

美 반도체 장악 야욕, 국제안보가 흔들린다

김혁중

대외경제정책연구원
미주팀 부연구위원
hjkim@kiep.go.kr

2023년 10월 19일
디지털데일리 DIC 2023
“공급망 패권전쟁, K소부장 미래를 그리다”

- I. 미국의 반도체 산업 진흥 정책
- II. 미국의 대중국 반도체 견제 정책
- III. 전망 및 시사점

I. 미국의 반도체 산업 진흥 정책

1장. 미국의 반도체 산업 진흥 정책

흔들리는 미국의 위상 반도체는 경제 안보의 중심



*“**Overreliance** on one geographic location, **East Asia**, to manufacture chips **created economic and national security vulnerabilities**. China and the rest of East Asia account for 75 percent of the world’s production of semiconductors, and Taiwan alone produces 90 percent of leading-edge chips. **The U.S. produced nearly 40 percent of global supply in 1990, but today produces just 12 percent.**”*

...

Supply chain disruptions stemming from the COVID-19 pandemic **led to a global semiconductor shortage** that touched, by one analysis, 169 separate industries. **The chips shortage** took a toll on the U.S. auto industry, **impacting more than 575,000 jobs and reducing output by two million vehicles** compared to prepandemic.

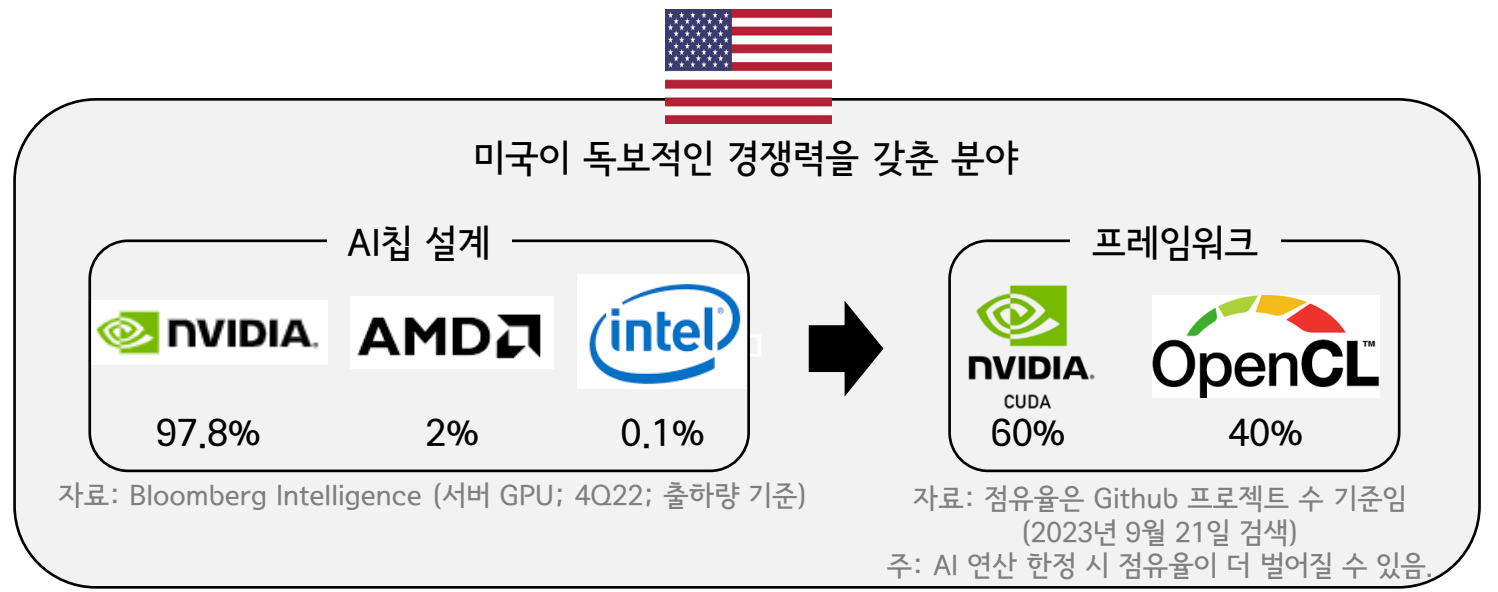
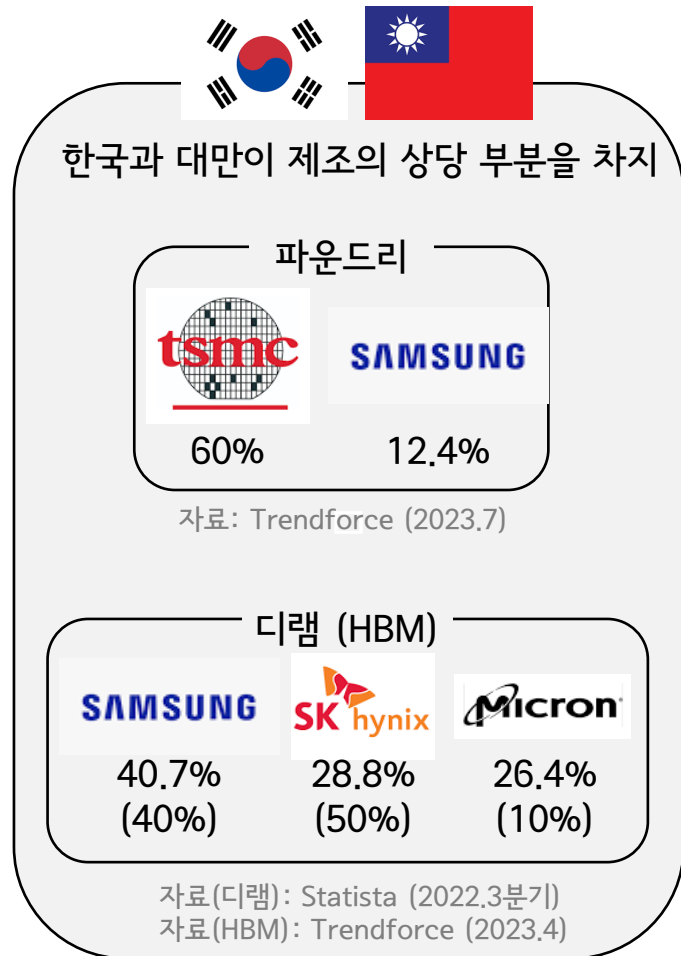
The White House (2022.9) 『The Biden-Harris Economic Blueprint』 p.25

