 혁신 등을 통해 △주력산업 고도화(5개 분야) △신산업 창출(4개 분야)을 견인하는 미래 핵심 소부장 품목

대내외 환경		소부장 R&D 전략	지원 대상
日 수출규제	현재	① 소부장 R&D 투자전략 및 혁신대책 ('19.8)	對일본 R&D품목 100개
	현재	② 소부장 R&D 고도화 방안 ('20.10)	對세계 R&D품목 85개
	미래	③ 소부장 미래선도품목 R&D 추진방안 ('21.5)	미래선도품목 65개

### II. 국내외 동향 및 시사점

- (해외 동향) 美·中 기술 패권 경쟁 등에 따라 반도체, 배터리와 같은 글로벌 공급망(소부장) 선점을 위한 국가간 경쟁이 심화
  - \* (미국) 반도체, 배터리, 원료 의약품, 희토류 등 4대 공급망 검토 실시('21.2~)
  - \* (중국) 신소재, 스마트제조 등 8대 산업에 대해 매년 7% 이상 R&D 투자 확대('21.3)
- (국내 동향) 주력 분야에 대한 글로벌 위협\*이 가시화 되는 가운데, 인력 등 미래 기술 선점을 위한 중장기 R&D 인프라는 취약\*\*
  - \* (반도체) 인텔 200억불 파운드리 투자 (배터리)도요타社 전고체전지 '25년 양산 계획
  - \*\* (인력) 소재 분야 전문인력 부족(석박사 부족률 4.2%), (R&D) AI 집속한 혁신 요구 등

◇ 결국, 차세대 기술 선점이 국가 경쟁력의 핵심 → ①소부장 미래 선도품목 발굴·육성 + ②중장기 R&D 생태계 지원 강화 추진

### Ⅲ. 발굴 프로세스

- (수요 발굴) △주력산업 고도화 △신산업 창출 분야에 주관부처(2개)를 지정하여 산·학·연·관 TF\*를 구성·운영 (\*20.10~12)

\* 산학연 전문가 119명으로 구성하여 실무작업 실시 (기관 수요조사 병행 등)



- (검증 작업) 총 68명의 산학연 전문가를 별도로 구성, △기존 사업과의 중복성, △정부지원 적절성(평가지표) 등을 검토 (\*21.1~4월)

- (수요·공급 매칭) 소부장 수요·공급 기업 대상으로 2단계 의견 수렴

\* (1차) 분야별 수요기업 의견 수렴 → (2차) 분야별 수요·공급기업 의견 수렴

☞ 소부장 전문가 총 211명 참여, 광범위한 의견 수렴을 통해 총 65개 발굴

### Ⅳ. 미래선도품목 R&D 추진방안

#### 목표

#### 미래 신공급망 창출·선점

- 탄소중립·디지털 뉴딜·바이오 혁신 기반 마련 -

#### 추진 방안

#### ① 미래선도품목 발굴·선정 (총 65개)

	반도체	디스플레이	전기전자(배터리)	자동차
대표				
예시	고해상도 BEUV 포토레지스트	초미세 마이크로LED	전고체전지 소재	4D 라이다 모듈
				
	액화수소 저장용기	인공지능용 PIM 반도체	인공장기 생체소재	차세대 태양광소재 (건식공정용 페로브스카이트)

#### ② 미래선도품목 R&D 지원 강화

2-1. 맞춤형 R&D 관리·평가 지원

2-2. 중장기 R&D 기반 고도화

#### 1

### 미래선도품목 발굴·선정 (총 65개)

#### [주력산업 고도화]

- ① (반도체) 인공지능·빅데이터 처리 등에 대응한 차세대 반도체 구현에 필수적인 **초고집적화**(초미세화, 고적층화) 공정 관련 품목 선정

기술 트렌드 (현재 → 5년후)	미래선도품목
<b>회로 선폭 초미세화</b> (5nm → 1.5nm 이하)	① 초고해상도 BEUV 포토레지스트 ② 차세대반도체용 ALD(원자층 증착) 전구체 및 장비
<b>반도체 소자 고적층화</b> (176단 → 400단 이상, 낸드기준)	③ 3차원 웨이퍼간 직접 본딩 장비 ④ 펄초 레이저 다이싱 장비 ⑤ 이종 집적 방열 소재(Heterogeneous Integration)

- ② (디스플레이) 현재 OLED 디스플레이 경쟁력을 이을 △**초고해상도** (마이크로LED) △**다축 플렉서블 디스플레이** 관련 품목 선정

기술 트렌드 (현재 → 5년후)	미래선도품목
<b>초고해상도·초실감 디스플레이</b> (OLED → 초미세 마이크로LED)	① 초미세 마이크로LED 소재부품 ② 마이크로 LED 화소공정 장비
<b>여러번 접히는 디스플레이</b> (1축 폴더블 → 多축 폴더블)	③ 3차원 표시 광학 소재부품 ④ AR·VR 디스플레이 소재·부품 ⑤ 자유곡면 플렉서블 기판 및 유기소재 ⑥ 폴더블 원도우용 하이브리드 소재

- ③ (전기전자) 모바일 ICT 기기, 전기차 확산 등에 따라 △**고에너지** (전고체전지) △**고전압·비접촉** 관련 품목 선정

기술 트렌드 (현재 → 5년후)	미래선도품목
<b>고용량·안정성 높은 배터리</b> (리튬이온 → 전고체전지)	① 전고체전지용 고체전해질 ② 리튬 금속 음극 소재
<b>고전압·비접촉 환경</b> (400v/접촉식 → 1,000v/비접촉식)	③ 축감 재현용 초음파 생성기 ④ 초고전압 MLCC(적층세라믹콘덴서) ⑤ 고주파용 단결정 기판 소재(반결연 SiC 기반)

**④ (자동차) ICT 융합, 환경 규제 강화에 따라 △완전 자율 주행**  
(Lv 4~5) △친환경·경량화(전기·수소차 등) 관련 품목 선정

기술 트렌드 (현재 → 5년후)	미래선도품목
<b>완전 자율 주행</b> (Level 2~3 → Level 4~5)	① 융합 센서의 통합 신호 처리용 AP(MCU 통합) ② 4D 센싱용 라이다 모듈(위치+속도, FMCW 방식) ③ V2X 통신 반도체 소재(vehicle to everything)
<b>친환경·경량화</b> (전기차 연비 6km/kWh → 7km/kWh 이상)	④ 차량 구조 전지 시스템 ⑤ 무윤활 환경 저마찰 고내구 구동 모듈 ⑥ 고전압 전력반도체용 방열기판( $\text{Si}_3\text{N}_4$ : 질화규소 기반)

**⑤ (기계금속) 극저온 등 극한 환경(수소 생태계 등), 스마트 제조 확산**  
등에 따라 △극한 환경 소재 △스마트 기계 관련 품목 선정

기술 트렌드 (현재 → 5년후)	미래선도품목
<b>극저온·초고온 등 극한 환경</b> (LNG → 액체수소 저장 등)	① 액체수소 저장용 금속 소재 (내수소취화) ② 가스터빈용 내열 소재(희소금속 함유량 저감)
<b>스마트 기계(맞출형·생산성 향상 등)</b> (저탄소강 3D 프린팅 → 고탄소강)	③ 3D 프린팅용 금속 분말(소결기반 고탄소강) ④ 건설기계용 정밀 위치 인지 장비 ⑤ 비정형 실내외 자율주행 시스템

**[ 신산업 창출 ]**

**① (미래소재) 국내 산업(완제품)의 기초 체질 강화(소재)를 위해 향후 10년 이상의 장기 미래를 대비하는 차차세대 소재 개발**

기술 트렌드 (10년 이후)	미래선도품목
<b>차세대 ICT 소재</b> (홀로그래, 양자 컴퓨터 등)	① 홀로그램용 메타소재(실시간 광제어) ② 3D AR용 메타렌즈 소재(무색수차 구현 등) ③ 미래차용 섬유형 OLED 소재 ④ 양자컴퓨터용 상온 동작 능동 소재 ⑤ 초분광 영상용 적외선 센서 소재 ⑥ 극한환경용 다이아몬드 반도체 소재 ⑦ 차세대 통신용 강유전체 광소재 ⑧ 차세대 통신용 초고주파 소재(AIN HEMT 기반)

기술 트렌드 (10년 이후)	미래선도품목
<b>차세대 제조용 소재</b> (초고강도 소재, 초미세 제조)	⑨ 나노구조 알루미늄 합금 ⑩ 멤리스터용 나노복합소재 ⑪ 듀얼 이온전지용 전지 소재 ⑫ 베타전지용 질화물 반도체 소재 ⑬ 암모니아 연료전지용 나노 촉매 소재 ⑭ 차세대 전고체전지 소재(산화물계) ⑮ 고밀도 수소저장용 경금속 수소화물 ⑯ 친환경 페로브스카이트 소재(Pb-free) ⑰ 저온형 수전해용 세라믹 소재
<b>차세대 에너지용 소재</b> (차세대 이차전지, 수전해 등)	⑱ 소프트 웨어러블 인공근육 소재 ⑲ 휴먼증강용 인체감각 모방형 전자 소재 ⑳ 체내 주사용 생분해성 형상기억소재 ㉑ 바이오 인터페이싱 소재(면역반응 제어)
<b>차세대 바이오 소재</b> (휴먼증강, 인체 적합성 소재 등)	

**② (비대면 디지털) 화상회의, 인공지능 등 비대면 디지털 수요에 따라 △초고속 통신, △인공지능 반도체 관련 품목 선정**

기술 트렌드 (현재 → 5년후)	미래선도품목
<b>초고속 유무선 통신</b> (5G → 6G, 저궤도 위성통신 등)	① 6G 통신용 전력 증폭기 GaN 집적 회로 ② 테라비트급 데이터 전송용 광통신 부품 ③ 대용량 코히어런트 광통신 부품 ④ 저궤도 위성통신용 통합 단말 모듈(위성+이동) ⑤ 고정밀 디지털 레이더 모듈 ⑥ 양자 인터넷용 양자 중계기 부품 및 모듈 ⑦ 인공지능용 PIM 반도체
<b>인공지능 확산</b> (GPU기반 → NPU, 뉴로모픽 등)	

**③ (바이오) 글로벌 보건 긴급 상황 대응, 탄소 중립 추세 등에 대응하여 △재생 의료 고도화 △그린 바이오 관련 품목 선정**

기술 트렌드 (현재 → 5년후)	미래선도품목
<b>재생 의료 고도화</b> (유전자치료제 검증 → 난치성 질환 치료)	① 유전자 치료용 핵산 및 바이러스 벡터 소재 ② 인체이식용 지지체 및 인공 장기 생체 소재 ③ 초병렬적 DNA 합성 장비
<b>친환경 바이오</b> (동물고기/일반사료 → 배양육/친환경사료)	④ 대체육 원료 ⑤ 친환경 사료 소재

④ (그린에너지) 전세계적인 탄소 중립 추세에 대응하여 △고효율 재생 에너지, △그린 수소 생산 분야의 품목 선정

기술 트렌드 (현재 → 5년후)	미래선도품목
<b>고효율 재생에너지</b> (실리콘 태양광 → 페로브스카이트)	① 건식 공정용 페로브스카이트 소재 ② 초대형 풍력발전용 분리형 블레이드 ③ 고강도 복합 나노 섬유 및 공정 장비
<b>그린 수소 생산</b> (그레이 수소 → 그린 수소)	④ 고안정성 음이온 교환막 수전해 스택 ⑤ 초고성능 세라믹 전해 전지

