

미래기술육성센터 24년 하반기 테마별 과제 제안 요청서(RFP)

1. 반도체 AI
2. 차세대 반도체 소자
3. 반도체 공정 기술
4. 반도체 패키지
5. 차세대 컴퓨팅 소자
6. 차세대 디스플레이
7. 차세대 통신
8. Advanced AI
9. 차세대 배터리
10. 탄소 중립 기술
11. 차세대 신소재
12. 차세대 유전자 치료제
13. 차세대 단백질 치료제
14. 바이오 공정 기술
15. 디지털 헬스
16. 차세대 의료/진단

1. 반도체 AI

1) 차세대 SoC향 설계 플랫폼

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - HPC, AI 및 기타 고사양 제품에 적용되는 차세대 SoC는 Big Die와 Heterogeneous Multi Die를 사용한 고성능/고효율 Design이 필요 - 메모리 BW(Bandwidth) 증가에 따라 HBM 탑재 수량이 증가하는 추세로 2.5D/3D 설계 기반 기술에 대한 니즈 증대
세부사례	<ul style="list-style-type: none"> ① 2.5D/3D 설계 <ul style="list-style-type: none"> - Die-to-Die Interconnection을 위한 High-bandwidth Interface 설계 - 3DIC 전용 Testability (Die간 연동성 기반 DFT) ② Big Die 설계 <ul style="list-style-type: none"> - High Power SoC(>1000W)향 설계 방법론 - 차세대 서버 SoC향 Virtualization Solution에 대한 Feature 발굴 및 관련 Solution ③ Machine Learning 기반 Advanced Design 방법론 <ul style="list-style-type: none"> - ML기반 PPA Optimization - 설계 TAT 단축

2) 차세대 Memory System Solution

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - Large Language Model과 같은 Transformer계열 AI 응용 확산과 Scientific Simulation 및 Graph Analysis 같은 HPC 응용이 고도화되면서 Memory Coupled Computing 구조 필요 - 향후 LLM 사용량 증가와 함께 Vector DB의 양도 폭발적으로 증가할 것으로 예상됨 - 특히, 대규모 Vector DB의 경우 SSD에 저장될 가능성이 높기 때문에 Vector DB가 변화하는 모습을 예상하고 이에 부합하는 SSD 특성 및 기술을 개발할 필요가 있음
세부사례	<ul style="list-style-type: none"> ① 연산 가능한 Memory <ul style="list-style-type: none"> - CXL Memory 기반 시스템 기능 가속 기법 및 구조 (zswap, Gabage Collector 등) - Memory 중심 AI 응용 가속을 위한 CXL 기반 PNM (Processing Near Memory) 구조 (Transformer, GNN 등) - Memory 중심 AI 응용 가속을 위한 PIM (Processing In Memory) 구조 (번역, 음성인식, ChatGPT 등) ② Composable Memory System <ul style="list-style-type: none"> - CXL Switch 기반 Node 재구성 기법 (Hot-Plug/Remove) - 차세대 CXL Switch향 차별화 Feature 발굴 ③ Memory Pooling/Sharing Solution <ul style="list-style-type: none"> - Kubernetes 기반 Container 환경에서 메모리 자원 관리 - Partitioned Global Address Space(PGAS) 기반 메모리 공유 기법

④ Vector DB 성능 고도화를 위한 SSD 특성/기술 연구

- Vector DB 검색 특화 File System 연구
- 대용량 Vector Index 검색 효율화를 위한 SSD 활용 기술
- PIM(Processing In Memory) 기술을 이용하여 Vector DB검색을 SSD 내에서 수행하는 기술

3) 초고속 인터페이스 설계 기술

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - AI연산 및 추론 성능의 증가로 Compute Demand의 속도 증가에 필요한 기술 - Heterogeneous IC solution 에 필요한 초고속 Interconnect 회로 설계 및 최적화 - 수백 Gbps/lane 이상 구현을 위한 채널/신호처리/회로설계 기술
세부사례	<ul style="list-style-type: none"> ① Analog Input/ Output 회로 설계 최적화 <ul style="list-style-type: none"> - Memory Tx/Rx I/O Path의 성능을 결정하는 Analog 회로 (CML Divider, Phase Splitter, Sense Amp 등) 설계에 있어 사양에 맞는 구조 결정, 소자 Sizing(PPA)에 AI/ML 기반의 진보된 방법론을 적용하여 최적 I/O 성능 구현 ② 초고속 Link 기술에 필요한 IP Building Block 설계 기술 <ul style="list-style-type: none"> - PLL, DLL, Frequency Synthesizer, SerDes, ADC/DAC 기술 등 - DSP 디자인에 필요한 디지털 회로 설계 기술 ③ Multi-chip 연결 최적화 <ul style="list-style-type: none"> - 4개 이상의 Chip을 CCIX나 CXL을 통해 하나의 Coherent System으로 연결하는데 필요한 요소 기술 - Chip 간 고속 Interface의 안정성 확보 기술

4) 생성형 AI 向 가속기 구조 및 RISC-V 기반 SoC 설계기술

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - Custom SoC for Algorithm to Hardware Holistic Optimization · Edge/Device에서 생성형 AI를 지원하는 전용 AI 가속기 구조 · RISC-V 기반 CPU/DSP Core 설계 및 Toolchain 지원 연구
세부사례	<ul style="list-style-type: none"> ① On-Device Deep Learning Model Optimization 기술 <ul style="list-style-type: none"> - DNN Quantization 등 Model Compression 기술 - Knowledge Distillation 등 On-device 向 Model Training 기술 - NAS 등 Automatic HW-Optimized Model Development 기술 - On-Device 向 Unsupervised Few-Shot Learning 기술 ② AI System Software 기술 <ul style="list-style-type: none"> - Privacy 및 Personalization 위한 On-Device Training 기술 - Multi-Device 환경에서 Distributed AI Processing 기술 - IoT 기기를 위한 초경량 AI Runtime 기술 - CPU / GPU / NPU 등 다양한 Backend 지원 AI Runtime 기술 - NPU Compiler Optimization 기술 ③ Custom HW Accelerator 개발 <ul style="list-style-type: none"> - Transformer-Based Model 최적화 AI Accelerator 기술 - Ultra Low Power Machine Vision Accelerator 기술 - Power Efficient Image & Video Processing Accelerator 기술 - Language & Voice Processing Accelerator 기술

④ Custom SoC Architecture 연구

- Commercial Application End-to-End Workload Analysis 연구
- Mobile & Embedded Device 向 SoC System Architecture 연구

5) 차량용 SoC 설계

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - 자동차의 Smart Device화 및 자율 주행 차량 시장 확대 - 이를 위한 차량용 Infotainment SoC와 ADAS SoC 필요
세부사례	<ul style="list-style-type: none"> ① System Modeling 및 Performance Simulation <ul style="list-style-type: none"> - 제품 개발 전 필요한 Spec을 만족하기 위한 System을 미리 Modeling 하고, Application Level의 성능 평가를 위한 Simulation ② SoC Safety 환경 구축 <ul style="list-style-type: none"> - Fault-campaign Platform 구축 - ASIL-D Grade 확보 - 주행 환경을 고려한 DVFS 및 Thermal Management - 동작 중 SoC Health를 진단 ③ Multi-chip 연결 <ul style="list-style-type: none"> - 4개 이상의 Chip을 CCIX나 CXL을 통해 하나의 Coherent System으로 연결 - 주행 환경에서 Chip 간 고속 Interface의 안정성을 확보 ④ 설계 목표에 따른 구현 최적화 <ul style="list-style-type: none"> - 동일 설계물(RTL)로부터 High-end 제품은 Power, Area를 소모하여 성능 극대화하고, Volume 제품은 성능은 낮추고 Area 최소화 하는 등 여러 Segment용 SoC 제품을 만들어 낼 수 있는 Backend - AI 기반의 Backend 최적화

6) Storage 向 Embedded CPU 기술

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - Storage제품의 CPU의 경우, Load/Store operation이 다수를 이루고 있으나 이 동작들의 TAT가 길어 CPU의 동작 효율(CPI)이 떨어짐. 성능 향상을 위한 구조 연구 필요 - Storage向 Embedded CPU(RISC-V)에 적합한 custom ISA 정의 및 이를 위한 HW 구조 연구 필요
세부사례	<ul style="list-style-type: none"> ① Storage 동작 최적화 Custom ISA 정의 및 Toolchain 개발 <ul style="list-style-type: none"> - Storage향 Embedded CPU 동작 분석 - Custom ISA 지원 가능한 Toolchain개발 ② Custom ISA을 고려한 CPU 구조 설계 <ul style="list-style-type: none"> - Custom Vector Extension 지원을 위한 Core 구조 및 Pipeline 구조 설계 - Storage Workload에 맞는 Branch Prediction 구조 설계 - 설계된 CPU에 최적화된 Backbone 설계 ③ Model 기반 설계 및 평가 환경 개발 <ul style="list-style-type: none"> - Modeling기반 설계 및 검증 방법론 연구 - Model기반 최적화된 HW 생성 Compiler 개발

7) 대용량 QLC SSD 응용 발굴 및 필요한 SW Stack 기술 연구

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - Low Cost 대용량 QLC SSD 요소 기술 연구 - QLC SSD 시장 확대를 위한 응용 분야 발굴 - QLC SSD 를 사용하기 위한 Host Stack 기술 연구
세부사례	<p>① Low Cost 대용량 QLC SSD 요소 기술</p> <ul style="list-style-type: none"> - DRAM 사용량 감축을 위한 Map-Cache, Large Sector Size 관련 기술 - Meta Data Size 감축을 위한 FTL Mapping 기술 - Block Reclaim 이 정기적으로 발생했을 때의 최적 운용 기법 : 동작 시점, 속도 등에 대한 판단 기술 <p>② QLC SSD 시장 확대를 위한 응용 분야 발굴</p> <ul style="list-style-type: none"> - 기존의 Cold/Warm Storage 를 포함하여 가능한 시장을 발굴, 해당 시장의 Workload 로부터 QLC SSD 의 추가 최적화 방향 도출 <p>③ QLC SSD 를 사용하기 위한 Host Stack 기술 연구</p> <ul style="list-style-type: none"> - QLC SSD 의 낮은 Write Performance 를 보완하기 위해서는 Host Workload 정보를 활용한 최적화가 필요 - 기존의 Host Stack 에서 QLC SSD 친화적인 모습으로 전환하는 기술 개발

8) CMM-H System S/W 기술 및 응용 개발

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - 초거대 AI 모델 및 고성능 In-Memory DB 응용 등의 확산으로 대용량 메모리에 대한 요구 사항 증가 - CMM-H Prototype을 활용한 고객 PoC 및 차세대 CMM-H 개발에 연구결과 활용
세부사례	<ul style="list-style-type: none"> ① Device 성능 향상을 위한 응용 및 SW 기술 <ul style="list-style-type: none"> - Device가 응용 및 Workload에 최적화된 Caching 및 Prefetching을 수행 할 수 있도록 Device와 Host가 서로 Interaction 할 수 있는 Host SW 지원 방법 ② Computing 기능 Off-loading <ul style="list-style-type: none"> - Bandwidth 향상 및 Latency 감소 Computing 기능 발굴 - CXL I/F를 활용한 효율적인 가속 기능 Off-loading 지원을 위한 S/W 기술 및 응용 ③ Disaggregated System 지원 기술 <ul style="list-style-type: none"> - 다수의 CMM-H 연결 시 Scale Out Solution 및 Non-Deterministic 응답 특성을 고려한 CMM-H 자원 관리 방안 - 다수의 CMM-H로 구성된 Disaggregated Storage System을 지원하는 Distributed File System/Container 기술 설계 ④ File System 최적화 <ul style="list-style-type: none"> - CMM-H를 효율적으로 활용할 수 있는 Journaling 기법을 탑재한 파일 시스템 개발 - CMM-H를 지원하는 Hot Pluggable 파일 시스템 개발

⑤ 보안 응용

- NAND를 메모리로 활용 시 Nonvolatile 특성으로 발생하는 보안 문제를 해결하기 위한 SW 기술
- CXL 환경에서 비밀 컴퓨팅을 위한 분산 스토리지 SW 개발

9) On-Device Gen. AI 향 Storage 및 Algorithm 연구

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - Mobile/Laptop/PC 등에서 On-device AI의 활용 증가 - 단말의 음성, 문서 처리, 영상 처리 등 차별화 필요 - On-device AI에 최적화된 Storage 및 NPU 연구를 통한 Client SSD/Mobile UFS의 기능 강화 - On-device AI시 사용자의 통화 및 문서 정보의 실시간 검색을 통한(RAG) Inference 능력 향상
세부사례	<ul style="list-style-type: none"> ① Mobile/Laptop/PC 등에서 On-device AI의 활용 시 Model의 즉각적인 Loading 및 제약된 DRAM에서 반복적인 Model Loading 능력 보강 ② On-device AI의 NPU기능 중 일부의 Storage의 Off-loading을 통한 기능 강화 연구 ③ Mobile storage 및 Client SSD에서 사용자 민감 정보(통화 녹취, 문서, 사진 정보)의 실시간 검색(RAG)를 통한 Inference 정확도 향상 기능 연구

10) ML 및 AI를 활용한 Simulation Platform (V-NAND향 회로)

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - 설계 난이도 증가에 따른 TAT 혁신 및 완성도 확보 필요 - Machine Learning과 Artificial Intelligence를 이용한 반도체 회로 설계 및 최적화 - VNAND가 고층화 되면서, WL Loading을 구동하기 위한 Pump 회로의 전력 소모와 면적이 커지고 있음 - 이를 극복하기 위한 최고 효율의 VNAND 향 최적 고전압 생성 Pump 회로
세부사례	<ol style="list-style-type: none"> ① Analog Layout 자동화 <ul style="list-style-type: none"> - 모든 동작 조건에서 Mismatch를 최소화할 배치 최적화 알고리즘 - Clock Power 및 Decoupling Cap 배치, Clock Driver 배치, Clock Routing Pitch연결 ② DRAM Core IP(BLSA/SWD) Library 개발 <ul style="list-style-type: none"> - Area 최적화를 위한 단위 IP 구성 방법 및 구성별 Place & Route 방법을 찾고 Library화 하여 PPA(Power, Performance & Area) 최적화 설계를 위한 Template 개발 ③ Analog Input/ Output 회로 설계 최적화 <ul style="list-style-type: none"> - Memory Tx/Rx I/O Path의 성능을 결정하는 Analog 회로 (CML Divider, Phase Splitter, Sense Amp 등) 설계에 있어 사양에 맞는 구조 결정, 소자 Sizing(PPA)에 AI/ML 기반의 진보된 방법론을 적용하여 최적 I/O 성능 구현

④ 차세대 VNAND 향 초고효율 Pump

- 외부 전압 2.5V로부터 30V, 12V, 4V 등의 다양한 고전압 생성 Pump 회로에 대해 이론적 한계에 근접하거나 이를 뛰어넘은 초고효율의 Pump 회로 설계기법

⑤ 초저전력 Pump

- 최소한의 Power를 소모하며 미래 VNAND의 High Cap. Loading을 구동
- 초고효율 Pump 혹은 저전력 Pump 회로 설계

⑥ 최소 면적의 Pump

- 고효율, 저전력을 달성하면서 회로 면적을 최소화할 수 있는 미래 VNAND 향 Pump 회로 설계

⑦ 상기의 ④, ⑤, ⑥을 모두 만족하면서 차세대 초고층 VNAND 구동에 최적화된 고전압 Pump 회로 설계

⑧ 반도체 성능 최적화를 위한 SW 기술

- AI·자율주행·XR용 고성능/저전력 SW/Tool 등

11) 반도체 미세화에 따른 원자 수준 Simulation 고도화

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - 반도체 미세화에 따른 대규모 원자 수준 Simulation 필요성이 증가하고 있고 이를 통해 다양한 반도체 소재에 대한 기계적·열역학적·전기적 물성 및 반응 해석에 활용 - 새로운 원자 수준 Simulation 으 차세대 반도체 실제 공정 및 구조를 반영할 수 있는 소재 발굴에 활용
세부사례	<p>① 대규모 병렬화 및 Simulation 고속화</p> <ul style="list-style-type: none"> - 원자 수준 Molecular Dynamics 시뮬레이션으로 Full Device 및 실제 공정 묘사가 가능한 방법론 가속화 및 다양한 Rare-event Sampling / Accelerated Dynamics의 접목 - 신규 아키텍처(GPU/CPU hybrid 등)에 최적화된 병렬 분산 계산 알고리즘 개발 및 Accelerated Dynamics/Rare Event Sampling 등의 가속화 알고리즘 접목을 통한 기존 MD시뮬레이션의 한계 극복 <p>② 다양한 소재間 상호 작용에 관한 방법론</p> <ul style="list-style-type: none"> - 다양한 공정(ALD, CVD, PVD 등)과 소재의 거동을 표현할 수 있는 모델 Coverage 확장 (산화물/질화물 등의 전통적인 반도체 소재 外 금속, 합금 재료 등의 물성 해석에 필요한 상호 작용) AI 등의 다양한 접근 방법을 활용한 신규 물질 상호 작용에 대한 신속한 확장 방법론 개발

