KISTEP
2022
07
JULY

반도체 강국 도약을 위한 산업발전 전략 – 민·관 역할분담 및 협력방안 모색

채명식 부연구위원 (사업조정본부)

Ⅰ. 논의 배경

■ 수요포럼은 다양한 과학기술 분야에 대한 현황분석 및 문제점 진단을 통해 대응 방안을 모색하고자 진행되며, 이번 포럼은 **반도체 강국 도약을 위한 산업발전 전략**에 관련하여 논의

■ **초연결·초지능 기술**의 전산업 **확산**에 따른 **다변화된 반도체 수요**의 급격한 증가로 **국가 필수전략 기술**로서 **반도체의 중요성 증대**

- 코로나19 팬데믹으로 가속화된 **디지털 전환**, 주요국 간 **기술패권 경쟁** 및 **공급망 재편** 움직임 등 **국내외 혁신환경 변화**
- 이처럼 반도체 **분야 활용 확산** 및 **국가 안보 차원**으로써 **인식 변화**에 따라 **주요국은 기술주도권 선점** 및 **자국우선주위** 등을 위해 국가적 차원의 **대규모 지원을 추진 중**

■ **국내 산업**에서 **반도체**는 **메모리반도체 중심**으로 총 **수출액의 약 20%를 차지**하는 **최대 수출품목**이나, **전체 반도체 산업**의 **과반 이상**을 차지하는 **시스템반도체** 분야의 **산업 경쟁력**은 **상대적으로 열세**

- 전체 반도체 산업에서 **시스템반도체** 분야의 비중은 약 57%(약 2,696억 달러)로 **메모리반도체**(27%, 1,281억 달러)의 **2배 이상을 차지**
- **국내 반도체 산업**은 **메모리 반도체 중심**으로 소재·장비·패키징 등 중·소 협력업체가 공존하는 대기업 집중형 생태계가 구축
- 다품종·고집적 소자생산이 필요한 **시스템반도체 분야**는 **여러 형태의 기업이 상생**하는 **산업생태계**와 **분야별 전문인력 확보**가 중요

■ 이와 같은 **글로벌 환경 변화에 대응**하고, **시스템반도체 분야 역량 강화**를 위해 **민·관협력**과 **역할분담**을 통해 **산업생태계 육성 및 전문인력 양성**의 필요성이 대두

제148회 수요포럼 개최 개요
(일시/장소) 2022년 7월 13일(수) 14:00~16:00 / 한국과학기술기획평가원 국제회의실
(발 표 자) 공준진 대한전자공학회 명예회장
(패 널) 손광준 SK하이닉스 CIS기획 TL, 이혁재 서울대학교 전기정보공학부 교수
김동순 KETI 반도체·디스플레이연구본부장, 유병두 한국반도체산업협회 시스템반도체실장

- 정부는 그간 민간 투자영역이라는 인식에서 벗어나 메모리 중심의 산업구조를 탈피하고 **종합반도체 강국 실현**을 목표로 **대대적인 R&D 지원 정책**을 **발표**
- 이와 같은 정부 지원에도 불구하고, 산업계는 지속적인 **전문인력 부족**을 **호소**하고 있으며, 열세인 **시장 점유율 역시 답보** 수준

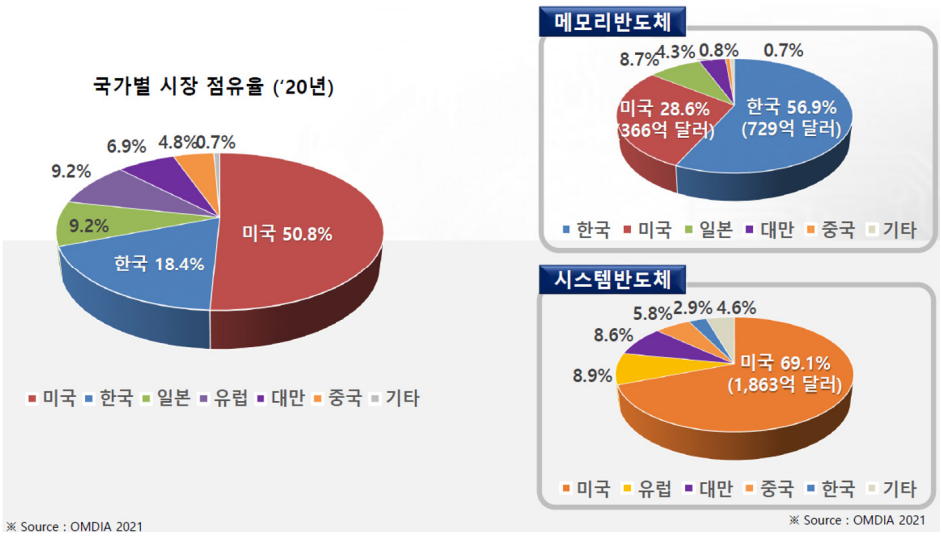
■ 본 수요포럼을 통해 **국내 반도체 산업의 발전**을 위한 **민·관협력** 및 **역할분담**에 관련한 **정책 및 투자 방향**에 대해 논의