④ (전문인력 확보) 산업기초 인력양성 및 고경력 은퇴자 활용 추진

- (산업기초 인력양성) 산업계 수요가 높은 **물리학**(광학 등), **소재**(세라믹, 나노 등) 분야 기초연구 R&D 확대를 통해 전문인력 양성 유도

- 소부장 기초 연구 분야 : 물리학(광학, 응집물리, 입자물리 등), 소재(세라믹, 나노 등)
- 기초연구분야 지원 예산 : ('19년) 1,897억원 → ('20년) 2,350억원

- (고경력 은퇴자) 고경력 기업인의 사회적 활동 기회 제공을 위해 중소·벤처 기업에 대한 기술 컨설팅 지원 사업 등\* 추진

\* 고경력 과학기술인 활용지원사업(과기정통부, '21년 15억원), 스마트 마이스터 운영사업(중기부, '21년 70억원) 등

## V. 향후 계획

- ☐ '22년 정부 R&D 예산 반영('21.上) 및 이행상황 점검('21.下)
- ☐ 미래선도품목 상세 개요서 및 기술 로드맵 책자 발간('21.6)
- ☐ 미래선도품목 R&D 주기적 재설계('23년 이후, 2~3년 주기)

## 2 미래선도품목 R&D 지원 강화

### [ 맞춤형 R&D 관리·평가 지원 ]

① (연구 자율성 강화) △참여 제한 완화 △유연한 연구방식 적용

참여 제한 완화	▶ 미래선도품목 R&D에 대해서는 필요시 3책 5공 완화
연구 자율성 강화	▶ 대내외 환경 변화 등 고려, 연구방향 및 목표 수정 허용
장기 연구 지원	▶ 후속 과제를 지원하는 '오래달리기형 R&D'로 추진 (예시 : 기본 6년 과제 + 추가 3년 과제 지원 등)

② (장기적 평가) 소부장 특정평가 시점을 3년 이후로 적용

- \* (예시 : 10년 사업) 3년 마다 단계 평가(3+3+3), 최종년도 직전 사업화 컨설팅 평가
- 미래선도품목 R&D 종료시, 우수 성과에 대한 후속 지원을 위해 다양한 방식의 '이어 달리기 프로그램' 적용
- \* 범부처 이어달리기 전용 R&D 트랙 확대(나노미래소재원천 → 나노융합혁신제품개발 등) 등

### [ 중장기 R&D 기반 고도화 ]

③ (AI 활용 R&D 혁신) 소재 R&D에서 생성되는 데이터를 AI 기술로 분석·가공하여 신소재 개발, 공정 최적화를 위한 서비스 제공

\* 소재 연구데이터 플랫폼 구축사업 추진('21, 59.5억원, 과기정통부)



# 본문

## I. 추진 배경

### ◇ 글로벌 공급망(GVC) 지각 변동 → 국내 소부장 산업에는 기회

- 코로나19로 인해 공급망 위기 관리 필요성이 대두되고, 미·중 기술패권 경쟁 등으로 글로벌 공급망(GVC) 재편이 가속화되는 추세
  - ※ 미국 바이든 행정부는 반도체 등 주요 공급망 검토 행정명령 서명 ('21.2)
- 글로벌 공급망(GVC) 재편 추세에 맞춰 그간 시장 공략이 어려운 분야·지역에 대한 국내 소부장 산업의 시장 진출 기회로 활용
  - ※ 글로벌 소부장 기업의 64% 상당이 글로벌 공급망 재편을 준비 중(KOTRA, '20.9)

### ◇ 첨단 소부장 분야 글로벌 경쟁 가속화 → 미래 대응 강화 필요

- 반도체, 디스플레이, 배터리 등 활용도가 높은 첨단 소부장 분야에 대해서는 기술 경쟁이 더욱 가속화 되는 양상\*
  - \* EU는 '25년까지 600만대 전기차 공급 배터리 대부분을 역내 생산으로 계획
- 기존의 소부장 국산화 전략을 넘어 미래 공급망을 창출·선점하기 위해 차세대 소부장에 대한 기술 확보가 중요
  - 이에, 기업의 초격차 전략(2~3년)을 뒷받침하여 향후 5년 이후 중장기 미래를 선제적으로 대비하는 정부 R&D 전략 병행 필요

→ 그간 정부는 일본 수출규제, 글로벌 공급망 재편 등 대내외 환경 변화에 대응하여 총 2번에 걸쳐 소부장 R&D 전략을 마련

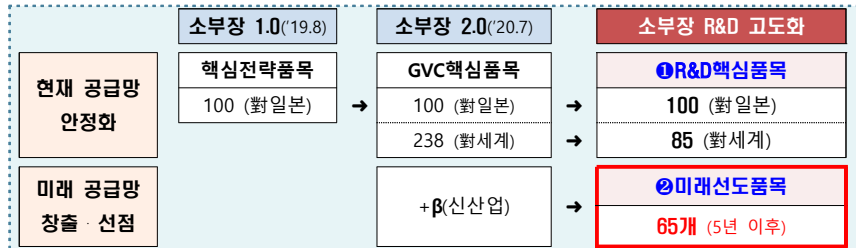
→ 금번 대책은 소부장 R&D 3번째 전략으로 단기 현안 대응을 넘어 중장기 미래 대비를 위한 미래선도품목에 중점을 두고 수립

대내외 환경		소부장 R&D 전략	지원 대상
GVC 재편 가속화	과거	① 소부장 R&D 투자전략 및 혁신대책 ('19.8)	對일본 R&D품목 100개
	현재	② 소부장 R&D 고도화 방안 ('20.10)	對세계 R&D품목 85개
	미래	③ 소부장 미래선도품목 R&D 추진방안 ('21.5)	미래선도품목 65개

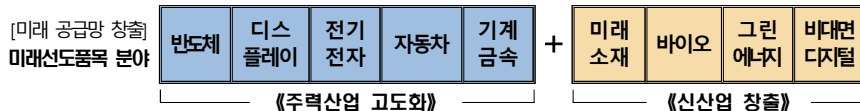
## 【참고】 미래선도품목 개요

- (배경) 글로벌 공급망(GVC) 재편에 선제 대응하여 현재 공급망 안정을 넘어 미래 공급망을 창출·선점하기 위한 미래선도품목 발굴 추진

※ 소부장 R&D 고도화 방안('20.10.14, 제5차 소부장경쟁력위, 경제부총리 주재) 후속조치



- (개념) 향후 5년 이후, 기술 혁신 등을 통해 △주력산업 고도화(5개 분야) △신산업 창출(4개 분야)을 견인하는 미래 핵심 소부장 품목



- (비교) 미래선도품목 vs R&D핵심품목

구분	미래선도품목	R&D핵심품목
개념	향후 미래 유망 제품·서비스 구현의 핵심적인 위치가 예상되어 선제적 기술 선점이 필요한 품목* * 기존에 존재하지 않거나, 존재하더라도 매우 높은 혁신성으로 차별성 강함	글로벌 공급망(GVC) 상에서 대외 의존성이 높아 기술 내재화가 시급한 품목
목적	미래 新공급망 창출·선점	현재 공급망 안정성 확보
상용화 여부 (선도국 기준)	상용화 이전 단계	현재 상용화 달성
개발 기간	5년 이후	5년 내외

## II. 국내외 동향 및 시사점

### 1 해외 동향

- ◇ 美·中 기술 패권 경쟁 등에 따라 반도체, 배터리와 같은 글로벌 공급망(소부장) 선점을 위한 국가간 경쟁이 심화

#### ◇ (미국) 공급망 관리 강화 및 자국 기업의 시장 진출 본격화

- 글로벌 수급 리스크가 높은 4대 분야(반도체, 배터리, 원료 의약품, 희토류)에 대한 공급망 검토 실시(행정명령 14017호, '21.2~)
  - 또한, 반도체 제조 및 연구개발에 총 500억불 규모의 투자계획\*을 발표('21.3)하고, 자국 기업의 반도체 시장 참여도 본격화\*
- \* (인텔) 반도체 파운드리 분야에 대한 200억불 규모의 투자 계획 발표('21.3)

#### ◇ (중국) 신소재, 스마트 제조 등 미래 소부장 분야 투자 강화

- △신소재, △스마트 제조 등 8대 산업 7개 영역에 대하여 향후 5년간 매년 7% 이상 R&D 투자 확대('21.3, 중국 양회)
- ※ (中 리커창 총리) “10년간 단 하나의 칼을 가는 심정으로 매진할 것이며, 과학 기술인이 한 가지 일에만 전념하도록 부담을 확실하게 덜어주겠다”고 언급
- 특히, 반도체 관련 소부장에 대한 대규모 투자\* 도 추진
- \* 상하이 반도체 집적회로 산업계획('21~'25) 발표 : '25년까지 포토레지스트, 웨이퍼, 자동화 설비 등 반도체 소재·장비에 대하여 총 1,000억위안 투자 예정

#### ◇ (일본) 핵심 소재 기술 확보를 통해 차세대 산업 분야 선점 노력

- 소재 다양성 확보를 위해 탄소 중립 등 지속 가능 발전 대상(SDGs)으로 영역을 확대하는 ‘소재 혁신 강화전략’ 마련('21.1)
  - 또한, 반도체, 이차전지 등 기 확보된 日 소재 기술력을 활용하여 차세대 소부장 선점을 위한 기술협력·R&D 투자도 강화
- \* (반도체) 대만 TSMC사는 반도체 패키징 관련 R&D 센터를 일본에 설립하는 방안 검토
- \*\* (이차전지) 일본은 차세대 이차전지인 전고체 전지 관련하여 전세계 특허 점유율 37%를 차지, 탄소중립 R&D 기금 2조엔을 활용하여 전고체전지 지원 추진 예정



## 2 국내 동향 및 시사점

### ① [산업 현황] 주력 분야에 대한 글로벌 위협 → 미래 기술 선점 필요

- 반도체, 디스플레이 등 주요 분야에서 세계를 선도하고 있는 국내 수요기업을 중심으로 소부장 산업 성장을 견인 중

· (D램 시장점유율, '20년 4분기) 삼성전자 42.1%(1위), SK하이닉스 29.5%(2위)  
 · (중소형OLED 시장점유율, '20년) 삼성디스플레이 68.2%(1위), LG디스플레이 21%(2위)  
 · (리튬전지 시장점유율, '20년) LG엔솔 23.5%(2위), 삼성SDI 5.8%(4위), SK이노 5.4%(5위)

- 다만, 최근 現 세대 소부장 기술이 임계점에 도달\*하고, 해외 경쟁 기업의 기술 추격(혹은 선점) 위협이 가중

\* (리튬전지) 잠재용량밀도 대비 70%이상 돌파 (OLED) 낮은 수명·저휘도 등 한계 노출

· (중국) BOE社는 OLED 분야에 10억 위안을 투자, LCD 분야는 세계시장 1위 달성  
 · (일본) 도요타社는 '25년까지 전고체 배터리 양산 계획, 핵심특허 100개 이상 보유  
 · (미국) 마이크론社는 낸드 메모리 시장 선점을 위해 日 키옥시아社 인수를 검토 중

### ② [R&D 생태계] 중장기 인프라 취약 → 전문인력 확보·AI 기술 활용

- (전문인력 부족·유출) 기초과학 역량 보유한 전문인력 부족\*과 함께, 고경력 기업인의 인력 유출 문제 등이 부각

\* '19년 기준 차세대반도체, 첨단소재 분야에서 석박사급 인력 공급이 부족한 상황  
 (학력별 부족률 : 고졸 1.2%, 전문대졸 1.5%, 대졸 3.3%, 석박사 4.2%, 출처 : KIAT)