③ AI 기반 Meshless 3D Simulation

- Mesh 기반으로 수행되는 다양한 물리 Simulation의 TAT-Coverage-정합성 Tradeoff를 AI로 극복
- 정형/비정형 Mesh의 Graph Network 변환 및 Simulation 상황에 따라 적응적으로 Network의 Resolution을 조절하는 알고리즘 필요

④ AI기반 물리 방정식 고속 Solver

- Simulator내부의 물리 방정식 (PDE: Partial Differential Equation)의 해를 수치해석기법이 아닌 미분 가능한 Deep Learning(DL) 을 사용하여 직접 구하는 방법 제시

12) 반도체 소재 성능 예측 기술

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - 반도체 CVD / ALD 공정에 사용되는 유기 금속화합물들은 공정 조건의 고도화로 상황에 따라 특정 물성이 요구되고 있음 이에 따라 소재 개발 가속화를 위해서는 요구되는 물성을 Simulation으로 사전에 예측하는 기술이 중요함
세부사례	<ul style="list-style-type: none"> ① AI 기반 유기 금속 화합물의 반응성 <ul style="list-style-type: none"> - 신규 멀티덴테이트 리간드와 중심 금속의 반응시 착체 형성 메커니즘/착체 구조/안정성 예측 - 합성된 소재의 열안정성 예측 ② ML 기반 유기 금속 화합물의 증기압 예측 기술 <ul style="list-style-type: none"> - 유기 금속 화합물의 점도 예측 기술 - 유기 금속 화합물의 증기압 예측 기술 ③ CVD / ALD 공정시 표면 반응성 예측 Mechanism 분석 <ul style="list-style-type: none"> - 증착공정에서 유기 금속 화합물의 표면 반응성 및 박막 형성 메커니즘 규명 - 기판, 공정 온도, 공정 압력, (+ 촉매 조건)에서의 Surface Diffusion / Layer 증착 두께 Kinetics 예측 기술 ④ ML 기반 유기 금속 화합물의 Reorganization Energy 예측 <ul style="list-style-type: none"> - 유기 금속 화합물의 바닥/들뜬 상태 구조 차이에 의한 변화 에너지 예측 기술 - 유기 금속 화합물의 Electron Transfer에 의한 구조 차이에 의한 변화 에너지 예측 기술

- | | |
|--|--|
| | <p>⑤ ALD/Cleaning/CMP 공정의 유기 Inhibitor 작동 원리 규명</p> <ul style="list-style-type: none">- ALD/Cleaning/CMP 공정에서 사용되는 유기 Inhibitor 의 표면 분포 구조 및 Inhibition 원리 규명 <p>⑥ Wet Etching 공정에서 유기 화합물의 표면 반응성 및 반응 메커니즘 규명</p> <ul style="list-style-type: none">- Wet Etching 공정에서 금속 화합물의 표면 반응성 및 식각 메커니즘 규명 |
|--|--|

13) AI 기반의 검증 자동화

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - SoC 의 규모 및 function 의 복잡도는 갈수록 증가하고 있으며 이에 따른 simulation 시간 증가 및 검증에 필요한 시나리오 개수도 증가 하는 추세 - 하지만 SoC 설계 검증에 주어지는 시간은 동일/감소하여, 이를 극복하기 위한 새로운 검증 방법론이 절실 - AP/Automotive/wearable 등의 SoC 설계 검증 분야
세부사례	<p>① ML(Machine Learning) 기반의 검증 디버깅 자동화</p> <ul style="list-style-type: none"> - Debug Assistant: ML 기반으로 검증자에게 Debug Point 를 가이드하는 역할을 수행하는 기술 - Debug History Finder: 이전 Debug History 를 학습하여, 현재 발생한 버그와 관련된 이력을 검증자에게 제공하여 불필요한 디버깅을 줄여주는 기술 <p>② ML 기반의 검증 수행 자동화</p> <ul style="list-style-type: none"> - 변경점을 분석하여 자동으로 관련 Regression 우선 수행 - ML 기반 Simulation 수행 시간을 예측하여 Regression 시 수행 종료 조건 생성 및 검증자가 불필요하게 기다리는 시간 단축 <p>③ ML 기반 Coverage Closure</p> <ul style="list-style-type: none"> - Scenario 에 대한 Clustering 와 ML 을 통한 시나리오 수 최소화. 최소 시나리오 수행으로 Coverage 목표 달성에 대한 TAT 단축 목표. Bug 조기 발견 등으로 설계 검증 TAT 단축 <p>④ 위의 ML 기반 방법론들을 지원하는 통합 AI 검증 System</p>

14) SW 무결성 검증 기술

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - 검증 TAT 혁신과 완성도 확보 방법론이 필요 - SW Component 를 부품으로 관리하고, 단위 부품의 검증을 진행한 뒤, 부품의 조합을 통해 빠른 제품 개발이 가능한 체계를 위해, 기술과 방법론이 필요 - Flash Solution 등의 Embedded Software 설계/검증 분야
세부사례	<ul style="list-style-type: none"> ① Software Product Line 을 위한 Software Engineering <ul style="list-style-type: none"> - 부품 검증 방법, 부품 간 호환성 검증, Side-Effect 검증, 부품 조합 방법, 이슈 검출 방법 - 부품의 과거 검증/불량 이력을 효과적으로 저장하고 재사용할 수 있는 방법 ② 제품 수준에서 효율적인 검증을 위한 Regression Test 방법론 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 변경 요소 식별, 검증 자동화, 테스트 Scheduling 기법 ③ Software 검증 수준을 측정 방법론 개발 <ul style="list-style-type: none"> - Embedded Software 의 Code Coverage 를 코드 수정없이 측정할 수 있는 방법론 ④ ML 기반 최단 시간내 검증 수준을 높이는 테스트 방법론 개발 <ul style="list-style-type: none"> - Clustering, Deduplication 등의 기술을 통해 중복된 Test Case 를 찾고 최적화 하는 기술 - Test Case Auto Labeling 기술 ⑤ Embedded Software 향 Fuzzing 기반 테스트 방법론 개발

15) 반도체 제조/개발을 위한 Foundation AI Model

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - DS 반도체 제조 및 R&D 업무의 생산성 및 품질 혁신 목표 - 반도체 공정/지식 데이터의 통합 AI 학습 및 반도체 전문가 Copilot 제공 - Fab In 부터 Fab Out까지 Orchestration 및 Autonomous Fab 적용
세부사례	<ul style="list-style-type: none"> ① 반도체 지식을 학습하는 Large Language Model 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 반도체 Text를 학습하고 질문에 대해 전문가 수준으로 신뢰성 높은 답변 ② Text뿐만 아니라 Image, Chart, Graph, Table, 문서를 학습하는 Multimodal Foundation Model 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 반도체 업무과정에서 축적되고 생성되는 다양한 종류의 데이터를 학습하고 전문가 수준으로 답변 (Copilot) ③ 전문가가 별도의 학습 데이터 생성 없이 데이터를 스스로 학습 하는 기술 개발 (Self-supervised Learning) <ul style="list-style-type: none"> - Instruction Data 없이 PPT, Word, PDF에 있는 지식을 추출하여 스스로 학습하고 이를 활용해 답변 ④ 정보를 바탕으로 스스로 판단하고 계획하고 실행하는 Agent 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - Sub-task 단위의 요청을 수행하여 Insight와 Suggestion을 제공 받는 Copilot 수준을 넘어 Task에 대한 Role과 Objective를 설정해주면, AI가 Planning부터 Execution까지 Autonomous하게 수행

- | | |
|--|--|
| | <p>⑤ 적은 비용을 요구하는 새로운 모델 아키텍처 또는 학습/인퍼런스 알고리즘</p> <ul style="list-style-type: none">- 모듈화 아키텍처(MoE 등)- Transformer를 대체하는 새로운 모델 아키텍처 (State-space Model 등) |
|--|--|

16) Fab 자동화를 위한 AI기반 Robotics

구분	주요 내용
활용 분야	<ul style="list-style-type: none"> - 환경 안전 Risk 제거를 위해 Robotics 자동화 기반의 Fab 설비 유지/보수/관리 작업 자동화에 활용 - 기존의 단순 물류 자동화 단계를 넘는 자율 무인 Fab 구축 활용 - 연구개발 단계의 실험 자동화를 통해 인구 감소에 대응하고, 개발 가속화에 기여.
세부사례	<ul style="list-style-type: none"> ① 실험 Planning을 위한 AI 기술 <ul style="list-style-type: none"> - 소재 합성 Planning, 실험 Recipe 최적화 알고리즘 - 모델의 장단점을 스스로 진단하며 진화하는 AI - AI 예측 결과의 원인(Causality) 분석 기술 - Human과 AI의 상호 학습 모델 (Human-in-the-loop) ② 자율 구동 robotics 기술 <ul style="list-style-type: none"> - 스스로 주변과 물체를 인식(Fast & Reliable Sensing/ Perception)하고, 주어진 Task를 수행하기 위한 자동 Robot Motion Planning - 다양한 Lab-ware를 Handling 할 수 있는 Manipulator (Dexterous Manipulation) 및 제어 기술 ③ 실험 자동화 시스템의 운영 S/W 기술 <ul style="list-style-type: none"> - 시스템 Scheduler - Scheduling Simulator - 실험 자동화 시스템의 Operating S/W

④ 사람처럼 좁은 공간內에 이동 가능한 高精度 자율주행

- 카메라, IMU, LiDAR 등을 바탕으로 Fab에서 로봇의 위치 추정 및 주행을 정밀하게 하는 SLAM

⑤ Continuum Robot Platform

- 실험 자동화 시스템
예) 합성, Formulation, 평가, 분석, 박막 공정
- 설비 內 협소 공간 움직임을 위한 고강성/소형/구동 메커니즘 및 장애물 회피를 위한, Path Planning 및 Configuration 교시

17) Automotive 向 SWIR 광검출 기술 및 Readout 회로 기술 개발

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - Automotive: 장거리 표적 식별, In-cabin - Automotive 첨단운전자보조시스템(ADAS)과 자율주행 적용 차량에 탑재되는 센서 솔루션으로 LIDAR, Laser Gated Imager 등의 센서 부각(장거리 인지, 해상도, 정확도 우수) - LIDAR, Laser Gated Imager는 광원(Active Light Source)과 광검출(Detector)부로 구성, 광원이 방출되는 경로에서의 보행자 Eye Safety를 필수적으로 고려해야함. 다양한 크기 (Order of Magnitude)의 강력한 레이저 파워를 출력하기 위한 SWIR 파장 대역(1310nm, 1550nm)의 센서 사용 필요함
세부사례	<p>① 2.5D/3D 설계</p> <ul style="list-style-type: none"> - Si 공정 기반 저가 소자 제작 공정 구현 <ul style="list-style-type: none"> · Cost(Si Wafer 기준): 2 x Si - InGaAs SWIR detector 동등 수준 성능 확보(성능 목표) <ul style="list-style-type: none"> · SNR(> 60dB @1310nm) and Responsivity(> 0.9 A/W) · Sensitivity(< 1 lux, 10^{-6} W/cm²) · QE (> 50%) and Dark Current (< 10^3) · Pixel Size (< 5um) <p>② Readout 회로 기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - Si 공정 기반 소자용 ROIC 개발 <ul style="list-style-type: none"> · 저잡음 Readout 구조 및 회로 설계

2. 차세대 반도체 소자

1) 차세대 로직 소자, 비휘발성 메모리 및 포토닉스 소자

구분	주요 내용
활용분야	- Logic 및 Memory
세부사례	<p>① Scaling Down의 한계 극복을 위한 신규 소자</p> <ul style="list-style-type: none"> - High Stability 가능한 산화물 반도체 채널 소자 - DRAM 미세화 한계 극복 기술 <ul style="list-style-type: none"> · 3D Cell 적층 구조 · 저온에서 이동도가 높은 채널 新소재 사용 - Beyond Moore's Law를 위한 非실리콘 소재 사용 <ul style="list-style-type: none"> · III-V, SiGe, CNT 등 <p>② Emerging Nonvolatile Memory</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vertical memory 개발을 위한 Atomic Layer Deposition (ALD) 기반 Selector Only Memory <ul style="list-style-type: none"> · ALD向 신물질 및 Stack, 공정/Precursor · 칼코게나이드 기반 Self-selecting Memory - High Endurance를 갖는 FeFET - 저전력 고속 동작 특성을 가지는 MRAM <p>③ 실리콘 포토닉스 소자</p> <ul style="list-style-type: none"> - 디바이스/Chip간 차세대 광통신 기술 구현 - 다파장 고효율 광원 구현 및 집적 기술 개발 - 초고속 광연결 아키텍처 및 구동 IC 개발

④ 유기 광 Modulator 소재 및 소자

- 차세대 초고속 광 Modulator 향 소재 및 소자 기술

- 소재 혁신 통한 광통신의 Lane Speed 한계 극복
- 광통신의 초고속, 저전력, 극소형 대응 유기 소재

2) 차세대 DRAM 소자

구분	주요 내용
활용분야	- 1T1C 기반 DRAM Cell 을 대체할 수 있는 신규 High Speed 메모리 소자
세부사례	<ul style="list-style-type: none"> ① 산화물반도체 등 1T1C 소자 ② Si/Poly-Si/신물질 채널 기반 3D 적층형 DRAM 소자 ③ Ferroelectric Cap 기반 1T1F 또는 1TnF 3D 적층형 소자 ④ Capless DRAM 기반 적층형 소자 및 설계 scheme 개발 ⑤ Bonding 기술 기반 DRAM 소자 및 Integration Scheme ⑥ 물질 개발: High-k Gox, Low Leakage Gox, 저저항 WL, Low-k 유전막, 고선택비 Etch Mask 물질, Silicidationless Ohmic Contact 물질 ⑦ 공정개발: 국소 Silicide, High A/R Oxidation, High A/R Contact 형성 및 Doping, 신물질 채널 증착 기술 ⑧ 열 안정성, 수소 안정성 및 컨택 저항 개선 기술

3) DRAM향 강유전체 소자

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - 차세대 DRAM 제품, Neuromorphic Synapse 소자, IoT 저전력 반도체 소자 - 차세대 DRAM 제품 <ul style="list-style-type: none"> · Vertical stack 가능한 Cap-less DRAM향 Ferroelectric 소자 · 3D stacked FeFET
세부사례	<ul style="list-style-type: none"> ① High Performance 구현 가능한 강유전체 물질 및 증착 공정 <ul style="list-style-type: none"> - Speed 특성 확보 - Endurance 특성 확보 ② 강유전체 산포 및 양산성 확보 <ul style="list-style-type: none"> - Grain Size 및 Uniformity 제어 ③ Endurance 개선을 위한 Gate stack <ul style="list-style-type: none"> - (MFNIS FeFET향) Ferroelectric 박막 - Ferroelectric 박막의 물리적 구조와 특성 발현 Mechanism 규명 ④ 강유전체 게이트 소자 모델링 <ul style="list-style-type: none"> - 물질/소자/회로 모델링

4) CTF 대체 소자

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - CTF 기반 3D VNAND Cell을 대체할 수 있는 신규 비휘발성(NVM) 메모리 소자 · VNAND 의 지속적인 적층 단수 증가에 따른 공정 난이도, Cost 증가 등 한계 극복
세부사례	<ul style="list-style-type: none"> ① 신 물질, 신 구조, 신 개념의 비휘발성 메모리 소자 (ex. MO-ECRAM 기반) ② 3D VNAND 구조에 기반한 신규 비휘발성 메모리 소자 ③ 비휘발성 소자의 동작 전압 <ul style="list-style-type: none"> - Memory Window - Endurance - Retention

5) VNAND향 강유전체 소자

구분	주요 내용
활용분야	- 차세대 VNAND를 위해 기존 CTF 대체 가능한 FeFET 소자
세부사례	<p>① VNAND 동작 가능한 FeFET 향 Cell Stack 기술</p> <ul style="list-style-type: none"> - Memory Window - Endurance 및 Read/Pass Disturb, Retention 특성 확보 필요 <p>② Grain Size 제어 및 Uniformity 개선</p> <ul style="list-style-type: none"> - Grain Size 및 Phase 분석 방법 개발 - Phase 균질도 개선을 위한 Ferro 물질 연구 <p>③ Ferroelectric 박막 Mechanism 이해</p> <ul style="list-style-type: none"> - 결정화 메커니즘 분석 및 제어 인자 이해 <p>④ Ferro와 Channel 계면 제어 및 Ferro 특성 극대화를 위한 신개념 Channel 물질 개발</p>

