

Semiconductor and beyond

글로벌 반도체 산업 전망 2026



목차

1 서문

2 수요 분석

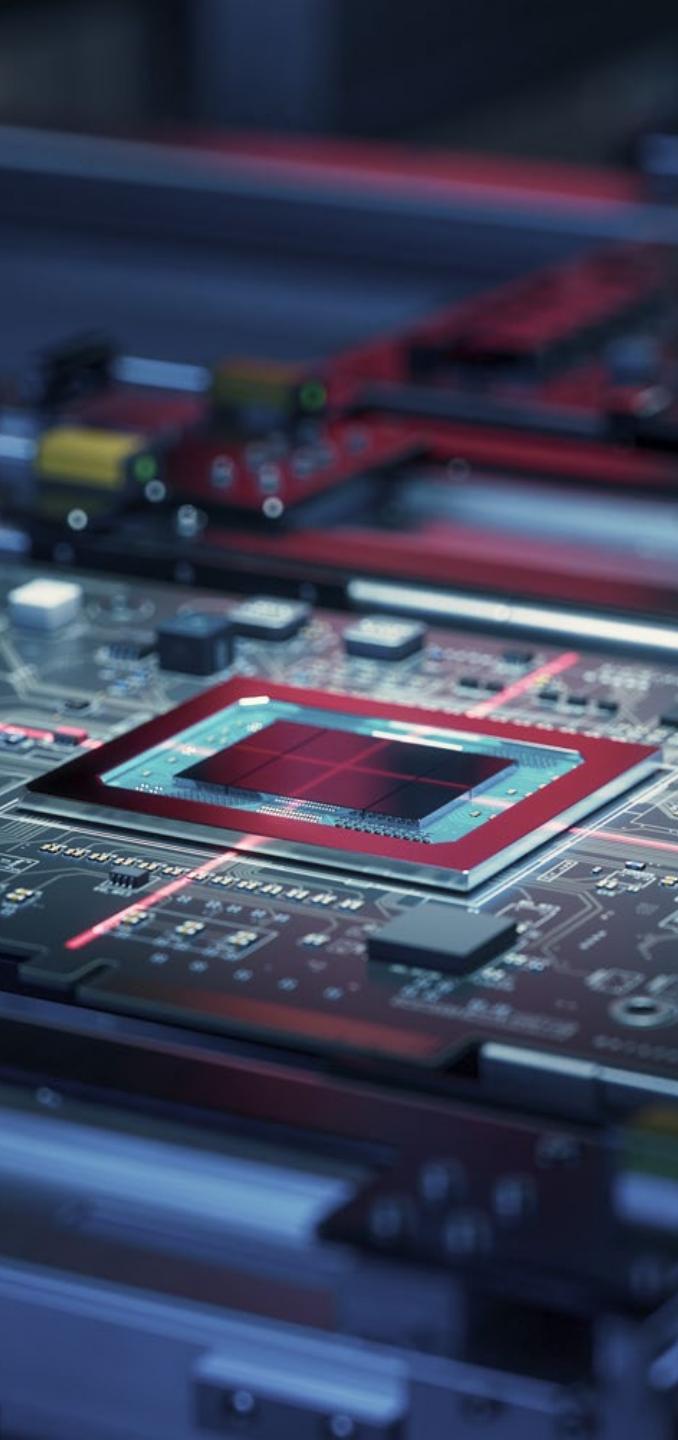
반도체, 혁신과 일상을 이끄는 힘

3 공급망 분석

반도체 패권 경쟁

4 향후 전망

반도체 산업의 새로운 기회: AI와 그 너머



서문

반도체 산업은 AI 기술의 급속한 발전, 지정학적 환경 변화, 그리고 각국의 내수 생산 투자 확대에 힘입어 그 어느 때보다 빠르게 재편되고 있습니다. AI 도입이 본격화되면서 고성능 반도체에 대한 수요가 폭발적으로 증가하고 있으며, 무역 정책 변화와 안보 리스크로 인해 글로벌 공급망 구조 역시 큰 변화를 겪고 있습니다. 이와 동시에 반도체가 자동차, 헬스케어, 에너지 등 다양한 산업의 핵심 인프라로 부상하면서, 지속적인 기술 혁신과 전략적 대응이 어느 때보다 중요해졌습니다.

최근 각국의 기업과 정부는 공급망 회복탄력성과 기술 주권을 최우선 과제로 삼고 있으며, 생산 거점의 다변화에 노력하고 있습니다.

그럼에도 불구하고 해결해야 할 구조적 과제는 여전히 남아 있습니다. 수출통제 강화, 핵심자원에 대한 접근 제한, 무역동맹 재편 등 지정학적 요인들이 반도체 산업의 경쟁구도를 근본적으로 변화시키고 있으며, 기업들은 복잡다난한 사업환경 속에서 경쟁우위를 확보해야 하는 과제를 안고 있습니다.

PwC는 반도체 산업 리더들과 함께 여러 차례의 산업 변화를 겪으며, 고객이 진화하는 시장 환경에 적응하고 공급망을 강화하며 장기적이고 지속 가능한 성장을 추진할 수 있도록 지원해 왔습니다.

그리고, 심도 있는 산업 전문성을 바탕으로 공급망 재편, 운영 효율화, 기술혁신 등 전략적 인사이트를 제공하여, 급변하는 경쟁 및 규제 환경 속에서 기업들이 리스크를 완화하고 새로운 성장 기회를 포착할 수 있도록 지원하고 있습니다. 특히 반도체가 글로벌 혁신과 경제 안보의 핵심축으로 자리 잡은 지금, 기업들이 미래 지향적 전략을 통해 지속 가능한 경쟁 우위를 확보하도록 돋고 있습니다.