Ⅱ. 현황 및 이슈

1 반도체 산업 현황

■ **세계 반도체 시장**은 **미국이 50.8%('20년 기준)**를 **점유**하며 주도 중으로, 우리나라는 **'13년 이후 꾸준히 2위를 점유 중**('20년 기준 18.4%)

- 세계 반도체 시장은 '20년 기준 4,733억 달러('21년 5,252억 달러 추정)로 **시스템반도체 분야가** 약 2,696억 달러로 **전체 시장의 약 57%를** 차지
  ※ 광·개별소자(755억달러)까지 포함하면 약 73.0%를 차지함
- 한편, **메모리반도체** 시장은 **전체 반도체 시장의 약 27.0%**(약 1,281억 달러 규모)를 차지하고 있으며, 향후 **성장 전망* 등 종합적으로 고려**하였을 때 **시스템반도체 시장의 중요도가 나날이 증가하는 추세**
  * 해외 유력 조사기관인 Gartner(2020)에 따르면, '18년~'24년까지 메모리 반도체 분야 연평균성장률은 DRAM(-0.5%)과 NAND(10.1%)이나, 대표적인 시스템반도체 분야인 인공지능 반도체의 경우 35.8%로 큰 폭의 시장 확대가 전망



[그림-1] 국가별 세계 반도체 시장 점유율
출처: 148회 수요포럼 발표 자료

■ 반도체 산업은 **메모리, 비메모리(시스템반도체)**에 따라 다른 형태의 **Value chain이 형성**되어 있으며, **역할 구분에 따른 다양한 기업 형태가 존재**

- **메모리반도체**는 **종합반도체 기업**(Integrated Device Manufacturer, IDM)에서 **자체적으로 설계·제조·제품화**가 이루어짐
- **시스템반도체**는 **다품종의 주문형 제품 제작**이 이루어지는 만큼 **설계(팹리스)와 생산(파운드리)의 분업화**가 일반적이며, 역할에 따라 디자인하우스, IP 업체, 후공정 기업(OSAT) 등이 존재(표1)