< 소재 분야 연구인력 추이('15~'18, 출처 : 소재기술백서) >

구분	2015년		2016년		2017년		2018년	
박사	2,922	9.2	3,183	9.6	3,596	10.1	3,623	9.5
석사	11,149	35.3	11,532	34.7	12,409	34.7	13,253	34.6
학사	15,688	49.6	16,443	49.5	17,469	48.9	18,953	49.5
기타	1,868	5.9	2,077	6.8	2,259	6.3	2,488	6.5
합계	31,627	100	33,235	100.6	35,733	100	38,317	100

- (기존 연구방식 한계) 빠르게 변화하는 기술 환경에서 전통적인 연구 방식(실험, 이론 등)으로는 한계\* → AI 접목한 R&D 혁신 必

\* 기존의 실험·이론·모델링에 의한 소재 연구방법으로는 통상 10~20년 소요

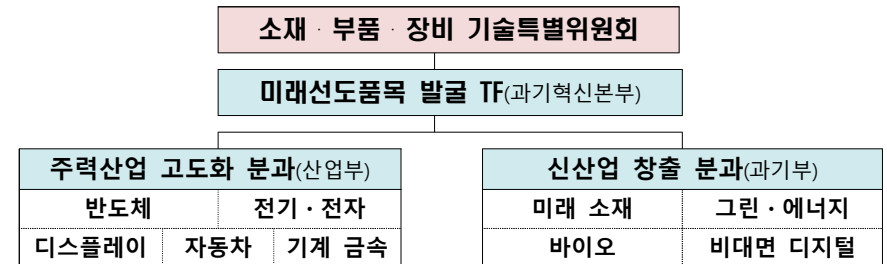
◇ 결국, 차세대 기술 선점이 국가 경쟁력의 핵심 → ①소부장 미래 선도품목 발굴·육성 + ②중장기 R&D 생태계 지원 강화 추진

## Ⅲ. 발굴 프로세스

### ① [수요 발굴] 세부 분야별 산·학·연·관 TF 구성·운영

- △주력산업 고도화 △신산업 창출 분야에 주관부처(2개)를 지정하여 산·학·연·관 TF\*를 구성·운영 ('20.10~12)

\* 산학연 전문가 119명으로 구성하여 실무작업 실시 (기관 수요조사 병행 등)



### ② [검증 작업] 분야별 검토 자문단을 운영하여 중복성·적절성 검토

- (검증) 총 68명의 산학연 전문가를 별도로 구성, △기존 사업과의 중복성, △정부지원 적절성(평가지표) 등을 검토

< 미래선도품목 평가지표 >

판단 기준	주요 내용
미래 유망성	▶ 미래유망분야의 핵심 기능 구현 여부, 고부가가치 기여 등
기술 혁신성	▶ 기존 품목 대비 성능 혁신(소재, 메커니즘의 패러다임 전환 등)
실현 가능성	▶ 기존 품목과의 대체 난이도 비교, 핵심 고도기술 수반 여부 등

- (선별) 미래선도품목 발굴 TF에서 도출한 총 122개 후보군(분야별 10개 내외)에 대한 '교차 검증' 및 '선별 작업' 실시

### ③ [수요·공급 매칭] 소부장 기업 대상으로 2단계 의견 수렴 병행

- 미래선도품목에 대한 산업계 수용성 확보를 위해 수요기업 대상으로 다수의 릴레이 간담회·추가 조정 실시(총 8개 분야별, 총 33명)

\* (1차) 분야별 수요기업 의견 수렴 → (2차) 분야별 수요·공급기업 의견 수렴

☞ 소부장 관련 전문가 총 211명 참여, 광범위한 의견 수렴을 통해 도출



## 【참고】 현장 목소리 (수요·공급기업 의견 수렴, '21.3~4, 총 33개社)

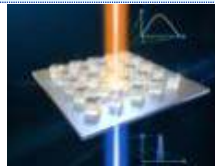

분 야	현장 목소리
반도체	<ul style="list-style-type: none"> <li>장비에 종속된 소재라 할지라도 선제적으로 준비하는 것이 중요, 시간이 지나서 시작하면 추격하기 어려움</li> <li>특히, 개발이 성공되기 위해 수요기업의 평가 병행이 중요</li> </ul>
디스플레이	<ul style="list-style-type: none"> <li>새로운 디스플레이가 기술에서 시장까지 나오는데 10년이 소요되는 만큼, 긴 호흡을 가지고 준비하는 것이 중요</li> <li>기술변화에 신속 대응하기 위해서는 광학 등 기초과학 역량을 보유한 우수 인력이 필요</li> <li>인공지능을 이용하여 R&amp;D 시행착오를 줄이는 것도 필요</li> </ul>
전기전자	<ul style="list-style-type: none"> <li>리튬이온전지의 한계가 다가오고 있는 가운데 게임 체인저 기술을 확보하는 것이 중요</li> <li>고급 인력들이 해외기업으로 나가는 문제 해결이 필요</li> </ul>
자동차	<ul style="list-style-type: none"> <li>운송수단은 전기차 뿐 아니라, UAM·로봇 등 다양한 수단으로 확대되고 있으며, 이에 공통으로 활용가능한 소부장 공급망 기술 확보 중요</li> </ul>
기계금속	<ul style="list-style-type: none"> <li>선진국이 앞서있는 분야(예시 : 3D 프린팅, 액체수소 저장소재 등)가 다수 있는 분야로서 다소 늦은 감이 있지만 긴 호흡을 가지고 R&amp;D를 지원하는 것이 필요</li> </ul>
비대면 디지털	<ul style="list-style-type: none"> <li>통신 분야에 있어서는 글로벌 1등을 유지하는 것이 중요함. 목표를 공격적으로 가져가서 R&amp;D를 진행할 경우, 실패해도 남는 건 있음</li> <li>미중 갈등에서 틈새를 노리는 시장이 될 수도 있음</li> </ul>
바이오	<ul style="list-style-type: none"> <li>재생 의료 관련 품목은 충분히 추적이 가능한 미래 유망분야로서 정부 지원이 반드시 필요.</li> <li>바이오 산업이 발전하기 위해서는 무엇보다 우수인력이 필요함</li> </ul>
그린 에너지	<ul style="list-style-type: none"> <li>국내 태양광 밸류체인을 보면 관련 소재부품은 수입에 상당히 의존 국내 제품의 효율 저감 문제 해결이 우선되어야함</li> <li>선진국에서 한발 앞서가고 있는 분야(예시 : 풍력)에서 보다 도전적인 R&amp;D 지원을 하지 않으면 2050년에 경쟁력이 도태될 우려</li> </ul>

## IV. 미래선도품목 R&D 추진방안

### 목표

**미래 신공급망 창출 · 선점**  
- 탄소중립 · 디지털 뉴딜 · 바이오 혁신 기반 마련 -

### ① 미래선도품목 발굴 · 선정 (총 65개)

대 표 예 시	반도체	디스플레이	전기전자(배터리)
			
	고해상도 BEUV 포토리소그래피	초미세 마이크로LED	전고체전지 소재
	자동차	기계금속	그린에너지
			
	4D 라이다 모듈	액화수소 저장용기	차세대 태양광소재 (건식공정용 페로브스카이트)
	미래소재	비대면디지털	바이오
			
	홀로그램 메타소재	인공지능용 PIM 반도체	인공장기 생체소재

### ② 미래선도품목 R&D 지원 강화

2-1. 맞춤형 R&D 관리 · 평가 지원

2-2. 중장기 R&D 기반 고도화

# 1 미래선도품목 발굴 · 선정

## 1-1 주력산업 고도화를 위한 미래선도품목

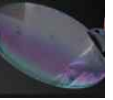

◇ 반도체, 디스플레이 등 주력산업 고도화 5대 분야별 미래 기술 트렌드를 고려하여 총 27개 미래선도품목 발굴 · 선정

	미래 기술 트렌드	미래선도품목
반도체	<b>회로 선폭 초미세화</b> (현재) 5nm 구조 → (5년후) 1.5nm 이하	① 초고해상도 BEUV 포토레지스트 ② 차세대 반도체용 ALD 전구체 및 장비 ③ 3차원 웨이퍼간 직접 본딩 장비 ④ 이중(利) 집적 방열소재 ⑤ 펄스 레이저 다이싱 장비
	<b>반도체 구조 고적층화</b> (현재) 낸드기준 176단 → (5년후) 400단 이상	
디스플레이	<b>초고해상도 / 초실감화 디스플레이</b> (현재) LCD / OLED → (5년후) 초미세 마이크로LED (현재) 고정 시점 3차원 → (5년후) 다시점 3차원	① 초미세 마이크로LED 소재부품 ② 마이크로LED 화소 공정 및 검사 장비 ③ 3차원 표시 광학소재 부품 ④ AR · VR 디스플레이 소재부품 ⑤ 자유곡면 기판 및 유기 소재 ⑥ 폴더블 원도우용 무기 하이브리드 소재
	<b>여러번 접히는 플렉서블 디스플레이</b> (현재) 1축 폴더블 → (5년후) 다축 폴더블	
전기전자	<b>고용량의 안정성 높은 배터리</b> (현재) 리튬이온전지 → (5년후) 전고체전지	① 전고체전지용 고체전해질(형화물계) ② 리튬금속 음극 소재 ③ 촉감 재현용 초음파 생성기 ④ 고주파 단결정 기판 소재 ⑤ 초고전압 세라믹적층콘덴서(MLCC)
	<b>전기차를 위한 고전압 제어 · 비접촉 센서</b> (현재) 400V EV → (5년후) 1,000V (현재) 접촉형 센서 → (5년후) 비접촉 센서	
자동차	<b>완전 자율 주행</b> (현재) Level 2~3 → (5년후) Level 4~5	① 4D 센싱용 라이다 모듈(FMCW 방식) ② V2X(Vehicle to everything)통신 반도체 소재 ③ 융합 센서 통합신호처리용 AP ④ 고전압 고효율 전력반도체용 방열기판 ⑤ 차량용 구조전지 시스템 ⑥ 무연할 환경 저마찰 고내구 구동 모듈
	<b>친환경 · 경량화</b> (현재) 전기차 연비 6km/kWh → (5년후) 7km/kWh 이상	
기계금속	<b>극저온 · 초고온 등 극한 환경 대응</b> (현재) LNG 저장 → (5년후) 액체수소 저장	① 액체수소 저장용 금속소재(내수소취화) ② 가스터빈용 저지유금속 합금 내열소재 ③ 3D프린팅용 금속 분말(소결 기반) ④ 건설기계용 정밀 위치 인지 장비 ⑤ 비정형 실내외 로봇용 자율주행시스템
	<b>스마트 제조 확산</b> (현재) 레이저 기판/저탄소강 → (5년후) 소결기판/고탄소강 (현재) 자율주행 Lv 3.5 → (5년후) 자율주행 Lv 4 이상	

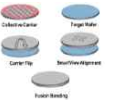


## ① 반도체 분야 : 총 5개 품목

◇ 인공지능 · 빅데이터 처리 등에 대응하여 차세대 반도체 구현에 필수적인 **초고집적화**(초미세화, 고적층화) 공정 관련 품목 선정

① **(초미세화)** 회로 선폭 **초미세화**(5nm 핀펫 구조 → 1.5nm 이하 GAA 구조)에 대비하여 **전공정 단계**(노광, 증착)의 **주요 품목 발굴**(2개)

품 목	주요 내용	
<b>초고해상도 BEUV (Beyond EUV) 포토레지스트</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3nm 이하의 반도체 노광 공정에 적용되는 EUV(13.5nm) 및 BEUV(6.7nm)용 포토레지스트 감광액</li> </ul>	
<b>차세대 반도체용 ALD (원자층 증착) 전구체 및 장비</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>차세대 메모리, 시스템 반도체 등의 제조시 증착 공정에서 적용 가능한 원자층의 증착 전구체 및 공정 장비</li> </ul>	


