

GT 유럽 벨기에 거점

GT Insight

GLOBAL TECH KOREA

2022-GT-BE-056

독일 2021~2024년 마이크로일렉트로닉스
연구 혁신 계획

CONTENTS

I. 주요 내용 요약

II. 개요

III. 마이크로일렉트로닉스 연구 및 혁신을 위한 미션과 목표

IV. 지속 가능한 디지털 주권을 위한 기술적 조건 조성

1. 전자설계자동화(EDA)
2. 에지 컴퓨팅, AI, 고성능 애플리케이션 전용 프로세서
3. 혁신적이고 지능적인 연결 센서 시스템
4. 통신 및 센서 기술용 고주파 전자기기
5. 지능적이고 에너지 효율이 뛰어난 전력전자
6. 분야 간 기술 및 주제
7. 독일 마이크로일렉트로닉스 생산 시스템
8. 최첨단 실리콘 기반 기술 및 전망

CONTENTS

V. 최첨단 마이크로일렉트로닉스 응용 분야

1. 인공지능(AI)
2. 고성능 컴퓨팅
3. 통신 기술
4. 스마트 의료
5. 자율 주행
6. 인더스트리 4.0(Industry 4.0)
7. 스마트 에너지 변환

VI. 관련 조직 및 기관 구조

1. 네트워크 강화
2. 개별 프로그램
3. 연구와 혁신을 위한 구조
4. 전략적 예측과 평가를 통한 동적인 프로그램



I 주요 내용 요약

- ▶ 점차 디지털화되어가는 사회에 독일의 가치를 반영하여 디지털화를 추진하기 위해 기술적 주권(Technological Sovereignty)이 요구됨
 - (마이크로) 전자제품의 보급 확대는 일상을 디지털화함으로써 삶의 질 개선 및 지속 가능한 가치 창출과 일자리 보장 등 현시대 번영의 중요한 기반이 됨
- ▶ 지속 가능한 디지털 주권을 위해서는 마이크로일렉트로닉스와 같은 대표적인 진보 기술과 관련하여 기본 기술을 확보하고 이를 발전시키거나 새로운 기술을 개발할 수 있어야 함
 - 마이크로일렉트로닉스는 특히 디지털화와 관련한 다양한 분야에서 혁신을 주도하고 있으며, 그 결과 애플리케이션은 신뢰할 수 있고 지속 가능한 전자제품에 대한 수요를 촉진하고 있음
 - 독일의 마이크로일렉트로닉스 연구는 다른 세계 및 지역에 대한 일방적인 의존 없이 유럽 내 연구와 단일 시장의 일부로서 독일의 기술적 주권을 확보하는 것을 목표로 함
- ▶ 독일과 유럽은 마이크로일렉트로닉스 및 전자 시스템 분야에서 글로벌 가치사슬과 파트너십에 집중적으로 관여하고 있음
 - 유럽기업은 칩과 전자부품의 공급자이자 구매자이며, 동시에 수출자이자 수입자임
 - 글로벌 가치사슬에서 선두입지를 확립하고 유럽이 정립한 가치에 맞춰 디지털화를 추진하기 위해 신뢰할 수 있는 전자제품(Trustworthy electronics)의 필요성이 주목받으며 관련된 모든 주요 전자 기술 대한 이해와 도입이 필요해짐

- 독일과 유럽은 경제성이 높은 마이크로일렉트로닉스 생산을 통해 글로벌 가치사슬 내 도전과제에 유연하게 대응할 필요가 있음

 신뢰성(Trustworthy)과 기후 친화적인 지속 가능성(Sustainable)은 2021년부터 2024년까지 독일 연방 정부가 추진하는 ‘마이크로일렉트로닉스 연구 및 혁신을 위한 프레임워크 프로그램’의 핵심임

- 주된 목표는 독일과 유럽의 기술적 주권을 강화하는 것이며 국가 연구자금은 유럽 차원의 기금과 지속해서 조정될 예정임
- 특히 부품 생산자로부터 시스템 제공자에 이르는 가치사슬 전반에 걸쳐 과학계와 산업계의 공동 프로젝트를 재정 지원함으로써 독일 내 마이크로일렉트로닉스 생산을 위한 관련 업계의 활발한 투자 유치를 목표로 함

 ‘독일의 마이크로일렉트로닉스: 디지털 경제를 위한 혁신의 원동력(Microelectronics from Germany-Driver of innovation for the digital economy)’는 ‘2016~2020년 연구 및 혁신을 위한 프레임워크 프로그램(Framework Programme for Research and Innovation 2016-2020)’을 기반으로 전자 연구에 전념하기 위한 독일 연방 정부의 첫 번째 프로그램임

- 독일의 마이크로일렉트로닉스 투자의 긍정적인 결과와 관련 핵심 기술에 관한 지정학적 상황은 독일 연방 정부가 유럽 차원에서 마이크로일렉트로닉스 및 통신 기술에 대한 유럽 공동이해관계프로젝트(IPCEI) 추진을 검토하는 기반을 형성함
- 해당 프로그램은 전자제품의 관련 미션에 대한 기여를 통해 ‘2025년 하이테크 전략(High-Tech Strategy 2025)’ 시행을 지원함
- 전자 산업 거점으로서 독일의 입지를 강화하고 향후 디지털 전환을 지속해서 추진하기 위해 독일 연방 교육연구부에서 해당 프로그램에 중점적으로 투자할

방침임

- 동 프로그램은 특히 통신 기술, IT 보안, 인더스트리 4.0(Industry 4.0), 의료 기술, 포토닉스, 자동화 및 네트워크 연결 자동차(connected driving)와 관련하여 독일 연방 정부 및 관련 부처의 현재 진행 중이거나 계획 중인 다양한 연구 프로그램과 상호 작용함

 마이크로일렉트로닉스의 사회적, 경제적 기회는 독일 연방정부의 자금지원과 협력을 통해 충분히 활용될 수 있으며 정부의 지원 프로그램은 ①네트워크 강화 ②개별 프로그램 ③연구와 혁신을 위한 구조 등 3가지 범주를 지원함

- 마이크로일렉트로닉스는 연구 집약적인 기술이기 때문에 근본적으로 연구와 산업 간의 긴밀한 협력에 의존하므로 독일 및 유럽의 산업 기술 역량과 시스템 역량을 결합하는 것은 매우 중요함
- 독일은 고등 교육 및 비 대학 연구기관을 중심으로 세계적인 연구와 혁신에 적합한 구조를 통해 광범위한 응용 지향적인 마이크로일렉트로닉스 관련 연구가 이루어짐

II 개요

 점차 디지털화되어가는 사회에 독일의 가치를 반영하여 디지털화를 추진하기 위해 기술적 주권(Technological Sovereignty)이 요구됨

- (마이크로) 전자제품의 보급 확대는 일상을 디지털화함으로써 삶의 질 개선 및 지속 가능한 가치 창출과 일자리 보장 등 현시대 번영의 중요한 기반이 됨
- 기술적 주권은 핵심 기술 설계에 필요한 공적 기준과 능력, 즉, 기술, 제품 및 서비스에 대한 요건을 가치에 따라 정의하고 글로벌 시장에서 대응 표준을 공동으로 설정하는 능력임
- 전자제품의 기술적 주권은 국가적인 수준이 아닌 유럽 단일 시장 및 연구 영역을 포괄해야 함
 - 유럽은 디지털 기술의 주권에 기반한 유럽 연구 프레임워크 프로그램인 호라이즌 유럽(Horizon Europe)과 시너지 효과를 내도록 설계함
 - 미국은 국가 인센티브를 통해 신규 마이크로칩 공장 설립 추진 중임
 - 중국은 해외 의존도를 줄이고 글로벌 선도 기업을 따라잡기 위해 자체적인 마이크로 일렉트로닉스(Microelectronics) 기술에 공공 자금을 투자 중임

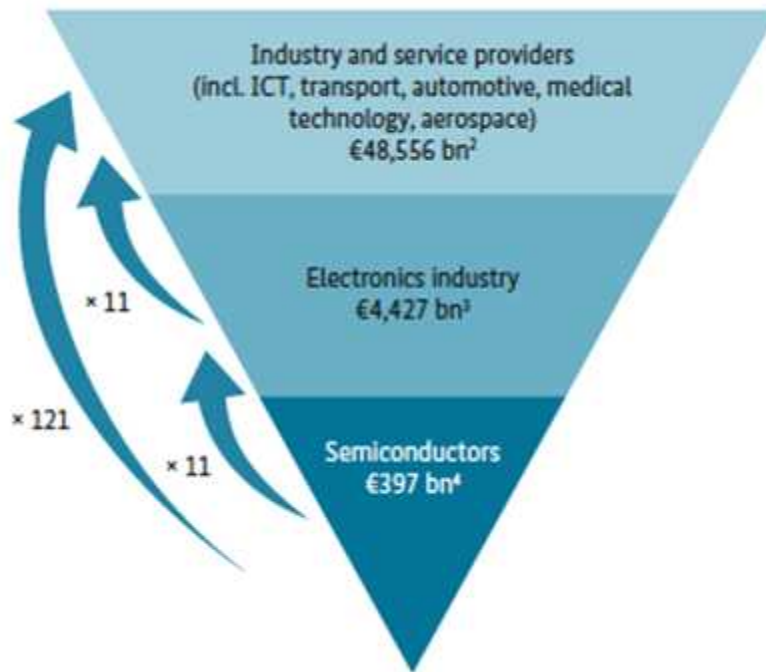
 독일과 유럽은 마이크로일렉트로닉스 및 전자 시스템 분야에서 글로벌 가치사슬과 파트너십에 집중적으로 관여함

- 유럽기업은 칩과 전자부품의 공급자이자 구매자이며, 동시에 수출자이자 수입자임
- 글로벌 가치사슬에서 선두입지를 확립해 유럽이 정한 가치에 맞춰 디지털화를 추진하기 위해 신뢰할 수 있는 전자제품(Trustworthy electronics)의 필요성이

주목받으며 관련된 모든 주요 전자 기술 대한 이해와 도입이 필요해짐

- 독일과 유럽은 경제성이 높은 마이크로일렉트로닉스 생산을 통해 글로벌 가치사슬 내 도전과제에 유연하게 대응할 필요가 있음

〈도식1〉 반도체 산업 가치사슬과 산업 규모



일렉트로닉스는 독일과 같은 디지털 사회의 핵심 기술임. 반도체 산업에서 가치사슬에서 최종단으로 이동할수록 산업 규모는 지수적(multiplier)으로 증가함.