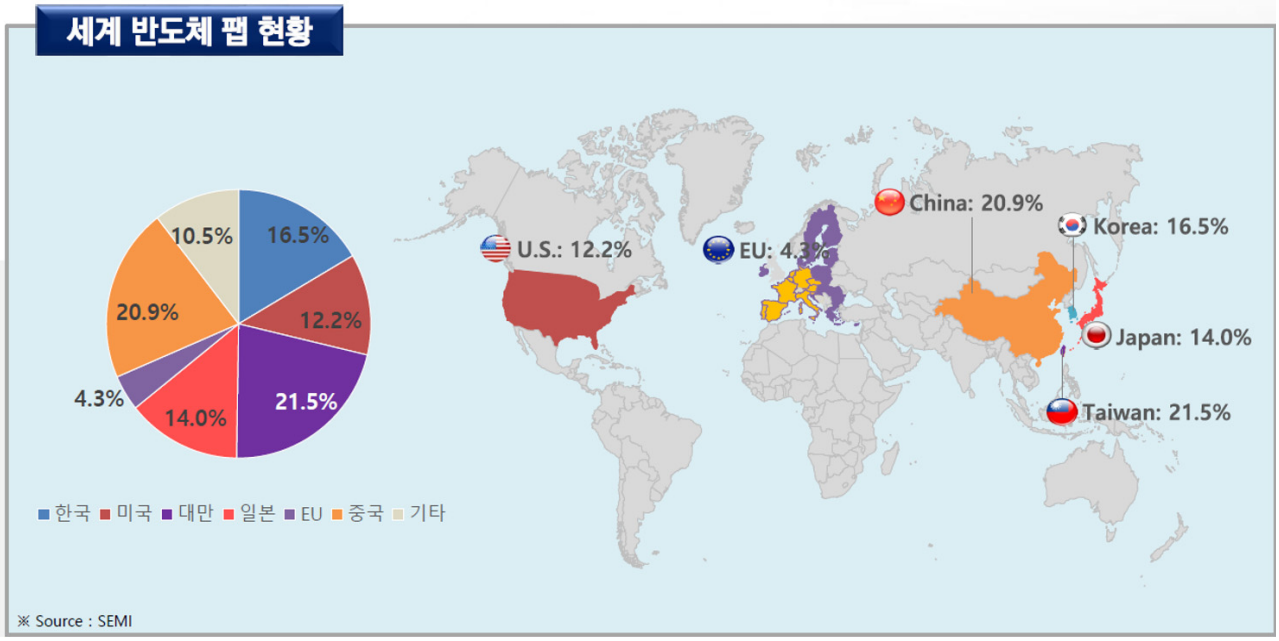
〈표-1〉 반도체 산업 Value chain과 기업 유형

유형		특징	주요업체
팹리스 (설계 전문 기업)		• 반도체 제조시설 없이 설계만을 수행 • 파운드리를 통해 위탁생산 후 제품을 판매 • 우수한 설계 기술 인력확보 필요	퀄컴(미국) 엔비디아(미국) 미디어텍(대만)
파운드리 (수탁 생산 기업)		• 팹리스 업체가 설계한 반도체를 위탁 생산 • 전문생산업체로 초기에 대량 설비투자 비용이 필요	TSMC(대만) 삼성전자(한국) UMC(미국)
디자인하우스 (설계-제조의 가교)		• 팹리스의 설계를 파운드리 공정에 맞춰 구현 • 파운드리에 따라 파트너사 형성	Faraday(대만) GUC(대만) 하나텍(한국)
IP 전문 업체		• 반도체 설계와 관련된 지식재산권(IP)취득 • IDM 및 팹리스에 라이선스를 제공에 따른 로열티가 주 수입원	ARM(미국) Synopsys(미국) Imagination(영국)
IDM기업 (종합 반도체 기업)		• 설계·제조·패키지·테스트 등 모든 생산과정을 직접 수행 • 메모리 반도체 중심으로 대규모 R&D 및 설비투자 필요	삼성전자(한국) SK하이닉스(한국) Intel(미국)
OSAT 기업* (조립 및 검사 전문기업)		• 가공된 웨이퍼 조립/패키징 전문 • 축적된 경험 및 거래선 확보 필요	ASE(대만) Amkor(미국) StatsChipPAC(중국)
후방산업	**장비**	• 반도체 제조에 필요한 장비를 제조하는 기업 • Wafer공정에 사용되는 전공정 장비, 검사장비, 조립장비, 공통적으로 사용되는 기반장비 등으로 구분	ASML(네덜란드) AMAT(미국) 세메스(한국)
	재료	• Wafer, Photo Resist, MASK & Reticle, Gas, Chemical 등 반도체 제조에 필요한 재료를 개발 및 생산	SK실트론(한국) MEMC(한국)
	부분품	• 반도체 제조장비의 제조 및 운영에 필요한 부분품 개발 및 생산	미코(한국) 메카로(한국)
전방산업		• 반도체가 장착되어 운영되는 기기를 주력 상품으로 생산하는 수요기업(예. 휴대폰, 가전, 자동차, PC 등)	애플(미국) 현대자동차(한국)

출처: 148회 수요포럼 발표 자료, KISTEP브리프 시스템반도체(2021) 재구성

■ 산업 내 역할에 따른 기업 유형뿐 아니라 **반도체 제조에 필요한 후방산업 분야(소재·부품·장비 등)** 역시 국가·기업 간 **분업화와 협업체계가 형성됨**

- 대표적으로 **반도체 제조시설**은 지정학적으로 미국(12.2%), EU(4.3%), **한국(16.5%)**, 중국(20.9%), 일본(14.0%), 대만(21.5%) 점유 중
  ※ 국내 기업 기준으로 전 세계 Capacity의 약 20%를 차지