6) 차세대 로직 Transistor

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - 고성능 Logic Transistor (고성능, 저전력), Logic 소자 Area Scaling · 1nm 이후를 위한 2D MOSFET
세부사례	<ul style="list-style-type: none"> ① 2D MOSFET 특성 향상을 위한 低저항 Contact ② 2D MOSFET 2D Gate Stack <ul style="list-style-type: none"> - Gate Dielectric, Work Function Metal 물질 개발 ③ Alternative channel <ul style="list-style-type: none"> - Surface Treatment (Dit 감소, Gox 형성) - Si 동등이상의 Band Gap 물질 - High-k Interface 제어 ④ 2D Channel MOSFET <ul style="list-style-type: none"> - Gate Length Scalability 검증 ⑤ GAA 구조 MOSFET <ul style="list-style-type: none"> - Multi-channel Stacking 구조 - GAA 구조 형성을 위한 Integration

7) 스핀 활용 반도체 (MRAM 및 Spintronics 소자)

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - 차세대 eNVM 및 Working Memory 향 STT-MRAM 제품 <ul style="list-style-type: none"> · Automotive, AIoT 향 차세대 STT-MRAM 의 Speed, Density, Endurance, 신뢰성 향상 - 차세대 Spintronics 소자 <ul style="list-style-type: none"> · MRAM 의 속도/집적도 한계를 넘는 Spintronics 소자
세부사례	<ul style="list-style-type: none"> ① 고성능, 고신뢰성 구현 가능한 MTJ 물질 개발 <ul style="list-style-type: none"> - Speed, Endurance 특성 확보 - 고온 열내성 강화 수직 자화 물질 ② Emerging Spintronics 기술 <ul style="list-style-type: none"> - SOT-MRAM, Racetrack, VCMA, P-bit - 3D-MRAM, Selector 물질 - 스핀트로닉스 물질/소자/회로 모델링

8) 저조도 개선을 위한 Image 센서

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - 이미지 센서는 Mobile, 가전, Automotive, AR/VR 등 다양한 분야에서 중요성이 높아지고 있는 상황 - 저조도 특성 개선과 High Dynamic Range를 위한 Pixel Scheme, 공정/소자, 회로 필요
세부사례	<p>① 저조도 이미지 특성 개선 (Low Noise)</p> <ul style="list-style-type: none"> - RTS, Flicker Noise 등 저주파 Noise 저감을 위한 새로운 소자 (SF Transistor) 구조 - Pixel Scheme 및 Multi-sampling, PGA 등 회로 기법을 이용한 Noise 저감 - In-pixel ADC 구현을 위한 Low Noise & Compact Sub-threshold Operation Amplifier <p>② HDR (High Dynamic Range)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 새로운 HDR 구현 Pixel Scheme 발굴 <ul style="list-style-type: none"> · 기존 Multi-exposure, Multi-gain, Overflow Cap.은 DR 확장에 효과적이나, Image Quality 저하와 픽셀 사이즈 이슈 존재 · 이를 해결하기 위한 새로운 HDR 구현 방안 (Pixel Scheme) 발굴 필요 - Digital Pixel Sensor 구조 활용한 HDR 구현 <ul style="list-style-type: none"> · Low-power & Low-noise ADC 회로, 픽셀 소형화를 위한 CIS형 In-pixel Memory, Chip Size 최적화 위한 3D Architecture(ex. Data Flow, Thermal Distribution 등), On-chip AI Image processing

9) Image/Object/Gesture 인식을 위한 H/W

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - Mobile, Wearable, IoT, Robot 등 적용을 위한 Always on 초전력 인식 필요
세부사례	<ul style="list-style-type: none"> ① Ultra Low-power Image Capture <ul style="list-style-type: none"> - Image/Object/Gesture 인식에 특화된 Ultra Low-power Sensor - Capture & Neural Processing을 동시에 Optimize할 수 있는 Device ② Analog + Digital Neural Network HW <ul style="list-style-type: none"> - Ultra Low-power Image/Object/Gesture 인식을 위해, High Energy Efficiency 필요 Layer는 Analog에서 처리하고, High Precision 필요 Layer는 Digital에서 처리하는 등의 Mixed Neural Network System ③ Multi-stage <ul style="list-style-type: none"> - Cascading 기법으로 Detection/Recognition을 진행하면 전체적인 System Energy를 Optimize 할 수 있을 것으로 보고, 이에 필요한 Architecture + Algorithm Co-optimization 하는 기법

10) 소자 기타

구분	주요 내용
세부사례	<p>① 다이아몬드 전력반도체</p> <ul style="list-style-type: none"> - High Stability 구현이 가능한 산화물 반도체 채널 소자 - 압력, 열, 방사선 등에 극강의 내구성을 갖춘 반도체 소재로서 다이아몬드 활용 기술 <ul style="list-style-type: none"> · 다이아몬드 기관 대형화 기술(사파이어와 혼종 등) · 전자 고이동성 · 장수명을 위한 소자 구조 개발 등 <p>② 양자 센서</p> <ul style="list-style-type: none"> - 양자 상태의 원자 등을 이용해 나노 스케일의 미세한 물리량 변화를 계측하는 센서 기술 <ul style="list-style-type: none"> · 센서로 사용 가능한 새로운 양자 시스템 개발하고 최적의 활용 방안을 제시 · 원자 증기, 다이아몬드 결함 등 기존 양자시스템의 획기적 개선 및 국산화 기술 개발 등

3. 반도체 공정 기술

1) VNAND Channel, Charge Trap Layer, Wafer Bonding 기술

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - 차세대 VNAND 공정 <ul style="list-style-type: none"> · Channel mobility 향상 · Cell current 향상을 위한 단결정 및 Large Grain Silicon 형성 - VNAND 향 차세대 OSC (Oxide Semiconductor Channel) 물질 <ul style="list-style-type: none"> · On-cell Current 열화 극복을 위한 신개념 Channel 물질 - 차세대 VNAND 제품 <ul style="list-style-type: none"> · 제품 신뢰성 개선 · PGM/ERS window 확보 · PGM/ERS bias에 내성이 강한 막질 개발
세부사례	<p>[차세대 VNAND 공정]</p> <ul style="list-style-type: none"> ① Channel Silicon Grain Size 증가 <ul style="list-style-type: none"> - 단결정 channel silicon 형성 공정 - 막 내 Hydrogen 저감 증착 공정 ② 균일한 channel 형성 막질 <ul style="list-style-type: none"> - High mobility 및 High Step coverage

[VNAND향 차세대 OSC 물질]

① VNAND 동작 가능한 OSC 물질

- Dual Channel, P-type OSC 등
- On Cell Current 우수한 OSC 물질
- Memory Window 확보 가능한 OSC 물질

② VNAND Integration 가능한 OSC 물질

- 고 Hydrogen 내성 및 열내성 OSC 물질
- OSC와 Metal Contact 시 저항 감소 Metal

③ OSC 물질에 대한 근원적 이해

- Electron, Hole Generation 메커니즘 및 제어 인자

[VNAND Charge Trap Layer]

① SiN 막질 활용

- 불순물을 이용한 Band Gap 조정, Shallow Trap 감소, 화학 결합 및 구조 안정성 증가

② High-k Trap Layer

- SiN 수준의 Trap Density를 갖는 High-k 물질
- Doping을 통한 Shallow Trap 감소

③ Thermal ALD 공정 가능한 막질

- SiN ALD와 같이 Thermal ALD가 가능한 막질

④ Selective ALD SiN

- 기존 High Temp. ALD SiN 수준의 Trap 특성 및 S/C를 만족할 수 있는 Selective ALD SiN 기술

[Cell Multi Bonding]

① Saddle Warpage Wafer Bonding 기술

- X, Y Warpage Skew가 있는 Wafer의 Bonding

② Edge Engineering

- 수율 개선 위한 Wafer Edge Trim 공정

2) Selective ALD/ALE (Metal Oxide/Metal), Selective Deposition

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - DRAM Capacitor의 유전막/전극 · Capacitor 박막을 선택적으로 증착하고 제거하는 기술 - Logic의 High-k /Metal Gate, BEOL/MOL 배선 - 3D 구조 형성을 위하여 Self-Aligned 공정이 필요한 모든 제품: VNAND, 3D DRAM, Logic 등 - 차세대 DRAM 제품 · High Work Function 을 가지는 전극막 · High Step Coverage를 구현할 수 있는 ALD 공정
세부사례	<p>[ALD/ALE]</p> <p>① Selective ALD (ASD)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 패턴된 구조에서 선택적으로 박막 증착 예: MoM (Metal on Metal) 증착 - Selectivity 극대화 예: Inhibitor 적용 <p>② ALE</p> <ul style="list-style-type: none"> - Metal Oxide/SiO₂을 선택적으로 건식 제거 예: ZrO₂만 제거하고 SiO₂는 유지 - Metal/SiO₂를 선택적으로 건식 제거 예: TiN만 제거하고 SiO₂는 유지

[Selective Deposition]

- ① 선택적 Metal Silicide on Si, not on oxide
- ② Spatial 선택적 Metal(Ru, Co, Mo, bottom up metal contact fill)
- ③ 선택적 Hardmask (HfO, ZrO) on EUV PR, not SiO₂
- ④ Non-metal, metal doped ALD 증착
 - In-situ Doping을 이용한 Conformal Doping
 - ALD용 Doping Precursor 개발
 - S/C(Step Coverage) 개선 기술

[Capacitor Electrode]

- ① High Work Function 구현
 - ALD Precursor 및 공정
- ② 저저항 박막
 - 막 내 불순물 제어 기술
- ③ 구조 균일성을 가지는 막질
 - High Step Coverage 구현 가능한 공정

3) 반도체 공정/설비 개발向 플라즈마 Simulation 고도화

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - 신 물질, 신 구조 반도체 개발이 가능한 플라즈마 공정 및 설비 개발에 활용 - 플라즈마 Simulation을 활용한 실시간 플라즈마 이상 분석 및 설비 최적화 기술 개발
세부사례	<ul style="list-style-type: none"> ① HARC 공정 및 설비 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 플라즈마 Simulation 기반 플라즈마 공정 개발 ② 반도체 향 Plasma 설비 개발 <ul style="list-style-type: none"> - New Source 개발 (Microwave, ECR, Helicon Plasma 등) - CCP, ICP 설비 플라즈마 제어 기술 개발 ③ ML 기반 Plasma 공정/설비 최적화 <ul style="list-style-type: none"> - 플라즈마 공정 성능 최대화를 위한 설비 사양 도출

4) 반도체 소자 공정 (Polarity switching, 3D Integration, 설비/부품 등)

구분	주요 내용
활용분야	<p>[EUV 노광에 의한 Polarity switching 메커니즘]</p> <ul style="list-style-type: none"> - EUV 광반응성 고흡수 PTD (Positive Tone Development) PR (photoresist) 소재 - DRAM & Logic향 SET (Single Exposure Tech.) 공정 <p>[Logic向 3D Integration]</p> <ul style="list-style-type: none"> - Monolithic Logic on Logic 소자 - Heterogeneous Device on Device 소자 <ul style="list-style-type: none"> · Area scaling 및 개발 지속성을 갖는 3D Integration <p>[ALD 공정向 설비/부품]</p> <ul style="list-style-type: none"> - High Aspect Ratio Device 제조시 Void-Free 및 우수한 Step-coverage를 제공할 수 있는 ALD 공정向 설비/부품 성능 향상
세부사례	<p>[EUV 노광에 의한 Polarity Switching 메커니즘]</p> <p>① SET 공정을 통해 미세패턴 형성 가능한 New Platform 확보</p> <ul style="list-style-type: none"> - 기존 Crosslinking이 아닌 Non-crosslinking 메커니즘 개발 - 금속과 결합되어있는 리간드가 EUV 노광에 의해 Polarity Switching을 야기시키는 시뮬레이션 및 실험 - High Absorption향 Metal, EUV-sensitive Ligand 조합, 광감응성, 공정 안정성 Simulation 요구 및 실험

[Logic向 3D Integration]

① 3D Monolithic Integration

- CFET(Complementary FET)
- 수직 적층 형태의 Source/Drain과 Metal Gate
- 低저항 Interconnection 물질

② 3D Sequential Integration

- Aligned Wafer Bonding
- 고성능 Transistor 특성 확보 가능한 저온 Integration

③ Backside 활용 Interconnection

- Backside에서 Patterning 및 Metallization 적용

④ 3D Integration 向 Scheme 및 Layout

- PPA 최적화 가능 Scheme 및 Layout 구현

[ALD 공정向 설비/부품]

① 차세대 Precursor向 Gas Delivery

- Solid Precursor向 Canister
- Solid Precursor 제어 및 모니터링
- 고온/고속/대유량 Gas Delivery

② 반도체 설비向 차세대 가공

- Metal 3D 소재 및 부품 제작
- 후처리/표면처리/세정
- 고효율 Heat Transfer/Flow 최적화

③ 반도체 설비向 내부식성 코팅

- Metal 소재의 고온 내부식성 향상 (소재/코팅)
- High Aspect Ratio Micro Hole 코팅
- 세라믹 부품向 ALD 코팅

5) 미세 반도체 구현 공정
(고해상도 EUV 패터닝, Etch, 차세대 CMP, Spinner 등)

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - Gate All Around 와 같은 새로운 구조 및 미세 반도체 구조 구현을 위한 공정, 설비 및 소재에 활용
세부사례	<ul style="list-style-type: none"> ① 고해상력 및 Low Dose 가능한 EUV Patterning <ul style="list-style-type: none"> - Etch 내성 상향이 가능한 신소재/신 Develop 공정 - 생산성을 위한 Dose 하향 ② 차세대 Etch 공정 구현을 위한 내식각성 소재 <ul style="list-style-type: none"> - Part 소모 및 defect 최소화를 위한 Plasma 내성이 강한 소재 ③ N/P MOS Gate 종류 별 Metal 박막 Depo <ul style="list-style-type: none"> - Sub Layer 에 Immunity 있는 Film 제어 ④ 차세대 CMP Planarization을 위한 기능성 소재 <ul style="list-style-type: none"> - High Density에서도 Erosion이 최소화 될 수 있는 CMP Slurry - Recess를 제어할 수 있는 Slurry ⑤ High Aspect Ratio에서 Gap-fill 향상 및 이온 주입 산포 개선 ⑥ 고청정 약액 (PR, Thinner, DIW 등) 공급 및 토출 장치 ⑦ 소재 절감 기술 <ul style="list-style-type: none"> - PR 유량 저감 기술 - Dose 저감을 위한 온도 가변형 Develop

6) 미세 반도체 구조 및 품질 검사/계측 기술

구분	주요 내용
<p>활용분야</p>	<p>[미세 반도체 구조 검사]</p> <ul style="list-style-type: none"> - DRAM/VNAND/LOGIC 반도체 미세화 및 3D 구조 위한 신개념 검사/계측/분석 HW 및 SW 기술 <ul style="list-style-type: none"> · 광학적 막질 투과 검사 및 3D 구조 및 Mis-alignment 계측 · 차세대 반도체 신구조/신물질 특성 모니터링 · AI 기반 반도체 검사/계측/분석 고도화 - 비파괴 구조 측정 기술 - 미세 또는 하부 불량 비파괴 검사 <p>[반도체 구조 계측 기술]</p> <ul style="list-style-type: none"> - DRAM, VNAND, Logic, CIS 제품 구조 계측 - Wafer Bonding 공정에서 발생하는 Metal Void 계측 - Metal 공정 중/후 발생하는 불량 분석 및 검사 <p>[반도체 품질 검사 기술]</p> <ul style="list-style-type: none"> - 저항성/Leakage성 품질불량 모니터링 기술 - 메모리/로직 제품 In-Fab 전기적 불량 모니터링 <ul style="list-style-type: none"> · 대표적 품질 불량인 CNT 계면 저항성/Leakage 불량의 전기적 검출 방식 필요 · 검출된 불량률의 전기적 특성 측정하여 불량률 정량화 필요

세부사례	<p>[미세 반도체 구조 검사]</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 3D Stack 미세 불량 정밀 검사/계측 기술 <ul style="list-style-type: none"> - 3D Stack 하부 불량 검사 기술(Wide DOF/Dual Focus 광학 등) - Multi-layer 두께/물성 개별 측정 기술 ② 반도체 소자 물성 비파괴 측정 기술 <ul style="list-style-type: none"> - X-ray 기반 고해상 물성 Imaging 기술 - Si 결정화/미량 원소 계측 기술(Raman Spectroscopy, SERS 등) ③ 전자주사현미경(SEM) 기반 반도체 검사/계측 기술 <ul style="list-style-type: none"> - 1nm 이하 고분해능 SEM 기술 - SEM 기반 소자 전기 특성 불량 검사/계측 기술 ④ AI를 활용한 이미지/스펙트럼 기반 검사/계측 기술 <ul style="list-style-type: none"> - 소수 Data로 높은 성능을 확보하기 위한 AI 학습 기술 - 저품질 Data를 판단/제거하여 성능을 높이기 위한 기술 ⑤ 비파괴 비반복 고해상도 3D MI 기술 <ul style="list-style-type: none"> - Visible, IR, EUV, X-ray 기반 Computational Imaging 기술 ⑥ Advanced packaging 비파괴 검사/계측 기술 ⑦ 3D 구조 Lateral recess/profile 구조 계측 <ul style="list-style-type: none"> - X-ray/EUV고해상 3D 이미징 설비 기술 ⑧ 3D DRAM Lateral 미세 구조 불량(Recess) 및 Void 검사 기술 ⑨ 10um 이상 깊이의 불량 검출 기술 ⑩ 하부 미세 Residue 비파괴 검사 기술
------	---