전자 부문에 소비되는 자원을 절약하기 위한 스마트 디지털 솔루션이 필요함

- 전력망에서 이산화탄소 배출량을 줄이기 위해서는 마이크로프로세서와 정보 교류의 에너지 소비를 크게 줄일 수 있는 전자 장치가 필요함
 - 국제적으로 합의된 기후변화 목표를 달성하기 위해서는 개별 통신 기술 단위의 에너지 효율 향상과 분산형 및 네트워크형 ICT(Information and communication technologies) 시스템의 상당한 에너지 절약이 요구됨
 - 특히 인공지능(AI) 시스템에서 사용자 요구에 따라 맞춤형 AI 칩을 사용하면 더욱 효율적일 것으로 예상됨

- 주요 원자재 사용 삭감을 통해 자원 효율을 높여야 함
 - 효율적인 재활용 프로세스와 자원 및 에너지 효율에 초점을 맞춘 지속 가능성 기반 (Sustainability-based approach) ICT 솔루션 개발은 환경 보호 및 독일 기업의 에너지 절약 등을 통해 ICT 분야의 경쟁력을 확보함으로써 경제적 이점을 가져옴
 - 연구와 자금조달을 통해 향후 관련 규제 및 요건을 충족할 수 있는 여건을 조성하고 경쟁 우위를 점할 수 있음

 마이크로일렉트로닉스는 높은 수준의 혁신 역동성과 짧은 제품 수명주기로 인해 연구 집약적인 전자 산업 분야임

- 일반적으로 반도체 제조회사는 매출액의 약 15%를 연구개발에 투자함
- 신규 기술 개발에는 새로운 접근법의 기초 연구가 요구됨에 따라 전자제품 관련 투자에 있어서 상당한 부문이 연구와 혁신을 지원하는 데 주력함으로써 높은 자본비용이 소요됨
- 따라서 독일과 유럽 내 연구가 생산 단계로 넘어가기 위해서는 연구와 사업 개발이 나란히 추진되어야 함

 신뢰성(Trustworthy)과 기후 친화적인 지속 가능성(Sustainable)은 2021년부터 2024년까지 독일 연방 정부가 추진하는 ‘마이크로일렉트로닉스 연구 및 혁신을 위한 프레임워크 프로그램’의 핵심임

- 주된 목표는 독일과 유럽의 기술적 주권을 강화하는 것이며 국가 연구자금은 유럽 차원의 기금과 지속 조정될 것임
- 특히 부품 생산자로부터 시스템 제공자에 이르는 가치사슬 전반에 걸쳐 과학계와 산업계의 공동 프로젝트를 재정 지원함으로써 독일 내 마이크로일렉트로닉스 생산을 위한 관련 업계의 활발한 투자 유치를 목표로 함

생산 시범라인을 통해 연구 결과를 생산 단계로 신속하게 이행할 수 있음

- 이는 2021년 ‘EU 연구 및 혁신을 위한 프레임워크 프로그램(Framework Program for Research and Innovation Horizon Europe)’을 시작으로, 후속 정책인 ‘핵심 디지털 기술(Key Digital Technologies, KDT)’과 함께 유럽 공동자금 지원 정책인 ‘유럽 주도의 전자부품 및 시스템(Electronic Components and Systems for European Leadership, ECSEL)’의 파일럿 라인 프로젝트에서 입증됨
- 또한 2017년에 시작한 ‘유럽 공동이해관계프로젝트(Important Project of Common European Interest, IPCEI)’는 마이크로일렉트로닉스 혁신을 생산에 도입하기 위해 상당한 지원을 제공함으로써 관련 기업에서 신규 마이크로 전자제품을 위한 생산에 투자 중임
 - 현재 금세기 최초로 독일에서 신기술이 반영된 마이크로일렉트로닉스 공장이 건설 중임

AI 칩 개발 등 마이크로일렉트로닉스에는 완전히 새로운 접근법이 요구되며 창의적인 아이디어와 새로운 접근 방식을 구체적인 기술 및 응용 분야로 더 빠르게 변환하기 위해 혁신 가속화에 집중해야 함

- 이는 기초 연구자와 잠재적인 사용자를 조기에 결집하는 구조나 협력에 대한 지원을 통해 달성할 수 있음
 - 중소기업이나 스타트업도 새로운 아이디어를 신속하게 신제품으로 발전시킬 수 있기 때문에 주요 지원 대상에 포함됨
 - 독일 연방교육연구부(BMBF)에 의하면 전자 산업 내 업계의 평균적인 기술 개발 관련 자금은 20% 수준인 데 반하여, 관련 중소기업에서는 상업적인 투자금 중 35%가 연구개발비에 해당하여 높은 비중을 차지함

‘독일의 마이크로일렉트로닉스: 디지털 경제를 위한 혁신의 원동력(Microelectronics

from Germany-Driver of innovation for the digital economy)’는 ‘2016~2020년 연구 및 혁신을 위한 프레임워크 프로그램(Framework Programme for Research and Innovation 2016-2020)’을 기반으로 전자 연구에 전념하기 위한 독일 연방 정부의 첫 번째 프로그램임

- 독일의 마이크로일렉트로닉스 투자의 긍정적인 결과와 관련 핵심 기술에 관한 지정학적 상황은 독일 연방 정부가 유럽 차원에서 마이크로일렉트로닉스 및 통신 기술에 대한 IPCEI 추진을 검토하는 기반을 형성함
 - 혁신을 가속화하기 위해 독일 연방교육연구부(BMBF)는 자금지원 프로그램인 ‘신규 마이크로일렉트로닉스 연구(ForMikro)’와 시범 혁신 대회인 ‘에너지 효율형 인공지능 시스템(Energy-efficient AI system)’과 같은 새로운 도입방식을 추구함
 - 독일 마이크로일렉트로닉스 연구 제조 기관(Research Fab Microelectronics Germany, FMD)은 응용 전자제품 연구를 위한 13개 주요 기관의 기술 역량을 과학계와 산업계 내 협력자들과 고객들을 위한 중앙 플랫폼이 있는 공동 기술 연합에 통합함
 - 관련 연구시설(Research Laboratories)는 마이크로일렉트로닉스 혁신 시스템에서 중심적인 역할을 하는 대학들로 구성됨
 - 동 프로그램의 운영 우선순위는 독일 연방정부와 연구 공동체 간의 교류임
 - 산업계와 과학계의 주요 목표인 신뢰할 수 있는 전자제품은 독일 연방교육연구부의 디지털 전략 정책의 일환이며, 일련의 전문가 회의에서 에너지 효율과 지속 가능성의 우선권을 확인함
 - 향후 4년간 해당 프로그램은 지속해서 검토, 개발될 예정이며 2023년에는 프로그램의 2년 연장 및 신규 개발에 대한 논의가 이뤄질 것임
-  동 프로그램은 전자제품의 관련 미션에 대한 기여를 통해 ‘2025년 하이테크 전략(High-Tech Strategy 2025)’ 시행을 지원함

- 관련 미션은 다음과 같음
 - 안전하고 연결된 친환경 모빌리티
 - 인공지능의 실용화
 - 관련 산업의 실질적인 온실가스 중립 달성
 - 인공지능 전략
 - 디지털화 구현 전략
 - 독일 연방 정부의 2030년 기후변화 대응 프로그램
- 지속 가능하고 기후 친화적인 전자제품 측면에서 독일 연방교육연구부의 시행 전략인 ‘자연, 디지털, 지속 가능성(Natural, Digital, Sustainable)’의 주요 목표인 녹색 ICT(Green ICT-Grüne IKT)가 포함됨
- 동 프로그램은 특히 통신 기술, IT 보안, 인더스트리 4.0(Industry 4.0), 의료 기술, 포토닉스, 자동화 및 네트워크 연결 자동차(connected driving)와 관련하여 독일 연방 정부 및 관련 부처의 현재 진행 중이거나 계획 중인 다양한 연구 프로그램과 상호 작용함



마이크로일렉트로닉스 연구 및 혁신을 위한 미션과 목표

가. 미션 및 목표

-  다른 세계 및 지역에 대한 일방적인 의존 없이 유럽 내 연구와 단일 시장의 일부로서 독일의 기술적 주권을 확보하는 것을 목표로 함
-  독일 및 유럽의 기업은 자체적인 지식과 정보로 전 세계 전자제품에 대한 신뢰성 동향을 파악함으로써 무역 갈등을 줄일 수 있음
 - 독일 및 유럽산 전자제품은 높은 신뢰성을 요구하는 새로운 기준에 대해 이미 충족하고 있음
 - 자율 주행, 스마트 의료기술, 4차 산업에 의한 자체 제어 공장(Self-controlling factory) 등 신뢰성이 중요한 애플리케이션 분야에 높은 관심을 가짐
-  독일과 유럽은 전자기기들의 높은 에너지 효율 기준 달성을 통해 에너지 소비량을 줄여 기후 보호에 기여함
 - 예를 들어 조명 스위치 대신 동작 감지기와 같은 지능적인 전자 장치 제어를 통해 전기 수요를 억제할 수 있음
 - 이는 독일 정부의 기후변화 목표 달성에 중요한 기여를 함
-  예견된 인구통계학적 노동력 부족 및 건강 유지와 같은 사회적 과제에 대한 기술적 해결책을 제공하는 전자제품을 제공하고자 함
 - 스마트 어시스턴트, 사물 인터넷, AI 애플리케이션 또는 현대적이고 기후 친화적인

데이터 센터에 새로운 기술적 솔루션을 제공할 수 있는 강력하고 신뢰할 수 있는
지속 가능한 전자기기를 개발하고자 함

나. 독일 연방정부의 관련 지원 및 투자 자금 규모

 독일 연방정부는 독일과 유럽에서 새로운 기반 기술의 개발과 구현을 지원함

- 노하우(know-how) 및 연구 결과의 이전을 위해 과학계와 산업계 간의 협력과 네트워크를 지속해서 강화하며 신규 개발사항에 대한 규제와 표준화를 지원함
 - 디지털화를 위한 제품 혁신은 소프트웨어뿐만 아니라 전자 하드웨어에 점차 더 많이 의존하게 됨
- 독일과 유럽의 비약적 혁신의 촉매제로서 기초 연구에서 응용연구로의 이행을 촉진함
 - 독일 마이크로일렉트로닉스 프로그램의 직접 연구자금은 독일 연방 혁신청(Federal Agency for Disruptive Innovation, SPRIND)의 협력하에 지원됨
- 사이버 보안 분야에서 유망한 기술 개발을 촉진함
 - 독일 연방 사이버보안혁신청(Federal Agency for Innovation in Cyber Security GmbH)에서 위험이 있지만, 잠재력이 높은 과제에 대해 자금을 지원함으로써 연방정부의 요구를 충족하는 결과를 신속하게 달성할 수 있도록 함
- 신진 연구원, 스타트업 및 중소기업의 신속한 혁신을 위한 시스템을 지원함
- 새로운 연구 및 혁신과 관련한 이슈를 시기적절하게 식별하고 대처하기 위해 관련 이해관계자 간의 효과적인 대화를 촉진함
- 과학계와 산업계 모두 초국가적 관점을 가지고 동 프로그램의 연구 정책을 국가 차원과 유럽 차원에 연계함

- 국가적 조치들은 디지털 단일 시장(Digital Single Market), 유럽 그린딜(European Green Deal), 특히 유럽 공동 연구 프레임워크 프로그램인 호라이즌 유럽(Horizon Europe) 및 투자 프로그램인 디지털 유럽(Digital Europe)과 같은 유럽 주도 정책과 전략적으로 연계되어 있음

 전자 산업 거점으로서 독일의 입지를 강화하여 향후 디지털 전환을 지속해서 추진하기 위해 독일 연방 교육연구부에서 마이크로일렉트로닉스 프로그램에 중점적으로 투자할 방침임

- 독일 연방 교육연구부에서 동 프로그램에 4년간 약 4억 유로를 제공할 것임
 - 이를 통해 중요한 기술 분야를 큰 폭으로 촉진해 관련한 신규 역량을 개발하여 독일의 강점을 향상할 것으로 기대됨
- 독일 경제에너지부(BMWi)는 마이크로일렉트로닉스 및 통신 기술에 대해 같은 기간 IPCEI에 상당한 자금을 제공하는 것을 고려하고 있음

다. 독일 연방 교육연구부(BMBF) 연구자금 운용 목표

 프로그램 전반적으로 관련 목표를 설정하여 자금 운용에 대한 관리 및 지원이 이루어질 것임

- 독일 중소기업의 연구 및 혁신 이해관계자의 네트워킹과 지식 지향적 연구에서 응용연구로, 학계에서 산업계로의 이행을 지원함
 - 관련 지표로는 박사학위, 출판물, 특허, 제품 수 및 가치사슬을 포괄하는 조치, 기술 역량의 폭, 협업 프로젝트 및 기관 간의 빈번한 소통까지 고려하려 함
- 독일과 유럽에서 반도체 생산을 증대함으로써 기술 주권 획득을 기대하고 있음
 - RISC-V 아키텍처*를 기반으로 다양한 애플리케이션에 대응하는 전용 프로세서의

빠른 개발이 가능하도록 관련 혁신 에코시스템을 제공할 수 있도록 함

- * RISC-V는 오픈 명령어 세트 아키텍처로서 새로운 프로세서의 신속한 개발의 기초를 제공하는 실행 가능한 머신 명령어로 데이터 프로세스의 실행을 추상적으로 기술한 것임. '오픈'은 아키텍처가 특허 또는 저작권에 보호되지 않지만 오픈소스 라이선스로 자유롭게 사용 가능함. 특히 중소기업 등을 위해 독일과 유럽은 자체 프로세스를 개발하여 업계에 제공하도록 노력 중임
- 관련 지표로는 혁신과 생산에 관한 부문별 주요 인물들의 시간 경과에 따른 발전, 가치사슬의 적용 범위 정도 및 독일과 유럽 이해관계자들이 제공하는 혁신 생태계의 완성도 등이 있음
- 지속 가능하고 기후 친화적인 전자제품을 위해 관련 기술 개발 분야에 선구적인 역할로서 독일의 모범적 솔루션을 제시함
 - 에너지 및 이산화탄소 절감량을 정량화하는 방법과 모델의 추가 개발이 포함됨
 - 관련 지표로는 제품별 혁신의 수와 구체적인 절약 가능성이 있음
- 이 외에 개별 기술, 응용 분야 기술 및 연구 수준에 따라 각각의 요구사항에 맞춰 자금조달이 이루어지는 프로젝트 단위별 구체적인 자금 운용 목표를 특정할 것임