[그림-3] 지역별 반도체 제조시설 규모
출처: 148회 수요포럼 발표 자료

■ 시스템반도체 소자 설계를 위한 전문인력에 대한 수요가 증대하고 있으며, 제조공정을 위한 차세대 미세공정 기술개발 경쟁이 치열

- **(팹리스)** 제조시설 없이 **시스템반도체를 설계하여 파운드리를 통해 위탁생산**하는 기업 형태로 **고도의 지식과 경험 등을 갖춘 전문인력 확보**가 **매우 중요**
- **(파운드리)** 공정 미세화에 따라 **지속적인 투자비용이 증가**하여 **진입장벽은 높아**지고 있으며, 승자독식이 강한 시장
- **(기타)** 디자인하우스나 IP·설계도구 기업은 시스템반도체 산업 성장에 따라 **기존 역할을 탈피하여 사업 영역을 확대** 중

■ 이처럼 분업화가 일반화된 산업구조의 특성에 따라 아래와 같이 분야별로 **전문인력이 구분** 가능(표2)하며, **경쟁력 확보를 위한 지속적인 육성**이 필요

- **반도체 제품 설계·제작**을 위해 **수학적 알고리즘을 소자로 구현**해야 하는 만큼, 유관 전문가는 **수학·물리·화학·전자·재료·기계 등 다양하고 폭넓은 이·공계 분야에 대한 지식과 경험이 요구됨**

〈표-2〉 반도체 전문가의 구분과 역할

전문 분야	역할
응용·시스템·알고리즘	- 개발대상 및 목표 설정, 문제와 구현 기능 정의
설계	- 목표 달성을 위한 Tangible IP(HW/SW) 구현 *설계전문가는 응용 / 시스템 / 알고리즘에 대한 지식과 설계 기법 보유 필요
제조·공정*·설비	- 설계된 IP/SoC를 반도체 소자로 제작 *공정 전문가는 Device Physics에 대한 지식 필요
조립·검사	- 패키징 및 검사 등 후공정 분야 전문가
품질·신뢰성	- 제작된 반도체 소자의 수율 등 품질·신뢰성 관리
소재·부품·장비	- 공정별 요구되는 소재·부품·장비의 개발 및 운용

출처: 148회 수요포럼 발표 자료 재구성

2 주요국 동향

■ **(미국)** 실리콘밸리를 중심으로 전 세계의 **반도체산업 트렌드를 주도**하며, **꾸준한 정부투자와 상대국에 대한 견제**를 통해 **반도체 패권을 유지**

- 미국 상원은 중국 등 주요 **경쟁국에 대한 견제**와 **자국 반도체 산업 육성**을 위한 **520억 달러(약 70조원) 규모**의 **'반도체 지원법'을 통과**('22.07.)

  ※ 자국 보조금을 받는 기업에 중국 투자를 금지, 반도체 제조사에 대한 25% 세금 공제, 공공 무선통신망 혁신 자금 15억 달러 지원, 국제보안 통신프로그램 5억 달러 제공 등의 내용을 포함

- **공급망 조사 행정명령**과 함께 **자국 반도체 산업의 경쟁력 강화**를 위한 R&D 지원 및 보조금 등을 포함한 **국방수권법을 발표**('21.01.)

■ **(중국)** 대규모 지원을 통해 **기술개발·인력양성·기업지원** 등 **산업 전반을 육성**하고, **자국 반도체 제품(소자, 장비, SW 등) 사용을 적극 장려**

- '중국제조 2025' 등 적극적인 육성 정책에도 불구하고, **자급률이 15% 수준에 불과**한 것으로 알려져 **공급망 자립화를 위한 대대적인 투자 추진 중**
- 설계 역량 제고, 핵심 칩 생산, 자국 반도체 사용 확대를 통해 '25년까지 **반도체 자급률 70%를 목표로 170조원 규모 지원**('16~'25년)

■ **(유럽)** EU 집행위원회는 **유럽 반도체 법안(Chips Act)을 '규정(Regulation)' 형태로 발의('22.02.)**하여 반도체 분야 사업에 총 430억 유로 투입

- **반도체 이니셔티브(Chips for Europe Initiative)** 설립을 통해 ①유럽의 집적 반도체기술 설계능력 강화 ②누구나 이용 가능한 파일럿라인 지원·개발 ③관련 기업의 자금조달을 위한 '반도체 기금' 운영 및 투자 유치 등의 활동 예정
- '통합생산 설비'와 '개방형 EU 제조공장'에 대한 체계를 제시하여 **공급망 안정화에 기여**

■ **(일본)** '00년대 이후 침체한 자국 **반도체 산업 부흥을 위해 국가전략 및 법안 발표**

- **반도체 공급망 강화**와 **첨단기술 개발·보호** 등을 골자로 한 **경제안보법 통과**('22.05.)