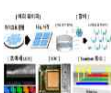


② **(고적층화)** 공정 미세화의 한계 극복을 위해 3차원 패키징 등 후공정 관련 품목 발굴 (3개)

품 목	주요 내용	
<b>3차원 웨이퍼간 직접 본딩 장비</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>웨이퍼 사이에 중간 매체 없이 직접 적층이 가능하도록 하는 본딩 장비</li> </ul>	
<b>펄스 레이저 다이싱 장비</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>펄스 레이저 광원을 이용하여 정밀도, 속도 등을 높인 웨이퍼 절단 장비</li> <li>※ 펄스 레이저 : 10<sup>-15</sup>초의 아주 짧은 펄스폭을 갖는 레이저 → 물질의 열적 변형 없는 가공이 가능</li> </ul>	
<b>이종 집적 (Heterogeneous Integration) 방열 소재</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>다수의 이종 특성을 갖는 칩들을 집적할 경우에 발생하는 열을 방열하는 특수 소재</li> </ul>	



## ② 디스플레이 분야 : 총 6개 품목

◇ 실감 콘텐츠 수요가 높아짐에 따라 **현재 OLED 경쟁력을 이을**  
**△초고해상도(마이크로LED) △다축 플렉서블(스트레처블 등) 관련 품목 선정**

① **(초고해상도 · 초실감화)** 가상증강현실, 스마트워치 · 클래스 등에  
 요구되는 디스플레이 품목 발굴 (4개)

품 목	주요 내용	
초 고 해 상 도	초미세 마이크로 LED 소재 · 부품	<ul style="list-style-type: none"> <li>수 <math>\mu\text{m}</math> 이하의 초미세 마이크로LED를 이용하여 디스플레이 패널 · 모듈을 제조하기 위한 소재부품</li> </ul> 
	마이크로LED 화소공정 장비	<ul style="list-style-type: none"> <li>초미세 마이크로LED 화소를 제조하기 위한 공정(증착/검사 등 포함) 장비</li> </ul> 
초 실 감 화	3차원 표시 광학 소재 · 부품	<ul style="list-style-type: none"> <li>사용자의 초점 거리에 3D 영상을 형성하여 피로감없이 입체감을 제공하는 디스플레이 소재 · 부품</li> </ul> 
	AR · VR 디스플레이 소재 · 부품	<ul style="list-style-type: none"> <li>가상/증강현실 영상 제공을 위한 자발광형 마이크로 디스플레이와 이를 제조하기 위한 소재부품</li> </ul> 



② **(다축 플렉서블)** 3차원 자유곡면에 밀착하여 다양한 기기에 활용  
 가능한 디스플레이 관련 품목 발굴 (2개)

품 목	주요 내용	
자유곡면 플렉서블 기판 및 유기 소재	<ul style="list-style-type: none"><li>■ 임의의 3차원 자유 곡면에 밀착될 수 있는 신축성 디스플레이 모듈 및 유연 접합 소재</li></ul>	
폴더블 원도우용 하이브리드 소재	<ul style="list-style-type: none"><li>■ 폴더블 디스플레이에 사용되어 다축으로 접혀질 수 있는 초박판 강화 유리 소재</li></ul>	


## ③ 전기 · 전자 분야 : 총 5개 품목

◇ 모바일 ICT 기기, 전기차 확산 등에 따라 **△고에너지(전고체전지)**  
**△비접촉 센서(촉각) △고전압 · 고주파 제어** 관련 품목 선정


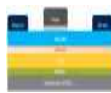
① **(고에너지 · 고안전화)** 現 리튬 이온 전지를 이을 차세대 전지로  
 '전고체전지'의 핵심 품목 발굴 (2개)

품 목	주요 내용	
전고체전지용 고체 전해질	<ul style="list-style-type: none"><li>■ 빠른 속도로 이온 전달이 가능한 황화물계의 고체 상태 소재 (기존 액체전해질 → 고체전해질)</li></ul>	
리튬 금속 음극 소재	<ul style="list-style-type: none"><li>■ 전고체전지의 고에너지밀도에 맞추어 고용량 · 장수명을 가지는 리튬 기반의 음극 소재</li></ul>	

② **(비접촉 센서)** VR · AR, 차량 인포테인먼트 조작 등 공간 햅틱과  
 관련된 비접촉 센서 품목 발굴

품 목	주요 내용	
촉감 재현용 초음파 생성기	<ul style="list-style-type: none"><li>■ 사용자와 접촉없이 공중에서 입체적 촉감을 제공하기 위해 공중에 공기압 초점을 생성하는 디바이스</li></ul>	

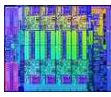
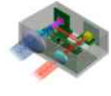

③ **(고전압 · 고주파 제어)** 전기차 전장부품 등과 같은 고전압 · 고주파  
 환경에 대응한 품목 발굴(2개)

품 목	주요 내용	
초고전압 MLCC (적층세라믹콘덴서)	<ul style="list-style-type: none"><li>■ 수백층 이상의 세라믹 유전체와 내부 금속전극을 상호교차시킨 적층구조의 고유전율 커패시터로 전기에너지를 저장 · 분산시키는 부품</li></ul>	
고주파용 단결정 기판 소재 (반절연 SiC 기판)	<ul style="list-style-type: none"><li>■ 고성능 GaN 에피 RF 통신소자 구현을 위한 반절연(Semi-Insulating) SiC 기판 소재</li></ul>	

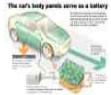


#### ④ 자동차 분야 : 총 6개 품목

◇ ICT 융합 확산, 환경 규제 강화 추세에 따라 △스마트화(자율주행차) △친환경·경량화(전기·수소차 등) 관련 품목 선정

① (자율 주행) 완전 자율 주행 구현을 위해 자동차의 두뇌, 눈과 귀에 해당되는 품목 발굴(3개)

품 목	주요 내용	
융합 센서의 통합 신호처리용 AP (MCU 통합 등)	<ul style="list-style-type: none"> <li>대용량 영상, 소리 및 LiDAR, 압력, 온도 등 통합 신호처리를 통해 능동 대처가 가능한 도메인 컨트롤 방식의 AP (MCU 통합 등)</li> </ul>	
4D 센싱용 라이다 모듈 (FMCW 방식)	<ul style="list-style-type: none"> <li>4D(3D+속도) 센싱을 통해 사물인식, 공간 위치인식, 위험상황 감지 등을 구현하는 주파수변조방식의 차세대 라이다 부품</li> </ul>	
V2X 통신 반도체 소재 (vehicle to everything)	<ul style="list-style-type: none"> <li>차량용 고주파 신호 손실 최소화를 위해 패키징 몰딩·기판용 열경화성 고분자 복합 소재</li> </ul>	



② (친환경·경량화) 전기차 및 수소차의 효율 향상 (경량화 등), 내구성 증진 등을 위한 관련 품목 발굴(3개)

품 목	주요 내용	
차량용 구조전지 시스템	<ul style="list-style-type: none"> <li>배터리와 하중 지지를 위한 구조물을 일체형으로 구현하는 에너지 저장 시스템</li> </ul>	
고전압 고출력 전력반도체용 방열 기판 (Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> : 질화규소 기반)	<ul style="list-style-type: none"> <li>열적, 기계적, 화학적 특성이 우수하여 방열 기판 및 구조에 사용되는 재료</li> </ul>	
무윤활 환경 저마찰 고내구 구동 모듈	<ul style="list-style-type: none"> <li>자동차 마찰 저감을 위한 저마찰 코팅 소재 및 공정 장비</li> </ul>	




#### ⑤ 기계 금속 분야 : 총 5개 품목

◇ 극저온·초고온 등 극한 환경(수소 생태계 등), 스마트 제조 확산 등에 따라 △극한 환경 소재 △스마트 기계 관련 소부장 품목 선정

① (극한 환경 소재) 친환경 에너지 전환에 따라 초고온 혹은 극저온 등의 극한 환경을 견디는 관련 품목 발굴(2개)

품 목	주요 내용	
가스터빈용 내열소재 (저희유금속 함유)	<ul style="list-style-type: none"> <li>가스터빈 블레이드, 베인, 디스크 등에 사용되는 고온·내식환경용 금속재료 및 열차폐 코팅소재</li> </ul>	
액체수소 저장용 금속 소재 (내수소취화)	<ul style="list-style-type: none"> <li>극저온(영하253도) 액체수소 기반의 저장 및 운송을 위한 금속 기반 구조 재료 (내피, 외피, 다층단열재 등)</li> </ul>	

② (스마트 기계) 건설 기계 지능화, 다품종 유연 제조 추세에 따라 건설기계, 제조기계 관련 품목 발굴(3개)

품 목	주요 내용	
건설기계용 정밀 위치 인지 장비	<ul style="list-style-type: none"> <li>건설기계의 무인화/자동화 기술 적용을 위해 정확한 자기 위치 인지(cm급 수준)가 가능한 고정밀 위성항법시스템</li> </ul>	
비정형 실내외 자율주행시스템	<ul style="list-style-type: none"> <li>로봇이 정형화되지 않은 실제 환경에서의 지형지물을 극복하고 자율주행을 가능토록 하는 장비 시스템</li> </ul>	
3D 프린팅용 금속 분말 (소결 기반 고탄소강)	<ul style="list-style-type: none"> <li>소결형 3D 프린팅이 가능하도록 우수한 물성(고경도, 고강도, 고내식, 고내열)을 갖는 합금강을 이용한 3D 프린팅용 분말 소재</li> </ul>	