미국은 반도체 제조 기반 상실의 미국의 경제 및 국가 안보에 심각한 위협이 된다고 인식

1장. 미국의 반도체 산업 진흥 정책

흔들리는 미국의 위상 반도체 제조 능력은 미국의 유일한 약점

향후 성장성이 큰 AI 반도체 시장에 대응하기 위한 미국의 반도체 제조 여력이 부족한 실정



1장. 미국의 반도체 산업 진흥 정책

강력한 산업정책으로의 전환



*In the name of **oversimplified market efficiency**, entire supply chains of strategic goods—along with the industries and jobs that made them—**moved overseas**.*

...

*The People's Republic of **China continued to subsidize at a massive scale** both traditional industrial sectors, like steel, as well as key industries of the future, like clean energy, digital infrastructure, and advanced biotechnologies. America didn't just lose manufacturing—we **eroded our competitiveness in critical technologies** that would define the future.*

...

*A modern **American industrial strategy identifies specific sectors** that are **foundational to economic growth**, strategic from a national security perspective, and where **private industry on its own isn't poised to make the investments needed to secure our national ambitions**.*

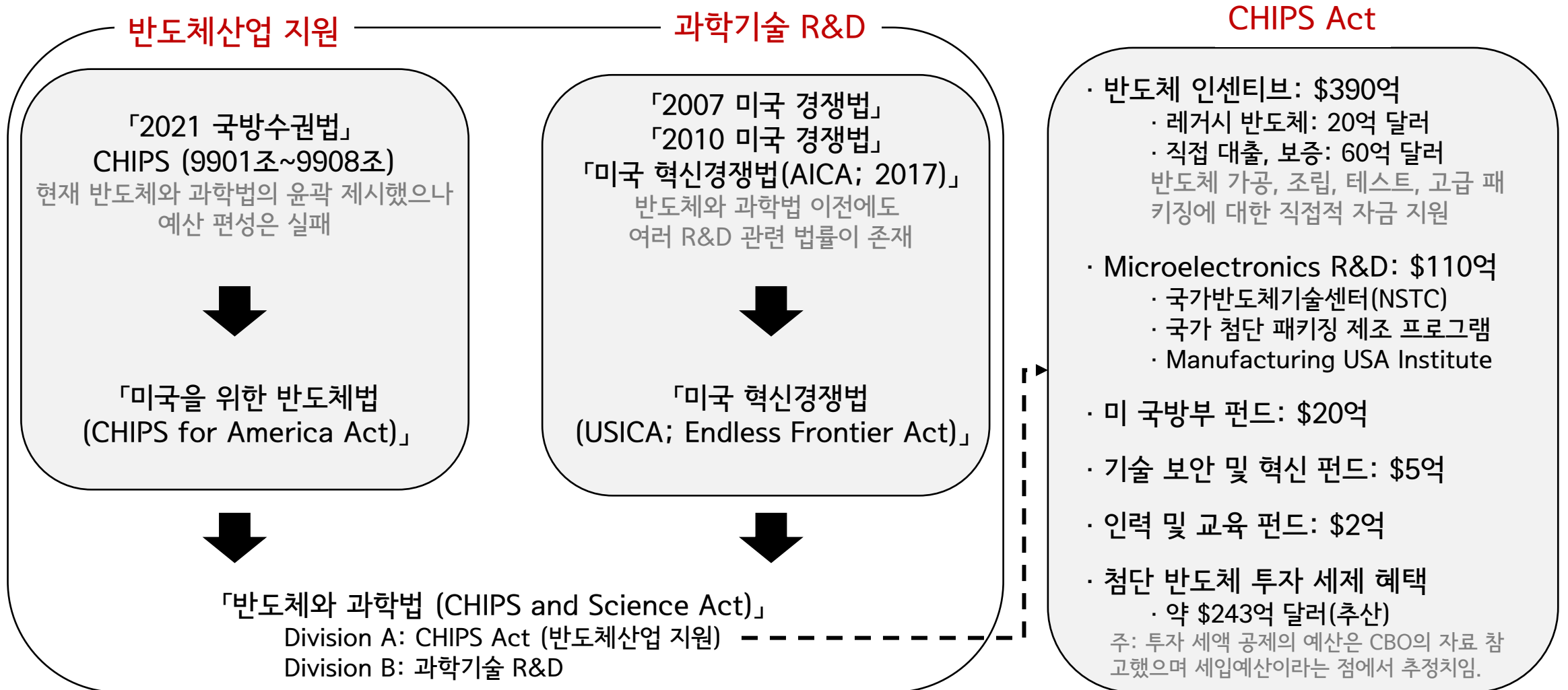
자료: White House (2023.4.27) 『Remarks by National Security Advisor Jake Sullivan on Renewing American Economic Leadership at the Brookings Institution』