  ※ 반도체 등 중요 물자 공급망 강화, 사이버 공격 등에 대비한 인프라 산업 사전 심사, 첨단기술 연구개발을 위한 민관 협력, 군사 전용 가능 기술의 특허 비공개 등 포함

- 경제산업성은 **반도체·디지털 인프라·디지털 산업**의 향후 정책방향에 대해 검토하여 정리한 전략보고서 **'반도체·디지털 산업전략' 발표**('21.06.)

■ **(민간) 주요 기업 간 M&A**를 통한 영역 확대 및 **시장 지배력을 강화 중**이며, **수 nm 미세 제조공정에 대한 기술 경쟁 심화** 중

- AMD의 자일링스 인수* 등 **인수합병 및 합종연횡을 통해 시장경쟁력을 강화 중**

  * 프로그래머블 반도체(FPGA, Field Programmable Gate Array) 분야 1위 업체

- 전 세계에서 5nm 이하 미세공정은 2개社(TSMC, 삼성전자)에서만 가능한 가운데, **세계 1~2위 업체 간 미세공정 선점을 위한 기술개발 경쟁 지속 중**

3 국내 주요 이슈

■ **메모리반도체** 분야는 **세계시장을 석권 중**이나, **시스템반도체** 분야는 여전히 **산업 경쟁력에서 열세**

※ 국내 반도체 산업은 메모리 중심으로 IDM 2개사가 세계시장의 약 56.9%를 차지하며 선도 중이나, 시스템반도체 분야에서는 2.9% 수준에 머무르는 실정

- 국내 반도체 산업은 **대형 IDM***(삼성전자, SK하이닉스)**을 중심**으로 소재·장비·설계·패키징 등 **중·소 협력업체가 공존**하는 **'대기업 초집중형 생태계' 구조**가 확립

  * 국내 반도체 산업 실적에서 상위 2개社가 차지하는 비중은 약 96%로 추정('20, OMDIA)

- **다품종·고집적 소자생산**이 필요한 시스템반도체 분야는 **여러 형태의 기업이 상생**하는 **산업생태계** 형성이 필요함

  ※ (팹리스) 전문 설계인력 확보의 어려움, 수요기업과의 연계 미흡 등 전반적으로 성장기반이 취약한 실정
  (파운드리) 삼성전자(세계 2위), DB하이텍(세계 11위) 등 소수기업이 존재하나, 최첨단 공정에서 삼성전자와 그 외 업체 간 기술 및 규모 차이는 상당

- 이를 위해 정부는 기술개발뿐 아니라 기업지원 및 인력양성 등 산업생태계 육성을 위한 중장기적이고 전방위적인 지원 필요

■ 한편, 민간 투자의 영역이라는 인식으로 위축되었던 **반도체 분야 정부 투자는 '20년을 기점으로 큰 폭으로 증가**(전년 대비 245% ↑)

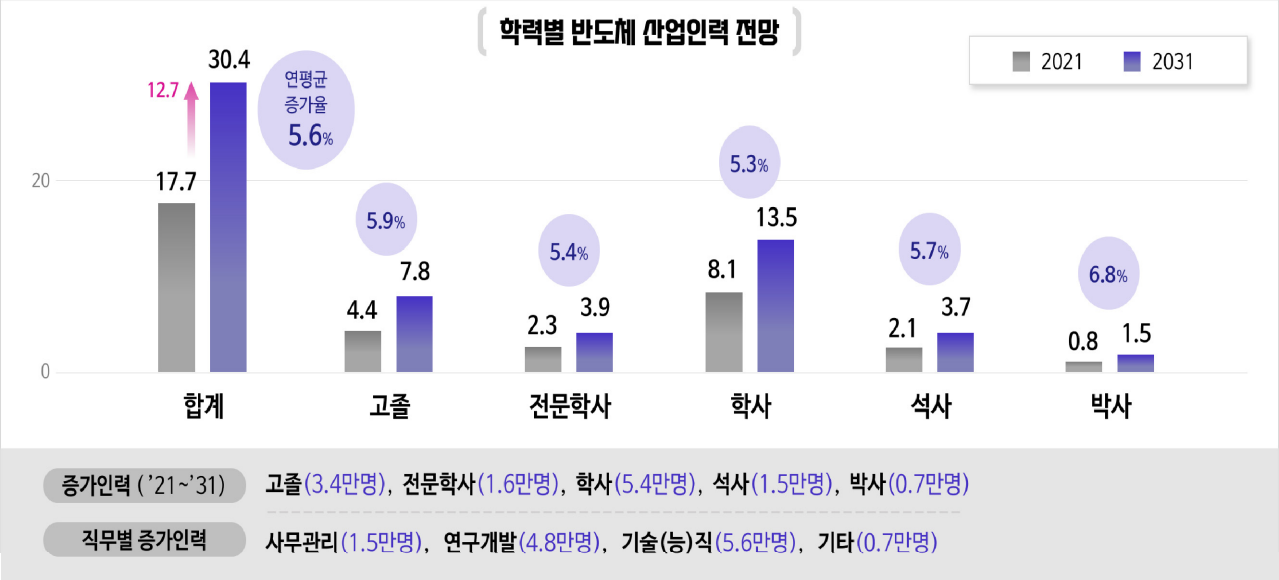
- **과기부·산업부 공동 예타사업***을 중심으로 차세대 **지능형반도체 신소자 개발, 핵심설계기술, 공정·장비 기술개발** 중점 진행 중