## 1-2 신산업 창출을 견인하는 미래선도품목

◇ 미래소재, 비대면 디지털 등 신산업 4대 분야별 기술 트렌드를 고려하여 총 38개 미래선도품목 발굴·선정

	미래 기술 트렌드	미래선도품목
미래 소재	<p>미래소재의 경우, 장기 개발이 요구되는 소재 특성을 고려,</p> <p><b>"10년 후를 대비한 특수 소재"</b></p> <p>↓</p> <p>양자컴퓨터 / 홀로그램 / 유면증강 / 배터전지 등</p>	<p>ICT</p> <p>① 차세대 통신용 강유전체 광소재 ② 양자컴퓨터용 상온동작 능동소재 ③ 3D AR용 메타렌즈 소재 ④ 홀로그램 메타소재 ⑤ 초분광 영상용 광대역 적외선 센서소재 ⑥ 극한환경용 단결정 다이아몬드 반도체 소재 ⑦ 미래차용 섬유 OLED 소재 ⑧ 차세대 통신용 초고주파 소재</p> <p>바이오</p> <p>⑨ 유면증강용 인체감각 모방형 전자 소재 ⑩ 면역반응 제어형 바이오 인터페이스 소재 ⑪ 소프트 웨어러블 인공근육 소재 ⑫ 체내 주사용 생분해성 형상 기억소재</p> <p>제조</p> <p>⑬ 멤리스터용 나노 복합 소재 ⑭ 나노구조 알루미늄 합금</p> <p>에너지</p> <p>⑮ 차세대 전고체전지 소재(산화물계) ⑯ 듀얼 이온전지용 소재 ⑰ 고밀도 수소저장용 경금속 수소화물 ⑱ 저온형 수전해용 세라믹 소재 ⑲ 배터전지용 질화물 반도체 소재 ⑳ 암모니아 연료전지용 나노 촉매 소재 ㉑ 친환경 페로브스카이트 소재(Pb-free)</p>
비대면 디지털	<p><b>초고속 유무선 통신</b></p> <p>(현재) 5G → (5년후) 6G, 저궤도위성 등</p> <p><b>인공지능 적용·확산</b></p> <p>(현재) GPU기반 → (5년후) NPU, 뉴로모픽</p>	<p>① 6G통신용 전력 증폭기 GaN 집적회로 ② 대용량 코히어런트 광통신 부품 ③ 저궤도 위성통신용 위성·이동 통합 단말 모듈 ④ 인공지능용 PIM 반도체 ⑤ 양자 인터뷰용 양자 중계기 부품 및 모듈 ⑥ 테라바이트급 데이터 전송용 광통신 부품 ⑦ 이동형 고정밀 디지털 레이더 칩셋</p>
바이오	<p><b>재생의료 고도화</b></p> <p>(현재) 유전자치료제 검증 → (5년후) 난치성질환치료</p> <p><b>친환경 바이오</b></p> <p>(현재) 동물 고기 → (5년후) 배양육</p>	<p>① 유전자치료용 화학합성 핵산 및 바이러스 벡터 소재 ② 인체 이식용 지지체 및 인공장기 생체 소재 ③ 초병렬적 DNA 합성·분석 장비 ④ 대체육 소재 ⑤ 친환경 사료</p>
그린 에너지	<p><b>고효율 재생에너지</b></p> <p>(현재) 실리콘태양광 → (5년후) 페로브스카이트 (현재) 일반 풍력 → (5년후) 초대형 풍력</p> <p><b>그린 수소 생산</b></p> <p>(현재) 그레이 수소 → (5년후) 그린 수소</p>	<p>① 건식 공정용 페로브스카이트 소재 ② 초대형 풍력발전용 분리형 블레이드 ③ 고안정성 음이온 교환막 수전해 스택 ④ 고효율 고내구성 세라믹 전해전지 ⑤ 고강도 복합 나노섬유 소재 (Solvent free 용융·전기 방사)</p>



## ① 미래 소재 분야 : 총 21개 품목

◇ 국내 산업(완제품)의 기초 체질 강화(소재)를 위해 향후 10년 이상의 장기 미래를 대비하는 차차세대 소재 개발

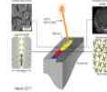
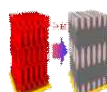
① (차세대 ICT) △초고속·저손실 6G 통신, △차세대 디스플레이 (홀로그램 등), △양자 컴퓨팅 구현과 관련하여 총 8개 품목 발굴

품 목	주요 내용	
6 G 통신	<p><b>차세대 통신용 강유전체 광(光)소재</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 피코초 수준의 광전변환 특성을 가지고, 가시광~ 적외선 영역을 포괄하는 저손실 집적형 포토닉스 소재</li> </ul>	
	<p><b>극한 환경용 다이아몬드 반도체 소재</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 고전압, 고온, 초고속, 내방사성 소재 특성으로 극한 환경에서 동작하는 다이아몬드 반도체 소재</li> </ul>	
	<p><b>차세대 통신용 초고주파 소재 (AlN HEMT 기반)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 향후 6G 통신(mmWave 대역)에서 활용될 기존 소재의 물리적 한계를 뛰어넘을 수 있는 신호 저손실, 고방열, 저유전 특성 등에 부합하는 신소재</li> </ul>	
디 스플 레 이	<p><b>홀로그램용 메타소재</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 실시간으로 제어 가능한 나노 구조체로 고화질 광시야각 홀로그램을 가능하게 하는 능동 메타소재</li> </ul>	
	<p><b>3D AR용 메타렌즈 소재</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 가시광 대역 초점 가변 능동 제어 특성과 무색수차 특성을 가지는 메타 렌즈 소재</li> </ul>	
	<p><b>미래차용 섬유형 OLED 소재</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 섬유 원단에 OLED 층을 구성하여 자체 발광하는 섬유소재 (헤드라이너, 도어트림, 시트 등에 적용 가능)</li> </ul>	

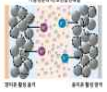
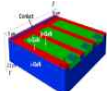
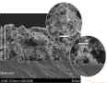


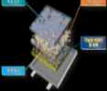



양자	양자컴퓨터용 상온 동작 능동 소재	■ 비가역적인 양자 계산을 수행하고, 양자비트를 구현할 수 있는 능동적 기능을 가지는 양자 소재	
센서	초분광 영상용 적외선 센서소재	■ 화합물 반도체를 기반으로 하여 근/단/중파장 적외선(IR)까지 검출이 가능한 에피 기판 소재	

② (차세대 제조) 초고강도, 고저항변화율 등의 고기능성 구현이 가능한 제조용 소재 관련 2개 품목 발굴




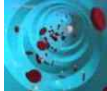
품 목	주요 내용	
나노구조 알루미늄 합금	■ 기존의 야금학적 기술로 달성할 수 없는 1GPa 이상의 초고강도(인장강도) 특성을 가지는 알루미늄 합금	
멤리스터용 나노복합소재	■ 금속 내부에 연속적인 세라믹 나노 구조체를 함침시켜 다기능성(초고강도, 저항변화율)을 구현하는 복합소재(고강도 메타합금, 차세대메모리 등 활용)	

③ (차세대 에너지) 초고용량, 초장수명을 구현하는 듀얼이온전지, 베타전지(수명 100년), 암모니아 연료전지 등 총 7개 품목

품 목	주요 내용	
듀얼 이온전지용 전지소재	■ 듀얼이온 저장(Dual-ion storage)을 통해 고전압 시스템을 가능하게 하는 전지 소재	
베타전지용 질화물 반도체 소재	■ 반영구적 초소형 3차전지인 베타 전지의 효율 및 안정성을 높이는 질화물 계열의 반도체 소재	
암모니아 연료전지용 나노 촉매소재	■ 암모니아를 직접 연료로 하여 수소를 개질할 수 있도록 하는 연료전지 촉매 소재	

차세대 전고체전지 소재 (산화물계)	■ 폭발 및 발화 가능성을 원천적으로 차단하는 고에너지밀도 산화물계 전고체전지 전해질	
고밀도 수소저장용 경금속 수소화물	■ 모빌리티 활용 목적으로 고체상태의 수소 저장이 가능하고, 고에너지밀도 특성을 가지는 친환경 경금속 기반의 수소화물(metal hydride)	
친환경 (Pb-free) 페로브스카이트 소재	■ Pb 성분이 없으면서, 변환 효율(>20%)이 우수한 페로브스카이트(Perovskite) 태양전지 소재	
저온형 수전해용 세라믹 소재	■ 500°C 이하의 온도(기존 700~800°C)에서 작동 가능하여 고온 부식 및 열화 문제 해결이 가능한 초이온(H <sup>+</sup> ) 전도성 세라믹 소재	

④ (차세대 바이오) 인간 신체 능력을 보완하는 휴먼 증강(근력, 피부 등), 인체 내 삽입 가능한 생체 적합성 소재 관련 총 4개 품목



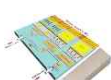


품 목	주요 내용	
소프트 웨어러블 인공근육 소재	■ 우수한 착용감을 가지면서 신체의 근/골격을 빠르게 유지·보호하고 신체 기능을 강화하는 인공근육 소재.	
휴먼증강용 인체감각 모방형 전자소재	■ 다양한 감각(오감, 생체정보 등) 및 신경망 모사 구조와 유연/신축, 보호/치유 등의 특성을 가진 나노 전자소재	
체내 주사용 생분해성 형상기억소재	■ 삽입형 의료소자용(센서, 약물전달체 등) 재료로서 주사기를 통해 체내에 삽입되면, 체내에서 형태 복원이 가능하며 최종적으로 생분해되는 의료 소재	
바이오 인터페이스 소재 (면역반응 제어)	■ 체내 극한 환경(면역반응 등)을 장기간 견뎌야 하는 체내 이식형 기기 표면에 면역 반응 제어 기능 부여가 가능한 소재	




## ② 비대면 디지털 분야 : 총 7개 품목

◇ 화상회의, 인공지능, 자율주행차(혹은 비행체) 등 비대면 디지털 수요에 따라 △초고속 통신, △인공지능 반도체, △고정밀 센서 관련 품목 선정


① (트렌드 #1 : 초고속 통신) 비대면 디지털 확산의 핵심 인프라가 되는 초고속 통신 관련 품목 발굴(3개)

품 목	주요 내용	
6G 통신용 전력 증폭기 GaN 집적회로	■ 6G 기지국에 활용되는 서브테라헤르츠(100~300GHz) 대역의 GaN 화합물 반도체 소자	
테라 비트급 데이터 전송용 광통신 부품	■ 데이터센터, 에지 클라우드에 활용되는 테라비트급 광송수신 부품 및 모듈	
대용량 코히어런트 광통신 부품	■ 메트로 액세스(100~600km)의 파장당 1.2Tbps급 데이터 전송을 위한 코히어런트 광송수신용 소자 및 부품	
저궤도 위성통신용 통합 단말 모듈 (위성/이동)	■ 지상이동통신망이 미치지 않는 영역인 자율이동비행체 대상으로 Gbps 데이터 서비스가 가능한 핵심 부품	
양자인터넷용 양자 중계기 부품	■ 양자통신, 클라우드 양자컴퓨팅, 양자 IoT 네트워크 구현을 위한 장거리 전송용 중계기 핵심부품	

② (트렌드 #2 : 인공지능화) 국내 메모리 기술력을 활용한 초고속 연산 반도체 관련 품목 발굴

품 목	주요 내용	
인공지능용 PIM 반도체	■ 인공지능 관련 데이터 저장과 연산 작업을 통합하여 초고속·초저전력을 구현하는 신개념 반도체	




③ (트렌드 #3 : 고정밀 센서) 기존 라이다의 한계(악천후 대응 등)를 보완하는 정밀 센서 품목 발굴

품 목	주요 내용	
고정밀 디지털 레이더 모듈	■ 기존 센서의 한계(기상, 조도 등)를 극복하고, 고속/고정밀도/저전력 구현이 가능한 칩 부품	



## ③ 바이오 분야 : 총 5개 품목

◇ 글로벌 보건 긴급 상황 대응, 탄소 중립 추세 등에 대응하여 △재생 의료 고도화 △그린 바이오 관련 소부장 품목 선정

① (재생 의료 고도화) △질병 치료제 신속 개발, △손상된 장기 재생 등 미래의 바이오 수요에 대응한 품목 발굴(3개)

품 목	주요 내용	
유전자 치료용 핵산 및 바이러스 벡터 소재	■ 각종 질병 치료에 응용되는 의료용 핵산 소재(치료용 핵산 및 전달체 등)와 유전자를 전달 기능을 하는 바이러스벡터 소재	
인체 이식용 지지체 및 인공 장기 생체 소재	■ 환자 유래 iPSC 기반의 신약 개발용 오가노이드와 생체 적합형 바이오 인공 장기 소재 및 관련 공정 장비	
초병렬적 DNA 합성 장비	■ 단백질 엔지니어링, 신약 개발 등 광범위한 용도로 활용하기 위해 다량의 DNA 합성이 가능한 장비	

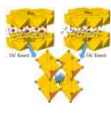

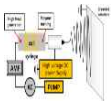
② (그린 바이오) 탄소중립에 따라 향후 바이오 분야에서 유망한 제품(친환경 식품)에 필요한 핵심 소재 발굴(2개)

품 목	주요 내용	
대체육(肉) 원료	■ 미역, 해조류, 쌀 등의 추출물을 활용하거나, 동물성 근줄기세포를 이용하여 실제 고기의 조직감을 구현하는 대체육 원료(배양액, 지지체 등)	
친환경 사료 소재	■ 동물의 매탄가스 발생 저감을 위해 곤충 기반 단백질, 염생식물 등을 활용한 친환경 사료	