- ① 시장효율성에 기반한 정책의 한계로 미국의 전략물자 공급망이 해외로 이전
- ② 중국의 보조금 정책에 대한 대응의 결여로 핵심 산업 경쟁력 약화
- ③ 민간 차원에서 국가 안보 수호를 위한 충분한 투자를 하지 못함



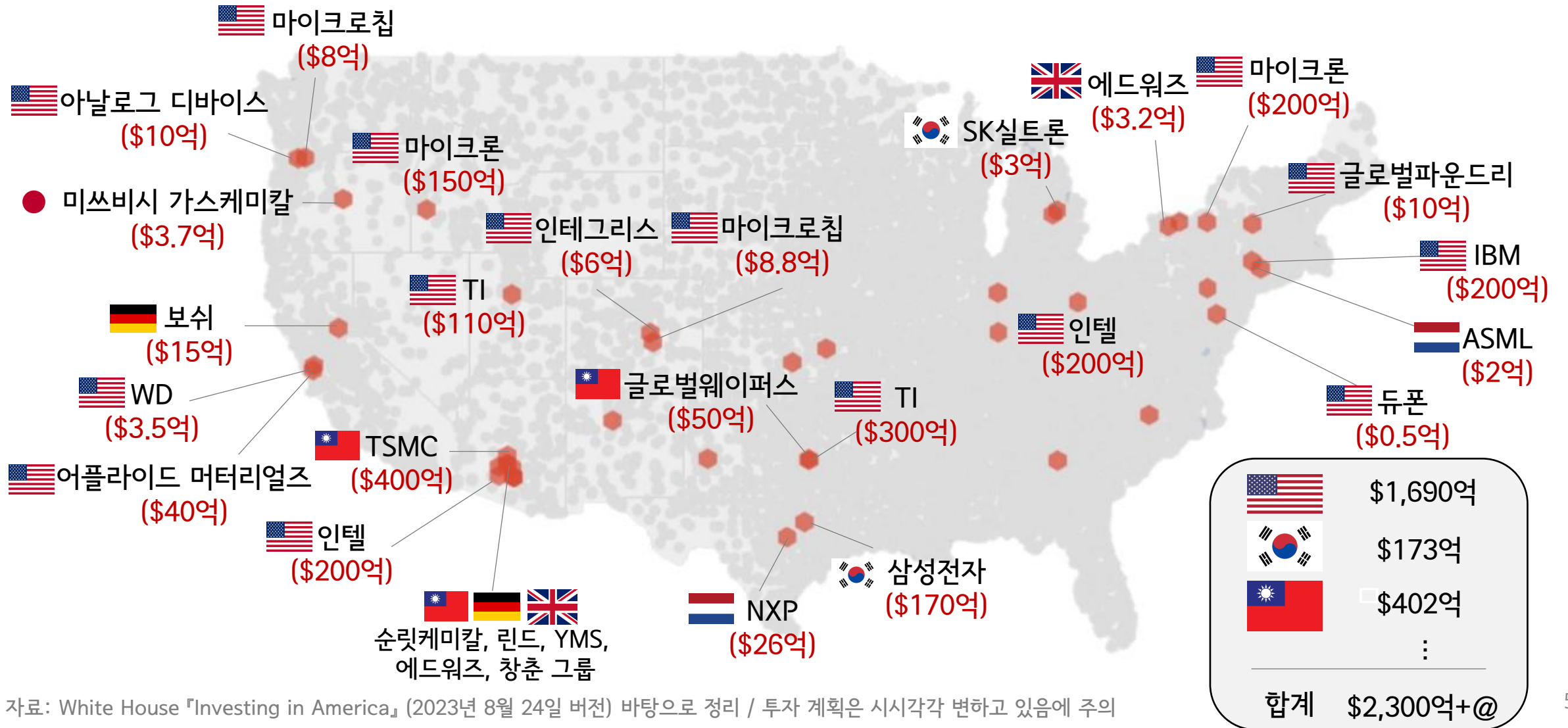
정부 주도의 강력한
산업 정책 시행의 필요성 강조

강력한 산업정책으로의 전환: 반도체와 과학법



1장. 미국의 반도체 산업 진흥 정책

미국에 대한 폭발적인 반도체 분야 투자 계획



자료: White House 『Investing in America』 (2023년 8월 24일 버전) 바탕으로 정리 / 투자 계획은 시시각각 변하고 있음에 주의