IV

지속 가능한 디지털 주권을 위한 기술적 조건 조성

- 지속 가능한 디지털 주권을 위해서는 마이크로일렉트로닉스와 같은 대표적인 진보된 기술과 관련하여 기본 기술을 확보하고 이를 발전시키거나 새로운 기술을 개발할 수 있어야 함

1

전자설계자동화(EDA)

- 모든 마이크로전자시스템은 설계로부터 시작됨

- 초기 아이디어에서 완제품 단계로 가기 위해서는 먼저 모든 전자회로 또는 시스템의 내부 상호작용을 고려하는 복잡한 설계과정을 거쳐야 함
- 이러한 복잡성을 관리하기 위해 설계 프로세스는 전자설계자동화(Electronic Design Automation, EDA)를 거쳐 가능한 한 자동화 됨
 - 이 프로세스를 통해 설계 단계에서 오류를 조기 감지하고 실제 하드웨어 테스트 대신 가상 최적화를 수행함으로써 개발 시간과 노력을 크게 줄이고, 미래 시스템의 성능과 신뢰성을 확보할 수 있음

- 학계 및 산업 내 기본 역량으로서의 EDA는 독일과 유럽의 기술 주권을 위한 핵심 요소임

- 상당 기업이 마이크로 전자부품을 설계할 때 주요 공급업체의 EDA 툴을 이용하나, 아날로그 전자제품에 관한 독일의 관련 산업 내 요구에 따라 조정되지 않는 경우가 많음

- 따라서 독일 내 관련 산업의 자체적인 설계 능력이 요구됨

EDA 툴의 지속적인 개발과 발전을 통해 새로운 기술과 애플리케이션의 요건을 충족시켜야 함

- 이는 미래 기술의 혁신 프로세스를 가속화하고 요구되는 시간과 자원을 줄이며 출시 기간을 단축하는 데 도움이 될 것임
- 매개변수를 설계 단계에서 시뮬레이션을 통해 최적화함으로써 복잡성 증가에 대응할 수 있음
- 이를 통해 기존의 여러 하드웨어 프로토타입의 구축 및 후속 테스트와 이에 필요한 긴 테스트 및 평가 절차가 단축될 수 있음

현재 개별 칩뿐만 아니라 시스템 단계에서도 설계 자동화가 요구되어 개발 과정에서 복잡성이 증가함

- 회선수 증가, 이종 시스템의 혼재 및 다양한 기술의 조합 등으로 인해 상당 수준의 통합 밀도와 그에 따른 물리적 상호작용이 요구되며, 특히 전자파 적합성(Electromagnetic Compatibility, EMC) 측면을 고려한 모델이 계획되어야 함
- 혁신적인 애플리케이션은 에너지 효율성, 신뢰성 및 기능 안전에 점차 초점을 맞추어 따라 모델링이 더욱 복잡해 짐

관련 연구 및 개발 분야는 다음과 같음

- 개발 플랫폼 및 생태계
 - 특정 애플리케이션용 전자 시스템은 에너지 효율, 비용 및 특정 운영 속성 측면에서 용도에 맞게 최적화가 이루어져야 하나 단기간의 개발은 수익성에 따른 위험이 있으며,

특히 소규모 기업은 필요한 전문지식이 부족한 경우가 많음

- 칩 설계 모듈 관련 지적재산(IP) 및 응용 툴을 사용하여 주문형 하드웨어를 효율적으로 작성할 수 있는 다목적 개발 플랫폼이 필요함
- 현재 RISC-V 기반과 같은 새로운 접근법 및 기술 개발이 추진되고 있지만, 관련 툴의 지원은 여전히 불충분한 실정임
- 이를 위해 확장 가능한 모듈러 기반의 하드웨어 지적재산, 소프트웨어 개발 도구(설계, 검증, 모델링, 컴파일러, 디버거)의 가용성이 요구됨

- 하드웨어 및 소프트웨어 공동 설계

- 속도와 에너지 효율 측면에서 개발 비용, 유지보수성, 갱신 가능성 및 성능 최적화를 위해서는 가장 효율적인 분배와 상호 연결 검색이 기본적으로 중요하며 이를 통해 특정 기능을 구현 가능함
- 포괄적인 모델을 통해 가상 프로토타입에서부터 가치사슬 전반에 걸쳐 하드웨어와 소프트웨어를 동시에 개발할 수 있음
- 적용된 하드웨어 아키텍처는 특히 신경 네트워크 및 신경 동형 아키텍처와 같은 고도로 특수화된 시스템에서 상당한 효율성 증가를 이룸

- 전자설계자동화를 위한 인공지능

- 인공지능을 활용하여 설계의 복잡성을 극복하고 테스트 절차를 최적화함으로써 전체 설계 프로세스를 가속할 수 있음

- 테스트 설계

- 고도로 통합되고 복잡한 칩 및 시스템에서는 외부의 많은 변수가 있을 수 있으므로 설계 프로세스 중에 적절한 테스트를 통해 이 부분이 고려되어야 함

- 아날로그 설계

- 고도로 통합된 칩 또는 시스템에서는 센서 시스템, 통신 장치 및 전원 공급장치와의 인터페이스와 같은 아날로그 전자 장치가 많이 포함된 경우가 많음
- 마이크로칩을 설계할 때 아날로그 설계에 최대 90%의 시간이 소요되나 일반적으로 이는 전체 프로세스의 10%에 불과함
- 아날로그 회로 설계 중 수많은 물리적 효과와 상호작용이 발생하므로 매우 복잡하며 포괄적인 전문지식과 경험이 요구됨에 따라 적절한 도구를 사용하여 지식과 설계 자동화를 공식화하는 것이 목표가 되어야 함

2

에지 컴퓨팅, AI, 고성능 애플리케이션 전용 프로세서 ● ● ●

-  고성능 전용 프로세서는 독일 전자 업계의 강점으로 에너지 효율, 실시간 소통, 견고성 및 신뢰성 같은 특성을 가지고 혁신을 주도할 수 있음
- 이는 애플리케이션 고유의 성능과 보안을 강화하여 사이버 보안 요건에 결정적으로 필요한 요소임
- 반면, 독일 내에는 서버, 컴퓨터 혹은 스마트폰 용 고성능 유니버설 프로세서에 대한 설계와 구축이 미비함
- 새로운 분야의 애플리케이션과 관련 요건의 확대로 인해 독일에서 이용 가능한 전용 프로세서 솔루션의 한계가 드러남
- 에지 컴퓨팅* 부문에서는 계산 집약적인 애플리케이션이 클라우드에서 종단 장치(end device)에 가까워짐에 따라 프로세서 요건이 까다로워짐

* 에지 컴퓨팅(Edge computing) 또는 에지 클라우드 솔루션(Edge cloud solution)은 클라우드 환경이 아닌 종단 장치(end device) 등 네트워크의 에지에서 데이터를 수집하고 전처리하는 전자 시스템을 의미함. 대량의 기초 데이터 세트를 클라우드로 전송할 필요가 없기 때문에 데이터 스트림을 보다 효율적인 방식으로 처리할 수 있으며, 이후 클라우드에서 추가 처리가 수행됨. 이르면 2025년부터

클라우드 컴퓨팅용 AI 프로세서보다 에지 AI 칩이 높은 매출을 낼 정도로 시장이 급성장할 수 있음

- 인공지능 부문은 처리되는 데이터의 양과 작업이 방대해짐에 따라 높은 성능의 프로세서가 요구됨

향후 애플리케이션의 속도를 높이기 위해 전자 장치와 알고리즘이 고려된 전용 프로세서가 요구됨

- 이로 인해 다양한 센서, 인공지능 및 전자소자를 통해 새로운 퍼포먼스 클래스나 애플리케이션 분야로 도약할 기회를 만들고자 함
- ‘유럽의 프로세서 정책(European Processor Initiative, EPI)’을 통해 산업에서 필요로 하는 지식을 제공할 수 있음
 - 예: 자동화 연결 구동 애플리케이션 등

관련 연구 및 개발 분야는 다음과 같음

- 모듈러형 접근방식(Modular approach)에 기반한 생태계
 - 특수 프로세서는 다양한 용도로 필요하지만, 일반적으로 소량만 필요함에 따라 모든 애플리케이션을 위한 새로운 프로세서를 개발하는 것은 비경제적임
 - 하나의 시스템에 쉽게 통합할 수 있는 확장성이 뛰어나고 유연한 모듈식 컴포넌트와 시스템은 에너지 효율이 뛰어난 마이크로 컨트롤러, AI 프로세서 등을 더욱 발전시킬 수 있음
 - 이러한 모듈러 시스템은 관련 하드웨어 및 소프트웨어를 제공하는 에코시스템을 사용하여 개발되며, 이는 중소기업이나 스타트업의 신속한 개발을 위해 신뢰할 수 있는 기반을 제공함
 - RISC-V와 같이 자유롭게 이용할 수 있는 아키텍처는 독일 산업계가 새로운 분야와

응용 분야를 효율적으로 활용할 수 있는 좋은 시발점이 됨

- 광학 및 전자광학 컴포넌트를 갖춘 프로세서
 - 전자 및 광전자(photonic) 컴포넌트의 조합은 광학 데이터 처리와 같은 적절한 애플리케이션에서 에너지 효율과 속도 증대에 크게 기여할 수 있음
- 기타 동향
 - 새로운 특수 프로세서 및 아키텍처와 저장 분야에서 비휘발성 임베디드 메모리(non-volatile embedded memories), 신경형 칩용 멤리스터(memristors for neuromorphic chip), 근사 컴퓨팅(approximate computing) 등은 에너지 절약을 위한 최첨단 기술임
 - 아날로그 방식의 컴퓨팅 또한 특정 애플리케이션과 관련해 잠재력이 있음
 - 그러나 기초 연구 기술이전과 관련하여는 아직 많은 논의가 필요함

3

혁신적이고 지능적인 연결 센서 시스템

-  센서는 기계, 장비, 지능형 시스템의 감각 기관으로서 신뢰할 수 있는 전자 시스템은 신뢰할 수 있는 데이터를 제공할 수 있는 센서가 필요함
- 센서는 이미 널리 사용되고 있으며 디지털화에 따라 그 중요성이 더욱 부각되고 있음
- MEMS(Microelectromechanical systems) 센서는 실리콘과 같은 기반 재료를 공유하는 것뿐만 아니라 대응하는 전자 시스템과의 연관성도 높아짐에 따라 단순 추가 장치(extra devices)라는 기존의 역할에서 벗어나 전자제품의 필수 부품으로 취급됨
 - 거의 모든 산업에서 복잡한 지능형 시스템의 기능적 안전과 효율적인 운영은 측정값의 수집 및 처리, 전송을 기반으로 함

- 센서는 자동 연결 운전, 산업적 생산, 로봇틱스(robotics) 등의 모든 분야에서 실제와의 인터페이스를 구성하고 인간과 기계 간의 안전과 협력을 보장함
- 센서는 지속 가능성 및 기후 보호와 관련한 프로세스의 모니터링 및 제어에도 사용됨
 - 에너지, 물, 원자재 소비에 관련 자원 효율이 높은 프로세스를 제어할 수 있게 하고 재료, 에너지, 물류, 인프라 등을 효율적으로 제어하는 데 기여함
 - 수질 감시, 이산화탄소 측정, 오염 물질 및 관련 결함을 탐지할 수 있음
 - 중형차에는 약 100개의 센서가 장착되어 온도, 속도, 각도, 압력 등의 물리량을 기록하고 이러한 비전기량(non-electronical quantity)를 전기 신호로 변환시키는 것을 통해 전자 제어 장치의 감각 기관 역할을 함