#### ④ 그린 에너지 분야 : 총 5개 품목

◇ 기후변화 위기 대응을 위한 전세계적 탄소 중립에 기여하는  
△고효율 재생 에너지, △그린 수소 생산 분야의 품목 선정

- ① (고효율 재생 에너지) 발전단가 저감을 위한 효율성 개선과 관련,  
△태양광(고효율 소재·생산) △풍력(대형화) 분야 품목 발굴(3개)

품 목	주요 내용	
건식 공정용 페로브스카이트 소재	<ul style="list-style-type: none"> <li>페로브스카이트/실리콘 탠덤(적층형) 태양 전지를 구현하기 위해 상부 셀 건식 공정에 이용이 가능한 페로브스카이트 소재</li> </ul>	
초대형 풍력발전용 분리형 블레이드	<ul style="list-style-type: none"> <li>초대형 풍력 터빈에 사용되도록 분리형으로 제작·결합이 가능한 블레이드 소재</li> </ul>	
고강도 복합 나노섬유 및 공정 장비 (Solvent free)	<ul style="list-style-type: none"> <li>고분자 소재를 활용하여 용매가 필요 없고, 고강도 특성을 가진 나노 섬유 소재 (주로, 연료전지 분리막, 에어필터 등 활용)</li> </ul>	

- ② (그린 수소 생산) 재생 전력의 부하 변동성을 활용하기 위해 그린  
수소 생산을 위한 수전해 관련 품목 발굴(2개)

품 목	주요 내용	
고안정성 음이온 교환막 수전해 스택	<ul style="list-style-type: none"> <li>높은 차압 성능과 승온 안정성으로 재생 에너지의 부하 변동에 안정적으로 대응하는 차세대 음이온 교환막 수전해 스택</li> </ul>	
초고성능 세라믹 전해 전지	<ul style="list-style-type: none"> <li>고효율/고내구성 세라믹 전해전지에서 사용되는 전기화학 촉매, 산소 이온 전도체 및 전지 (음극지지형 혹은 금속지지형)</li> </ul>	

## 2 미래선도품목 R&D 지원 강화

### 2-1 맞춤형 R&D 관리·평가 지원

- ① (연구 자율성 강화) △참여 제한 완화 △유연한 연구방식 적용

참여 제한 완화	▶ 미래선도품목 R&D에 대해서는 필요시 3책 5공 완화
연구 자율성 강화	▶ 대내외 환경 변화 등 고려, 연구방향 및 목표 수정 허용
장기 연구 지원	▶ 후속 과제를 지원하는 '오래달리기형 R&D'로 추진 (예시 : 기본 6년 과제 + 추가 3년 과제 지원 등)

- ② (장기적 평가) 소부장 특정평가 시점을 3년 이후로 적용

- \* (예시 : 10년 사업) 3년 마다 단계 평가(3+3+3), 최종년도 직전 사업과 컨설팅 평가  
- 미래선도품목 R&D 종료시, 우수 성과에 대한 후속 지원을 위해 다양한 방식의 '이어 달리기 프로그램' 적용  
\* 범부처 이어달리기 전용 R&D 트랙 확대(나노미래소재원천 → 나노융합혁신제품개발 등) 등

### 2-2 중장기 R&D 기반 고도화

- ③ (AI 활용 R&D 혁신) 소재 R&D에서 생성되는 데이터를 AI 기술로 분석·가공하여 신소재 개발, 공정 최적화를 위한 서비스 제공  
\* 소재 연구데이터 플랫폼 구축사업 추진('21, 59.5억원, 과기정통부)



- ④ (전문인력 확보) 산업기초 인력양성 및 고경력 은퇴자 활용 추진

- (산업기초 인력양성) 산업계 수요가 높은 물리학(광학 등), 소재(세라믹, 나노 등) 분야 기초연구 R&D 확대를 통해 전문인력 양성 유도

- 소부장 기초 연구 분야 : 물리학(광학, 응집물리, 입자물리 등), 소재(세라믹, 나노 등)  
■ 기초연구분야 지원 예산 : ('19년) 1,897억원 → ('20년) 2,350억원

- (고경력 은퇴자) 고경력 기업인의 사회적 활동 기회 제공을 위해 중소·벤처 기업에 대한 기술 컨설팅 지원 사업 등\* 추진

- \* 고경력 과학기술인 활용지원사업(과기정통부, '21년 15억원), 스마트 마이스터 운영사업(중기부, '21년 70억원) 등

## V. 향후 계획

- ◇ 미래선도품목 R&D가 지속적이고 안정적으로 추진될 수 있도록  
△정부 R&D 예산 반영 △이행 상황 점검 △로드맵 재설계 추진

### 1 2022년 정부 R&D 예산 반영 : 2021년 상반기

- 미래선도품목 R&D 예산 규모 적절성을 검토\*하여 차년도 R&D 예산에 반영
  - \* 미래선도품목별 소관부처 지정·소요예산 의견 수렴 → 품목별 예산 규모 적절성 검토 후 반영
- 품목에 따라 대형 과제 기획이 필요한 경우, 신규 사업도 안정적으로 착근 될 수 있도록 사전 컨설팅\* 지원
  - \* 예타 사전컨설팅 지원, 신규 사업 중복성 사전 검토 지원 등

### 2 이행 상황 점검 : 매년 하반기

- 국가과학기술심의회 산하 소부장 기술특별위원회를 통해 미래선도품목 R&D에 대한 진행 상황(품목별 이슈 등) 관리
  - 미래선도품목별로 과제 기획, 예산 반영 여부 등 점검 실시
  - 점검 결과는 차년도 R&D 예산 배분 조정과 연계·지원

### 3 로드맵 주기적 재설계 : 2023년 이후

- 대내외 환경 변화, 품목별 개발 진척도 등을 고려하여 3년 주기로 미래선도품목에 대한 주기적 재설계\* 추진
  - \* △신규 품목 추가, △기존 품목 조정(목표·기간 변경, 종료 등)

※ 미래선도품목 세부 내용은 '전면 공개'하여 중장기적으로 관리·지원

## 참고 분야별 세부 기술 로드맵

### 반도체 분야

기술 트렌드 (미래선도품목)		현재		중기						장기				
		'21		'26	'27	'28	'29	'30	'31	'32	'33	'34	'35	
초미세화 (반도체 전공정)		FinFET구조 : 5nm		GAA (Gate All Around) 구조 : ≤1.5nm						3D 소자 구조 : ≤1.0nm				
미래선도품목	초고해상도 BEUV 레지스트	(화학증폭형) 해상도 > 8nm LWR> 1.6nm 감도> 20mJ/cm2		(유무기 혼합 레지스트) 해상도 < 6nm, LWR< 1.2nm, 감도< 10mJ/cm2				(유무기 혼합 레지스트) 해상도 < 6nm, LWR< 1.0nm, 감도< 5mJ/cm2						
		차세대 반도체용 ALD 전구체 및 장비		eTox 10A 이하 유전율 60이상		eTox 4A 이하 유전율100이상		eTox 3A 이하, 유전율 200이상						

초고적중화 (반도체 후공정)		D램 : 12단 낸드 : 176단	D램(배키지 적층) 기준 : 30단 이상 낸드 기준 : 400단 이상	D램(배키지 적층) 기준 : 40단 이상 낸드 기준 : 800단 이상
미래선도품목	3차원 웨이퍼간 직접 본딩 장비	웨이퍼간 본딩 정렬 정밀도 ≤ 100 nm	웨이퍼간 직접본딩 정렬정밀도 ≤ 50 nm	웨이퍼간 직접본딩 정렬정밀도 ≤ 20 nm
		본딩 처리 속도 15 매/시간	본딩 처리 속도 ≥ 25 매/시간	본딩 처리 속도 ≥ 50 매/시간
		본딩 온도 ≤ 350 °C	본딩 온도 ≤ 250 °C	본딩 온도 ≤ 200 °C
		Contact 방식: Bump to bump	Contact 방식: Bump-less	Contact 방식: Bump-less
	이종(異種) 집적 방열 소재	열유속 70W/cm <sup>2</sup>	열유속 350W/cm <sup>2</sup>	열유속 600W/cm <sup>2</sup>
	펄스초 레이저 다이싱 장비	레이저 출력 : UV >30W	레이저 출력 : DUV > 5 W	레이저 출력 : DUV ≥ 30 W
		고정밀&고속 스테이지	고정밀/고속 스테이지 : >1,800 nm/s 위치정밀도 : < ±2	고정밀/고속 스테이지 : >2,000 위치정밀도 : < ±2

## 디스플레이

기술 트렌드 (미래선도품목)		현재	중기					장기				
		'21	'26	'27	'28	'29	'30	'31	'32	'33	'34	'35
초고해상도 (마이크로 LED)		평판형 모듈러 디스플레이	AM-유연 모듈러 소형 디스플레이, (화소밀도 ≤ 5,000 PPI)			유연-신축 / 초소형 (화소밀도 ≤ 10,000 PPI)			초소형 / 고휘도 (화소밀도 ≥ 10,000 PPI)			
초실감화 (3차원 공간표시 등)		착용 공간표시 (1인 사용자 고정시점)	점유 공간표시 디스플레이 (1인 사용자 다시점)			확장 공간표시 디스플레이 (다수 사용자 다시점)						
미래 선도 품목	초미세 마이크로 LED 소재·부품	평판형 휘도 ≥ 1,000 nits	2D 굴곡반경 ≤ 10 mm 휘도 ≥ 3,000 nits		2D 굴곡반경 ≤ 1 mm 휘도 ≥ 50,000 nits		다축 굴곡반경 ≤ 1 mm 휘도 ≥ 50,000 nits					
	마이크로 LED 화소 공정 및 검사 장비	Multi-Wafer, 6인치 결함 < 10 / Cm <sup>2</sup>	Single-Wafer, 8인치 결함 < 0.5 / Cm2		Single-Wafer, 12인치 결함 < 0.05 / Cm <sup>2</sup>		Single-Wafer, 12인치 화소결함 7σ 이하					
	3차원 표시 광학 소재 부품	시야각 : ≥10도	3차원 표시 시야각 : ≥30도			3차원 표시 시야각 : ≥60도						
	AR·VR 디스플레이 소재부품	평면 해상도 : ≥2K 지연속도 : ≥50msec	평면 해상도 : ≥4K 지연속도 : ≤20msec			입체 해상도 : ≥2K 지연속도 : ≤10msec						

폼팩터 혁신 (플렉서블)		폴더블(1축)	다축 폴더블/롤러블 (2축 이상 폴딩, 롤 반경 <10mm)		자유곡면/스트레처블 (연신율 >30%)		
미래 선도 품목	자유곡면 기판 및 유기 소재	연신율 : ~5%	연신율 : >20%			연신율 : >30%	
	폴더블 원도우용 무기 하이브리드 소재	단순 표면 보호 기능	Multi-axis 하이브리드 소재			Multi-direction 하이브리드 소재	

## 전기전자

기술 트렌드 (미래선도품목)		현재	중기					장기				
		'21	'26	'27	'28	'29	'30	'31	'32	'33	'34	'35
고에너지 · 고안전화  (리튬 전고체전지)		리튬이온전지	(전고체전지) 400Wh/kg급 셀 개발		(전고체전지) 팩 개발 및 전기차 실증		(전고체전지) 450Wh/kg급 셀 개발		(전고체전지) 양산화 및 보급 확대			
미 래 선 도 품 목	전고체 전지용 고체전해질  (황화물계)	두께 : 100μm 이온전도도 : 1mS/s	두께 : ≤30μm 이온전도도 : ≥1mS/s (100kg/batch)				두께 : ≤20μm 이온전도도 : ≥1mS/s (양산급 생산)					
	리튬 금속 음극 소재	두께 : 100μm 효율 : 99%	두께 : ≤40μm 리튬가역효율 : 99.5%				두께 : ≤30μm (또는 Li-free) 리튬가역효율 : ≥99.8%					