  * 차세대지능형반도체기술개발, PIM인공지능반도체핵심기술개발사업 등

- **기업지원**을 위해 핵심 기술력을 확보한 우수한 **팹리스를 선별**하여 **IP활용, 시제품제작, 설계툴 등 패키지 지원**
- 기업수요 맞춤형 고급인력양성, 반도체설계교육센터(IDEC)를 통한 **실무인재 양성 등 핵심 기술인력 양성 중점 지원**

■ 이와 같은 정부의 지원 확대에도 불구하고, **산업 현장에서는 지속해서 전문인력 부족을 호소**

- 반도체 산업 규모 확대에 따라, 산업인력은 **현 17.7만명 수준에서 10년 후 약 30.4만 명까지 증가**할 것으로 전망됨(한국반도체산업협회, 2022)



[그림-4] 향후 10년 반도체 산업 인력 전망(단위: 만명)

출처: 관계부처 합동, '반도체 관련 인재 양성방안', 2022

- 반도체 분야 **인력수요 급증 대비 절대적인 규모**와 **산업계 수요 맞춤형 전문인력 양성기반 등은 여전히 미흡**

  ※ 반도체 산업의 연간 채용 규모는 약 1.1만 명 수준이나 직업계고·대학(원) 신규 졸업자 중 반도체 산업 취업자는 연간 약 5천여 명 수준('20년 기준)

- **부처 간 협업(역할 및 기능 분담) 부족**, 반도체 인재양성을 위한 기업·교육기관 간 **소통 및 자원공유가 미흡**

  ※ 설계, 공정, 장비, 패키징 등 분업화된 산업구조 맞춤형 인재양성을 위해 고가의 첨단장비 및 전담인력 등 인프라 조성이 필요함

- 한편, **주요국** 역시 이와 같은 **전문인력 확보의 중요성을 인지**하고 **공격적인 인재양성·유치정책을 추진** 중

  ※ (미국) STEM(과학, 기술, 공학, 수학)분야 해외 유학생 취업 확대 및 기업 요구로 반도체 분야 해외 인력 채용 촉진 입법 검토

  (중국) 집적회로(반도체, 소자 등)를 1급 학과로 지정하여 대학·학부 신설하고, 주요 대학과 기업 간 연합을 통한 자금지원 강화

Ⅲ. 주요 시사점

■ **(산·학·연·관 협력 생태계 조성) 민·관 협력**을 통해 **반도체 소자**를 개발하기 위한 **기술적인 성장**과 **다양한 연관 산업**이 **동반 성장**할 수 있는 **협력 생태계를 육성**

- **기업, 대학, 출연연 등 고유 임무를 강화**하는 동시에 **상호보완*** **가능한** 산·학·연 **공동 역할분담과 공동 육성 시스템 도입**이 필요

  * 첨단 인프라(산), 교육 인프라(학), R&D경험·신기술 응용(연) 등과 같이 산·학·연·관은 각각의 특수성이 있으나, 부족한 실습·실험 공간(학), 기자재·SW 전문성 한계(공공), 교육 프로그램 한계(산) 등 한계도 동시에 존재