1장. 미국의 반도체 산업 진흥 정책

공급망 교란 요인: 보조금 전쟁

• 반도체 펀드 (빅펀드)

1기: 약 200억 달러 ('14년)

→ 2기: 약 290억 달러 ('19년)

→ 3기: 약 400억 달러 ('23년 예정)



자료: Reuters (2023.9.5) 「Exclusive: China to launch \$40 billion state fund to boost chip industry」
주: 이 외에도 중국은 쿠팡반, 기업소득세 면제 및 수입 관세 감면 등의 다양한 정책이 있으며 자세한 내용은 연원호 (2021) 「미·중 갈등과 중국의 반도체 산업 육성전략 및 전망」 KIEP 세계경제포커스 참조바람

• 유럽 반도체법 (European Chips Act)

· 반도체 설계능력 강화, 반도체 기금 운영 및 투자 유치

· 2nm GAA 공정, 10nm 이하 FD-SOI 기술, 이종집적 기술, 양자 반도체 등에 대한 파일럿 라인

· 2030년까지 민간투자 430억 유로(≈ 473억 달러) 투입 예정



자료: European Commission 「European Chips Act」
주: EU 반도체법에 대한 자세한 내용은 이현진, 윤형준 (2022) 「유럽 반도체 법안의 주요 내용 및 전망」 KIEP 세계경제포커스 참조바람.

• Rapidus

2025년까지 2nm대 반도체 생산 목표 (with IBM)

약 2.5억 달러 정부 보조금

• JASM (TSMC x SONY x DENSO)

투자금 86억 달러 중 약 35억 달러 정부 보조금 지원



• India Semiconductor Mission 통한 파격적인 보조금

• (≤28nm) 프로젝트비 50%

• (28~45nm) 프로젝트비 40%

• (45~65nm) 프로젝트비 30%



공급망 교란 요인: 시장질서 교란

(1) 중복, 과잉 투자



we are coordinating on our industrial strategies to complement one another, and avert a race-to-the-bottom by all competing for the same targets.

자료: White House (2023.4.27) 『Remarks by National Security Advisor Jake Sullivan on Renewing American Economic Leadership at the Brookings Institution』

But, 실제로는 경쟁적인 보조금 도입을 통한 시장 질서 교란 현상이 벌어지고 있음!

(2) 실효성

보조금 지급을 통해 산업 경쟁력을 강화하는 것이 이미 성숙한 반도체 산업에 적용 가능할지 의문
투자세액 공제(25%) + 직접보조금(5~15%)이 과연 언제까지 지속될 수 있을 것인가?

(3) 인위적인 생산 네트워크 재배치

이미 장기간에 걸쳐 형성된 반도체 생산 네트워크를 특정 국가를 중심으로 혹은 배제하는 방식으로 재배치
정책의 불확실성으로 인해 기업의 장기적인 전략 수립에 차질 발생