 특화된 솔루션에 대한 수요와 광범위한 적용 분야를 고려할 때 센서 기술은 중소기업에 매력적일 수 있음

- 특수 프로세서와 마찬가지로 모듈러 시스템과 개발 플랫폼이 혁신의 원동력이 될 수 있음

 관련 연구 및 개발 분야는 다음과 같음

- 새로운 센서 원리
 - 양자 효과, 신규 재료 개발, 기술 통합 등 신규 측정 원리를 기반으로 하는 센서 시스템은 신규 애플리케이션을 활용할 수 있음
- 유기 전자공학(Organic electronics)
 - 유기 전자 기반 센서는 기술적 어려움이 있지만, 이를 해결한다면 큰 잠재력을 보유하고 있음
- 랩칩(Lab-on-a-chip)

- 랩칩은 기존 랩 분석에 비해 결과를 도출하는 데 걸리는 시간을 크게 절약할 수 있기 때문에 제약, 환경 모니터링 및 식품 업계의 현장 진단(point-of-care-diagnostics, POS)에 있어 매우 중요함

- 화학 및 바이오 센서

- 화학, 반도체, 식품 및 환경 분석 등 다양한 산업에서 화학 센서는 공정 제어와 신뢰성을 개선함
- 연구개발 지원을 받아 저비용의 대용량 애플리케이션 및 제약 산업과 의약품용 등의 새로운 애플리케이션 영역을 개발하는 것이 목표임

- 기타 동향

- 지능형 센서 시스템: 에너지 효율이 뛰어난 로컬 데이터 처리 및 평가와 센서 데이터 융합은 4차 산업 및 기타 산업용 지능형 센서 시스템의 핵심 요소임
- 자가 진단(self-diagnosis) 및 자가 보정(self-calibration): 센서는 개별 애플리케이션의 특정 요구사항을 항상 충족해야 하므로 자가 진단 및 자가 교정은 별도의 추가 요건 없이 제품의 신뢰성을 높일 수 있음
- 에너지 자율 센서* 및 시스템 솔루션: 신규 애플리케이션을 지원하고 제조 단가를 낮추는데 기여함

* 에너지 자율 센서(Energy-autonomous sensor)를 이용해 열, 기계 또는 광학 에너지를 전기로 변환함으로써 가까운 환경에서 사용 가능한 에너지를 수집하여 전자 시스템, 통합 센서 기술 및 통신 장치를 작동시키는 데 사용할 수 있음. 이를 이용해 이전에는 접근하기 어려운 장소에 케이블이나 유지보수가 요구되는 배터리를 사용하지 않고 센서를 장착할 수 있음

4

통신 및 센서 기술용 고주파 전자기기

 고주파 전자 장치는 현대 통신 기술의 핵심이자 디지털화의 주춧돌로서 5G/6G

인프라 구축, 차량 거리 레이더 및 서비스 로봇에 사용됨

- 이는 안전에 중요한 부품으로 센서 시스템과 마찬가지로 신뢰성 측면에서 최고 기준을 충족해야 함
 - 독일은 기술 주권을 보장하기 위해 이 기술 자체를 발전시켜 가용성을 확보하는 데 큰 관심을 두고 있음
 - 고주파 센서 기술을 통해 해상도를 향상하는 등 관련 개발은 점차 진행 중임
- 통신 기술에서 고주파 전자 장치는 대량의 데이터의 동시 전송을 가능하게 하며, 동시에 전송 범위를 제한하여 더욱 많은 송신소가 필요하게 됨에 따라 많은 전력 소비를 피하기 위해서는 송신소의 효율 향상이 필요함
 - 이는 고주파 기술의 에너지 효율을 개선하거나 장거리 전자 및 광학 데이터 전송을 결합함으로써 해결할 수 있음
- 현재 유럽에서 부재한 기술인 10nm 미만의 크기(feature size)로 고도로 집적된 회로를 제조할 수 있는 광전자 인터페이스(optoelectronic interface) 및 실리콘 광자(silicon photonics)에 관한 연구가 유럽에 특히 필요함

관련 연구 및 개발 분야는 다음과 같음

- 레이더 시스템
 - 고도로 통합된 고주파 레이더 시스템은 시스템 특성과 제반 비용을 크게 개선할 수 있음에 따라 미래 레이더 시스템의 통합이 주요 과제가 될 것임
- 안테나
 - 높은 통합 밀도와 고주파수는 관련 안테나 제어와 하드웨어 도입 포함한 새롭고 복잡한 안테나 설계와 개념이 필요함
- 전자파 호환성*

- 주파수가 높아지는 경향은 전자파 호환성을 악화시키므로 이 분야의 연구가 요구됨

* 전자파 호환성(electromagnetic compatibility, EMC)는 고주파 전자 장치의 관점에서 동일한 장치 및 기타 장치 내의 다른 회로가 원치 않는 전기 또는 전자파 영향을 받지 않도록 하는 기술 장치 또는 단일 회로를 설계할 수 있는 능력을 의미함. 전자 시스템 간의 원치 않는 간섭은 기술적, 법적 문제일 뿐 아니라 안전과 보안과 관련되기도 함

- 통신용 고주파 전자 장치와 광학 장치의 조합

- 전자 신호와 광학 신호 간의 초기의 에너지 효율적인 변환은 주요 연구 분야이며 지속 가능성의 토대가 되기 때문에 광전자 공학의 통합 촉진을 위해 관련 설계 도구가 필요함

- 또한 이론적으로 가능한 고주파수의 잠재력을 평가하기 위해 고주파 전자 장치용 신규 기판 및 재료가 필요함

5

지능적이고 에너지 효율이 뛰어난 전력전자

 전력전자(power electronics)는 여러 학문 분야에 걸친 기술로서, 필요한 곳에 전기 에너지를 사용할 수 있도록 전력 분배, 변환 및 제어할 수 있어야 하므로 전력전자 분야의 역할이 중요함

- 주요 에너지 소비량이 지속해서 증가하고, 전기 에너지가 차지하는 비율이 계속 증가할 것으로 전망됨에 따라 파워 일렉트로닉스 분야의 중요성은 더욱 주목받음

- 디지털화가 증대되고 전기로 구동되는 애플리케이션 및 장치가 더욱 많아지는 추세 가운데 독일은 재생 에너지로 전환 중임

- 독일은 전력전자에서 중추적 역할을 하고 있으나 관련 시장이 확대, 성장함에 따라 새로운 글로벌 업체도 합류하여 단위 물량 증가로 인한 원가 경쟁에 대한 압박이 예상됨

- 독일이 해당 분야의 경쟁력을 유지하기 위해서는 비용 절감이 우선이며, 동시에 무게, 크기, 신뢰성 및 효율에 대한 요구가 강화될 것으로 보임
- 현대식 전력전자는 더욱 스마트화되고 필요할 때만 사용이 되도록 하여 에너지 효율을 증가시키고 기후 보호에 기여할 수 있음
- 향후 점차 많은 애플리케이션이 전기로 작동됨에 따라 관련 전력 수요가 2050년까지 대략 2배로 증가할 것으로 예상됨

관련 연구 및 개발 분야는 다음과 같음

- 비용 절감
 - 패키징(Packaging) 기술 및 시스템 통합에 관한 새로운 개념은 유닛의 대량 생산을 위한 유망한 연구개발 분야임
 - 미세공정 효과(scaling effect)를 통해 플랫폼과 재료의 효율을 증가시킬 수 있고 결과적으로 제조 단가를 낮추며, 활용 가능 시스템이 증가하는 효과를 가져옴
- 효율성
 - 와이드 밴드갭* 반도체에도 큰 잠재력이 있음

* 와이드 밴드갭 반도체는 밴드갭이 넓어 실리콘 기반 반도체보다 효율이 높은 반도체로, 낮은 잡음 또는 고주파 증폭기와 같은 특수한 요구사항이 있는 애플리케이션에서 사용됨. 스위칭 손실이 적고, 더 높은 전압, 온도 및 주파수에서 작동 가능함에 따라 신뢰성이 높음. 밴드갭이 넓어 청색 또는 자외선 발광 다이오드(light emitting diodes, LED)와 같은 단파장 범위(short-wavelength range)의 광학발광체(optical emitter) 또는 가시광선(visible light)에서 사용할 수 있음

 - 높은 스위칭 주파수로 작동할 수 있으므로 효율을 높일 수 있음
 - 이미 잘 연구된 실리콘 카바이드와 갈륨 나이트라이드(GaN) 외에 알루미늄 나이트라이드(AlN), 갈륨 옥사이드(Ga₂O₃) 등 새로운 반도체 소재는 전력전자 분야에서 잠재적으로 높은 효율성을 지닌 것으로 평가됨

- 지속 가능성
 - 전력전자의 내구성과 견고성이 높은 설계일수록 지속 가능성이 높아짐
 - 수급에 어려움이 있는 원자재 사용을 피하고 재활용을 포함하는 순환 경제 개념을 통해 상당히 지속 가능한 효과를 창출할 수 있음
- 지능적 전력전자 시스템
 - 스마트 전력전자 연구의 주안점은 무부하(zero load) 혹은 부분부하(partial load)이며 혹은 다른 센서 시스템과 통합이 되었을 때 효율을 높일 수 있도록 하는 것이 주요 연구 과제임
- 초저전력 전력전자
 - 이는 사물인터넷(Internet of Things, IoT)의 마이크로 디바이스에서 주로 요구되는 기술로 작은 단위 부피를 고려할 경우 에너지 효율에 대한 중요성이 점차 부각됨
 - 주요 연구주제로는 무전력 스탠바이 솔루션(zero power standby solution)과 에너지 자급률(energy self-sufficiency) 향상을 위한 연구 분야가 있음
- 전자파 적합성 및 시스템 통합기술
 - 전력전자에서 시스템 설계와 관련된 전자파 적합성은 모든 수준에서 고려되어야 함
 - 시스템의 복잡성, 통합 밀도 및 교환 빈도가 높아짐에 따라 관련 연구 과제가 계속 증가 중임

6

분야 간 기술 및 주제

 학제 간 일부 특성으로 인해 특정 기술이 여러 기술 분야에 걸쳐 중요시됨에 따라 통합적인 애플리케이션에 따른 연구비 지원과 각각의 주제에 따른 지원이

동시에 필요함

가. 시스템 통합 기술

 혁신적인 통합은 시스템의 효율성, 신뢰성을 높여 비용 효율성 향상에 기여함

- 전자제품 분야의 주요 경향은 더 많은 기능 및 컴포넌트를 하나의 시스템에 통합하는 것으로, 콤팩트 모듈, 패키지 및 단일 칩에 직접 통합됨
 - 크기나 무게의 제한으로 애플리케이션에 공간 절약형 시스템이 더욱더 필요함
- 모든 순차적인 조립 단계에서는 잠재적인 오류가 발생할 수 있으며 시스템 통합을 통해 이러한 오류를 줄임으로써 전반적 신뢰성을 향상할 수 있음
 - 이러한 기술 동향을 ‘모어 댄 무어(More-than-Moore)’¹⁾라 칭함
- 광학 및 기계 기능을 전자 시스템에 통합하는 것은 독일과 유럽 반도체 산업의 주요 강점이며, 주요 관련 기술로는 마이크로시스템 기술, 마이크로 전기기계 시스템(MEMS), 마이크로 광학 전기기계시스템(MOEMS) 등이 있음
 - 다차원 가속도계 센서(multimemsional accelerometer sensors), 자율 주행용 LiDAR (Li-DAR for autonomous driving), 마이크로 분광계(micro-spectrometer) 등이 현재 온칩(on-chip) 시스템으로 구현됨

 시스템 결합 디자인과 높은 생산량을 통해 생산비용 절감이 가능함

- 통합된 시스템을 기판 위에 바로 제조할 수 있음
- 스마트폰과 같이 높은 통합 밀도의 복잡한 전자제품을 위해서는 장치의 크기를 키우지 않고 더 많은 기능을 장치에 넣을 수 있도록 점차 더 높은 수준의 광범위한 기술이 적용된 통합된 전자 장치가 요구됨

1) More-than-Moore는 통합 밀도의 증가에 대한 경험적 관찰인 ‘무어의 법칙(Moore’s law)’와 구별됨.