⑪ 10nm 이하 불량 검사 기술

⑫ 비침투식 Radical Beam 선속 밀도 산포 및 에너지 감지/
진단 센서 개발

- Laser等 광학 기반 기술

(단, Optical Emission Spectrometer 기반 기술 제외)

- Radical Beam 선속 밀도, 산포, 에너지 측정

- Radical種별 밀도 절대량 측정

- Radical種별 산포 측정

[반도체 구조 계측 기술]

① Soft X-ray 기반 구조 계측기

- DRAM 및 LOGIC 미세 구조 계측을 위한 구조 계측 교호작용
개선 및 CD/Pitch 직접 계측 가능

② X-ray CT with Nanometer-scale Resolution

- Metal Void 분석 및 계측 기술

· Metal 배선 불량 3D 구조 분석 기술

· Metal Fill 포함 공정에서 Buried Defect 계측 및 분석

③ Plasma In-situ 계측 (PLIF: Planer Laser-Induced
Fluorescence Method for Plasma Scatterometry)

- 플라즈마 도핑(PLAD) PM(Process Module) Chamber 장치에
도킹하여 산란 계측을 위한 레이저 유도 형광법

· Etching이나 Depo 장치용에도 가능

· 고수율 제조 솔루션

[반도체 품질 검사 기술]

① 전자현미경 기반 기술

- Voltage Contrast eBeam 검사 기술
- Capacitive Contrast eBeam 검사 기술
- eBeam-전기 융합기술 (EBIC, EBIRCH)
- 전기-광학 융합기술 (THEMOS, PHEMOS)

② 전기적 특성의 측정기술

- 저항/Capacitance 직접 측정 기술 (C-CFM, NanoProbing)

4. 반도체 패키지

1) Chiplet 기술

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - 고성능, 고집적, 저전력 HPC 및 3D-IC 및 HBM - LED/OLED 및 Logic을 이용한 마이크로 디스플레이
세부사례	<p>① Chip Scale Interconnect 기술</p> <ul style="list-style-type: none"> - 고밀도 저전력 연산을 위한 Chip Stacking 기술 <ul style="list-style-type: none"> · Sub <1um pitch 이하의 D2W HCB bonding 기술 · TSV 미세화 기술 · HCB 저온화 기술 · TSV 및 Bonding PAD R/C 개선 기술 · D2W Bonding 후 평탄화 기술 <p>② 저전력 data 전송을 위한 실리콘 포토닉스 및 Co-Package Optics 기술</p> <ul style="list-style-type: none"> - Evanescent Coupling 용 Bonding Interface 기술 - 광손실 방지를 위한 D2W OVL 개선 기술 - HCB 접합 Parasitic Cap 감소를 위한 기술 - Deflection Mirror 형성 기술

2) 융복합 Packaging

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - HPC向, Server向의 고성능 (High Speed, Wide IO, Low Latency) 제품 활용 가능 * 구조: Memory(HBM) + Logic(Chiplets) + Interposer(2.5D + 3D)
세부사례	<ul style="list-style-type: none"> ① Hybrid Copper Bonding(HCB) <ul style="list-style-type: none"> - Bumpless, Gapless Bonding으로 Thermal 경쟁력 확보 - 기존 보유 중인 CoW(Chip On Wafer) infra 활용으로 원가 경쟁력 확보 ② 3D IC 적용 FoPKG (Fan out Package) <ul style="list-style-type: none"> - HCB 기반 Fine Pitch 구현 - 고성능으로 인한 발열 한계 극복 위한 미래 소재 ③ 3.5D 융복합 PKG <ul style="list-style-type: none"> - 고성능 2.5D + 3D 구현 위한 Interconnect - 대면적 Bonding 고신뢰성 공정, 소재

3) Laser Via hole 가공 기술/ Simulation Modeling

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - 차세대 PKG용 극소구경 Laser Via 가공 - PKG 미세화에 따른 신호 연결 Via hole 극소구경 필요성이 증가하고 있고, 가공 실험을 통한 조건 최적화로 미래기술 준비에 시간적인 소요가 많이 되고 있음. PKG 소재에 대한 기계적/열역학적 반응 해석(Simulation Modeling)을 통한 차세대 Laser 가공 기술을 발굴/활용하고자 함 - 차세대 PKG 제품 공통 (2.5D/2.3D/2.1D 패키지용 기판)
세부사례	<p>① 극소구경 Laser Via 가공</p> <ul style="list-style-type: none"> - UV laser (355nm), Deep UV laser (266nm), Excimer 등 <ul style="list-style-type: none"> · Laser 파장/펄스에 따른 가공 원리, 열해석 · Laser 파장, Pulse Width (ns/ps/fs)에 따른 Via hole 가공 형상과 가공물의 HAZ(Heat Affect Zone) 영향성 파악 · 실제 가공 결과와 시뮬레이션을 통한 매칭과 Laser Via hole 가공 모델링 <p>② 차세대 Laser 가공 방식 제안</p> <ul style="list-style-type: none"> - Laser Via hole 가공 모델링 구축 후 차세대 극소구경 Laser 가공 방식 제안 <ul style="list-style-type: none"> · UV, Deep UV, Excimer 등

4) 차세대 Glass 패키지 기판 이중 재료 (Glass/절연재) 가공 기술

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - AI 등 고성능 반도체 성능 향상을 위해 패키지 기판의 뼈대 역할을 하는 코어를 플라스틱에서 Glass로 바꾸는 니즈가 증가하고 있음 - Glass는 플라스틱 대비 치수 안정성 및 휨 특성이 우수하나, 취성이 높아 취급 및 가공 시 Chipping 및 Crack 발생 위험이 있으며, Glass위 다층의 절연재를 사용하므로 이중 재료에 대한 안정적인 가공(Cutting) 기술이 필요함 - 차세대 Glass 패키지 기판 (Glass Core 및 Interposer)
세부사례	<ul style="list-style-type: none"> ① 이중재료 (Glass & 절연재) 가공 (Cutting) 방식 제안 <ul style="list-style-type: none"> - 가공 방식 별 가공 품질 영향성 파악 <ul style="list-style-type: none"> · Laser, Blade, Waterjet, Hybrid 등 · Chipping 및 Crack 방지 최적 방식 도출 - 신규 가공 방식 발굴 ② Defect에 따른 불량 영향성 및 개선 방향 모델링 <ul style="list-style-type: none"> - Glass Chipping 크기에 따른 Crack 발생 가능성 및 Risk 등 Simulation - 가공 후 Glass Crack 발생 억제 방안 모델링

5. 차세대 컴퓨팅 소자

1) 차세대 컴퓨팅 플랫폼(Quantum Computing, In Memory Computing 등)

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - HPC, AI 응용 증가에 따라 연산 양이 급증하면서, 저전력 초고속 컴퓨팅 플랫폼이 필요 - 신규 반도체 소재 발굴 시뮬레이션 등 연산은, 경우의 수가 무수히 많아 기존 컴퓨팅 기술로는 수십년 이상이 필요, 초고속 컴퓨팅 플랫폼이 기업의 경쟁력을 좌우 - 데이터 이동 및 연산량을 획기적으로 줄이면서 정확한 AI 연산을 할 수 있는 알고리즘/시스템/회로 개발 필요 - 센서와 결합한 미래 AI기기(자율주행, 로봇, AR/VR 기기 등) 전력 효율 개선 - Mobile/Wearable/IoT 등의 Application에서 Always On 동작하는 Voice/Audio 기능의 필요성 증가
세부사례	<p>① Photonic Computing</p> <ul style="list-style-type: none"> - Photonic IC, 비선형 광소자 설계 및 제작 - 다중 파장 활용, 광 신호 변복조, 나노 광학 적용 - 광원과 광회로 집적을 위한 Integrated Photonics 기술 - Photonic Computing과 광통신을 직접 연결하여, 광-전기 변환으로 인한 Latency 및 전력 손실 최소화 <p>② Quantum Computing</p> <ul style="list-style-type: none"> - 초전도 큐비트 칩 <ul style="list-style-type: none"> · 큐비트 집적도 향상을 위한 초전도 3D integration 기술 · 새로운 초전도 물질 적용한 큐비트 공정 기술 · 오류 보정을 위한 Architecture 회로 설계 기술

- 저전력 극저온 컨트롤 칩
 - 큐비트 수 증가에 따른 scale-up 이슈에 대응
 - Cryogenic CMOS 회로설계 기술을 적용
(아날로그 회로 설계 (PLL, Frequency synthesizer) 및 Cryogenic PDK 확보)
- Integrated quantum processor
 - 상기 ①, ② 통합한 Integrated Quantum Processor 구현

③ Efficient AI Computing

- AI Model 최적화 기술
 - 연산량을 줄일 수 있는 AI Model Approximation 방법
(e.g. Depth wise separable Convolution)
 - 병렬 처리를 극대화 할 수 있는 Neural Networks 구조
 - 모델 경량화 (Pruning & Quantization)
- In-Memory Computing 기술
 - 초 저전력 동작을 위해서 연산 과정에서의 데이터 이동이 최소화하도록 메모리와 연산을 융합하는 기술 개발
 - 저전력, 고밀도를 달성하면서 정확도를 유지 할 수 있는 MAC 연산 방법 및 회로 구조
(Multi-bit Analog MAC 연산 방식 및 Cell 구조, Bit Decomposition 활용한 MAC 연산 방식 및 Cell 구조, 비휘발성 로직/메모리 활용한 Persistent MAC 연산 방식, Cell 구조)
 - 다양한 AI 모델 아키텍처를 처리할 수 있는 Reconfigurable 회로 설계
 - Low-power ADC 개발

- 노이즈 강건한 AI 모델 및 하드웨어 설계
 - 노이즈 강건한 AI 모델 구조 및 학습 방법
 - 에러 Correction, On-chip Calibration 알고리즘 및 하드웨어 설계
- In-Memory 컴퓨팅 기반 AI 컴퓨팅 시스템
 - AI 모델 In-Memory 컴퓨팅 유닛의 Mapping 및 Dataflow 기술
 - 상기 ①, ②, ③을 모두 포함한 AI 컴퓨팅 시스템 설계
- ④ In-memory Computing based AI Accelerator for Ultra-low power Voice/audio Systems
 - Ultra Low-power AFE (Analog Front End) 기술 개발
 - 저전력 MEMS microphone을 위한 High Input Impedance MIC-boost Amplifier 기술 개발
 - Reconfigurable SAR Quantizer Based Continuous-time Delta Sigma ADC 개발
 - Fast Transition Analog System, Low-noise Microphone bias 기술 개발
 - Mixed Signal Neural Network System 개발
 - Audio AFE, 음성 처리, Neural Network 연산, Data Buffering 단계로 구성된 초 저전력 VTS (Voice Trigger System) 개발

2) 실리콘 포토닉스

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - 데이터 센터, 고성능 컴퓨팅, AI 네트워크에서 데이터 처리량이 증가함에 따라 광신호를 사용하여 저비용으로도 전송 용량과 거리를 획기적으로 높일 수 있는 Silicon Photonics 기술이 주목 받고 있음 - 전기신호를 이용하는 Interface는 채널 당 50Gbps 수준과 수십 cm 정도의 전송 거리 한계가 있는 반면, 광신호를 이용한 Interface는 100Gbps 이상의 전송 용량과 수 km 이상의 통신이 가능함 - Silicon Photonics의 핵심은 광소자를 silicon 위에 제작하는 공정 기술과 광신호를 전기신호로 전환해주는 Optical Modulator/detector 기술
세부사례	<ul style="list-style-type: none"> ① 초고속 저전력 Optical Transceiver 설계 기술 <ul style="list-style-type: none"> - Beyond 100Gb/s/lane Optical Transceiver - Low Voltage Electro-optic Modulator and Photodetector ② CMOS 반도체 공정을 이용한 Photonics 소자 제작 기술 <ul style="list-style-type: none"> - 광통신 소자 대량 생산을 통한 저가화, 3차원 집적을 통한 소형화, 소자 반복 배치를 통한 대용량화 가능 ③ Optoelectronic Multi-chip Module Package 기술 <ul style="list-style-type: none"> - Processor, ASICs, FPGAs, Memory 등의 기존 Module과 PIC(Photonics Integrated Circuit)의 2.5D CPO (Co-Packaged Optics) Packaging 기술

3) 차세대 HPC/AI향 Device Platform

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - Data Center내 Rack to Rack 및 Chip to Chip에서 GPU 간 Interconnection 및 GPU 전력 공급 IVR로 활용
세부기술	<p>① 400Gbps/Fiber 이상의 Data Bandwidth를 가지는 Co-Packaged Optics (EIC/PIC/FAU 내장)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Photonic IC (PIC) <ul style="list-style-type: none"> · 100Gbps/lane 속도의 수신 Ge Photodetector 구현 기술 · 100Gbps/lane 속도의 송신 Si Modulator 구현 기술 · SOI wafer 기준 TSV 기술 (<50um depth) - Package 기술 <ul style="list-style-type: none"> · 2.5D 구조를 통한 FAU/EIC/PIC/Interposer 적층 기술 - Photonic Device 및 Photonic IC Test 기술 <ul style="list-style-type: none"> · 광을 통한 TEG Wafer Test, Wafer Sorting Test, Optical Engine Test, CPO Final Test 기술 구현 <p>② 저전력을 위한 IVR(Integrated Voltage Regulator) 향 Magnetic Inductor 구현 기술</p> <ul style="list-style-type: none"> - Magnetic Material/절연막의 Multi-layer 구조로 고주파에서 Eddy Current Effect 최소화하는 물질 및 구조 - 기생 저항이 작은 고효율 Inductor 구조 - 단위면적당 Inductance를 크게 구현하는 물질 및 구조 - 단위면적당 전류를 최대한 흘릴 수 있는 물질 및 구조

4) Bio-Inspired Chip

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - 자율주행 등 기계 학습의 발달과 데이터 양의 증가로 인해, 저전력 초고속 연산이 가능한 칩과 시스템 필요 - 저전력으로 사람의 뇌처럼 연산하는 Neuromorphic Chip은, HPC, AI 및 기타 고사양 제품에 적용되는 차세대 SoC로 활용 - 로봇 기술, 스마트홈 등 미래 기술에 활용하기 위해, 사람처럼 감각하는 소자 필요 - 학습 가능한 뉴로모픽 칩 구현 <ul style="list-style-type: none"> · 온 디바이스 학습 구현을 위한 특정 소자 특성 필요 · 시냅스 뿐만 아니라 뉴론 향 소자도 함께 필요 - 로직 임베디드 SRAM 을 대체할 수 있는 신규 비휘발성(NVM) 메모리 소자 <ul style="list-style-type: none"> · 메모리 병목 개선 · 뉴로모픽 소자로 확장 <p>[CMOS-Bio Interface]</p> <ul style="list-style-type: none"> - 반도체와 신경계를 직접 연결, 스마트폰 이후 새로운 디지털 플랫폼 창출 - Electrochemical 다채널 센서

구분	주요 내용
세부사례	<p>① Neuromorphic Computing & Neuroscience</p> <ul style="list-style-type: none"> - 사람의 신경망과 같이 연산할 수 있는 Neuromorphic Computing 시스템과 Neuromorphic Chip - 사람의 신경망과 Neuroscience에 대한 이해 및 관련 연구 - Memory Wall 극복을 위한 차세대 컴퓨팅 구조 <ul style="list-style-type: none"> · 뉴로모픽, In-Memory Computing 등 非폰-노이만 구조 <p>② Bio-Inspired Semiconductor Device</p> <ul style="list-style-type: none"> - 생체 혹은 자연계에 존재하는 구조, 시스템, 감각 기관 등을 모사하고 응용하여 만든 소자 및 시스템 - 사람과 마찬가지로 다양한 감각을 받아들일 수 있거나, 혹은 그 이상을 감지할 수 있는 소자 및 시스템 <p>③ 뉴로모픽 학습형 Analog MAC 구현</p> <ul style="list-style-type: none"> - 가중치 업데이트를 위한 쓰기 특성 중요 - Conductance 변화가 펄스 개수에 선형적으로 비례 - Conductance 증가 감소가 대칭 - SRAM 수준 Endurance 필요 <p>④ 뉴로모픽 SNN 구현</p> <ul style="list-style-type: none"> - 뉴론 향 전하 충전 가능한 소자 - 뉴론 향 임계 전압 이상에서 방전되는 소자 - 시냅스와 동일 공정으로 구현 가능한 소자 (선택 사항)