II. 미국의 대중국 반도체 견제 정책

2장. 미국의 대중국 반도체 견제 정책

미국의 대중 반도체 견제 오랜 시도와 한계: 슈퍼컴퓨터 통제

발단

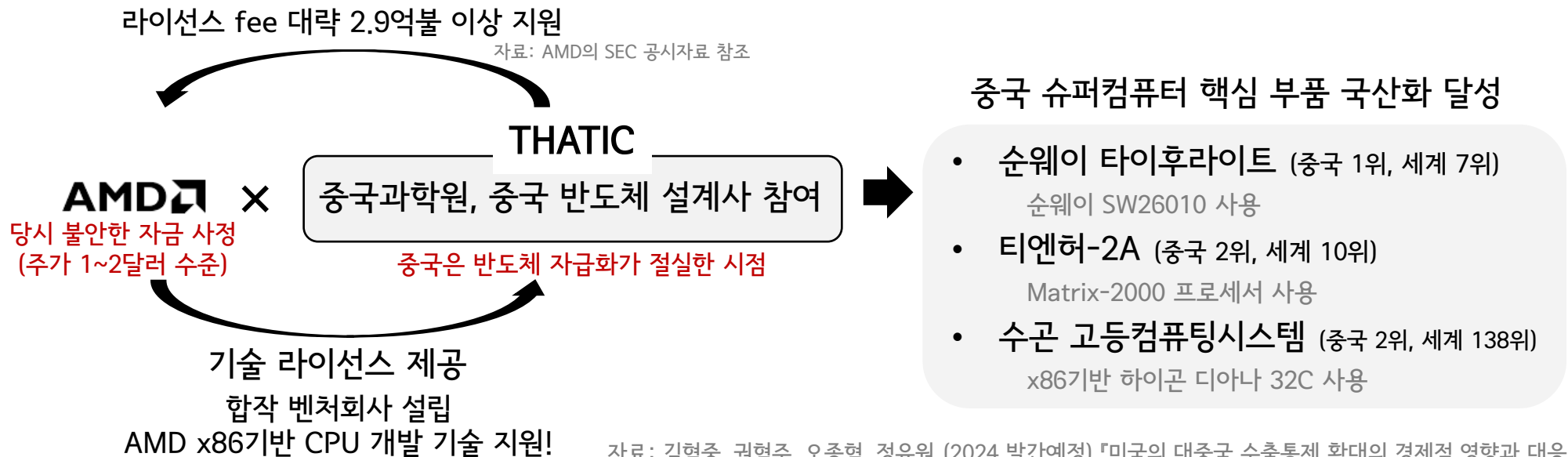


NUDT has used U.S.-origin multicores, boards, and (co)processors to produce the TianHe-1A and TianHe-2 supercomputers located at the National Supercomputing Centers in Changsha, Guangzhou, and Tianjin. The TianHe-1A and TianHe-2 supercomputers **are believed to be used in nuclear explosive activities** as described in § 744.2(a) of the EAR.

자료: Federal Register (2015.2.18.) 80 FR 8524 「Addition of Certain Persons to the Entity List; and Removal of Person From the Entity List Based on a Removal Request」

핵개발에 쓰이는 중국의 슈퍼컴퓨터 사용을 좌시할 수 없다! → 수출통제를 통해 미국산 슈퍼컴퓨터 부품 공급 차단

중국의 대응 & 결과



미국의 대중 반도체 견제 오랜 시도와 한계: SMIC 통제

오바마: 사이 좋았던 시절

미국의 VEU(검증된 최종사용자) 제도 신설 (2007.6.19) ➡ 바로 SMIC를 VEU에 추가 (2007.11.19)

VEU(Validated End-User)제도: 교역 촉진을 위해 VEU에게는 극히 일부 분야(미사일 기술, 범죄 통제 등) 제외하고 허가 없이 수출 승인

➡ SMIC의 VEU 지위 자진 포기 (2016.12.5)

트럼프: 수출통제 시동 SMIC에 대한 10nm 이하 기술 공정에 필요한 장비 허가에 거부추정의 원칙 적용 (2020.12.18)

↓ 대략 2년 후...

결과 SMIC가 7nm 수준의 반도체 제작? (2022.8월경)

자료: TechInsight 「Comparison confirms that SMIC reaches 7nm without access to western equipment & technologies」



바이든: 수출통제 확대 광역 반도체 수출통제('22.10.7)로 로직 16/14nm 이하에 대한 수출통제 (자세한 내용은 후술)

결과 **HUAWEI Mate60 Pro**

TechInsights Finds SMIC 7nm (N+2) in Huawei Mate 60 Pro



미국의 대중 반도체 견제 절치부심한 미국의 선택

바이든 행정부의 수출통제 ('22.10.7)

문제의식

- ① 개별 기업이 아닌 광역 수출 통제가 필요
- ② 미국 기업 판매 제품만 막아서 될 일이 아니다

중국 내 제조시설 통제

- ① 로직반도체 16/14nm 이하, or
- ② DRAM 선폭(half-pitch) 18nm 이하, or
- ③ NAND 128단 이상

미국인의 지원 금지

중국내 제조시설 통제에 해당하는 곳에 미국인의 지원도 허가를 필요로 함

첨단 반도체 수출 통제

- A1. 반도체의 TOPS x 비트길이 > 4,800, and
- A2. 양방향 전송속도 600Gb/s 이상

FDPR 적용

슈퍼컴퓨터 통제

- 41,600 세제곱 피트 이하의 영역에서 최대 이론적 컴퓨팅 능력이 64비트 기준 100 PFLOPS, 혹은 32비트 기준 200 PFLOPS 이상

FDPR 적용

수출통제 최종 버전 (곧 발표 예정)

주의: 수출통제 최종 버전에 대한 공식 발표는 아직 없었음.
언론보도에 따르면 다음과 같은 사항이 담길 것으로 관측됨.

중국 내 제조시설 통제

- 삼성전자, SK하이닉스에 대한 VEU 지위 부여와 함께 수출통제 적용 무기한 유예

자료: 다수의 한국 언론 보도 및 대통령실 발표 내용 참조

- 반도체 장비에 대해서도 FDPR 적용 검토 중

자료: Reuters (2023.6.30) 'Exclusive: US, Dutch set to hit China's chipmakers with one-two punch'

첨단 반도체 수출 통제

- 클라우드 컴퓨팅을 통한 수출통제 우회로 차단

자료: WSJ (2023.7.4) 'U.S. Looks to Restrict China's Access to Cloud Computing to Protect Advanced Technology'

- 수출통제선을 기존 엔비디아 A100 수준에서 A800 수준으로 하향 (대상 확대)

자료: Reuters (2023.6.30) 'Nvidia sees permanent loss of opportunities from China export curbs'

FDPR(Foreign Direct Product Rule): 미국이 생산하지 않았더라도 미국의 기술이나 부품이 들어간 외국산 제품도 수출통제 대상으로 취급하는 세컨더리 보이콧(secondary boycott) 제도를 의미함.