 시스템이 결합하여 복잡성이 증가하기 때문에 개념적이고 기술적인 아키텍처(설계)에 대한 요구가 증대함

- 시스템에 사용되는 재료의 수가 증가함에 따라 공정난이도가 증가하고, 각각의 다른 기능에 대한 더 많은 기술적 요구사항이 발생하여 기술적 어려움을 증가시킴
- 후공정(back-end-of-line)과 같은 패키징 기술에서는 시스템 통합에 있어 자동화 프로세스와 고도의 시스템 기술이 더욱 요구되는 추세임
- 측정 및 테스트 기술은 개별 기능을 가진 제품을 테스트할 때보다 더욱더 복잡함
- 생산 단계, 특히 조립과 패키징의 외주화 추세는 완제품을 더욱 취약하게 할 수 있음

 관련 연구 및 개발 분야는 다음과 같음

- 새로운 복잡한 시스템을 위한 패키징 기술
 - 멀티칩 패키지와 시스템-인-패키지(system in package, SiP), 3D 패키징, 스택킹 기술(stacking technique) 또는 플립칩(flip-chip), 비아(via) 등의 인터포저(interposer) 기술, 임베딩(embedding), 와이어 본드(wire bond)와 솔더 콘택트 대체 개발 등이 있음
 - 별도의 회로 기판을 사용하지 않는 무기판(substrateless)의 패키징 기술은 얇고 2차원적인 평면구조로 인해 고주파수 동작 및 낮은 열저항을 갖게 됨
 - FOWLP(Fan-Out-Wafer-Level-Packaging)은 부피와 두께 면에서 소형화 가능성이 높음
 - FOPLP(Fan-outpanel-level-packaging)도 유망한 접근법임
 - 열과 응력(stress) 관리, 견고성(robustness), 재활용성 등도 필요한 연구주제임
- 제조 프로세스
 - 관련 중점 분야로는 조립 및 패키징 자동화(후공정), 적층 및 제조 공정의 통합, 부품

및 도체의 3D 프린팅, 3D 패키징 및 매립을 위한 입체 리소그래피(lithography), 맞춤형 제조 장비 개발, 적절한 측정 및 테스트 기술, 재료 절감 공정 기술 등이 있음

- 신뢰할 수 있는 전자제품을 위한 패키징 기술 및 제조 프로세스

- 웨이퍼 본딩, Chiplet 설계 및 분할제조 등의 모듈러 설계와 분산 기능 접근법 등이 새로운 시스템 통합에 있어 중요한 역할을 함

- 설계와 시뮬레이션

- 하드웨어와 소프트웨어를 동시에 개발*할 때, 시스템 아키텍처²⁾와 기능은 설계 프로세스에서 함께 고려되며 이 과정에서 다운스트림 제조 프로세스의 요건도 함께 고려되어야 함

* 하드웨어와 소프트웨어의 공동설계(co-design)는 전자부품, 보드 및 애플리케이션 소프트웨어의 동시 개발을 수반함에 따라 마이크로프로세서 제어 장치의 개발을 가속할 수 있음. 이로 인해 시스템 개발의 유연성이 장기간 유지되고 요건 변화에 따른 하드웨어 및 소프트웨어에 대한 기능 할당 조정 가능성과 같은 장점이 있음

- 관련 연구주제로는 시스템에서의 열, 기계적 또는 전자기적 복잡한 상호작용 등이 있음

나. 테스트, 검사 및 검증

충분한 테스트는 제품 신뢰성에 기여함

- 다양한 전자부품과 시스템에 대한 내구성, 중요 애플리케이션의 신뢰성 및 견고성에 대한 요구 조건과 전자 시스템 아키텍처의 복잡성이 점차 증가하고 이에 따라 제품의 결함을 유발하는 잠재적 오류의 발생 가능성이 증가함

- 위조 및 불법 복제 제품의 유통은 위험 요소이며 사용자의 안전 및 보안 위험을 초래함

2) 시스템 아키텍처는 시스템의 구조, 행위, 더 많은 뷰를 정의하는 개념적 모형임. 시스템 목적을 달성하기 위해 시스템의 각 컴포넌트가 무엇이며 어떻게 상호작용하는지, 정보가 어떻게 교환되는지를 설명함

- 따라서 테스트의 의미와 테스트 방법의 효과성이 더욱더 중요해지고 있으며 설계 및 생산 체인 전체에 적용되어야 함

관련 연구 및 개발 분야는 다음과 같음

- 테스트를 위한 설계
 - 전자 시스템은 시뮬레이션 및 시제품에서 완제품에 이르기까지 제품 개발의 모든 단계에서 효율적으로 테스트를 수행할 수 있도록 설계되어야 함
 - 이로 인해 전자제품 개발의 상당 부분의 차지하는 테스트 단계를 효율화하여 전자제품 개발 시간과 비용을 절약할 수 있음
 - 신규 기술 개발 시, 시뮬레이션 모델과 조합하여 테스트 적용 범위 규격과 테스트 설계를 지속해서 조정해야 함
- 테스트 방법 및 장비
 - 새로운 마이크로일렉트로닉스 기술의 연구개발은 항상 관련 테스트와 검증에 관한 연구개발과 병행해야 함
 - 테스트 방법은 의도하지 않은 오류를 식별하고 의도하지 않은 작동을 감지하는 데에 중점을 둠
- 다양한 컴포넌트 테스트 벤치(test bench)를 위한 글로벌 네트워크
 - 시스템을 검증하고 시뮬레이션 모델에 표준화된 구성 요소 데이터를 제공하는 것이 목적임
 - 안전한 데이터 연결성은 기업과 연구자가 구성 요소에 대한 기밀 정보를 공개하지 않으면서 구성 요소 간의 상호 작용을 분석할 수 있는 기반을 제공함
 - 모듈러형 보안 승인(modular security approval)과 같은 새로운 방식을 통해 단일 컴포넌트가 개별적으로 승인되고 모든 시스템 조합의 작동을 위해 제한을 풀어줌에

따라 테스트 벤치 활용 시간이 크게 단축됨

- 측정 방법 및 장비

- 컴포넌트의 기능 및 효율 검증, 위조품 식별을 위해 적절한 측정 방법과 장비 개발이 필요함
- 점차 높은 수준의 통합으로 인해 컴포넌트 내부의 해당하는 데이터를 식별하고 분석할 수 있어야 함

- 표준화를 통한 컴포넌트 분석

- 표준화를 통해 신뢰할 수 있는 전자부품 및 시스템에 대한 프로세스를 개선할 수 있음
- 또한 표준화를 통해 개별 부품과 전체 시스템의 검증 및 보안 승인을 위한 균일하게 구조화된 절차를 지원할 수 있음

다. 신소재 적용

 마이크로일렉트로닉스 개발의 진전은 재료 부문의 혁신에 기초하기도 함

- 구조, 구성 요소 및 시스템의 소형화 추세로 인해 관련 재료의 특성에 대한 요구가 증가함에 따라 마이크로일렉트로닉스용 신소재에 관한 연구와 활용이 필요해짐
- 관련 재료는 전자부품의 기능과 효율을 개선하고, 견고성, 신뢰성, 에너지 효율성 및 지속 가능성 등의 최우선 요구사항도 만족시켜야 함

 신소재를 적용하기 위해서는 많은 어려움이 존재하나, 기술 주권의 관점에서 혁신적인 마이크로일렉트로닉스에 대한 새로운 의존적 관계를 형성하지 않기 위해 해당 신소재 이용 및 관련 기술 습득을 위한 연구개발이 요구됨

- 이종 시스템에 다른 소재를 조합하면 시스템 통합 기술의 복잡성이 증가하고

새로운 제조 프로세스와 시스템이 필요함

- 소재 연구와 전자 연구 커뮤니티 간의 학제 간 협업이 요구됨
 - 이를 위해 신소재 개발에 중점을 둔 프로젝트는 BMBF의 '재료에서 혁신까지(From material to innovation)' 프로그램이 자금 지원함

관련 연구 및 개발 분야는 다음과 같음

- 마이크로일렉트로닉스용 신소재 및 재료 시스템
 - 신소재 외에 실리콘에 갈륨 나이트라이드를 사용하는 등 기존 CMOS 기술과의 조합은 큰 잠재력이 있음
 - 주파수와 성능요구조건이 지속해서 증가하는 고주파 전자제품에도 최적화된 신소재가 필요함
 - 신경형 컴퓨터에도 멤리스틱 소재*(Memristic material) 개발 연구가 필요함
- * 멤리스틱 소재는 뉴로모픽 전자시스템을 구성함. 멤리스티브(memristive)는 메모리(memory)와 저항(resistor)의 합성어로, 비생물학적 기술을 사용하여 생물학적 시스템의 학습 및 기억 프로세스를 모방함
- 전력 전자용 신소재
 - 알루미늄 나이트라이드 및 갈륨 옥사이드와 같은 와이드갭 소재는 전력 전자제품에 엄청난 혁신 가능성을 지님
 - 관련한 새로운 시스템 및 통합 접근 방식에는 새로운 기판과 재료가 필요함
- 센서 기술을 위한 신소재
 - 1, 2차원 재료 외에 유기 재료 및 특수 물리적 특성을 가진 재료와 같은 개선된 새로운 센서 특성을 가능하게 하는 재료와 연구가 필요함
- 지속 가능성

- 효율성, 생산, 내구성 및 재생 가능한 원자재와 같은 재활용성 등의 기준에 따라 재료를 선택함으로써 지속 가능성을 추구할 수 있음
- 중요한 재료나 희토류 성분을 대체하는 것은 퇴비 및 생분해성(biodegradable) 재료와 재생 가능한 원료의 사용 및 지속 가능성을 증가시킴

7

독일 마이크로일렉트로닉스 생산 시스템

 전통적으로 독일 산업은 기계 공학, 측정 기술, 광학 분야에서 강세를 보이며 이는 유럽 내 반도체 생산 강화 및 확대와 국제 시장에서의 매출 창출의 기회로 이어질 수 있음

- 독일은 특수 응용 분야의 플랜트 엔지니어링 분야에서 전문지식을 보유함
 - 고성능(high-output) 시스템 시장은 점차 비유럽 공급업체의 시장 점유율이 늘어나고 있음
 - 독일은 안전과 보안에 신뢰할 수 있는 전자제품 생산을 위한 작은 크기의 장비와 박막 증착 공정, 플라즈마 식각(Plasma and etching) 또는 자동화 등 분야에 우수한 기술을 보유함

 독일 기업은 Zeiss(독일)-ASML(네덜란드)와 같이 유럽 파트너와의 협력을 통해 글로벌 선도주자의 역할을 함

- 양 사는 반도체 이미징용 노출 유닛(lithography stepper) 분야에서 세계 시장을 선도하고, BMBF와 EU의 다년간 자금지원을 받아 가장 작은 반도체 피쳐(feature) 사이즈를 실현할 수 있는 새로운 EUV 스테퍼(stepper)에 대한 전 세계 유일한 공급자임
- IPCEI 프로그램을 통해 최초로 마이크로일렉트로닉스 관련 연구개발 및 필요한 관련 장비가 지원됨

- 생산 자동화는 유럽의 생산을 강화하고 생산지로서의 기술적 주권을 유지하는데 도움이 될 것임
 - 세계화로 인해 전자 산업의 노동 집약적 생산의 중심은 인건비가 낮은 지역으로 이동함
 - 독일 반도체 제조기업들은 4차 산업의 선구자로서, 반도체 패키징과 같은 생산의 후공정(백엔드) 자동화 추진에 대한 잠재력을 지님

관련 연구 및 개발 분야는 다음과 같음

- 반도체와 전자제품 생산을 위한 자동화 솔루션
 - 새로운 전자 시스템은 새로운 자동화 솔루션이 필요함
 - 자동화를 통해 생산 비용 절감과 프로세스의 신뢰성과 시스템 특성 개선이 가능함
 - 특수 시스템에 관한 연구 및 개발은 글로벌 기술 주권 경쟁에서 독일과 유럽의 입지를 강화할 수 있음
- 3차원 인쇄*를 위한 복잡한 기계
 - * 적층 제조 또는 신속 시제품 생산(Rapid prototyping)이라고도 불리는 3D 프린팅은 다양한 재료를 층별로 적용하여 3차원 물체를 만드는 제조 공정을 의미함. 적층 제조는 프로토타이핑, 산업별 및 연구 커뮤니티에서 재고의 필요성을 없애기 위해 모델, 샘플, 프로토타입, 도구 또는 예비 부품을 만드는 데 사용됨
 - 기판 재료에 전자나 센서 기능을 통합하기 위해 사용되며, 패키징 기술의 특정한 요구사항을 충족하도록 조정 가능함
 - 독일의 기계 공학에 대한 전문 관련 시장을 선도할 수 있을 것으로 기대됨
- 측정 및 테스트 기술
 - 생산 과정 내 전자 개발 및 품질 관리는 기술적으로 정교한 측정 기술이 요구됨
 - 뉴로모픽 칩(neuromorphic chip)*과 같은 새로운 재료와 기술은 새로운 측정 기술을