구분	주요 내용
	<p>⑤ NPU 향 Scratch Pad 메모리 구현</p> <ul style="list-style-type: none"> - NPU-DRAM 병목 개선을 위한 SRAM 용량 증대 필요 - 전력 소모 및 면적 증가는 억제 <p>⑥ 뉴로모픽 추론향 Analog MAC 구현</p> <ul style="list-style-type: none"> - 행렬 벡터 곱셈을 위한 시냅스 소자 필요 <p>⑦ 뉴로모픽 CAM (Content Addressable Memory) 구현</p> <ul style="list-style-type: none"> - 데이터 매칭을 위한 효율적 비트 셀 필요 <p>[CMOS-Bio Interface]</p> <p>① High Density Storage Device</p> <ul style="list-style-type: none"> - 생체 내 기억 메커니즘을 활용한 고밀도 저장 장치 - 생체 분자를 활용한 고밀도 저장 장치 <p>② Brain-Computer Interface (BCI)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Implanted BCI를 이용한 PC 조작 및 인터넷 접속, 컴퓨터로 하는 일을 사람의 생각으로 수행 - 사람과 AI의 결합, 새로운 디지털 플랫폼 창출 <p>③ 전자코</p> <ul style="list-style-type: none"> - 특정 냄새나 가스를 감지하고 식별하는 장치 - 생물학적 또는 화학적 센서 사용하여 공기 중 복합물 감지/분석

6. 차세대 디스플레이

1) 차세대 실감형 입체 영상 디스플레이

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - 공간 표시 디스플레이 기술 - Light Field Display, Hologram(Spatial Light Modulator) 등
세부기술	<p>① 입체 영상 실시간 렌더링/전송 기술</p> <ul style="list-style-type: none"> - 실시간 입체 영상 캡처 및 생성 기술 - 高 입체감 표현을 위한 렌더링 기술 <ul style="list-style-type: none"> → Contents CG to 3D 변환 기술, 실사 to 3D 변환 기술 - 실시간 영상 전송을 위한 압축 또는 영상처리 기술 <p>② FPD用 입체 영상 구현 기술 * Flat Panel Display</p> <ul style="list-style-type: none"> - 대면적 (TV用), 광시야각 (FoV확장) 가능한 구조, 자연스런 입체영상 표시 가능한 Light Field 또는 Hologram 기술 - 고해상도/고컬러 구현 기술로 두께 5cm이하의 Flat Panel 광학/광원 기술

2) 초정밀 광학 기술

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - HUD, Hologram, AR 기기 등 새로운 Form-Factor의 디스플레이 구현에 활용 가능한 초슬림, 초근접 Ultra Short Throw 형태의 프로젝터 등을 개발하기 위한 디스플레이 광학 기술
세부기술	<ul style="list-style-type: none"> ① 광학 설계 기술 <ul style="list-style-type: none"> - 광학계의 크기를 줄이기 위한 초소형 광학계 설계 기술 - 굴절 광학 소자를 대체하는 박막 광학 소자 설계 기술 ② 광학 소자 제작 기술 <ul style="list-style-type: none"> - 초정밀 Freeform 광학 소자 설계 및 가공 기술 - 박막 광학 소자 공정 기술 - 나노 스케일 패턴 정밀 Tiling 기술 ③ 광원 기술 <ul style="list-style-type: none"> - Hologram, 프로젝터 활용 가능한 초소형/低 Speckle 레이저 광원 기술

3) 투명 디스플레이 기술

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - 차량, 퍼블릭 공간, 가정 등 주변 유리창을 엔터테인먼트, 정보, 광고 등의 콘텐츠를 제공하는 매개체로 만들어 줌으로써 현실 세계의 공간과 디스플레이가 Overlay 되어 새로운 디지털 미디어 경험을 제공하는 Interactive 투명 디스플레이 기술
세부기술	<ul style="list-style-type: none"> ① 투명 디스플레이/스크린 소재 및 공정 기술 <ul style="list-style-type: none"> - 고투과율 투명 디스플레이 구현을 위한 광학/소재 기술 - 고명암비를 위한 광학 구조 설계 - 대면적화를 위한 공정 기술 - 고속·고변조폭 Electro-dimming 기술 ② 투명 디스플레이를 위한 Interaction 기술 <ul style="list-style-type: none"> - 고투과율 투명 디스플레이의 Touch 및 원거리(공중) Interaction 을 위한 센서 설계 기술 - 투명 디스플레이 내장 센서를 위한 소재 및 공정 기술 - 저해상도 센서를 이용한 Gesture, Object 인식을 위한 영상 처리 기술

4) Foldable Display 내구성 및 화질 혁신 기술

구분	주요 내용
활용분야	- Foldable Display
세부기술	<p>① 高내구성 소재 및 구조</p> <ul style="list-style-type: none"> - 내충격 / Crease 개선 소재 <ul style="list-style-type: none"> · 高강건(High Modulus), 高복원 / 低변형 · Glass like Waviness 유연 소재 기술 - 기능성 소재 활용 高내구성 & Flexible 적층 구조 - PFAS Free AF(Anti-Fingerprinting) Coating 소재 - 고성능·고안정성 Stretchable TFT <p>② On/Off 시감 개선 소재</p> <ul style="list-style-type: none"> - 低반사율 - 가시광에 대한 단방향 광투과 Meta 물질 - Invisible Crease 가능 재료, 복합층 기술 - PFAS Free AF Coating 소재

5) OLED Display 초고효율 및 저반사 기술

구분	주요 내용
활용분야	- OLED Display
세부기술	<p>① Meta 적용 OLED 디스플레이 기술</p> <ul style="list-style-type: none"> - 발광 극대화 설계, Surface Plasmon Loss 최소화 - 친환경 POL-Free (외광 흡수 설계, 적층 구조) - Decay Time 최소 설계, Meta-exciton 상호 반응 최적 구조 <p>② 高경도 및 超저반사 新재료 및 공정 기술</p> <ul style="list-style-type: none"> - 극초저반사 표면처리 - 휴대성과 내구성 확보 위한 초고경도 표면처리 - 저원가 단순 공법

7. 차세대 통신

1) 5G-Adv. 및 6G 통신 기술

구분	주요 내용
활용분야	- 차세대 통신 기지국 및 단말
세부기술	<p>① 초광대역 RF 기술</p> <ul style="list-style-type: none"> - 기지국 전력 증폭기 효율 향상을 위한 저전력 초광대역 Envelope Tracking - 초고속 초광대역 신호 수신을 위한 초광대역 ADC/DAC 기술 (>= 5Gsps) <p>② AI 통신 기술</p> <ul style="list-style-type: none"> - AI 를 활용하여 기지국의 송/수신 모뎀 알고리즘의 성능/복잡도 개선 - 단말/간섭 상황 등을 학습하여 확장이 가능한 개선된 기지국 스케줄러 개발

2) 위성 통신 기술

구분	주요 내용
활용분야	- 6G 통신에 필요한 NTN(Non-Terrestrial Network)
세부기술	<p>① 저궤도 위성(LEO) 네트워크 기술</p> <ul style="list-style-type: none"> - 위성 간 및 유저와의 Uplink, Downlink 기술 - 각 계층 별 선점 기술 필요 <p>(e.g. 지능형 네트워크 인프라 / 자원 할당 기법 설계 / 위성용 안테나 설계 / 위성 협력 전송 및 간접 제어 기법 설계 등)</p>

3) 포스트 양자 보안

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - 양자 컴퓨팅 방식에 의한 現 컴퓨터 보안 무력화 대체 기술
세부기술	<ul style="list-style-type: none"> ① 고성능 SW 알고리즘 <ul style="list-style-type: none"> - 암호/복호 연산속도 개선 알고리즘 연구 - 압축 기법 및 안전한 키 저장 기법 연구 - 부채널 공격에 강한 연산 알고리즘 연구 ② HW 보안 시스템 설계 <ul style="list-style-type: none"> - HW 레벨 공격에 안전한 시스템 IP 및 library 설계 <ul style="list-style-type: none"> · Physical Attack, Side channel attack, Fault Attack 등 - 보안 시스템 아키텍처 설계, 포스트 양자 보안 가속기 최적화 ③ 보안 안전성 평가 기법 <ul style="list-style-type: none"> - 포스트 양자 알고리즘 안전성 증명 연구 - 고도의 체계적인 공격에 대한 내성을 입증할 수 있는 수학적(정형적) 표현 및 검증 기법 연구

8. Advanced AI

1) 생성형 AI 고효율 확장 및 서비스 안전성 보장 기술

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - 생성형 AI 서비스의 효율 개선, 모달리티 확장 및 미래 인터랙션 응용 개발과 서비스 안정성 보장을 위한 기술
세부기술	<ul style="list-style-type: none"> ① On-device 활용에서의 거대 언어 모델 효율성 개선 기술 <ul style="list-style-type: none"> - 거대 언어 모델 학습 기술 (Pretrain/Fine-tune/RL) - 대규모 학습 데이터 정제, 생성, 개선 기술 개발 - On-device 구동을 위한 LLM 구조 / 크기 / 성능 최적화 ② 이중 모달리티 모델 결합을 통한 모달리티 확장 기술 <ul style="list-style-type: none"> - Image, Video, Speech 등 입출력이 가능한 Foundation 모델 기술 - 멀티모달 입력을 위한 Long context 지원 기술 (1M 토큰 이상) - 텍스트 입력을 통한 Image/Video 생성 기술 ③ 생성형 AI 기반 미래 인터랙션 시스템 <ul style="list-style-type: none"> - LLM 기반의 Operating System 기술 연구 - On-device LLM 기반의 Copilot 서비스 개발 - 생성형 AI을 이용한 Robot Interaction 기술 개발 ④ 생성형 AI의 Safety 확보를 위한 기술 <ul style="list-style-type: none"> - Hallucination 제어, Fact Verification 기술 - HAP(Hate, Abuse, Profanity), Bias, 민감 내용 생성 제어

⑤ 생성형 AI를 활용한 모바일, 가전, 디스플레이 등 제품군별 시나리오 발굴

- 사용자 공간과 일상에 가치를 더하는 사용 경험 발굴

- 신규 제품 제안 및 가정 내/외 적용 시나리오 발굴

2) 로봇 AI

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - Foundation 모델 기반 범용 작업 능력을 가진 로봇 AI 확보 - E2E AI를 통해 다양한 물체/환경에서 높은 조작 성공률 확보 - 주행과 Semantic Understanding을 결합한 Cognitive Navigation
세부기술	<p>① Robotic Foundation Model (Embodied AI)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 물리적으로 존재하면서 실제 환경과 상호작용하는 AI 모델 <ul style="list-style-type: none"> · 멀티 카메라 환경에서의 비디오 입력 기반 · 영상 이외의 Modality 활용 가능 · 상황과 물리 법칙을 이해하여, 변화를 예측 가능 - RFM 학습을 위한 대규모 학습 데이터/구성 방법 및 학습 기법 - 특정 Task 적용을 위한 Fine Tune Dataset 및 Fine Tune 기법 <p>② E2E Robot Manipulation</p> <ul style="list-style-type: none"> - Long-horizon Task를 위해 Compounding Error 극복 가능한 Robust Imitation Learning 기술 - 다지 핸드를 이용해 Contact-rich Task를 수행하기 위한 Sample Efficient Reinforcement Learning 기술 <p>③ Semantic Voxel Map 기반 주행 기술</p> <ul style="list-style-type: none"> - 이미지 기반 Dense Semantic Labeling 기술 - Locally Consistent Labeled Voxel Map 생성 기술 - Image/Speech/Text 및 Semantic Map를 입력으로 하는 목적지 (Goal Pose) 생성 기술

3) 차세대 스마트홈 플랫폼

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - 점차 지능화 되는 기기와 환경에 맞춰, AI를 활용한 서비스 활발히 적용되고 있음 · Cloud 컴퓨팅 파워 의존성과 Privacy 이슈 有 - 스마트 기기 증가로 댁내 컴퓨팅 리소스 증가 · 댁내 스마트 기기 활용한 Edge 컴퓨팅 환경의 스마트 홈 플랫폼 연구 개발 및 적용 요구 증대
세부기술	<ul style="list-style-type: none"> ① 다양한 성능과 리소스의 홈 스마트 기기간 분산 AI 프레임워크 기술 <ul style="list-style-type: none"> - 저사양 가전부터 고사양 PC까지 아우르는 분산 컴퓨팅 · 이종 기기 분산 컴퓨팅 프레임워크 기술 필요 · H/W 특징이 고려된 시스템 기술 설계 및 개발 ② 댁내 사용자 행태 및 동선, 상황 분석 AI 기술 <ul style="list-style-type: none"> - 댁내 기기들만으로 구성된 분산 AI 시스템에 적합한 새로운 AI 기술 개발 필요 - 댁내 가전 기기들이 사용자 센싱, 데이터 공유 및 학습하는 구조 설계 및 관련 기술 개발 · 경량화 분산 처리 기술 · Embedded 기기向 화자/공간 인식 기술 · Embedded 기기向 영상인식 기술(문자/광고 영역 등) · 댁내 수집되는 데이터 보안 및 Privacy 보호 기술

4) 차세대 실감 인터랙션

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - AR/VR, Light Field, Holography 등 몰입 가능한 고실감/임장감 디바이스 및 서비스에서 기존의 보고 듣는 시청 경험을 넘어서, 직접 느끼고 상호작용 할 수 있는 Interactive 미디어 경험 제공을 위한 차세대 실감 인터랙션 기술
세부기술	<ul style="list-style-type: none"> ① 내추럴 의도 인식 및 피드백 기술 <ul style="list-style-type: none"> - 명시적/비명시적 사용자 인터랙션 의도를 자연스럽게 정확하게 인식하기 위한 센싱 기술 - 파악한 사용자 의도 및 상황(사용자, 주변 환경 등)을 고려한 최적의 피드백을 제공하는 기술 - 3D 공간에서 센싱하고 피드백주는 3D 공간 인터랙션 기술 ② 감각 인터랙션 기술 <ul style="list-style-type: none"> - 미디어에 사용되는 시각, 청각 이외의 미각, 촉각, 후각의 다양한 인간의 감각을 디지털화하여 사용자에게 새로운 경험을 제공할 수 있는 기술 - 스마트폰, TV, 대화면 스크린 등 디스플레이 상에서 실감 미디어 경험을 제공하는 비접촉식 디스플레이 기술 - 착용 거부감 없이 편리하게 사용 가능하고 공간 상에서 실감 미디어 경험을 제공하는 기술

5) AI 기반 Image Signal Processing (알고리즘 및 H/W)

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - AI 영상 처리 알고리즘, HW (ISP), 카메라/센서 설계 - 카메라 시스템은 광학-센서-ISP-알고리즘의 고복잡 순차 시스템이나, System-Level Optimization 부재로, 차세대 카메라 구조, 센서 구조 설계 방법론 한계
세부사례	<ul style="list-style-type: none"> ① AI 영상 처리 알고리즘 적용을 위한 최적 HW 구조 설계 <ul style="list-style-type: none"> - AI 알고리즘 - Computing - 메모리 구조 (멀티 카메라 연계, 최적 Precision, 저전력/High-throughput Video 처리 등) ② AI 설계 방법론 기반 최적 카메라/센서 <ul style="list-style-type: none"> - Deep Optics 등, End-to-end System Optimization 기반 신규 카메라 모듈, 센서 설계 (광학/센서-ISP-알고리즘 Co-Optimization 등) ③ 화질 Metric <ul style="list-style-type: none"> - Noise/Structure/Artifact/Perceptual IQ Metric을 포괄, Ultra Low-Light에서 Super Resolution 등에 대응 가능한 화질 Metric 모델링

6) HW Implementable AI Image/Video Processing

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - Capture 시나리오는 General NPU 를 활용한 지연 처리를 활용하나 Video Recording 시나리오에서는 처리의 실시간성 확보를 위해 적용 범위가 미미함 - Video Recording 시나리오에 적용 가능한 전용 HW 로서의 Tiny Network로 구현하는 기술 확보가 필요 - Mobile, XR 등 Camera 기능 포함 Consumer 반도체 제품 개발에 적용 가능 기술
세부사례	<ul style="list-style-type: none"> ① AI Scaler <ul style="list-style-type: none"> - DL 기반 Scaler 는 성능이 월등하나, HW 구현 불가능 수준의 연산량 필요 - 기존 Interpolation 방식보다는 고화질을 보장하는 AI 기반의 Scaler 기술 개발 ② AI Codec 의 Tool 대체 <ul style="list-style-type: none"> - 영상의 영역별로 다른 압축률을 적용하기 위한 Discriminator 를 AI 로 구현하여 인지적 화질을 유지하면서 압축률을 높일 수 있는 기술 개발 ③ End-to-End ISP/Codec 구현을 위한 AI 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - Classical approach 로 구현된 ISP/Codec 과 유사한 전력소모, 면적으로 고화질/고압축률을 달성할 수 있는 AI HW 구현을 통해 진일보한 고객 경험을 제공할 수 있는 기술 개발