비접촉 센서		전시/홍보용 시제품	차량 등 개인 공간 적용 / 보조적 인터페이스				키오스크 등 개방된 외부공간 / 보편적 인터페이스					
미래 선도 품목	촉각 재현용 초음파 생성기	강도 : 20 / 35 초점 크기 : 10	강도 : 30mN / 38.5dB SL 초점 크기 : 8.5mm					강도 : 50mN / 43dB SL 초점 크기 : 6mm				

고전압 고주파 제어 (전자부품)		400V EV	1000V EV	1200V EV	1600V EV
		5G	Beyond 5G / Pre 6G		6G
미 래 선 도 품 목	고주파 단결정 기판 소재	단결정직경 : ≥4inch 비저항 : ≥104Ωcm	단결정직경 : ≥4inch 비저항 : ≥10 <sup>6</sup> Ωcm	단결정직경 : ≥6inch 비저항 : ≥10 <sup>7</sup> Ωcm	단결정직경 : ≥8inch 비저항 : ≥10 <sup>8</sup> Ωcm
	초고전압 세라믹적층 콘덴서 (MLCC)	내전압: 630V 용량 : 0.1~1μF 온도 : -55~125℃, 크기: 5.7 x 5.0 mm	내전압 : 1,200V 정격용량 : 0.1~3μF 온도 : -55~150℃ (±15%) 크기: 4.5 x 3.2 mm	내전압 : 1500V 정격용량 : 0.1~5μF 온도 : -55~175℃ (±15%) 크기: 4.5 x 3.2 mm	내전압 : 2000V 정격용량 : 0.1~10μF 온도 : -55~175℃ (±15%) 크기: 3.2 x 2.5 mm

## 자동차

기술 트렌드 (미래선도품목)		현재	중기					장기				
		'21	'26	'27	'28	'29	'30	'31	'32	'33	'34	'35
자율 주행		Level 3	Level 4		Level 5 자율주행							
미래선도품목	4D 센싱용 라이이다 모듈 (FMCW 방식)	최대동작거리 100m	최대동작거리 200m		최대동작거리 ≥300m							
	V2X 통신 반도체 소재	-	손실계수 10% (열경화성 예측시 수치 대비)		손실계수 ≤7% (열경화성 예측시 수치 대비)							
	융합센서 통합신호처리 AP (MCU 통합 등)	CAN/LIN/FlexRay + 동종 센서 신호처리 + MCU	Ethernet 기반 인터페이스, 융합 메모리 솔루션, 센서퓨전, 복합신호처리, AI가속기+멀티코어 (도메인 컨트롤러)		도메인 AP 모듈 개발 (ASIL C/D)		전기차, 자율차 ADAS용 AP 모듈 검증					

친환경 경량화 (전기차·수소차)		전비 6km/kWh	전비 7.0km/kWh		전비 7.5km/kWh 이상							
		중형차급 전기차 중량 1500kg	중형차급 전기차 중량 1050kg		중형차급 전기차 중량 1000kg 이하							
		수소차 기준 내구 16만km	수소차 기준 내구 30만km		수소차 기준 내구 30만km 이상							
미래선도품목	고전압 고출력 전력반도체용 방열기판	열전도도 90W/mK	열전도도 130W/mK		열전도도 ≥170W/mK							
	차량용 구조전지 시스템	-	구조전지 용량 50Wh/kg		구조전지 용량 ≥60Wh/kg							
	무윤활 환경 저마찰 고내구 구동 모듈	윤활마찰	무윤활마찰 0.03		무윤활마찰 0.025 이하							

## 기계금속

기술 트렌드 (미래선도품목)		현재	중기					장기				
		'21	'26	'27	'28	'29	'30	'31	'32	'33	'34	'35
극한 환경 소재		고온소재	H클래스 가스터빈 대응급 고온소재					AI 기반 내열소재 부품화				
		LNG 부품	액체수소 대응 극저온·내수소취성 소재 장기 물성 확보					액체수소 저장·수송 장치 부품 및 시스템				
미래선도품목	액체수송 저장용 금속 소재 (내수소취화)	LNG급 (영하 162도) 대응 물성확보	극저온 (영하 253도) 물성 확보					부품 제조기술 확보 (성형 및 용접기술, 시스템 신뢰성 등)				
	가스터빈용 저희유금속 함유 내열소재	온도: 1,030°C 희유원소: 1.5%	온도수용성: 1060°C 희유원소 함량: < 1.5%					온도수용성: 1075°C 희유원소 함량: ≤1.0%				

스마트 제조 (자동화·맞춤형)		고정밀 위성항법시스템	3D MC용 GNSS 자율·자세 인지 시스템		완전 무인·자율제어용 융합센서 인지 시스템							
		자율주행 Lv 3.5 (조건부 자율동작)	자율주행 Lv 4 (특정상황에 한해 사용자 개입)		자율주행 Lv 4 이상 (사용자 개입의 최소화)							
		저탄소강 분말 레이저 기반 3D 프린팅	고탄소강 분말 적용 소결 기반 3D 프린팅 소재 국산화		3D 프린팅 기반 대형 부품 제조기술 확보							
미래선도품목	3D프린팅용 금속 분말 (소결 기반)	BJ/FDM용 금속분말 입도 50μm/20μm급	BJ/FDM용 금속분말 입도 20μm/5μm급 탄소함량 >1.5%		금형 및 사시 부품 3D 프린팅 적층면적 2000x2000mm 속도 500g/min							
	건설기계용 정밀 위치 인지 장비	위치인지시스템 위치정밀도 <3cm	지형 및 사물 인지 시스템 지형인지오차 : <10cm 인지속도 : <100msec		지형 및 사물 인지 시스템 지형인지오차 : <5cm 인지속도 : <50msec							
	비정형 실내 로봇용 자율주행 시스템	도로·인도 자율 주행	비정형지를 포함한 실외환경 자율주행		급경사, 계단, 엘리베이터 등을 포함한 실내·외 완전 자율주행							

## 미래소재

기술 트렌드 (미래선도품목)		현재	중기					장기				
		'21	'26	'27	'28	'29	'30	'31	'32	'33	'34	'35
차세대 ICT	통신	5G	5G <sup>+</sup>					6G				
	디스플레이	폴더블 / 3D 모사	스트레처블 / 가상공간 홀로그램					자유곡면 / 혼합현실 표시 홀로그램(텔레프레즌스)				
	양자	4 큐비트 양자논리회로, 2 큐비트 양자어닐	잡음이 있는 중간형태 양자 컴퓨팅(NISQ)					양자오류보정 양자컴퓨터				
미래 선도 품목	차세대 통신용 강유전체 포토닉스 소재	100G TRx	LNOI 포토닉스 칩(>1Tb/s)					LNOI 포토닉스 칩 (>10Tb/s)				
	극한 환경용 단결정 다이아몬드 반도체 소재	주파수 대역 ~100 GHz 이하					주파수 대역 100 GHz 이상					
	차세대 통신용 고출력 고방열 초고주파 소재	통신모듈 (<150℃/ <10 KGy/ W밴드 0.5W)	고온/고주파 통신 모듈 (<300℃/ <1MGy/W밴드 <1W)					초고온/내방사선/초고출력 통신 모듈 (>500 °C/ <10MGy/ W밴드 <1kW)*				
	홀로그래밍용 복소 광변조 능동 메타소재	가시광대역 능동 복소 광변조 계조 표현 불가	가시광대역 능동 복소 광변조 계조표현 ≥ 64단계(6-bit)					가시광대역 능동 복소 광변조 계조표현 ≥ 256단계 (8-bit)				
	자유형상 디스플레이용 능동형 광제어 소재	폴더블/롤러블 디스플레이	자유형상 디스플레이 (멀티폴딩, 자유곡면 맞춤형)					나노 구조제 기반 프로토타입 디스플레이용 능동형 광제어 필름				
	3D AR 디스플레이용 초점가변 무색수차 메타렌즈 소재	초박형 메타렌즈	가시광 대역 무색수차 메타렌즈					대구경 초점가변 메타렌즈				
	미래차용 섬유형 OLED 소재	웨어러블 디바이스	유연한 섬유형 디스플레이					자동차 내장부품(필러, 트림, 헤드라이너 등)				
	양자컴퓨터용 상온동작 능동소재	양자 게이트 (4 큐비트)	양자 프로세서 모듈 (100 큐비트)					양자 능동소재 활용 양자프로세서 (10,000 큐비트급 99.99% 양자연산 신뢰도)				
	초분광 영상용 광대역 적외선 센서소재	실리콘 CMOS기반 센서	단-중파장 적외선 초분광 센서					IR 초분광 카메라 적용 영상 센서				

기술 트렌드		현재	중기					장기				
		'21	'26	'27	'28	'29	'30	'31	'32	'33	'34	'35
차세대 에너지	리튬 전지	리튬이차전지	고용량 리튬이차전지 (기존 이차전지 성능향상)			전고체전지리튬황전지/리튬금속전지 (고에너지밀도 고안전성 이차전지 혁신)						
	연료 전지	탄화수소고체 산화물 연료전지	탄화수소 고체산화물 연료전지			암모니아 고체산화물 연료전지 성능 향상						
	배터리 전지	p-(i)-n 접합구조기반 배터리전지 소재	3차원 p-i-n 구조기반 단위 칩	적층형 배터리전지 단위 모듈	인체삽입형 인공심장 박동기 전원 모듈			배터리전지 기반 저전력(μ W급) 전원 시스템				
미래 선도 품목	차세대 전고체전지 소재 (산화물계)	에너지밀도 ~250 Wh/kg	에너지밀도 300~350 Wh/kg			에너지밀도 >500 Wh/kg						
		고체전해질 이온전도도 $10^{-5} \sim 10^{-3} \text{ Scm}^{-1}$	고체전해질 이온전도도 $10^{-3} \sim 10^{-2} \text{ Scm}^{-1}$			고체전해질 이온전도도 $>10^{-2} \text{ Scm}^{-1}$						
	암모니아 연료전지용 나노 촉매 소재	암모니아 연료전지 소재 및 단편지 가용연구	암모니아 개질 및 내식성/내구성이 강한 나노구조 촉매 전극 소재 개발			고내구성 나노 구조 촉매 소재/공정 기술						
	고밀도 수소저장용 경금속 수소화물	물리적 수소저장	화학적 수소저장 (고체)			화학적 수소저장 (고체 또는 액체)						
	수전해용 프로톤전도성 세라믹 소재	작동온도 700도형 수전해 세라믹 소재	작동온도 : 350-500도 이온전도도 : $\geq 5 \times 10^{-3} \text{ S/cm}$			선풍성면적 50cm2 이상 수전해용 셀						
	배터리전지용 질화물 반도체 소재	출력 전력 ~수W (질화물 소재기준)	출력 전력 ~1 μW	출력 전력 ~수십 μW	출력 전력 수 mW급			출력전력 수 W급				
	듀얼이온 전지용 고에너지밀도 전지 소재	양극활물질 용량 / 작동전위 100mAh · g <sup>-1</sup> / 4.5V	양극활물질 용량/작동전위 200mAh · g <sup>-1</sup> / 4.7V			양극활물질 용량/작동전위 250mAh · g <sup>-1</sup> / 4.8V 이상						
	태양전지용 Pb-free 페로브스카이트 소재	Pb 기반 PSC* 소재 * PSC : Perovskite Solar Cell	Pb-free 페로브스카이트 소재 친환경 용매(Green-Solvent) 및 봉지 기술* * 봉지(Encapsulation) 기술 : 외부 환경으로부터 소자를 보호하는 기술			친환경(Pb-free, Green-solvent) PSC 효율(>30%) 향상 및 산업화						
			자원 재활용(Recycling) 기술									
			PSC 모듈화									