2장. 미국의 대중국 반도체 견제 정책

미국의 대중 반도체 견제 현황 1: 중국의 반도체 제조 장비 수입 둔화

중국의 반도체 제조 장비 수입 비교: 2022년 1~5월 vs 2023년 1~5월



2장. 미국의 대중국 반도체 견제 정책

미국의 대중 반도체 견제 아웃바운드 투자 규제

행정명령 14105



I, JOSEPH R. BIDEN JR., President of the United States of America, find that **countries of concern** are engaged in comprehensive, long-term strategies that direct, facilitate, or otherwise support **advancements in sensitive technologies and products that are critical to such countries' military, intelligence, surveillance, or cyber-enabled capabilities.**

...

I hereby declare a **national emergency** to deal with this threat.

우려국가(countries of concern): 중국, 홍콩, 마카오

자료: The White House (2023.8.9.) 『Executive Order on Addressing United States Investments in Certain National Security Technologies and Products in Countries of Concern』

재무부 아웃바운드 투자 규제안(ANPRM)

반도체와 마이크로전자기기

- ① 첨단 반도체 기술: △EDA 소프트웨어 △전공정 장비
- ② 첨단 반도체 설계 및 생산
기존 수출통제('22.10.7)의 △첨단 반도체 △반도체 제조시설 △갈륨기반 화합물 반도체 △그래핀 트랜지스터, 카본 나노튜브 사용하는 집적회로 △4.5켈빈 이하에서 작동하도록 설계된 집적회로 △3차원 집적(실리콘 혹은 몰드 비아 활용)을 지원하는 반도체 패키징
- ③ 슈퍼컴퓨터 설치 및 판매

금지
(그 외 집적회로 설계, 제조, 패키징에 관한 사항도 신고 대상)

AI 시스템

군사적, 정부 정보(government intelligence), 대중 감시를 전적으로 최종 용도로 활용하는 'AI 시스템'의 소프트웨어 개발

금지

AI 시스템이 전적으로 △사이버 보안의 응용 △디지털 포렌식 도구 △로보틱 시스템 제어 △대화 당사자 동의 없이 대화를 청취할 수 있는 장치 (surreptitious listening devices), △비협조적 위치 추적(non-cooperative location tracking) △안면 인식에 사용

신고 대상

미국의 대중 반도체 견제 한국을 비롯한 글로벌 기업의 우려

(1) 한국의 입장에서 생산 불안정성 우려

- 한국의 삼성전자(시안), SK하이닉스(우시, 다렌) 생산의 상당 부분이 중국에서 이루어지고 있음
- 수출통제의 무기한 유예로 EUV 장비를 제외한 수출통제 대상 품목의 반입이 수월해진 것은 매우 긍정적임.
- 그러나 EUV 장비 도입 어려움으로 디램 기술 업그레이드가 곤란할 수 있으며 반도체법 가드레일 조항으로 캐파 확장 제한에 대한 우려 존재
- 반면, 중국의 추격자에 대한 견제가 이루어져 수혜를 입는다는 입장도 존재함.

(2) 과연 미국 기업에도 이득이 되는 일인가?

- (미국의 반도체 장비 경쟁력 저하 우려) 어플라이드 머티리얼즈, 온투이노베이션, 테라다인 등의 미국의 주요 장비사가 일방적(unilateral) 수출통제로 인한 악영향을 우려함.

자료: Regulations.gov 「Comments: Implementation of Additional Export Controls: Certain Advanced Computing and Semiconductor Manufacturing Items; Supercomputer and Semiconductor End Use; Entity List Modification」

(3) 이걸로 과연 중국의 반도체 굴기를 저지할 수 있을까?