필요로 하며 생산공정 모니터링을 위해 직접적이고 영구적으로 생산 라인에 통합할 수 있어야 함

* 뉴로모픽 칩은 뇌의 자연 신경 세포(뉴론)와 그 상호 연결을 모델로 한 특별한 마이크로칩임. 인간의 뇌가 이전의 컴퓨터보다 훨씬 에너지 효율이 높았던 것처럼, 뉴로모픽 칩은 기존의 AI 애플리케이션용 범용 프로세서보다 훨씬 빠르고 에너지 효율이 높음. 비교적 신생의 연구 분야로서 이미 로봇에서 인공 망막 이식이나 자연스러운 움직임 시퀀스를 위한 특수 프로세서와 같은 시제품(프로토타입)을 생산함

- 독일의 측정 기술 개발은 주로 중소기업과 스타트업이 주도하고 있으며, 이를 통해 틈새시장을 공략할 수 있을 것으로 보임

8

최첨단 실리콘 기반 기술 및 전망

 반도체 부품의 성능과 에너지 효율 개선과 관련하여 부품의 소형화 추세로 인한 기능의 물리적 한계가 도달함에 따라 ‘비욘드 실리콘(beyond silicon)’ 개념에 관한 연구가 강화됨

- 획기적인 신기술과 신재료는 전자 시스템의 에너지 효율성을 발전시키고 관련 기술에 대한 주권을 확보하고 유지하는 데 매우 중요함

 관련 연구 및 개발 분야는 다음과 같음

- 새로운 구조 및 부품
 - 트랜지스터 레벨과 메모리 및 칩 아키텍처 레벨 모두에 새로운 개념을 반영함으로써 집적회로의 지속적인 크기 감소로 집적화가 증가함
 - 특정 애플리케이션에 마이크로 전자 시스템의 최적화 또는 광학 및 마이크로기계공학적 (micromechanical) 컴포넌트를 통합함으로써 칩에 추가 기능을 통합할 수 있음
 - Mem-resistor 등 신규 부품에 관한 연구도 필요함

- 연산 능력에 대한 새로운 접근
 - 메모리 컴퓨팅, 뉴로모픽 칩, 인공 시냅스와 같은 ‘비욘드 폰 노이만(Beyond von Neumann)’ 추세의 획기적인 개념과 관련된 연구가 필요함



최첨단 응용 분야를 뒷받침하는 마이크로일렉트로닉스

 마이크로일렉트로닉스는 특히 디지털화와 관련한 다양한 분야에서 혁신을 주도하고 있으며, 그 결과 애플리케이션은 신뢰할 수 있고 지속 가능한 전자제품에 대한 수요를 촉진하고 있음

1

인공지능(AI)

 인류를 위해 설계되고 신뢰할 수 있는 마이크로일렉트로닉스로 작동하는 인공지능은 유럽의 기준과 가치에 부합함

- 자동차, 제약 산업에서 4차 산업까지 점차 많은 산업이 인공지능을 기반으로 하는 방법론을 연구 중임
 - 인공지능과 빅데이터에 의존하는 자체 학습(self-learning) 시스템이 기하급수적으로 증가하는 데이터양과 컴퓨터 연산력을 기반으로 한 다양한 혁신과 비즈니스 모델을 촉진하기 때문임
- 인공지능은 프로세스와 시스템을 보다 효율적으로 제어할 수 있도록 지원하고, 에너지 효율이 높은 칩을 이용해 지속 가능성을 지원함으로써 신체에 착용 가능한 의료기기나 개인화된 인공지능 등 새로운 응용 분야를 개척함
- AI는 전자제품과 인터넷 기술 등의 전자두뇌에 해당함으로써 막대한 경제적, 사회적 기회를 제공하나 AI 자체의 잠재적 위험성을 적절하게 관리해야 함
 - 인공지능을 자사 제품에 통합하고자 하는 주체는 유럽 이외의 제조사에 의존하지 않기 위해 전반적인 경제 수준에서 자체적으로 AI 관련 가치사슬뿐만 아니라 관련

전문지식을 보유해야 함

- 이상적으로는 자체 생산이나 최소한으로 필요한 칩 기능의 설계 및 검증 가능한 지식 기반이어야 함

- 이는 유럽 사회의 요구와 가치에 부합하는 신뢰할 수 있는 인공지능 개발의 출발점임

- 많은 데이터로 인공지능 시스템을 훈련하기 위해서는 방대한 컴퓨팅 능력과 그에 따른 에너지가 필요하며 이에 대한 수요는 기하급수적으로 증가하고 있음
- 이런 이유로 많은 애플리케이션이 AI의 잠재력을 충분히 활용하기 전에 상당한 에너지 효율 개선이 우선되어야 하며, 독일과 유럽에서 만들어진 에너지 효율적인 프로세서는 이 점에서 중요한 역할을 할 수 있음
- 특수 프로세서인 에지(Edge) AI와 임베디드(Embedded) AI를 사용할 수 있게 하여 자원 보호 및 데이터 보호에 크게 기여할 수 있음
- AI 알고리즘을 클라우드가 아닌 사용자 장치에서 로컬로 처리하면 상당한 양의 에너지를 절약할 수 있으며 기술적 수단을 통해 유럽의 개인 정보보호 가치도 더욱 쉽게 유지할 수 있음

 기존의 반도체 프로세서와 함께 광학 또는 전기광학 컴포넌트를 갖춘 프로세서는 에너지 효율성과 속도를 향상하게 시킬 수 있는 큰 잠재력을 제공하고 새로운 하드웨어 기술에 대한 잠재력이 크기 때문에 독일과 유럽에서 필요한 설계 및 제조 기술 역량을 확보해야 함

- 데이터 센서, 알고리즘, 전자기기 등 정밀도로 조정되어야 하는 AI 애플리케이션을 위한 특수 프로세서의 개발은 극도로 복잡함

 고성능 컴퓨팅은 기후변화, 재생가능 에너지 및 보건과 같은 이슈부터 이동성, 보안 및 통신까지 21세기의 시급한 문제를 해결하는 데 도움이 되고 있음

- 복잡한 모델을 계산할 수 있는 강력한 슈퍼컴퓨터를 이용한 시뮬레이션을 통해 연구개발 문제를 해결하기도 함
- 고성능 컴퓨팅은 핵심 기술에 대한 독일의 선도적 위치와 과학 및 산업 입지로서의 경쟁력을 강화하는데 기여함
- 슈퍼컴퓨터의 효율성은 마이크로일렉트로닉스의 사용을 통해 크게 향상될 수 있음

 독일 연방 교육연구부(BMBF)는 EU 차원에서 Euro HPC 파트너십에 참여하고 독일 내 슈퍼컴퓨팅센터(Gauss Center for Supercomputing, GCS)를 통해 슈퍼컴퓨팅을 과학적 우수성의 기초로써 촉진하고 선구적인 산업 애플리케이션의 개발에 사용될 수 있도록 장려함

- 이에 필요한 하드웨어는 부분적으로 유럽 프로세서 이니셔티브(EPI)를 통해 개발되고 있음
 - EPI는 유럽에서 고성능 컴퓨팅을 위한 인프라를 개발하기 위한 유럽 전략의 일부임
- 해당 이니셔티브는 독일 연구자들이 참여해 슈퍼컴퓨터, 데이터 센터 및 자율 주행 자동차용 강력하고 효율적인 프로세서를 개발하는 것을 목표로 함
- EPI의 일부로서 자체 개발한 프로세서는 현재 오픈 RISC-V 명령어 집합 아키텍처와 CPU 제조업체 ARM의 라이선스를 기반으로 개발되고 있음

 통신망은 디지털 세계의 생명선으로서 고주파 기술, 광전자에서 전력전자 장치 및 특수 프로세서에 이르기까지 수많은 다른 마이크로 전자 부품으로 구성됨

- 통신 기술을 위한 새로운 애플리케이션과 비즈니스 모델이 지속해서 등장함

 마이크로일렉트로닉스를 기반한 데이터 전송 및 암호화를 위한 관련 하드웨어 제조는 통신 기술의 지속 가능성 및 기후 보호 측면을 강화하고, 유럽의 기술적 주권 형성에 중요한 역할을 함

- 스마트 그리드 형태의 디지털화는 상당한 양의 에너지를 절약하는 데 도움이 되나 기후 친화적인 디지털화는 에너지 절약형 통신 전자 장치가 필요함
 - 통신 네트워크 관련 기술로서 마이크로일렉트로닉스는 시스템 접근성, 가용성, 견고성 및 복원력, 안정적인 실시간 기능 보장 등의 면에서 엄격한 사양을 충족해야 함

 혁신적인 응용 애플리케이션은 마이크로일렉트로닉스 없이 불가능함

- 에지 컴퓨팅의 경우 전송해야 하는 원시 데이터의 양을 최소화해야 함
 - 네트워크 내의 에지 장치 또는 에지 클라우드 · 포그 컴퓨팅 접근 방식에서 측정 지점에 필요한 지능형 네트워크 설계 및 데이터 전처리를 위한 구성 요소 공급이 필요함
- 무선 전송의 경우 향후 더 많은 장치가 다양한 분야의 애플리케이션에 연결되어 데이터 센터, 에지 클라우드 시스템, 협대역 무선 기술 및 대규모 데이터 전송을 해야 하고, 새로운 5G 시스템의 전자 장치 설계에 관한 연구가 필요함
 - 이와 관련하여 5G/6G 네트워크 장비, 고주파 대역용 전자 장치, 관련 새로운 프로세스 기술 및 소프트웨어 정의 무선 기술(예: OpenRAN), 및 WLAN, LiFi 등 다양한 표준과 기술 개발과의 효율적인 결합이 요구됨

- 광섬유는 현대 무선 네트워크의 중추로서 마이크로일렉트로닉스가 필요로 함
 - 고도로 통합된 광소자 구성 요소는 전자 장치와 광학 장치 간의 효율적인 신호 변환을 가능하게 하여 에너지 소비를 더욱 줄일 수 있음

4

스마트 의료

-  의학의 한 부분으로서 디지털화는 전자제품을 통해 스마트기기와 연결된 건강 관련 애플리케이션을 가능하게 하는 기술이며 새로운 의료기기의 혁신에 기여함
 - 이를 위해 전자 장치는 애플리케이션에 따라 최소 전력 소비량, 최소 구성 요소의 크기, 높은 수준의 견고성 및 전체 시스템의 생체 적합성 등 매우 구체적인 요구사항을 만족해야 함
-  의료 관련 전자 애플리케이션은 민감한 건강 정보를 다루므로 특별 데이터 보호법의 적용을 받기 때문에 관련 데이터는 안전하고 기밀로 취급되어야 함
 - 유럽 의료 정보공간(European Health Data Space)은 유럽 국경을 넘어 데이터를 보호하고 관련 법을 준수하여 데이터에 접근하고 공유할 수 있는 구조를 구축함
 - 전염병과 같은 위기 상황에서 적절한 의료 장비가 신속하게 제공될 수 있도록 필요한 전자부품도 단기간에 충분한 양으로 제공될 수 있어야 함
-  보건 분야 같은 중요한 분야에서 유럽은 유럽 밖의 제조업체에 대한 의존도를 최소화하고 시민에게 항상 최상의 의료 서비스를 제공할 수 있게 기술적 주권을 확보하고 믿음직한 가치사슬을 형성해야 함
 - 전자부품의 신뢰성 및 가용성에 대한 엄격한 요구사항을 충족하기 위해 신뢰할 수 있는 가치사슬이 필요함

- 기술적 측면에서 필수 전자제품의 즉각적인 가용성을 개선하기 위한 몇 가지 유망한 접근법이 있음
 - 구성 요소 및 전체 기능 단위가 높은 수준의 모듈성과 교환성을 갖도록 보장함으로써 변화하는 요구사항에 유연하게 대응할 수 있음
 - 플랫폼 솔루션과 표준화된 인터페이스는 새로운 개발의 시장 출시 기간을 단축할 수 있음