④ 실사 3D 모델링 위한 AI 기술 개발

- 모바일에서 실시간으로 Radiance Field Rendering 되도록 알고리즘 및 가속 HW 개발
- 센서 융합 통한 카메라 위치/자세 추정 기술 개발

7) SSD를 활용한 On-Device 특화 LLM 추론

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - 다양한 LLM이 손안에 들어오는 On-Device AI시대를 대비하는 차원에서 Storage는 어떻게 변모해야 하는지에 대한 깊이 있는 연구가 필요함 - AI향 Storage 요구 사항을 이해하고 준비하기 위해서는 서버향 AI 응용에서 스토리지 영향성과 수요 분석이 필요 - 다양한 AI 응용에서 Storage 요구 사항이 다를 수 있어 응용별 특성 분석 및 수요 예측 분석이 중요
세부사례	<ul style="list-style-type: none"> ① On-device LLM 추론 시, 연산 및 메모리 사용 비효율성 분석 <ul style="list-style-type: none"> - 추론 시 이용되는 메모리 사용량 프로파일링 - DRAM/HBM 사용 시 발생하는 Redundancy 분석 - SSD에 요구되는 Workload 타입 분석 ② On-device LLM 추론 효율화를 위한 LLM의 구조적 특성 연구 <ul style="list-style-type: none"> - SSD로 효율화 가능한 LLM 구조적 성질 분석 - 제한된 DRAM/HBM 환경에서 SSD를 효과적으로 활용하는, LLM Architecture 및 근사 알고리즘 개발 - 추론 시 효율성을 높일 수 있는 경량화 기술 개발 ③ On-device LLM 추론에서 SSD 활용 시, 메모리 사용 효율성 증대 방법 연구 <ul style="list-style-type: none"> - On-device LLM 추론에서 SSD를 이용할 때 발생하는 Workload를 효율적으로 처리하기 위한 방법 연구 - 제한된 DRAM/HBM을 효율적 활용과, DRAM/HBM 과 SSD 간의 Communication Cost 최소화 연구

- | | |
|--|--|
| | <p>④ 서버향 LLM 응용에서의 Storage 영향성</p> <ul style="list-style-type: none">- RAG (Retrieval-Augmented Generation)에 특성과 Storage 영향성 |
|--|--|

8) AI 에이전트 연구

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - 자율주행 차량: 실시간의 도로 상황에 맞춘 독립적 의사결정 시스템, 여러 자율주행 차량 간의 통신을 통한 교통 흐름 최적화와 사고 방지 시스템 - 스마트 시티/스마트 팩토리: 에이전트들이 상호 작용하여 자원(전력, 교통, 인력자원 등)을 효율적으로 배분 - 업무 자동화: 업무 프로세스 자동화 및 업무 분석, 예측, 그리고 보안 위협 탐지
세부사례	<ul style="list-style-type: none"> ① 독립적 의사결정을 내리는 AI 시스템 <ul style="list-style-type: none"> - 인간의 능력을 상회하는 높은 수준의 판단력을 가지는 에이전트 연구 - 에이전트에게 윤리 및 책임감 있는 판단력을 갖추게 하도록 학습시키는 방식에 대한 연구 ② 다중 에이전트 시스템 <ul style="list-style-type: none"> - 여러 AI 에이전트의 협력을 통해 복잡한 형태의 문제를 해결할 수 있도록 하는 시스템 연구 - 여러 AI 에이전트간의 경쟁과 자연도태 등을 통한 자동적인 에이전트 성능 향상 방법 연구 ③ 에이전트 기반 모델링 <ul style="list-style-type: none"> - 공장 내부의 가동 현황 등, 실제 물리적 시스템에 AI 기반의 에이전트를 통한 모델링을 구현하여, 단순 시뮬레이션보다 더욱 실제에 근접한 예측 값 도출

9) AI 서비스 인프라를 위한 고성능 클라우드 시스템 디자인

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - 클라우드에서 LLM 응용프로그램이 서비스 될 때 탄소 발자국 (Carbon Footprint)을 최소화 하는 클라우드 시스템 디자인 - 700억개 (70B) 이상의 파라미터를 가진 거대 모델의 학습을 클라우드에서 수행할 때 시간 단축 - 학습된 모델을 클라우드에서 엄격한 SLA 충족하면서 에너지 효율적인 추론 서비스 제공
세부사례	<ol style="list-style-type: none"> ① 모델 분산 학습을 위한 Ethernet을 사용한 RDMA 기술: Network Topology, Protocol, Communication 포함 ② 클라우드에서 동작하는 모델 추론 서비스를 위한 대규모 GPU 자원 효율화 기술: Framework, Compiler 및 Resource Management를 위한 Scheduler 기술 포함 ③ 기존 CPU나 AI 가속기 등 GPU가 아닌 새로운 Hardware를 적용하여 효과적으로 클라우드에서 추론 서비스를 제공하는 기술 ④ 클라우드 인프라 가상화와 관리 등 시스템에 밀접한 소프트웨어가 생성하는 워크로드를 Off-loading하여 처리할 수 있는 가속기 기술

10) AI 기타

구분	주요 내용
활용분야	<p>① AI Alignment</p> <ul style="list-style-type: none"> - 사회적 규범을 따르는 AI를 구현할 수 있는 알고리즘 (윤리, Safety, Fairness 등) <p>② Hybrid AI</p> <ul style="list-style-type: none"> - AI 작업時 클라우드와 엣지 디바이스로 효율적 분산 처리를 위한 알고리즘 및 관련 HW/SW 기술 <p>③ Explainable AI</p> <ul style="list-style-type: none"> - 생성형 AI의 투명성과 신뢰성을 담보할 수 있는 복잡한 AI 모델의 해석, 혹은 예측에 활용된 Feature의 영향력을 계량화할 수 있는 기술 등 <p>④ 생성형 AI 모델 Visual Plagiarism 방지 기술</p> <ul style="list-style-type: none"> - 사용자가 앱 內 생성한 이미지가 저작권 침해 않도록 보장 - 사용자가 콘텐츠를 생성/수정 時 저작권 위반 요소 검출 - 사용자가 콘텐츠를 업로드/공유할 때 위반 요소 검출 <p>⑤ 다양한 소음환경에서 고성능 음성인식을 위한 Multi-modal ASR 기술</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lip-reading 기술, Noise Robustness 기술, Audio-Visual ASR 기술 등 다양한 기술을 활용한 고잡음 환경 고성능 Multi-modal 음성인식 기술 개발

9. 차세대 배터리

1) 초고에너지밀도 차세대 전지

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - UAM, 드론, 전기 추진 무인항공기 등 적용 가능 - 新에너지 발전
세부사례	<p>① Beyond 금속-공기 전지 기술 (초고에너지밀도 >1,200Wh/kg)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 산소 환원 반응 효율 향상 촉매, 선택적 산소 투과 시트, 자가 부식 최소화 금속 합금 설계 등 발전 효율 극대화 및 표면처리 기술 필요 - 반응 생성물 기인 저항 증가, 대기 중 CO₂의 전해질 오염 등 부반응 최소화 전해질 설계 기술 필요 - 초고에너지 밀도 전지 시스템 설계 및 제조 기술 개발 <p>② 양자 전지 (Quantum Battery)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 초고속 충전 기술, 양자 원리를 적용해서 초고속으로 (< 1 msec) 에너지를 충전하는 배터리 기술 <ul style="list-style-type: none"> · 양자 원리를 적용하여 배터리의 개수(N)가 늘어남에 따라 충전 속도가 빨라지는 원리 구현 · 주변 양자 상태를 보존하는 기술 필요 · On-demand로 에너지를 전류로 방전하는 기술 개발 필요

2) AI 기반 전지소재向 Material Discovery 기술

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - 신규 유/무기 소재(활물질, 전해질 등) 및 공정 (슬러리 등) 개발 - AI 기반 Material Discovery Platform 구축
세부사례	<p>① 고속 계산: 제일원리기반 소재DB 구축 및 AI 모델 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 제일원리계산 기반 전지 소재 물성, 상호작용, 반응 계산 및 상평형 해석 기술 - 제일원리계산 전과정 (계산 인풋 생성, 계산, 인자 추출) 자동화 및 고속화를 통한 데이터베이스 구축 기술 - 데이터베이스 딥러닝을 통한 물성 예측 모델 개발 - MLIP(Machine Learning Interatomic Potential) 개발 및 최적화 기술 <p>② High Throughput Screening: 빠른 소재 검증 및 DB 구축</p> <ul style="list-style-type: none"> - SDL(Self Driving Lab) 구축 기술 - 전지 유/무기 소재 합성 자동화 - 전지 소재 특화 High-Throughput 기반 합성 기술 및 XRD등 소재 평가 기술 - High-Throughput 기반 셀 제작 기술 및 셀 평가 기술 - High-Throughput 기반 소재 및 셀 데이터 실시간 모니터링 기술 및 추출 자동화를 통한 데이터베이스 구축 기술 - 로봇과 소통할 수 있는 LLM(Large Language Model) 개발

③ 생성형 AI

- 소재/물성 딥러닝을 통한 물성→소재 생성형 AI 모델 개발
- 소재/물성/성능 딥러닝을 통한 성능→소재 생성 모델 개발
- 합성 가능성 및 합성 루트 포함
- 기술문서(특허, 논문, etc)로부터 LLM을 통해 데이터베이스 구축 기술

10. 탄소 중립 기술

1) 탄소 포집/전환 기술

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - 탄소 중립 실현을 위한 탄소 포집 기술 - 탄소 중립 실현을 위한 탄소 및 온실가스 전환 기술
세부사례	<p>[탄소 포집 기술]</p> <p>① 신규 탄소 흡수 / 흡착 소재 설계</p> <ul style="list-style-type: none"> - 탄소 포집을 위한 신규 액체, 고체 흡수(착)소재 설계 - 시뮬레이션 소재 설계-합성-평가 등을 통한 통합 연구 → 탄소 포집 용량이 큰 물질 연구 보다는 저에너지 재생 가능한 소재 설계-합성-평가 연구 필요 <p>② 신규 CO₂ 포집 기술</p> <ul style="list-style-type: none"> - 기존의 PSA, TSA, VSA 등의 흡착 기술을 뛰어넘는 신규 흡착 기술 연구 → ESA(전기스윙흡착)와 같은 신개념에 의한 흡착 기술 개발 <p>③ CO₂ 포집을 위한 신규 분리막 소재 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 고분자 분리막의 단점을 극복하기 위한 유무기 복합막 소재 및 분리막 개발 - 고선택도, 고투과도를 갖는 신규 고분자 분리막 개발 → 기존 고분자 분리막의 단점을 극복할 수 있는 신규 고분자 분리막 및 유무기 복합 분리막 개발

④ 포집된 CO₂의 액화 공정 개발

- 기체 상태 CO₂ 를 초고순도의 CO₂로 액화를 위한 공정
→ 기존 CO₂ 액화 공정의 단점 극복 저에너지 공정 연구

⑤ 매체 순환 연소 기술

- 산소를 이용하여 연료를 연소시키는 기술로 배기가스가 수증기와 CO₂만으로 이루어져 고비용의 포집 설비 없이 CO₂를 분리시킬 수 있는 친환경 발전 기술
→ 산소 전달 입자 및 공정 연구

[탄소 전환 기술]

① 저에너지/고효율 CO₂ 전환 기술 개발

- CO₂ 를 전환하여 연료 또는 고부가치 물질로 전환하는 저에너지/고효율 CO₂ 전환 기술
- 기존 열에너지 이외의 다양한 에너지를 활용해 에너지 효율을 최대화 시킬 수 있는 CO₂ 전환 기술
(예: 플라즈마, 전기에너지 등 Hybrid를 통한 에너지 고효율화)
→ 열역학적 한계를 극복할 수 있는 저에너지/고효율 신규 CO₂ 전환 반응 연구

② CO₂ 전환을 위한 저온 촉매 개발

- CO₂ 전환을 위한 고온 반응의 한계를 극복하기 위한 저온 촉매 개발
→ 저온에서 문제가 되는 Carbon Coking을 극복하면서 높은 전환 활성 및 내구성을 보유하는 CO₂ 전환을 위한 저온 촉매 연구

③ CO₂ 전환을 위한 신규 광전기 복합화 기술

- 재생 에너지로 생산된 전기 (태양광 발전 등)를 이용한 전기화학적 CO₂ 전환 시스템 기술
- 고효율 고선택성 전기화학 촉매 소재/셀 개발
 - CO₂ - to - Alcohol 전환 반응메커니즘 규명 필요
 - 재생 에너지에서 CO₂ 전환 전기화학 반응까지의 총 에너지 전환 효율 계산 필요

④ 포집 기술이 필요 없는 CO₂ 직접 전환 기술

- CO₂ 를 흡수, 흡착 등을 통한 고농축화가 필요 없는 CO₂ 직접 전환 기술
- DAC (Direct Air Capture)의 개념을 뛰어 넘는 낮은 농도의 CO₂를 그대로 활용하여 고부가치의 물질로 전환 하는 기술

2) 그린수소 생산 기술

구분	주요 내용
활용분야	- 그린수소 생산을 위한 수전해 기술
세부사례	<p>① 저온 작동 고체산화물수전해(SOEC) 소재/셀 기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 고온(700°C이상)작동조건으로 인해 전극/셀에서 다양한 열화 문제가 셀 내구성(수명) 저하의 주요 원인. - 저온(650°C이하)에서 높은 산소 이온 전도도를 갖는 세라믹 전해질 및 촉매 전극 소재 개발 필요 <ul style="list-style-type: none"> · 고성능 및 고내구성 공기극 재료 <ul style="list-style-type: none"> : LSC와 동등 수준 전도도에서 전해질 재료와 CTE Matching CTE 13×10^{-6} /K 이하 : Sr Segregation 억제 공기극 재료 · 고내구성 및 Carbon 내성 연료극 재료 <ul style="list-style-type: none"> : 고온, 고수증기 조건에서 Ni 안정성 개선 조성 : CO₂/CH 연료 내구성 개선 촉매 기술 - 저온에서의 고성능 구현을 위한 전극/전해질 계면 특성 및 나노구조 제어 기술 개발 필요 - 내구성 가속 평가 기술 <ul style="list-style-type: none"> · 장기 안정성을 보증하기 위한 단위셀 평가 기준 수립 (전류밀도/ 공급 유량 / H₂O:H₂ 공급 비율) → 저온 작동 세라믹 전해질 소재 및 전극/전해질 계면반응 제어를 통한 고내구성 SOEC 셀 개발

② 차세대 고체산화물 공전해 기술 개발

- SOEC는 CO₂ 전해를 통해 CO₂에서 CO 생산 가능 기술로, 수전해를 통한 H₂ 생산과 CO₂ 전해를 통한 CO 생산을 함께하는 공전해반응으로 합성가스(화학공정원료) 생산 가능
- CO₂ 전해 및 공전해를 위한 신규 전극 촉매 소재 설계 및 셀 구조 최적화 연구 필요
→ 탄소중립 및 무탄소 청정연료(e-fuel) 제조 기술로의 확장이 가능한 차세대 SOEC 기술 개발

③ PCEC(프로톤 전도성 세라믹 수전해) 소재/셀 기술 개발

- 기존 산소이온전도성 세라믹 대신 수소이온전도성 세라믹 전해질막을 사용한 차세대 고체 전해질 수전해 기술
- 고안정성 프로톤전도성세라믹 소재 및 셀 개발 필요
→ 높은 이온전도도와 내구성이 가지는 수소이온전도성 세라믹 소재 기술 개발

④ 장수명 고효율 AEMWE(음이온 교환막 수전해) 기술 개발

- 높은 이온 전도도 및 내구성을 가지는 분리막 및 이오노머용 음이온 교환 소재 기술 연구
- 셀/촉매 열화 억제를 위한 신규 이오노머 소재 연구
- 고내구성 대면적 분리막 제작 기술 개발
→ 낮은 이온전도도와 내구성의 단점을 극복할 수 있는 신규 음이온 교환 소재 및 대면적화 기술 개발