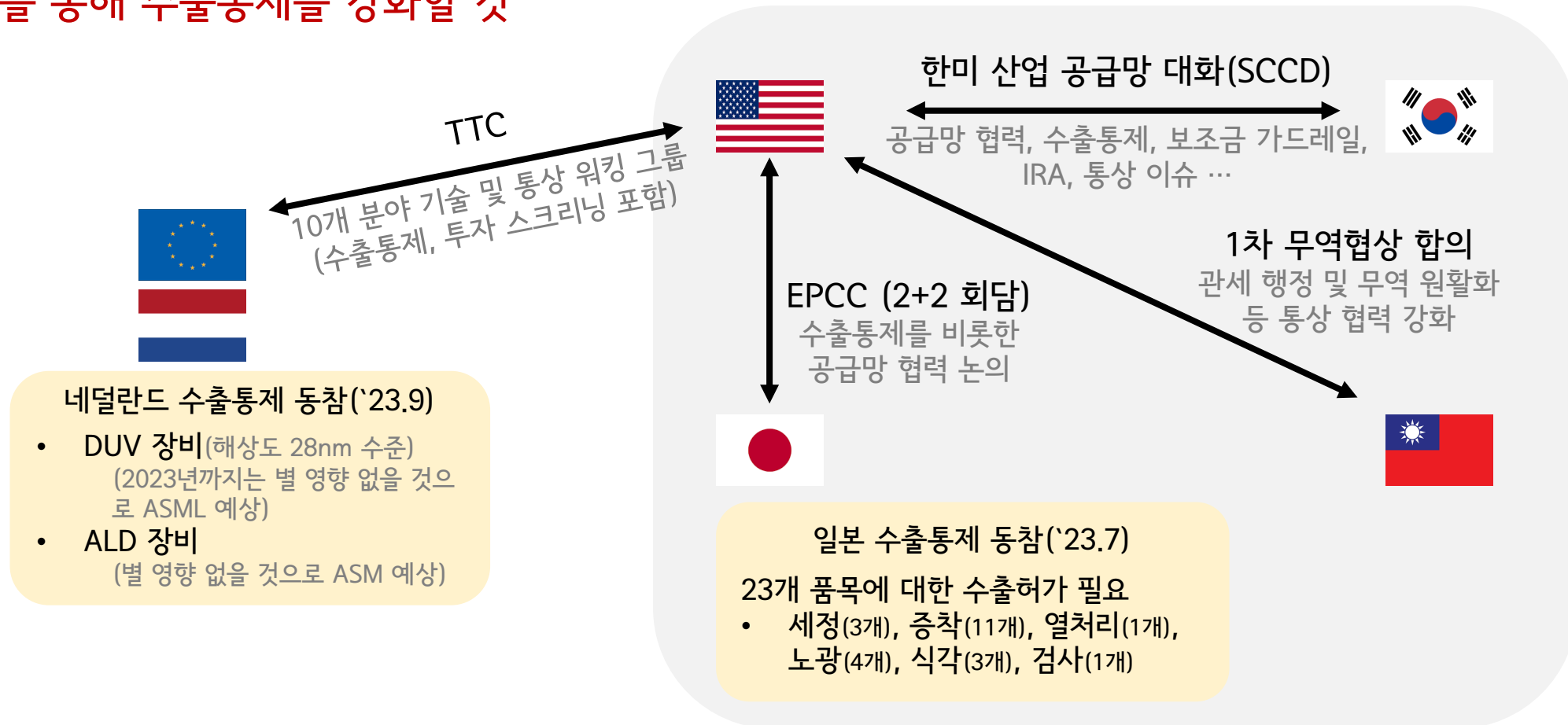
- 현재까지 수출통제로 중국 반도체 산업을 제한하지 못했으며, 시간이 주어진다면 중국이 극복할 것으로 보임
- 중국의 장비 경쟁력이 점차 상승하고 있으며 3기 빅펀드에서도 해당 부분에 집중할 계획
- 다만, 중국은 우리에게 큰 위협이 되었던 메모리 반도체 경쟁력에 대한 모멘텀 회복이 쉽지 않을 것으로 보임.
- 소부장 측면에서의 중국의 경쟁력 강화가 우리에게 큰 위협이 될 것으로 예상

2장. 미국의 대중국 반도체 견제 정책

미국 주도 반도체 공급망 재편 수출통제 다자적 접근 & 공급망 협력 확대

바이든 행정부는 지속해 동류국가와의 연대를 통해 수출통제를 강화할 것

칩4 (팹4; 반도체 공급망 회복력 작업반)
U.S.-East Asia Semiconductor Supply Chain Resilience Working Group



Ⅲ. 전망 및 시사점

미국의 정책 향후 정책 방향 전망

반도체에 있어서 바이든과 트럼프 간 큰 차이는 없을 것

- 바이든은 트럼프 행정부의 대중국 반도체 견제 조치를 계승 및 강화해라고 평가할 수 있음.
- 트럼프와 바이든은 이민 / 환경(및 IRA) 문제 외에는 경제안보 정책에 큰 차이가 없음.
- 반도체와 과학법의 보조금 제도도 트럼프 행정부에서 크게 바뀔 것으로 보이지 않음.

수출통제와 같이 의회 동의가 필요 없는 부분은 지속해 업그레이드 될 것

- 미국은 첨단반도체와 슈퍼컴퓨터에 대한 최종 용도 규제 확장 및 FDPR 적용 후 블랙리스트 (Entity List)를 빈번하게 업데이트하고 있음.
- 핵심 신흥 기술의 반도체 관련 대분야(AI/반도체와 마이크로일렉트로닉스/고등 컴퓨팅)는 모두 규제 영향권에 들어온 상황
 - ✓ 만약 규제가 추가로 가해진다면 아직 건드리지 않은 소분야에 대해 접근할 것으로 예상
- 바이든 행정부에서 아웃바운드 투자 규제와 수출통제도 동조화를 시도할 수 있음.