새로운 마이크로일렉트로닉스 부품은 의료용 전자제품에 대한 적용 범위를 크게 넓힐 것임

- 의학 진단, 데이터 사전 처리, 약물 개발, 희귀 질병 등의 이해와 관련해 인공지능은 많은 시간과 자원을 절약할 수 있음
- 랩온어칩 애플리케이션의 새로운 바이오 센서는 치료 시 실험실 진단을 보완하거나 대체할 수 있음
- 장기간의 에너지 공급을 보장하기 위해 이식형 의료기기의 에너지 관리를 지원할 수 있음
 - 센서 및 액추에이터(actuator) 기능을 갖춘 컴포넌트는 새로운 형태의 전원 공급장치와 결합하여 더 효과적인 치료-진단(theranostic) 치료법을 가능하게 할 것임
 - 에너지 절약형 전자 시스템과 전문 AI 솔루션은 개별 환자에게 맞춤형 보철 및 정형외과 진료의 기반이 될 수 있음
- 신경 프로스테틱을 위한 고도로 전문화된 전자 시스템은 파킨슨병, 뇌전증 또는 락인(Locked-in) 증후군과 같은 불치의 신경 질환의 영향을 줄이는 데 기여함
- 마이크로임플란트는 만성 통증과 심각한 우울증을 치료하기 위해 약물을 대체할

수 있음

- 현대적 전자제품을 기반으로 하는 솔루션은 의료 및 의료 종사자의 일상적인 작업부담을 경감하고 바이오 프로세스 공학 및 제약 생산에 있어 생산공정을 지속해서 모니터링하여 생산 효율성을 향상할 수 있음

5

자율 주행

- 모빌리티와 독일 자동차 산업 관련 전자 산업은 연구와 혁신 측면에서 독일 내 가장 강력한 부문 중 하나로써 일자리와 경제적 번영을 유지하는 데 핵심적인 역할을 함
 - 운전자 보조 시스템의 전자 장치와 센서 시스템은 오늘날 이미 사고의 위험을 줄이고 생명을 보호하는 데 기여하고 있음
 - 향후 몇 년간 자동화된 연결 운전과 지속 가능한 이동 수단의 필요성이 관련 연구개발을 지배하여 미래에는 자율주행차가 도로 안전을 더욱 향상할 것으로 예상됨
 - 자율 주행은 고속도로와 도시의 교통량을 최적화하고 차량과 교통 시스템 모두에서 에너지 효율을 개선하여 소음, 대기오염, 이산화탄소 배출량을 줄임으로써 기후 보호에 기여할 수 있음
- 자율주행 차량은 모든 환경 조건에서 실시간으로 작동하는 높은 수준의 정확도를 가진 강력한 센서 시스템이 필요함
 - 센서 수 증가에 따라 컴퓨팅 시스템에서 처리해야 하는 데이터의 양이 증가하고, 그에 따라 매우 높은 수준의 컴퓨팅 성능과 인공지능과의 결합이 요구됨

 자율 주행에 사용되는 전자부품의 신뢰성과 전체 시스템이 최우선 고려되어야 함

- 모든 구성 요소와 시스템이 모든 조건에서 안전하고 안정적으로 작동하여 관련 기술을 신뢰하고 탑승자의 안전을 책임질 수 있어야 함
 - 비상시 이 기능이 더 이상 보장되지 않을 경우, 언제든지 차량을 정지상태와 같은 안전한 상태로 되돌릴 수 있어야 함
- 개별 칩에서 데이터 처리, 제어 시스템 및 인프라의 소프트웨어에 이르기까지 우발적인 간섭이나 의도적인 조작의 위험이 없어야 함
 - 이를 위해서는 가능한 변조 또는 기타 외부 영향을 탐지하고 방지하는 기술이 개발되어야 함
- 차량의 전력 소비를 줄이기 위해 일부 에너지 집약적 기능은 차량에서 분리하여 외부에서 수행하는 등 개별 시스템의 에너지 효율 개선이 매우 중요함
 - 환경에 대한 정보 수집과 데이터 처리는 인프라 또는 에지 컴퓨팅을 사용하는 클라우드에서 수행됨
 - 대기 시간 및 차량의 반응 시간을 짧게 유지하고 데이터 전송 속도를 높게 유지하는 것이 중요함

 증가하는 자율 주행 관련 발전 속도와 글로벌 경쟁사들의 압박에 따라 자율 주행 차량에 요구되는 고성능 부품 및 전자 장비와 관련하여 유연한 모듈 개념과 표준화된 인터페이스로 기술혁신을 도모해야 함

 인더스트리 4.0은 지능적이고 유연하며 네트워크로 연결된 생산 방식을 의미하므로 4차 산업혁명 못지않은 변화를 가져옴

- 인더스트리 4.0은 생산 프로세스 자체뿐만 아니라 경제적, 사회적, 환경과의 상호 작용도 변화시킨다는 점에서 독특함
- BMBF는 인더스트리 4.0 개념이 독일 산업에 매우 중요하게 여기며 미래 프로젝트로 선정함

 인더스트리 4.0에서는 생산 프로세스의 데이터가 자동으로 수집되고 다양한 맥락에서 사용되어 생산과 물류가 더 효율적이고 유연하며 데이터를 다양한 성격으로 사용할 수 있음

- 생산 설비의 예측적 유지보수와 산업 공정의 모니터링 개선은 인더스트리 4.0의 또 다른 핵심 주제임
- 생산 시스템과 프로세스가 회사의 경계를 넘어 네트워크로 연결되면 가치사슬의 협력 파트너, 판매, 마케팅 및 고객과의 상호작용을 효과적으로 분석하고 관리할 수 있음
 - 이는 연구개발에 대한 통찰력을 제공하며 고객과 파트너는 디지털 방식으로 생산에 더 빠르고, 직접적이고, 효율적으로 영향을 미칠 수 있음
- 포괄적인 디지털화와 생산 프로세스 및 운영 절차의 자동화를 통해 교차 기업 생산 및 마케팅 네트워크에 대한 새로운 비즈니스 모델과 협력 기회를 제공함
 - 전통적으로 제조 엔지니어링, 자동화, 센서 기술 및 시스템 솔루션 분야의 강력한 리더인 독일의 경우 이러한 발전은 여러 가지 측면에서 중요함
 - 독일의 기계와 플랜트 엔지니어링 산업은 국가 수요를 능가하는 높은 세계 시장 점유율을 가지고 있음

- 인더스트리 4.0과 유사하게 Agriculture 4.0 또한 효율적이고 효과적인 농업 생태계를 달성하는 데 많은 도움이 될 것으로 예상됨

 독일이 향후 글로벌 생산 거점 및 선도적 공급업체로서 경쟁력을 유지하려면 인더스트리 4.0 기술 분야에서 빠른 혁신적 발전을 이룰 수 있도록 마이크로อิเล็กทรอนิกส์ 기술이 지속해서 개발되어야 함

- 마이크로일렉트로닉스 및 센서 시스템은 인더스트리 4.0의 핵심 기술로서 실제 정보 수집 외에도 센서, 기계, 에지 컴퓨팅 및 클라우드에서 데이터 처리를 가능하게 하고 데이터 전송을 통한 내부 및 외부 통신도 가능하게 함
- 마이크로일렉트로닉스 산업은 생산을 완전히 디지털화하고 제품 개발 주기를 단축하며, 제품 수명 주기 관리를 확립할 수 있는 부품을 생산함
- 마이크로일렉트로닉스 기술은 실시간 프로세스 제어를 위한 데이터 감소 및 데이터 사전 처리뿐만 아니라 자가 진단, 구성, 최적화 및 수리를 지원함

 인더스트리 4.0을 위한 새로운 혁신적인 마이크로 전자 부품을 신속하게 생산하기 위해서는 새로운 EDA 도구를 사용하고 개발함으로써 시스템 설계가 더욱 가속화되어야 함

- 디지털 트윈(Digital Twin)의 관점에서 프로세스와 객체의 시뮬레이션과 가상화, 하드웨어-소프트웨어 공동 설계를 포함한 표준화된 광범위한 산업용 디지털 통신 프로토콜에 대한 적응에도 새로운 가능성이 필요함

 조사 결과, 독일 산업 기업의 94%가 인더스트리 4.0을 독일 산업의 경쟁력을 유지하기 위한 전제조건으로 보고 있음

- 두 명 중 한 명 이상이 인더스트리 4.0이 자신의 사업에 전반적인 활력을 불어넣고 있다고 보고 있으며, 독일 산업 기업의 거의 4분의 3은 인더스트리 4.0의 일부로서

프로세스를 변경할 뿐만 아니라 비즈니스 모델을 현대화할 계획을 세우고 있음³⁾

7

스마트 에너지 변환

 독일의 재생 에너지로의 전환 시나리오인 'The energiewende'는 에너지 전환에 대한 일반인의 인식을 바꿈

- 과거의 에너지 변환은 에너지 발전, 변환 및 수송 중심이었으나 현재의 에너지 시스템은 더 이상 수요에 맞게 공급을 조정할 수 있는 소수의 대형 전력 생산자에 의해 지배되지 않으며 생산량이 크게 변동하는 소규모 전기 생산자들의 수가 증가하고 있음
- 하루 동안 시간에 따라 크게 변동되는 전기 수요와 최종 애플리케이션의 전기화 및 디지털화의 증가가 에너지 시장을 크게 변화시킴

 유럽 전기 시장의 변동성에 따라 전력 생산과 소비의 균형을 유지하기 위해 이전보다 훨씬 더 유연한 에너지 전환, 분배 및 소비가 필요함

- 긴밀한 소통을 통해 재생 에너지의 분배 및 소비가 균형을 맞출 수 있게 되어 에너지 사용 효율을 개선하고 기후 보호에 기여할 수 있음
- 전력 그리드를 위한 양방향 시스템을 포함한 보다 더 유연한 시스템이 필요함

 미래의 전력망은 에너지뿐만 아니라 데이터를 교환하여 스마트 에너지 변환, 저장 및 운송을 가능하게 해야 할 것임

- 마이크로일렉트로닉스 기술 에너지 변환을 위한 효율적이고 유연한 전력전자

3) BITKOM Industrie 4.0 – so digital sind Deutschlands Fabriken (BITKOM Industry 4.0 – how digital are Germany's factories, in German), bitkom.org/Presse/Presseinformation/Industrie-40-so-digital-sind-Deutschlands-Fabriken (2020)

장치, 효율적이고 경제적인 에너지 자율 센서 시스템과 데이터 교환을 위한 통신 전자 장치 등을 제공함

- 이러한 기술 기반은 인공지능을 사용하여 데이터를 평가하고 복잡한 그리드를 더 빠르고 정확하게 관리하며, 생산자와 소비자가 그리드를 안정화하기 위해 스마트 파워 전자 장치를 이용하는 것을 가능하게 함
- 중-저 전압 그리드 상태 파악을 위한 기술 개발이 필요함
- 측정 및 통신 기술에 대한 높은 투자 비용, 시설 내 설치 공간 부족, 보안 데이터 전송에 대한 높은 요구사항 등을 고려해야 함



VI 관련 조직 및 기관과 구조

 마이크로일렉트로닉스의 사회적, 경제적 기회는 연방정부의 자금지원을 통해 협력함으로써 충분히 활용될 수 있으며 정부의 지원 프로그램은 다음의 세 가지 범주로 나뉨

- ① 네트워크 강화
- ② 개별 프로그램
- ③ 연구와 혁신을 위한 구조

1

네트워크 강화



 마이크로일렉트로닉스는 연구 집약적인 기술이기 때문에 근본적으로 연구와 산업 간의 긴밀한 협력에 의존하므로, 독일 및 유럽의 산업 기술 역량과 시스템 역량을 결합하는 것은 매우 중요함

- 관련 애플리케이션은 재료 과학에서 부품 및 모듈 수준, 모든 소프트웨어 구성 요소를 갖춘 시스템에 이르기까지 광범위한 노하우에 기반함

 독일의 기술적 주권 확립 목적과 신뢰할 수 있는 전자제품 개발을 위해 독일 연방 정부는 다음과 같이 여러 방면에서 협력을 도모함

① 과학계와 산업계 간의 협력

- 독일 마이크로일렉트로닉스 연구 제조 기관(FMD)은 마이크로일렉트로닉스에 관한 다양한 연구 및 전문지식을 통합하고 산업계, 중소기업을 위한 최첨단 기술에