11. 차세대 신소재

1) 모바일向 고강성/저비중/내충격 신소재

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - 다양한 모바일 form factor 변화에 대응하기 위한 기능성 신소재 · 얇고 가벼운 제품을 구현하기 위한 고강성 저비중 금속소재 · 외부충격에도 쉽게 깨지지 않는 고강성 폴리머 소재 · Display면을 보호할 수 있는 내충격 필름 및 코팅 소재
세부기술	<ul style="list-style-type: none"> ① 고강성 경량 금속 소재 <ul style="list-style-type: none"> - 비중이 낮으면서도 높은 강도의 비강도 개선 금속 소재 <ul style="list-style-type: none"> · 신규 소재를 활용한 경량 제품 구현 - 성형/가공성, 비자성, 컬러 구현 기술 ② 고강성 폴리머 소재 <ul style="list-style-type: none"> - 외부 충격에 강한 Unbreakable 소재 기술 <ul style="list-style-type: none"> · 낙하, 뒤틀림, 찍힘 등에 잘 깨지지 않는 Rigid 한 소재 · Glass 에 근접한 내 Scratch 성능 기술 - 원하는 디자인을 쉽게 구현할 수 있는 성형 가공 기술 ③ 내충격 필름 및 코팅 소재 <ul style="list-style-type: none"> - 폴더블 Flexible Display 면 보호를 위한 필름 소재 및 코팅 <ul style="list-style-type: none"> · 내충격, 내마모, 투명성 · 접힘 반복을 견딜 수 있는 유연성 확보(Crack 내구성)

- 박막 두께 구현

- 폴딩부 접힘 자국 개선을 위한 최소 필름 두께 확보 기술
- 박막 코팅막을 고르게 도포할 수 있는 기술

2) 가전向 고효율 에너지·청정 소재 및 고성능 구동 기술

구분	주요 내용
활용분야	- 고효율 에너지·청정기술 및 고성능 구동 기술
세부기술	<p>① 소재 열전도도 제어 기술</p> <ul style="list-style-type: none"> - 고효율 및 고내구성(고강도) Peltier 열전 소자 <ul style="list-style-type: none"> · 전기전도도 ↑, 열전도도 ↓ 세계 최고 수준의 냉각용 열전 소자 상용화 기술 - 무진공 고성능 단열재 <ul style="list-style-type: none"> · 무진공, 상압에서 열전도도 7mW/mK (Air 3mW/mK, Core재 4mW/mK) 확보 · 초미세 다공성 물질 개발 (기공 사이즈 40nm ↓, Cell벽 두께 3~10nm) <p>② 고효율 모터용 소재 및 시스템</p> <ul style="list-style-type: none"> - CNT, 그래핀 등 저차원 소재 등을 활용한 고성능 자석 대체 소재 및 모터 구동 시스템 설계 <p>③ 나노 소재 전극 및 보호 기술</p> <ul style="list-style-type: none"> - 그래핀과 계면 안정성을 보유한 전극 및 보호층 형성 기술 - 그래핀 적용 제품 사용 시 그래핀 손상이 없는 소재재/공정 기술 <ul style="list-style-type: none"> · 그래핀 고내열 전극 <ul style="list-style-type: none"> : 비저항 $10^{-5} \Omega \text{cm}$ 이하, 내열성 500°C 확보 · 그래핀 산화 방지용 고내열 Encapsulation 코팅 <ul style="list-style-type: none"> : WVTR $10^{-4} \text{g/m}^2 \text{day}$ 이하, 내열성 500°C 확보

- ④ 기존 Bi_2Te_3 대체 가능한 新소재·Composite 또는 Thin Film 기반의 고효율 열전 소자 및 소재
- 상온 열전성능지수 ZT 1.5 이상
 - 전기전도도 900 S/cm 수준 유지하면서 아래 (1) 또는 (2) 만족
 - (1) 이론 최소 격자 열전도도 0.3 W/m-K (Bi_2Te_3 계) 또는 그 이하 (Bi_2Te_3 계 대체 신규 소재)
 - (2) 제백 계수 250 $\mu\text{V/K}$ 이상
- ⑤ 기존 Gd 소재 기술(상온 이상에서 無작동)/가격 이슈에 대한 해결 가능한 자기 냉각用 非희토류 영구자석 소재 및 자기 열량 소재
- 非희토류 자석 소재 (FeN 등)
 - 잔류 자속 밀도, Br (T) = 1.2 이상
 - 보자력, Hc (kA/m) = 1,000 이상
 - 금속화합물 자기열량 소재(MnFe계, LaFe계 등)
 - 퀴리 온도 범위, Tc = 저온측 -50°C 이하, 고온측 70°C 이상
 - 자기 엔트로피 변화, $\Delta S_M @ 1\text{T} = 10 \text{ J/kg-K}$ 이상
 - 단열 온도 변화, $\Delta T_{ad} @ 1\text{T} = 2.5 \text{ K}$ 이상
 - Full Width Half Maximum, $\Delta T_{FWHM} @ 1 \text{ T} = 10^\circ\text{C}$ 이상
 - Microchannel Block 성형: Porosity 30% 이하, Channel Characteristic Length 0.1 mm 이하

⑥ 기존 흡습제(제올라이트)比 흡습/재생 특성이 우수한 차세대 흡습 소재

- 높은 흡습량($\geq \sim 70\text{wt}\%$), 재생온도($40^\circ\text{C} \sim$), 체적변화 無
- 재생 속도 \uparrow (≥ 2 배), Cost(흡습 성능 대비 동등 수준)
- 경구흡입 독성 無(화학물질관리법 및 생산설비규제 無)
- 고온/저온 환경 성능 편차 無
- 내구성(10年, 흡습/재생 ~ 10 만 Cycle)

⑦ 기존 진공 단열 패널 (VIP)/에어로겔을 대체 가능한 無진공 기반의 高강성/高효율 신규 단열 소재

- 단열 성능 (열전도도): $5\text{mW/m}\cdot\text{K}$ 이하

※ 제약 사항: 진공 단열 패널은 외피재 장입후 10-3torr 수준의 진공을 걸어 $2\text{mW/m}\cdot\text{K}$ 수준 달성하나 본 기술은 이러한 진공 처리 없이 달성 필요,

(現냉장고 적용 PU : $20\text{mW/m}\cdot\text{K}$, Monolith Aerogel: $15\text{mW/m}\cdot\text{K}$)

- 강성 (Flexural modulus): 200MPa 이상

※ 제약 사항: 별도 외피재 및 진공 처리 없이 달성 필요,

(現냉장고 적용 PU : $10\sim 40\text{MPa}$, Monolith Aerogel: 10MPa , 진공 단열 패널: $120\sim 180\text{MPa}$)

⑧ 기존 물세탁을 대체 가능한 친환경 및 인체 무해한 무수용 세탁 세제 소재 (신규 용제·계면활성제 등)

- 홈 드라이 크리닝이 가능한 친환경 솔벤트(용제)
- 상온/상압에서 액체 상태로, 비점 활용한 Distillation 및 Storage 가능, 가정용을 위해 비가연성 및 인체/환경 안전성 확보

- ⑨ Filterless & Maintenance Free를 위한 청정(공기·물)向 물 전기분해用 다공성 전극 및 CO₂ 흡착/재생用 Solid electrolyte 소재
- 물의 전기분해에 의한 세정/살균을 위한 非 귀금속 전극 소재
 - 상용 Pt 전극과 동등 수준의 반응성/내구성 가지는 전극 소재
 - 물에 용출되지 않을 것 ※ KC 먹는물 공정 시험법, 또는 용출성 테스트 통과
 - 장기간 사용 時(~ 3,000 Cycles) 전극의 탈리 현상에 의한 성능 저하 未발생 ※ 질량변화 1% 이하, Retention Rate 80% ↑
 - Solid Electrolyte기반의 이산화탄소 흡착/재생 시스템
 - 상온/상압 조건에서 연속 운전이 가능
 - 저농도(~1,000ppm) CO₂ 흡착 및 400ppm이하 유지 가능
 - Faradaic Efficiency는 > 90% based on Carbonate

12. 차세대 유전자 치료제

1) 기존 유전자 치료제 한계 극복 기술

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - 기존 유전자 치료제들이 갖고 있는 안전성, 생산성, 효능, 공정 기술의 한계를 극복할 수 있는 차세대 기술
세부사례	<p>① 안전성, 생산성, 효능, 공정 한계 극복 기술</p> <ul style="list-style-type: none"> - 숙주 세포 염색체에 삽입되지 않으면서 치료 유전자를 장기간 (가능하면 영구적으로) 발현할 수 있는 기술 - 現 Transfection Process의 한계를 극복할 수 있는 AAV 用 Producer Cell Line 제조 및 안정적 유지 기술 - 현재의 낮은 Intact AAV 발현율을 증가시킬 수 있는 신규 공정 기술 (배양 직후 %Full Capsid 비율 95% 이상) - 타겟 장기 특이적이며, 낮은 Dose에서 장기적 효과를 기대할 수 있는 차세대 유전자 치료제 기술

2) 바이러스벡터 기반 차세대 유전자 치료 기술

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - 유전자 치료제 신약 개발에 적용 - AAV 공정 개발 및 최적화, 생산 요소기술을 확보를 통해 개발 기간 단축과 생산성/품질 향상 획득
세부사례	<p>① 바이러스 생산 세포주</p> <ul style="list-style-type: none"> - AAV 생산 구성 유전자 발현 최적화: 벡터 디자인, 조합, 유도형 on/off 유전자 발현 조절 기술 - AAV 생산 세포주 개발 기술: 위치 특이적 삽입 및 Single Clone 선별 기술(자동화 Clone 선별 기술 포함) - AAV 생산 세포주 특성 분석 기술 (高생산성, 高품질, 장기 안정성) - 現 transfection process의 한계를 극복할 수 있는 AAV 用 Producer Cell Line 제조 및 안정적 유지 기술 - 현재의 낮은 intact AAV 발현율을 증가시킬 수 있는 신규 공정 기술 (배양 직후 %Full capsid 비율 95% 이상) <p>② 캡시드 Engineering</p> <ul style="list-style-type: none"> - Library 구축, 스크리닝 및 평가: Diversity 증대를 위한 차세대 Mutagenesis 기술, NGS 분석 기술 및 Data Base화 (Bioinformatics) - AAV의 3D Structure Modeling을 통해 Antigenic Footprints 발굴, 이를 기반으로 Synthetic AAV 캡시드 Library를 제작하여 다중 감염을 통해 Cross-species Compatibility가 확보된 Lead Vector 확보 (소형동물&영장류를 이용한 유도진화 기반 스크리닝 기술)

구분	주요 내용
	<p>③ Vector Technology</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rep, helper 유전자를 포함하는 Vector의 최적화, 간소화를 통한 AAV 생산성/품질 향상 <p>④ 배양/정제/분석 기술</p> <ul style="list-style-type: none"> - Transient Transfection에 최적화 된 Host Cell Line 개발과 Plasmid Design을 통한 생산 예측/강건성 극대화 - High Throughput 설비를 통한 mL scale 배양/정제 공정조건 Screening 및 In-line 분석 시스템 결합으로 최소 시간 최대 공정 조건 탐색을 통한 개발 기간 단축

3) mRNA 치료제 관련 기술

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - 다양한 종류와 규모의 mRNA 주형 생산이 가능한 DNA 무세포 효소 합성 방법의 개발 - 기존의 공정에 대비하여 수율을 높이고 순도를 높일 수 있는 신규 합성 정제 공정의 개발
세부사례	<p>① pDNA 생산분야</p> <ul style="list-style-type: none"> - 대장균 배양을 통한 전통적 방법이 아닌 효소합성기반 DNA 주형 제작 방식의 개발 · 개량된 합성법은 신규 효소 또는 기존의 중합 효소를 활용하며 Doggy Bone DNA 등 다양한 형태로 합성이 가능 · 개인정밀의학, PCV 등 다품종 소량의 주형 제작에 대응할 수 있도록 폭넓은 스펙트럼의 생산 스케일 가능 <p>② mRNA 백신 및 치료제 약물의 정제분야</p> <ul style="list-style-type: none"> - 항체 기반 또는 크로마토그래피 등의 방법으로 면역원성을 야기하는 불순물을 선택적으로 제거하는 기술의 개발 · 정제 방법은 단일 가닥의 RNA만을 선택적으로 정제하며 다양한 길이의 이중 가닥 RNA (dsRNA) 를 효과적으로 제거할 수 있음 · 또는 합성과 동시에 실시간으로 합성 산물을 모니터링하여 이중 가닥 RNA를 제거하는 디바이스 일 수 있음

4) 유전자 치료제 약물 전달체

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - mRNA, tRNA, circRNA, saRNA, 등의 RNA 유전자 치료제 개발을 위한 약물 전달체 개발
세부사례	<p>① 다양한 페이로드 탑재 분야</p> <ul style="list-style-type: none"> - circRNA, saRNA, CRISPR/sgRNA 등의 다양한 페이로드를 원하는 비율로 탑재 가능한 기술 · 신규 이온화 지질 또는 LNP 조성은 원하는 물리화학적 성질과 균질한 나노입자 크기를 가지며 각 입자는 원하는 페이로드의 Stoichiometry로 탑재율을 균질하게 유지해야 함 · 페이로드 탑재율 (Encapsulation Efficiency) 는 기존의 탑재 효율 대비 동등하거나 90% 이상의 효율을 보여야 함 <p>② 다양한 장기와 세포 타게팅 분야</p> <ul style="list-style-type: none"> - 간, 폐, 비장 등의 장기 또는 조혈모세포, T 세포 등 원하는 장기나 세포로의 선택적 약물전달 가능한 기술 · 신규 이온화 지질 또는 LNP 조성은 원하는 단백질 코로나 등을 선택적으로 흡착하는 Passive Targeting으로 생산공정이 단순하며 제작 원가가 낮은 것을 목표로 함 · Active Targeting의 경우 항체, 펩타이드 등을 지질 표면에 부착해 세포 선택 특이성을 높인 물질로 생분해성과 생적합성을 만족 해야함 <p>③ 현격한 독성 감소 분야</p> <ul style="list-style-type: none"> - 중화항체 생성으로 인한 효능 감소 등을 일으키지 않고 면역원성이 매우 낮아 반복 투여에 적합한 LNP의 개발

5) 뇌 질환 유전자 치료제

구분	주요 내용
활용분야	- 뇌 질환에 대해 기존 치료제 (화학합성 의약품 등)의 한계를 극복할 수 있는 차세대 유전자 치료제 개발
세부사례	<ul style="list-style-type: none"> ① 퇴행성 또는 난치성 뇌질환(예. 알츠하이머, 헌팅턴, 자폐증)의 진행을 늦추거나 개선할 수 있는 유전자 치료제 기술 ② 뇌로 유전자 치료제를 효과적으로 전달할 수 있는 기술 (뇌에 직접 주사하는 방식은 제외) ③ 뇌에서 특이적으로 치료유전자를 발현할 수 있는 기술

13. 차세대 단백질 치료제

1) 차세대 ADC 플랫폼 기술

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - Dxd이상의 다양한 링커-페이로드 확보 및 ADC 치료제 적용 - 기존 ADC와 차별화된 작용기전을 보유한 Payload 개발 - 접합 효율 및 정제 용이한 접합 방법의 산업계 적용 - 혈액암/고형암/면역질환 ADC치료제 개발
세부사례	<p>① Dxd(Deruxtecan)이상의 고효능, 저독성 링커-페이로드 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 엔허투에서 사용 중인 Dxd 링커-페이로드 이상으로 다양한 세포에서 작용 - 높은 물질 안정성을 가지는 고효능, 저독성 링커-페이로드 개발 <p>② 차세대 링커-페이로드 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - Targeted Protein Degradation(TPD): 단백질 특이적 분해 작용기전으로 약물 부작용 개선, 치료용 타겟 다양성 - Immunogenic Cell Death(ICD) Payload: 세포사멸 시, 항암 면역원성 증대, 면역항암제와 병용투여 - Immune Stimulator: 종양 미세환경 内の 면역세포의 활성을 높임으로써 항암 효능을 제고 - Non-oncology Payload: 항암 외 질병 치료를 위한 약물로서 ADC에 적용 가능한 신규 Payload - 서로 다른 기능 모달리티 조합: 항체-합성약, 항체-방사선물질, 항체-펩타이드 등

③ 3세대 접합 기술 개발

- 항체 엔지니어링 없이 항체당 붙는 독소 수를 일정하게 유지해 ADC 균질성을 높여 효능을 높일 수 있는 기술
- One-pot reaction 기반의 접합 기술 및 정제 용이성으로 overall yield가 >80% 인 이상적 방법 개발

2) 이중항체 개발 플랫폼 기술

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - 비임상에서는 고 효능 보이나, 임상에서 부작용 높은 사례가 많아 세포 특이적 활성 혹은 세포 특이적 타겟을 부착한 이중항체의 활용도가 높아질 것으로 기대 - BBB 투과율이 높은 항체 의약품이 필요
세부사례	<p>① CRS 낮은 CD3 CDR 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 이중항체 신약개발 특히, T 세포 타겟의 경우 효능이 높지만 CRS 부작용으로 이를 낮출 수 있는 방향으로 개발이 이루어지고 있음 - CRS 감소 T 세포 타겟 이중항체 개발 시 부작용은 낮으나 효능은 높은 이중항체 신약 개발 가능 <p>② BBB 투과 효율 높이는 셔틀 분자 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 뇌 질환 항체 치료제 승인이 시작되었으나 BBB 투과율은 1 % 이하로 낮음 - 이를 극복하기위한 BBB 셔틀 분자의 필요성이 대두되고 있으며, 셔틀 분자 확보 시 이를 이용한 고 효율의 뇌 질환 이중항체 치료제 개발 가능 <p>③ 세포/조직 특이적 활성 이중항체 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 현 항체 치료제는 항원이 있는 경우 전신에서 작용할 수 있어 이로 인한 부작용 있는 경우 있음 - 원하는 세포/조직내에서만 활성을 띄는 경우 이로 인한 부작용을 줄여 안전한 치료 가능