3장. 전망 및 시사점

반도체 분야 규제 교통정리가 필요한 상황

| 아웃바운드 투자 규제 | | 수출통제와의 비교 | 예상 방향 |
|---|-----------------------------------|--|--|
| 대분류 | 소분류 | | |
| 첨단 반도체 기술 | EDA 소프트웨어 | 아웃바운드 투자 규제 범위가 훨씬 넓음 | 아웃바운드 투자 규제가 불필요하게 넓어 아웃바운드 투자 규제 수준이 조정될 것 으로 보임 |
| | 전공정 장비 | | |
| 첨단 반도체 설계 및 생산 | "AI 반도체" (ECCN 3a090) | '22.10.7 수출통제와 대동소이 | 수출통제가 조정되면 아웃바운드 규제도 이에 맞춰질 것으로 보임 |
| | 반도체 제조시설 | | |
| | 갈륨기반 화합물 반도체 | 기존 목록 기반(item-based) 수출통제와 일부 관련되나 재무부가 독창적인 제시한 개념으로 보임 | 당장은 어려울 수 있으나, 장기적으로 수출통제에 반영될 가능성이 있음. |
| | 그래핀 트랜지스터, 카본 나노튜브를 사용하는 IC | | |
| | 4.5켈빈 이하에서 작동하도록 설계된 집적회로 | | |
| 3차원 집적(실리콘 혹은 몰드 비아 활용)을 지원하는 첨단반도체 패키징 | 수출통제에는 없으나 반도체법 가드레일 조항 최종규정에서 반영 | 수출통제에도 빠른 시일 내 반영될 가능성 있음. | |
| 슈퍼컴퓨터 설치 및 판매 | | '22.10.7 수출통제와 대동소이 | 현행 수출통제와 유사할 것으로 예상 |

자료: 저자 작성

시사점 우리의 의견 개진 방향

규제에 대한 타 국가/업계 의견이 구체적이고 명분을 갖춘다면 미국도 받아들인다

- (예시 1: IRA) IRA 시행 지침 형성 과정에서 이해 당사자인 한국/일본/EU 중 한국의 의견이 제일 많이 반영됨.
 - 핵심광물, 배터리 구성품 요건 계산 방식, 상용차에 대한 폭넓은 해석, FTA에 대한 해석 등에서 한국의 의견이 대부분 수용되었으나, EU의 의견은 거의 반영되지 않았으며, 일본의 입장도 FTA국 인정 요구만 수용
- (예시 2: 반도체법 가드레일) 가드레일 최종 지침 형성에서 원안의 상당 부분이 업계/정부 의견을 반영해 변경
 - 예: “물질적 확장” 을 계산하는 방식에서 장비는 배제하고 클린룸 기준으로 함. (TSMC-SIA 등 의견)
 - 미국의 국가안보를 침해하지 않는다면 기업의 통상적인 경영활동에 제약이 가는 규정은 수정해줄 수 있음.
- 의견이 ①미국의 국가안보 수호에 도움이 되며 ②규제로 인한 공급망 교란 요인을 지적하고 ③compliance 측면에서 더 낫다는 것을 제시할 수 있으면 미 행정부에서 수용될 가능성이 높을 것으로 보임.

3장. 전망 및 시사점

시사점 로직 반도체 시장의 파편화

각종 반도체 규제는 로직 반도체 시장의 파편화를 부추길 수 있지만 우리에게 새로운 기회를 열어줄 수도 있음.

필요한 연산량은 대략 1000배 증가!

공정미세화로 무어의 법칙을 지켜나가기 어려워
일부 기능을 포기하더라도
세부 용도에서 성능을 최적화

용도/사용처의 세분화

- 훈련용인가? 인퍼런스용인가?
- 어떤 용도로 쓸 것인가? (ADAS / 금융 / 바이오 ...)

중국은 독자적인 반도체,
프레임워크 개발로
파편화가 더욱
가속화할 예정

비용 절감을 위해
범용 소비자가 아닌
개별 기업별 in-house
반도체
맞춤 제작

본격적인 상용화에
앞서 범용으로 쓰일
수 있는 기존의 AI
가속기 시장도
크게 성장할 전망

트랜지스터 집적도 변화 x1.06

x1.86

x1.5



GTX580
AlexNet 개발
40nm



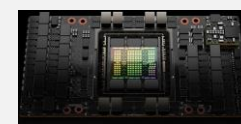
P100
16nm



V100
12nm



A100
7nm



H100
4nm

노드 사이즈의 의미대로만 하면 16배 증가 했어야 함.

'12

'14

'16

'18

'20

'22

'24

트랜지스터 집적도: 각 GPU의 트랜지스터 수를 다이 면적으로 나누어 1mm² 당 트랜지스터 수를 구한 값
트랜지스터 집적도 변화: GPU 출시연도 기준으로 트랜지스터 집적도가 얼마나 변했는지를 계산함 (2년 단위로 환산)

감사합니다