기술 트렌드	현재	중기					장기				
	'21	'26	'27	'28	'29	'30	'31	'32	'33	'34	'35

차세대 적층 제조		소형화		유연화/초탄성화		초극대화/초극소화			
미래 선도 품목	MEMS/3D 인공 결정립 제어 나노복합소재	높은 구동 전력 10MW		1MW 이하 전력 구동		100KW이하 전력구동		전력구동 20 KW 수준	
	수송 기기용 나노구조 기가강도 알루미늄 합금소재	7XXX Al 합금 (0.7GPa)		적층제조 나노분산 Al (0.9GPa)		나노구조화 Al 합금 (1GPa)		수송기기용 고강도 알루미늄 합금 판재	

차세대 바이오		인간 증강	악세서리/착용형		부착형/직물일체형 기기		신체부착 및 일체형		생체이식/인공장기	
		맞춤 의료	부착형		단기 이식형			장기 이식형		
미래 선도 품목	소프트 웨어러블 고파워-고수축 인공 근육 소재	강체기반		소프트 기반(변형률 30%)			소프트/임플란트 기반 (변형률 40%이상)			
		인간근육대비 높은 파워밀도 1~30배		인간근육대비 높은 파워밀도: 50배			인간근육대비 높은 파워밀도: 50배 ↑			
	휴먼증강용 인체 감각 모방형 전자소재	생체/감각 신호감지		단일감각/기능 증강		복합감각/기능 증강, 인공감각		생체 이식 및 인공 장기 디바이스		
	면역반응 제어형 바이오 인터페이스 소재	피부접촉 소재 (<1month / >30% / Biophysical)		생체조직내 이식 소재 및 부품 (>1year / <10% / Biochemical)			생체조직내 이식 부품 및 모듈 (>5year / <1% / multi-functional) *이식기간/이물반응율/생체기능성			
	체내 주사용 생분해성 형상 기억 소재	신축성 전자소재 (팽창면적 5 배, 탄성변형률 > 0.05, 비분해성, 통신거리 3 cm)		대면적 형상기억/생분해성 소재 (작동온도 <50℃, 팽창면적 100배, 탄성변형률 >0.1, 작동수명 수일~수주, 통신거리 10 cm)			초대면적/3차원 구조/ 다기능 형상기억 생분해성 소재 (작동온도 <36℃, 팽창면적 1000배, 탄성변형률 >0.5, 작동수명 수주~수개월, 통신거리 50 cm)			

## 비대면디지털

기술 트렌드 (미래선도품목)	현재	중기					장기				
	'21	'26	'27	'28	'29	'30	'31	'32	'33	'34	'35

초고속 통신	무선	5G		Beyond 5G		6G	
	광 [光]	광트랜서버		Co-packaged 모듈		3D 광전 집적	
		파장대 : C 밴드		파장대역 : C+L band (확장)		파장대역 : C+L+S band (추가 확장)	
	저궤도 위성	위성망, 이동망 별도 단말 사용	초공간 비지상 통신단말 검증	초공간 비지상 통신단말 실용모델	6G 위성통신 표준 기반 위성/이동 통합단말 고도화 (UAM 적용)		
미 래 선 도 품 목	6G 통신용 전력 증폭기 GaN 집적회로	주파수 대역 / 대역폭 <28GHz/≤800MHz		주파수 대역 / 대역폭 100~300GHz / ≤40GHz		주파수 대역 / 대역폭 > 300GHz / > 40GHz	
	메트로 엣지용 대용량 코히어런트 광통신 부품 저궤도	파장당 600Gbps		파장당 1.2Tbps		파장당 2.4Tbps	
	위성통신용 위성-이동 통합 단말 모듈	전송속도 50Mbps급		전송속도 : 1Gbps, 기능 : Dual Connectivity		전송속도 : 1Gbps 이상, 기능 : Multiple Connectivity	
	테라 비트급 데이터 전송용 고집적 저전력 광통신 부품	채널/전송용량/ 전력소모 4/100Gbps/ bit당 30pJ		채널수/전송용량/전력소모 8/1.6Tbps/bit당 2pJ		채널수/전송용량/전력소모 32/6.4Tbps/bit당 0.1pJ	

인공지능화		GPU 기반	NPU 기반	Neuromorphic 기반
미래 선도 품목	인공지능용 PIM 반도체	연산 속도 : 16 전력 소모 : 40	연산 속도 : 400 TFLOPS 전력 소모량 : 60W	연산 속도 : ≥ 400 TFLOPS 전력 소모량 : <60W

통신 보안		양자키 분배	다중 노드 간 얽힘상태 공유	양자 메모리 활용 양자 인터넷 구현
미래 선도 품목	양자 인터넷용 양자 중계기 부품 및 모듈	신뢰노드 중계기 (전송거리 ≥50km)	양자얽힘 네트워크 기반 중계기 (전송거리 ≥ 200km)	양자 메모리 기반 양자 중계기 (전송거리 ≥ 1000km)

고정밀도 센서		FMCW 기반 아날로그 레이더	디지털 레이더 (OFDM, PMCW 기반 등)	New Waveform-세밀빔 기반 자능형 디지털 레이더 (영상화, 간섭저감 직교 sequence 및 FDM 기반 디지털 waveform 방식)
미래 선도 품목	이동형 고정밀 디지털 레이더 칩셋	해상도 방위각 1°, 양각 2° 주파수 : 76~81GHz	해상도 : 방위각 0.2°, 양각 0.5° 주파수 : sub-THz	해상도 : 방위각 0.05°, 양각 0.1° 주파수 : sub-THz

## 바이오

기술 트렌드 (미래선도품목)		현재	중기					장기				
		'21	'26	'27	'28	'29	'30	'31	'32	'33	'34	'35
재생 의료 고도화		유전자/세포 치료제 검증	난치성 유전/비유전 질환 치료제					개인 맞춤형 치료제 및 치료기술				
		세포프린팅용 바이오잉크	구조 모사 3차원 적층 및 세포기반 적층 기술					조직 장기 구조 모방 3D, 4D 제작				
		저효율 DNA 합성	초병렬적 DNA 합성					차세대 초병렬 DNA 합성				
미 래 선 도 품 목	유전자 치료용 화합물 합성 핵산 및 바이러스 백터 소재	바이러스백터 분리 및 정제기술	바이러스 백터 생산성 향상 기술					백터 혁신소재 발굴을 통한 (세포)유전자치료기술				
		고품질 핵산 합성 및 mRNA 생산기술	생물전환반응, 제형 (DDS)기술을 통한 표적 최적화					핵산 분석기술을 통한 환자맞춤형 핵산치료기술				
	인체 이식용 자재 및 인공 장기 생체소재	바이오잉크 등 생체적합 소재	생리활성 소재 및 3차원 구조 모사가능 소재 개발					다기능성 3D, 4D 배양을 위한 인공조직 및 장기 최적화				
		초병렬적 DNA 합성 장비	백 만개 이상의 올리고를 한 개의 칩으로 합성하는 화학공정과 장비					10 억개 이상의 올리고를 한 개의 칩으로 생산하는 장비				
친환경 맞춤 바이오소재		수입사료중심 원료공급	한국형 친환경 소재 발굴 및 가공기술개발					친환경 사료 국산화 및 경제성 확보				
		동물고기 / 콩고기	배양육 제조 기술 개발을 통한 대체육의 국산화 실현					축산물 부위별 대체 배양육 개발				
미 래 선 도 품 목	대체육 소재	식물성 원소재 발굴 및 배합비 개발	단백질 성형 압축공정 기술 대체육 조직감 구현					대체육 구현을 위한 품미 및 조직감 표준화				
		근육줄기세포 배양 및 확립	성장인자(단백질) 생산 세포주 확립 무혈청 세포 배양액 기술					부위별, 축종별 줄기세포주 배양				
		세포지지체 개발	3차원 세포부착 고분자 지지체					배양육 대량생산 및 생산공정 최적화				
	친환경 사료											
		배합사료 원료 미비	친환경 배합사료 소재 발굴, 가공기술의 확보					친환경 배합사료 국산화 및 제품생산				
		조사료 농후사료 원료 미비	국내 생산 친환경 조사료, 농후사료 소재 발굴, 재배기술 및 육종					비농경지 활용 친환경 사료소재의 생산 및 제품생산				
		수입사료에 의존	한국형 사료급여 효과 검증 및 친환경사료 인증 제도 마련					탄소중립 한국형 사료생산 시스템 구축				

## 그린에너지

기술 트렌드 (미래선도품목)		현재	중기					장기				
		'21	'26	'27	'28	'29	'30	'31	'32	'33	'34	'35
고효율 재생 에너지	태양광	용액 공정 페로브스카이트	건식 공정 페로브스카이트 소재 및 탠덤 셀			건식 페로브카이트 탠덤 모듈 및 대면적 장비기술			건식 페로브스카이트 탠덤 대량 생산			
	풍력	일체형 블레이드	블레이드 infusion용 열가소성 레진 / MW급 분리형 블레이드 체결기술				분리형/리사이클링 풍력 블레이드					
	기타 소재	용매전기방사/ Melt Blown 부직포	용매 free melt 전기방사 열가소성 및 열경화성 수지 응용소재			수소전지· 이차전지 분리막 소재		미래형 자동차 경량화 소재 /인체삽입형 의료소재				
미 래 선 도 품 목	건식공정용 페로브스카이트 소재	태양전지 셀효율 25%	태양전지 셀효율 30%			태양전지 셀효율 35%						
	초대형 풍력발전용 분리형 블레이드	일체형블레이드 68m급	분리형/리사이클링 블레이드 < 100m급			분리형/리사이클링 블레이드 ≥100m급						
	고강도 복합 나노섬유 소재 (Solvent free 용융-전기 방사)	양산 기술 미확보	직경 : ≤1000nm급 인장탄성계수 : ≥100MPa				직경 : ≤700nm급 인장탄성계수 : ≥200MPa					
그린수소 생산	음이온 교환막		음이온 교환막 수전해 스택				재생에너지 연계 수전해 통합 시스템					
	고온전해질 소재	차세대 고효율 P2G SOFC/EC 소재/생산기술			고효율 고내구성 고온 세라믹전지 수소 생산·저장 실증 및 상용화 (MW class SOFC/EC 수소 생산·저장 P2G 실증)							
미 래 선 도 품 목	고안정성 음이온 교환막 수전해 스택	음이온 교환막 (기초원천단계)	핵심 부품 스케일업 (유효 면적: 200cm2)			재생에너지 연계 고안정성 음이온 교환막 수전해 스택 (수소생산 밀도: 2.0A/cm2, 셀 효율 77%)						
	고효율 고내구성 세라믹 전해전지	고효율 전해전지 소재 (효율 >90% 성능 2.0A/cm2@1.3V)	차세대 세라믹 수전해스택 (변환효율 : >90% 변환성능 : 2.0A/cm2@1.3V)			1MW급 수소에너지생산·저장용 Reversible SOFC/EC 시스템 (수소생산량: 20Nm3/hour, 2kg.H2/hour)						