3) AI/ML을 이용한 바이오 치료제 개발

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - mRNA 등 유전자 치료제 생산 공정, 개량 효소, 신약 개발 - 기존 치료용 단백질 또는 치료용 항체의 생산 공정 또는 활성의 문제점들을 극복할 수 있는 플랫폼 개발
세부사례	<p>① mRNA 치료제 분야</p> <ul style="list-style-type: none"> - 기계 학습과 인공지능을 활용한 차세대 구조-활성 예측 모델로 mRNA 생산에 필요한 효소들의 성능개량 <ul style="list-style-type: none"> · 면역원성을 야기하는 불순물을 줄이는 형질 · 열 안정성 또는 Catalytic Processivity 등 개선으로 수율 증가 또는 공정 시간 획기적 감소 · IVT에 사용되는 T7 Polymerase, 5' End Capping Enzyme 또는 RNA Modifying Enzyme 등 효소 성능 개량 <p>② 유전자 치료제 신약 개발에 적용할 수 있는 신규 유전자 발현 및 캡시드 엔지니어링 기술</p> <ul style="list-style-type: none"> - AI/ML 기반 신규 유전자 발현 조절 요소 (miRNA 등) 개발 - AI/ML 활용한 표적 장기 및 적응증 특화된 高전달성 & 低면역원성 캡시드 개발 기술(Multi-trait Engineering)

③ 치료용 단백질 또는 항체 분야

- AI/ML 활용한 구조 예측으로 치료용 단백질/항체를 공학적으로 개선하는 플랫폼 구축

· 열 또는 단백질 분해 효소에 대해 뛰어난 안정성 및 타겟 물질에 높은 반응성을 가지도록 구조 개선

· 항체 접힘 형태를 안정화하여, 접합체의 수율 또는 순도를 획기적으로 높임

④ 신약 개발 타겟 발굴, 후보물질 설계, 약효/부작용 평가 과정을 AI로 수행

14. 바이오 공정 기술

1) 치료용 단백질 배양/정제 생산 플랫폼

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - 배양 Perfusion 방식과 정제 MCC 등의 설비를 이용해 제품을 지속적으로 생산 * Multi Column Chromatography - 난발현 단백질 치료제(효소, Factor)의 생산성 증진, 소형 설비로 기존 대용량 Fed-batch를 대체 할 수 있는 공정 기술 - 다양한 신규 Modality를 갖는 바이오 의약품 제조 공정의 기술 한계를 규명하고 해결할 수 있는 기술
세부사례	<ul style="list-style-type: none"> ① 연속 배양 공정(N-perfusion) <ul style="list-style-type: none"> - 배양기에 ATF 장비를 결합하여 단백질 치료제를 연속적으로 생산하는 기술 등 ② 연속 정제 공정 플랫폼 <ul style="list-style-type: none"> - MCC(Multi Column Chromatography): 다중 Column을 Loading 및 Non-loading 단계로 배치하여, 정제 공정을 연속하여 수행하는 기술 등 ③ 자동화 <ul style="list-style-type: none"> - 연속 배양/정제 공정을 통합적으로 관리할 수 있는 자동화 시스템 접목 기술 등 ④ Multi-specific 항체, 신규 Linker-payload 기술, ADC 항체 생산 공정 기술 개발 등

2) 세포주 개발 플랫폼

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - 단백질 의약품 생산성 및 안정성 향상을 위한 세포주 개발 플랫폼 기술
세부사례	<ul style="list-style-type: none"> ① Transposase 기술 또는 유사 기술 <ul style="list-style-type: none"> - Transposase와 같은 효소는 외부 유전자를 효과적으로 CHO 계놈에 삽입할 수 있는 기술로, 항체 고발현이 가능 ② Site-specific Integration <ul style="list-style-type: none"> - 현재 세포주 개발 과정은, 항체 유전자를 CHO 세포의 계놈에 Random Integration하고, 항체 고발현 클론을 선별하는 과정을 기본으로 하고 있음. 클론 선별까지 약 3개월, 안정성 실험에 추가 2개월이 필요 - Site-specific Integration은 CHO 계놈 상 특정 위치에 유전자 삽입이 가능하게 하는 기술이나, 항체 발현양이 낮다는 단점이 있어 기술적 극복이 필요 ③ 항체 생산성 및 안정성 예측 기술 <ul style="list-style-type: none"> - 세포주 개발 초기(유전자 도입 후 1개월 이내)에 안정적 고발현 클론을 선별 할 수 있는 기술 개발 시, 세포주 개발 기간 단축, 인력 및 비용 절감을 기대

3) 합성생물학 기반 공정 기술 개발

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - 생물학적 시스템과 생명체를 재설계해 기존의 방식보다 제조 효율성이 높은 생산 공정 구축 - 기타 대체/배양육 및 바이오 파운드리 관련 차세대 요소 기술 등
세부사례	<ul style="list-style-type: none"> ① 유전자 설계 기술 <ul style="list-style-type: none"> - 특정 단백질이나 대사 산물을 높은 효율로 생산하기 위해 필요한 신규 유전자 설계 ② 유전자 회로 설계 기술 <ul style="list-style-type: none"> - 세포 내에서 유전자의 발현을 최적 제어하기 위한 유전자 회로(프로모터 등) 설계 ③ 대사 경로 설계 및 구현 기술 <ul style="list-style-type: none"> - 특정 의약품 또는 화합물을 생산하기 위해 생산 세포내 대사 경로를 수정하거나 재설계 - 경로 설계에 맞게 실제 대사 경로가 작동하는지 확인 ④ 생산 세포주 또는 세포 밖 생산 시스템 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 최적화된 대사 경로를 갖춘 생산 세포주 개발 후, 양산성 높은 세포 선별 - 필요 시 대사 경로를 세포 밖에서 구현할 수 있음 ⑤ 합성 생물학 기반의 생산 공정 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 신규 생산 방식에 최적화된 전체 공정 설계 및 운영 관련 기술

구분	주요 내용
	<p>⑥ 대체/배양육 요소 기술</p> <ul style="list-style-type: none"> - 기존의 육류를 대신하는 식물성 대체육 및 동물 세포를 이용한 배양육 생산 요소 기술 <p>⑦ 바이오 파운드리 관련 차세대 요소 기술 등</p>

4) 공정 자동화 시스템 구축

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - 기존 전통적인 Batch 공정 대비 생산성 높은 연속 공정 개발을 통한 원가 경쟁력 확보 및 사람에 의해 발생하는 오류 방지(신뢰도 및 안정성 확보)
세부사례	<p>① 물류 자동화</p> <ul style="list-style-type: none"> - Raw Material, 각종 Test용 제품 Sample 등 인력에 의한 물류 이동을 Auto Vehicle 등을 이용한 자동화로 대체해 인건비 및 제조 비용 절감 - 등급별 생산 청정 구역 간 자동 이송 설비 적용으로 오염 방지 등 품질 문제 발생 방지 <p>② PAT(Process Analytical Technology)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 배관 또는 설비 내 제품의 특성을 센싱할 수 있는 On/in Line Sensor 도입으로 사람이 직접 Off Line Sampling 함으로써 발생하는 오염 등 각종 품질 문제 발생 리스크 제거 - 제품 공정 단계별 Real-Time Monitoring을 통해 미세한 품질 수준을 미리 파악해 품질 문제 사전 대응

5) AI/ML을 이용한 공정 기술 개발

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - 기존 노동집약적 생산 공정 대비 Digital 최신 기술 (AI, Machine Learning 등)을 활용한 인건비 및 제조 비용 절감과 생산성 증대 - 최종 의약품의 품질 및 생산성이 획기적으로 향상된 차세대 공정 개발
세부사례	<ul style="list-style-type: none"> ① AI & ML 기반 제품 생산 효율 제고 <ul style="list-style-type: none"> - 과거 실적 데이터에 기반한 AI 및 ML을 통해 제품 공정 단계별 품질 수준을 예측하여 품질 관리 상향화 - AI/ML에 기반한 설비 이상 감지 및 사전 예방으로 설비 Uptime 100% 달성 ② AI & ML 기반 공정 기술 및 항체 품질 향상 <ul style="list-style-type: none"> - 기계학습 또는 인공지능을 활용한 바이오 의약품 제조 공정 기술 개발 - 기계학습이나 인공지능을 활용한 항체 및 의약 단백질의 당화 품질 조절, Variant 생성 방지 기술 개발

15. 디지털 헬스

1) 디지털 바이오마커를 활용한 헬스케어 기술

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - 신규 디지털 바이오마커 발굴 연구 - 바이오센서 및 웨어러블 디바이스를 이용한 건강 상태 실시간 모니터링 솔루션 연구 - 디지털 바이오마커 기반 적시 적응형 중재 (Just in time adaptive intervention) 연구
세부사례	<ul style="list-style-type: none"> ① Mobile 헬스케어 디바이스 기술 <ul style="list-style-type: none"> - 뇌질환 또는 말초신경질환의 경우 실시간으로 발작, 경련, 운동능력 등의 신경학적 변화를 측정할 수 있는 웨어러블 디바이스의 개발 - 혈당, 간 또는 신장 수치 등 혈류 내 Metabolite를 실시간 모니터링 할 수 있는 웨어러블 디바이스 개발 ② 천식 및 호흡기 감염 진단 및 악화 예측을 위한 Vocal Biomarker 기반의 분석 시스템 ③ 장내 미생물 기반 개인화된 건강 정보 분석 및 서비스 솔루션 ④ Keystroke Dynamic을 활용한 신경 정신 질환의 조기 진단 또는 관련 증상 모니터링 솔루션 ⑤ 웨어러블 디바이스 기반의 적시 적응형 기술로 외상 후 스트레스 장애(PTSD)로 인한 악몽의 개선 ⑥ 신체 움직임 정보를 토대로 보행 안정성(Walking Steadiness) 지표 개발 및 신체 기능 수준(estimated 6-Minute Walk Distance; e6MWD) 추정

2) 홈 헬스케어 시스템

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - 스마트홈 데이터 기반 건강 증진 연구 - Home 기반 Virtual First Care System
세부사례	<ul style="list-style-type: none"> ① Personal/Home Digital Twin 기반 삶의 질 증진 기술 ② 넘어짐과 움직임을 모니터링하기 위한 새로운 가정 안전 메커니즘과 서비스 기능 ③ Smart Home기기 및 웨어러블 디바이스 기반의 약 복용 알림, 건강 상태 추적, 운동 및 식이 행동 관리 서비스 ④ 수면의 질 및 활력 징후를 모니터링하는 스마트 베드 시스템 ⑤ 환자의 자가 관리 역량 강화를 위한 코칭 솔루션

16. 차세대 의료/진단

1) 차세대 초음파 진단기기

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - AI 기반 초음파 신호처리/영상처리 S/W 빔포밍 플랫폼 기반 고품질 영상 및 진단 기능 확보 AI 신호/영상처리 기반 고품질 영상 기술 및 Quantitative 영상화 기술 - 초고해상도 혈관 영상 기술 조영제 없이 초고속 초음파 도플러를 이용한 혈관 영상 레이저가 결합된 광음향/초음파 융합의료영상 장비
세부사례	<ul style="list-style-type: none"> ① AI 기반 초음파 Front-end/Back-end 신호 영상처리 기술 <ul style="list-style-type: none"> - 초고속 고해상도/고대조도 초음파 Front-end 신호처리 (빔포밍 등) 기술 - 허상(Artifacts) 제거(Out-of-plane artifacts, Clutter, Reverberation 등) 신호처리 기술 개발 - 초음파 수신 신호의 Feature Enhancement를 통한 진단 정확성 향상 기술(Speckle Reduction, Feature Enhancement 등) 기술, Feature 화질 개선 기술 ③ AI 기반 Quantitative 영상화 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 실시간 Quantitative(e.g., Speed of Sound, Attenuation, Stiffness) 영상화 기술 - 조직 특성화(Tissue Characterization)을 통한 기능성 Parametric 영상화 기술

구분	주요 내용
	<p>④ S/W 빔포밍 가능한 H/W 플랫폼</p> <ul style="list-style-type: none"> - 초고속 데이터 획득 및 전송 - S/W기반 초음파 영상 복원 가능 인터페이스 <p>⑤ 초고속 초음파 도플러를 이용한 혈관 영상 구현</p> <ul style="list-style-type: none"> - 고속 영상 획득($\geq 1,000$ 프레임) 및 재구성을 통한 미세혈관 영상 복원 - 벡터 도플러 구현을 통한 혈류량, 혈류 속도, 혈류 방향 구현 <p>⑥ 레이저가 결합된 광음향/초음파 융합의료영상 기기</p> <ul style="list-style-type: none"> - 초음파/광음향 동시에 적용이 가능한 융합 프로브 및 영상 처리 기법 개발 - 기능성 산소포화도 측정 알고리즘 개발

2) 약리 효과 측정용 비침습적 바이오마커/모니터링 디바이스

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - 신약개발을 위한 비임상 시험 시, 약물의 용량 반응성과 치료효과를 보다 객관적이고 고빈도로 모니터링하여 PK/PD Modeling에 활용하고 조직 생검을 위해 부검이 필요한 실험의 경우 실험동물의 수요감소 - 신약개발을 위한 임상시험에서 약물의 객관적이고 정량적인 효능을 측정함으로써 약효에 대한 평가를 신속하게 하고 OLE(Open Label Extension) 스테디에 더 많은 환자군 모집
세부사례	<p>① 생화학적 액체생검분야</p> <ul style="list-style-type: none"> - 혈액 또는 뇌척수액 (CSF or cerebrospinal fluid)에서 높은 민감도로 약효를 예측 할 수 있는 높은 민감도의 생화학적 측정방법 개발 - 예를 들면, 고민감도의 NfL (Neurofilament Light Chain Protein) 단백질의 측정방법의 개선으로 퇴행성 뇌질환의 치료효과 조기 판별 <p>② 영상 분석 분야</p> <ul style="list-style-type: none"> - 특정 Tracer 물질을 이용한 fMRI, PET 등의 영상 검사로 각종 장기의 형태적, 기능적 변화를 모니터링 - 예를 들면, 타우 PET을 이용한 알츠하이머성 치매의 진행 측정

3) 실험동물 대체 독성 평가

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - 신약개발에 필요한 기간과 소요비용을 줄이고 설치류와 영장류를 포함한 윤리적인 실험동물 사용을 위한 차세대 독성 평가 시스템 구축
세부사례	<p>① Organoid 또는 Mini-organ 분야</p> <ul style="list-style-type: none"> - 인간의 장기 특성을 모사할 수 있는 조직 배양조건에서 약물의 독성을 정성적, 정량적 측정이 가능한 시스템을 구축. 특히, 유전자 치료제의 염기서열 차이로 인해 독성 메커니즘 상 중간 특이성으로, 인간 종에서만 유효 독성이 예상 되는 약물에 대한 독성 예측모델 개발 <p>② Organ on a Chip 분야 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 다양한 장기가 순환계로 연결된 구조에서 약리/약동학적인 검사가 가능한 Animal-free ADME 시스템 구축 <p>③ 기타 <i>in vitro</i> Culture System 분야</p> <ul style="list-style-type: none"> - 신약의 약리 작용과 독성 메커니즘에 기반한 다양한 독성 예측이 가능한 키트 또는 시험 방법의 개발

4) 유전자 분석 기반 진단 기술

구분	주요 내용
활용분야	<ul style="list-style-type: none"> - 차세대 유전체 분석 기술을 활용하여 유전적 변화를 탐지, 질병 조기 진단 및 예측에 활용 - 생체 이미징 데이터를 기반으로 다양한 면역 세포의 기능을 실시간으로 관찰하는 동시에 유전자 발현과의 상관관계 분석 통해 개인 맞춤형 정밀 진단/의료에 응용
세부사례	<ul style="list-style-type: none"> ① 유전체 분석 통한 액체 생검 <ul style="list-style-type: none"> - 혈중 유전자 서열을 분석해 다양한 질병(암, 유전성 질환 등)을 조기 진단하고 신약 개발 타겟 발굴 ② AI 기반의 전사체 데이터 분석 및 질병 진단 <ul style="list-style-type: none"> - 멀티오믹스 데이터 및 의료 빅데이터 기반의 정밀 의료 진단 기술 개발 ③ 생체 이미징 기술과 유전체 분석 결합 연구 <ul style="list-style-type: none"> - 유전체 분석과 생체 이미징 기술의 결합으로부터 획득 가능한 실시간 면역 반응 통합 분석

- 이 상 -