- 산업 경쟁력 확보를 위해 **혁신기술 확보**와 **사업화의 병행**이 필요하며, **학·연의 선행연구**를 통해 **사업화 가능성 확인**하고, 기업에 대한 **기술이전**을 **활성화**하여 **사업화로 연계**할 수 있는 **기술개발 생태계 조성**

  ※ 최근 주목받는 SiC, GaN 등 기반 화합물 반도체는 정부 지원을 바탕으로 스타트업·중소 기업의 다양한 연구 및 사업화 시도가 진행 중으로, 국내 학·연의 우수한 선행연구 성과를 바탕의 사업화 지원을 통해 산·학·연 간 시너지 제고가 가능

- **민·관 협력**을 통해 **중·장기적 패러다임 전환 기술**에 대한 **전략적 방향 제시**하여 **단기·중기 중심의 민간 기술개발**을 보완

  ※ 한편, 반도체 산업의 Value chain 관점에서 이미 국가·기업별로 분업화 및 협업체계가 형성된 만큼 100% 내재화보다는 핵심·전략 소재·부품·장비 중심으로 국산화를 추진

■ **(전문인력양성) 교육기회의 다변화**를 통해 고급인력, 실무인력, 재직자 재교육 등 **양적·질적 인력 양성을 위한 체계화**가 **필요**

- ①**반도체 학과를 신설**하여 전문인력을 집중적으로 육성하고, ②기존 전기전자공학계열 등 유관 학과에 **반도체 트랙을 신설·강화**하여 **산업 수요에 유연하게 대응**

  ※ 현재 반도체 특성화 학과는 계약학과 중심으로 확대되고 있으나, 대학내 안정적인 운영을 위해 관련학과의 신·증설이 지속해서 요구됨

- ③**반도체 분야 연합·융합 전공을 신설**하여 반도체 산업으로 유도하고, ④**졸업자** 및 **타분야 산업인력**을 대상으로 **반도체 분야 재교육**을 제공하여 **단시간에 인력 양성을 추진**

  ※ 예컨대 대학 내 특화 교육 센터를 운영하여 기업의 애로기술 해소와 제품 적용 등에서 발생 가능한 문제 해결을 위해 석·박사급 인력이 연구개발에 참여하여 기업에 피드백을 주는 형태의 고급·실무 인력 양성 프로그램을 통해 단기적인 효과 창출

- 또한, **고급인력**과 **실무인력을 양성하는 프로그램을 구분**하고, 전기전자·컴퓨터·재료·물리·화학 등 **융합 인력에 대한 교육 프로그램을 병행하는 형태**가 필요

■ **(정책·법·제도적 지원) 정부 R&D 지원체계의 고도화**와 **기업지원**을 **위한 다변화된 지원**을 통해 **민·관 협력 생태계 조성에 기여**

- **이어달리기형 R&D**의 **제도 개선**을 통해 **학·연의 기술개발 산출물**이 **산업계**로 이어질 수 있는 **선순환 생태계**를 **구축**

  ※ 또한, 학·연 선행연구 결과를 민간에게 지속적으로 공유·전파할 수 있도록 높은 접근성을 갖는 플랫폼 마련 및 활성화가 필요

- 정부는 **기업 간 협업**을 강화하기 위한 **정책·제도·자금 등을 지원**하고, **민간**은 **공급망 다변화**와 **개발·생산 역량**을 **강화**

  ※ 반도체 제조 분야 정부 지원 사업 및 소재(화학), 부품, 장비(물리, 기계, 전자, 통신 등) 분야 전문인력양성을 위한 Seed형 R&D 과제 확대 등 전폭적인 지원이 필요

- 초기 창업, 스케일업, 중소·중견기업 등 **기업 성장단계별 맞춤형 협력 모델 지원**을 통해 **생태계 다양성**과 **지속가능성 확보**

  ※ 특히, 공공·민간 부문의 국내 결과를 지렛대로 활용, 세계시장에서 국내 기업의 성공경험 창출·확산을 위한 통합 수출을 위한 연계 체계 구축도 필요

- 그간 반도체 소자 개발에 집중된 주요 펀드에서 **다양한 유관 산업의 동반성장을 위한 펀드로 개편**

  ※ 반도체 산업을 이해하고 같이 성장할 수 있는 전문적인 투자자를 육성하여 성장 가능성과 산업 경쟁력 높은 기업을 선별하여 충분한 자금과 성장에 필요한 지원을 유도