쉽게 접근할 수 있는 중앙 인터페이스를 구성하고자 함

- FMD 연계 기관으로는 프라운호퍼(Fraunhofer), 라이프니츠 협회(Libniz Association)의 응용연구 기관 등이 있음
- 과학계와 산업계 간의 새로운 협업을 위하여 대학과 연구기관은 스타트업과의 협력 강화가 필요함

② 유럽 및 다자간 협력

- 국가 마이크로일렉트로닉스 연구 자금과 유럽 자금지원 프로그램 간의 연계는 독일과 유럽의 장기적 협력을 통해 레버리지(leverage) 효과를 창출함
- ‘유럽의 리더십을 위한 전자부품 및 시스템(Electronic Components and Systems for European Leadership, ECSEL)’ 및 유럽 내 공동 사업을 위한 주요 디지털 기술(KDT)에 해당하는 차기 과제가 EU 연구 프로그램인 호라이즌 유럽의 핵심임
- 자율 주행에 대한 독일-일본 양자 연구 협력과 여러 국가 정부 간 공동 연구 이니셔티브인 EUREKA(2016-2020년 전자 클러스터 PENTA)의 자금지원 같은 조치도 포함됨
- 이탈리아, 프랑스, 영국과 함께 독일 연방정부는 2014년에 유럽 위원회가 정립한 기준에 따라 2017년 최초의 IPCEI를 출범함
- IPCEI를 통해 유럽 국가들은 새로운 기술의 개발뿐만 아니라 생산을 가능하게 하는 목표를 가지고 협력하여 유럽 경제와 경쟁력을 강화하고자 함

③ 연방정부(Federal Government)와 주정부(Federal State, Länder) 간의 협력

- 유럽 전자제품 이니셔티브인 ECSEL의 경우 독일 연방정부는 작센주 및 튀링겐주와의 공동 자금지원을 통해 시너지를 창출함으로써 자유주의 연구 참여자들이 유럽 공동 출자 프로젝트에 참여할 수 있는 추가적인 기회를 제공함

- 마이크로일렉트로닉스에 관한 IPCEI과 관련하여 연방정부는 작센주와 협력하여 하위 프로젝트에 자금지원 중임

④ 관련 연합체, 네트워크 및 클러스터

- 아래의 관련 기관들은 네트워킹을 통해 협력하여 새로운 아이디어를 모색하고 연구 정책 토론을 위한 포럼 등을 제공하며 과학 커뮤니티, 산업 및 정치계 간의 필요한 교류 기회를 제공함
 - The industry associations ZVEI
 - German Electrical and Electronic Manufacturers' Association
 - AMA Association for Sensors and Measurement
 - The engineers' association VDE
 - Association for Electrical, Electronic and Information Technologies
 - The Plattform Industrie 4.0
 - The networks Silicon Saxony
 - Silicon Germany
 - Silicon Europe
 - The edacentrum as a network for electronics, design and applications
- 클러스터는 공통 전략에 속한 주제 분야 및 지역의 모든 관련 참가자를 통합함
 - The ECPE(European Center for Power Electronics for the power electronics sector and the leading-edge clusters)
 - Microtech Südwest
 - Cool Silicon

 마이크로일렉트로닉스 분야에서 독일의 혁신적 잠재력을 가장 효과적으로 강화하기 위해 아래와 같은 요건을 고려해야 함

- 관련 검증 기준 예시
 - 독일 산업의 강점과 관련이 있는지?
 - 특정 분야에서 의존성을 줄이는 것이 중요한지?
 - 기존 참여자들이 많은지?
 - 새로운 시장을 위한 혁신인지?
 - 독일이 이 분야의 연구 분야에서 선도적인 위치를 구축할 수 있는지?
 - 주요 목적인 산업 연구로의 이전을 강화하는 것인가? 생산으로의 전환인가?

 개별 프로그램의 효과성 검증을 위한 적절한 기준의 예시는 다음과 같음

- 기술과 애플리케이션을 촉진하고 강화하기 위해 주제와 관련된 프로그램 제안
 - 공동 연구 프로젝트 시작 점에서 고려되며 준비과정에서 새로운 주제가 발굴될 수 있음
 - 공동 프로젝트는 과학계와 산업계, 학문적으로 훈련된 차세대 젊은 전문가들 간의 네트워킹 기회를 제공함
- 다단계 공동 사업
 - 다양한 지식 기반으로 도출된 아이디어이지만 기술 성숙까지 많은 위험이 있는 아이디어에 대한 자금지원 기회를 제공함
 - 학계와 산업계가 여러 단계에 걸쳐 공동 연구를 할 수 있는 기회를 제공하여

단계별로 기술 성숙도를 높여 과제 성공을 도모함

- 혁신 경쟁

- 광범위한 공동 연구 프로젝트에 자금을 지원하기 전에 해당 분야 개발의 촉매로써 사용될 수 있는 과제에 자금을 지원함
- 첨단 연구 결과가 신기술과 응용에 사용할 수 있는 여부와 방법은 항상 즉시 인식 가능한 것이 아니기 때문에 단기적이고 고도로 집중된 보조금을 지원하여 여러 그룹이 함께 기술 개발 경쟁을 할 수 있도록 함
- 혁신 경쟁은 다양한 접근 방식을 비교하고 최고의 결과를 도출하기 위해 커뮤니티를 연결하는 도구로서 큰 잠재력을 지님

- 학교와 학생 간의 경쟁

- 전자공학 기술은 빠른 혁신의 대상으로서 창조적인 마인드와 헌신적인 젊은 과학자들에 의해 유지될 수 있음
- 중기적으로 전자 분야의 숙련인력 부족을 해소하기 위해 전자 지식 향상과 자체 개발성과를 국내외적으로 표출할 수 있는 기회를 제공함
- BMBF에서 지원하는 VDE 학생대회(The VDE student competition COSIMA) 및 그 외 여러 대회가 개최됨

- 혁신 중소기업 자금지원

- ‘KMU-innovativ(KMUi)’ 자금은 특히 중소기업의 혁신과정 참여를 위해 지원되며, 고위험성의 연구개발 프로젝트에 대한 참여 동기를 강화함
- KMUi 자금지원은 1년에 2번 평가일이 정해져 연속해서 지원 가능하며 해당 프로그램에서 다루는 모든 범위의 주제에 대해 개방되어 있음

- 유럽 다자 공동 프로젝트

- ECSEL의 중기 전략의 일부로서 EU와 국가 자금을 결합하고, KDT는 혁신과 자금지원을 위한 장기적 프레임워크를 제공하며 EU와 회원국 및 참여 산업 사이의 프로그램 일관성을 보장함
- 파일럿 프로젝트를 통해 신규 생산으로 연구 결과를 신속하게 이전하여 유럽 전자 제조업체들의 새로운 투자 의지를 위한 기초를 마련함
- ECSEL과 KDT는 이 프로그램 관련 모든 범위의 주제를 다루고 특정 주제에 대한 EUREKA 다자 프로그램을 통해 추가 지원이 이뤄질 수 있음
- IPCEI
 - 일반적으로 EU 국가들은 연구개발 프로젝트를 통해서만 국가 자금지원 영역 밖의 혁신을 지원할 수 있으나, 우선적인 범유럽적 이해관계가 있는 경우, 해당 프로젝트는 산업 도입(Industrial Deployment) 전까지 여러 EU 회원국에 의해 IPCEI로서 공동으로 자금 지원될 수 있음

3

연구와 혁신을 위한 구조

 독일은 고등 교육 및 비 대학 연구기관을 중심으로 세계적인 연구와 혁신에 적합한 구조를 통해 광범위한 응용 지향적인 마이크로일렉트로닉스 관련 연구가 이루어짐

- 관련 기관 및 프로그램은 다음과 같음
 - The Research Fab Microelectronics Germany(FMD)
 - The Fraunhofer Group for Microelectronics, part of the Fraunhofer-Gesellschaft(FhG)

- The Leibniz Institute IHP Innovation for High Performance Microelectronics
- The Ferdinand Braun Institute
- Leibniz-Institut fuer Hoechstfrequenzelektronik(FBH)
- The Group for Microelectronics
- The Leibniz Association
- The Paul Drude Institute for Solid-State Electronics
- The Helmholtz Association
- The Future Information Technology programme
- The Forschungszentrum Jülich
- The Max Planck Society
- The Deutsche Forschungsgemeinschaft(DFG), German Research Foundation

 전통적으로 독일의 마이크로일렉트로닉스 연구는 분산되어 있으며, 각 기관은 각 지역 혁신 생태계에 전문화 및 통합되어있음

- 마이크로일렉트로닉스 기술은 연구 및 장비 집약적이므로 필요한 장비 구매와 운용을 위한 비용이 많이 들어서 더 협력적이고 상호보완적인 연구가 필요함
- 비 대학 연구기관을 포함한 독일의 고등 교육기관 중 ‘독일 마이크로일렉트로닉스 연구 실험실(Research Laboratories Microelectronics Germany, ForLab)’ 프로그램에 참여하는 12개 기관은 이미 현대화 장비에 대한 5,000만 유로의 추가 투자 자금을 지원받았음

 독일 연방 정부는 헬름홀츠(Helmholtz) 센터 및 막스 플랑크 학회(Max Planck Society) 연구소와의 협력 및 산업과 지식 지향 마이크로일렉트로닉스 연구 간의 협력을 강화하고자 함

- 미래 마이크로일렉트로닉스의 기본 원리에 관한 전략적 연구 결과를 혁신 애플리케이션으로 이전하는 속도를 높이기 위해 과학계와 산업계 간의 교류 강화를 목표로 함

4

전략적 예측과 평가를 통한 동적인 프로그램

 마이크로일렉트로닉스의 빠른 혁신과 발전은 끊임없이 새로운 응용 분야로 확산하기 때문에 동적인(living) 프로그램으로써 프레임워크를 설계하고 구현할 필요가 있음

- 이를 위해서는 관련 조치를 지속해서 검토, 개발하여야 함

 연구자금에 대한 평가는 프로그램과 지속해서 병행하여 실시간 모니터링 형태로 수행됨

- 이는 경쟁 이전 연구의 영향이 간접적 · 중기적으로 개발된다는 사실을 고려하여 신속한 평가와 피드백을 가능하게 함
- 자금지원 데이터와 프로젝트 보고서를 통해 수집된 정보를 기반으로 함
- 모니터링 결과는 적절한 조치를 도출하기 위해 전략적인 예측을 가능하게 하고 우선순위 및 새로운 주제를 조정, 신규 정의하는 데 사용됨
- 증거 기반 조정을 가능하게 하며 전체 프로그램의 후속 사후 평가를 위한 기초를

마련함

- 독일은 마이크로일렉트로닉스의 중요한 전략 기술과 응용 분야에서 연구와 혁신을 위한 이러한 프로그램을 통해 유럽 파트너십에서 전략적 주도권을 강화하고 번영을 도모할 수 있음



독일 2021~2024년 마이크로일렉트로닉스 연구 혁신 계획

발 행 일 | 2022년 7월

작 성 자 | 유럽 벨기에 거점 강주석 소장 (kangjs@kiat.or.kr)

문 의 처 | KIAT 국제협력기획팀 (jskim11@kiat.or.kr)

-
- ※ 본 자료에 수록된 내용은 한국산업기술진흥원의 공식적인 견해가 아님을 밝힙니다.
 - ※ 본 내용은 무단 전재할 수 없으며, 인용할 경우, 반드시 원문출처를 명시하여야 합니다.
 - ※ 본 자료는 GT온라인 홈페이지(www.gtonline.or.kr)를 통해서도 보실 수 있습니다.



KIAT(한국산업기술진흥원)
미국 워싱턴 D.C. 거점
김은정 소장



KIAT
유럽 벨기에 거점
강주석 소장



KIAT
베트남 하노이 거점
임병혁 소장



KEIT(한국산업기술평가관리원)
미국 실리콘밸리 거점
박성환 소장



KEIT
유럽 독일 거점
박효준 소장



KORIL(한국이스라엘산업연구개발재단)
유럽 이스라엘 거점
최정인 소장