저희는 이번 보고서를 통해 반도체 산업 리더, 정책 입안자, 반도체 기업들이 이러한 역동적 환경을 이해하고 대응하는 데 필요한 인사이트를 제공하고자 합니다. 더 나아가, 복잡한 도전 과제를 해결하고 새로운 기회를 포착하며 반도체 산업의 잠재력을 실현하는 여정에 함께 하겠습니다.

Glenn Burm

파트너

글로벌 반도체 섹터 리더

Glenn Burm





Semiconductor and beyond

주요 내용

PwC의 'Semiconductor and beyond'는

글로벌 반도체 산업에 대한 전략적 인사이트를 제공하며, 다섯 가지 최종 시장의 수요를 살펴보는 '수요 분석', 각 가치사슬의 역학관계를 조명하는 '공급망 분석', 그리고 미래 기술에 관한 전략적 예측을 담은 '향후 전망'의 세 가지 파트로 구성되어 있습니다.

'수요 분석'에 따르면, 반도체 시장 규모는 2024년 6,000억 달러에서 연평균 8.6% 성장하여 2030년에는 1조 달러를 초과할 것으로 예상됩니다. 다양한 부문 중 서버 및 네트워크용 반도체가 생성형 AI 서비스의 급격한 증가에 힘입어 연평균 11.6%로 가장 빠르게 성장할 것으로 전망됩니다. 두 번째로 빠른 성장이 예상되는 부문은 자동차 부문으로, 전기차 및 자율주행 기술의 발전에 힘 입어 연평균 10.7%의 성장이 예상됩니다. 이 파트에서는 다섯 가지 핵심 부문에서의 반도체 역할, 수요 패턴 변화, 산업 전반을 형성하는 다양한 영향 요인을 다룹니다. 아울러 기술 발전이 반도체 소비 및 개발에 미치는 영향도 조명합니다.

다음으로 '공급망 분석'에서는 기술 개발과 투자가 선단 노드 기반의 생산능력 확장 및 첨단 공정에 집중되는 추세를 조명합니다. 이러한 노드의 진화가 반도체 산업에서 중요한 의미를 갖지만, 공급망 경쟁력은 지역별로 다른 양상을 보입니다. 미국은 역사적으로 칩 설계 영역에서 강점을 유지해 왔으며, 아시아는 제조 역량에서 월등한 지위를 차지하고 있습니다. 한편 동남아시아는 패키징 기술의 발전을 이끌고 있습니다. 하지만 변화하는 시장 수요, 기술적 난제, 지정학적 재편이 기존 공급망 구조를 흔들고 있어, 향후 상당한 불확실성이 예상됩니다.

마지막으로 '향후 전망'에서는 2030년 이후 반도체 시장에 중대한 영향을 미칠 혁신 기술에 대한 장기적 관점을 제시합니다. 이 파트에서는 여러가지 혁신 기술의 실현 가능성과 시장 잠재력을 정량적으로 평가하고, 산업의 장기 트렌드를 고려하여, 해당 기술들을 둘러싼 불확실성과 전략적 과제들을 분석합니다. 이를 통해 시장 신규 진입자와 정책 입안자에게 반도체 산업의 미래 역학에 관한 중요한 인사이트를 제공합니다.

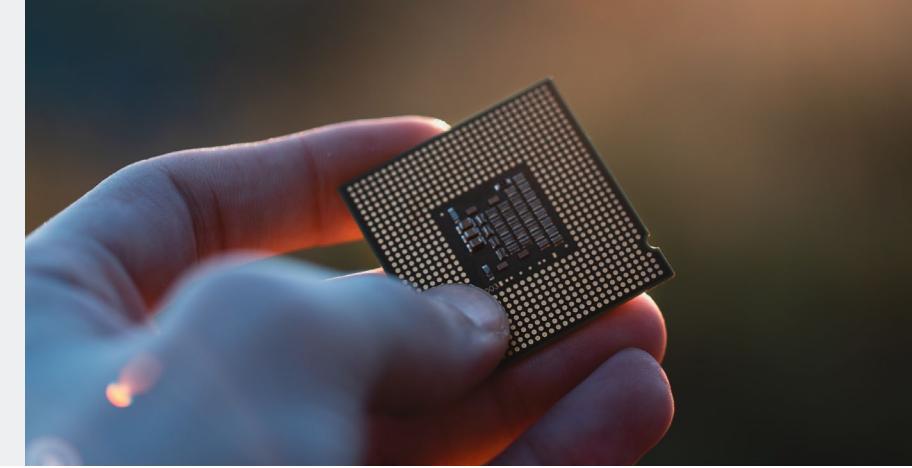
2

수요 분석

반도체, 혁신과 일상을 이끄는 힘

왜 수요가 중요한가?

반도체는 현대 사회의 필수적인 핵심 요소입니다. 기술이 빠르게 발전하고 산업 전반에서의 사용처가 확대되면서 반도체의 시장 수요는 지속적으로 크게 증가하고 있습니다. 수요가 공급보다 빠르게 증가하는 상황에서 이러한 흐름을 분석하는 것은 새로운 기회를 찾는 데에 필수적인 일입니다.



최종 시장

컴퓨팅 장치

서버 및 네트워크

자동차

산업용 기기

가전 제품

최종 시장 동향

반도체는 최종 시장 동향에 크게 영향을 받기 때문에, 반도체 시장의 미래를 예측하기 위해 최종 시장 동향을 분석합니다.

반도체 동향

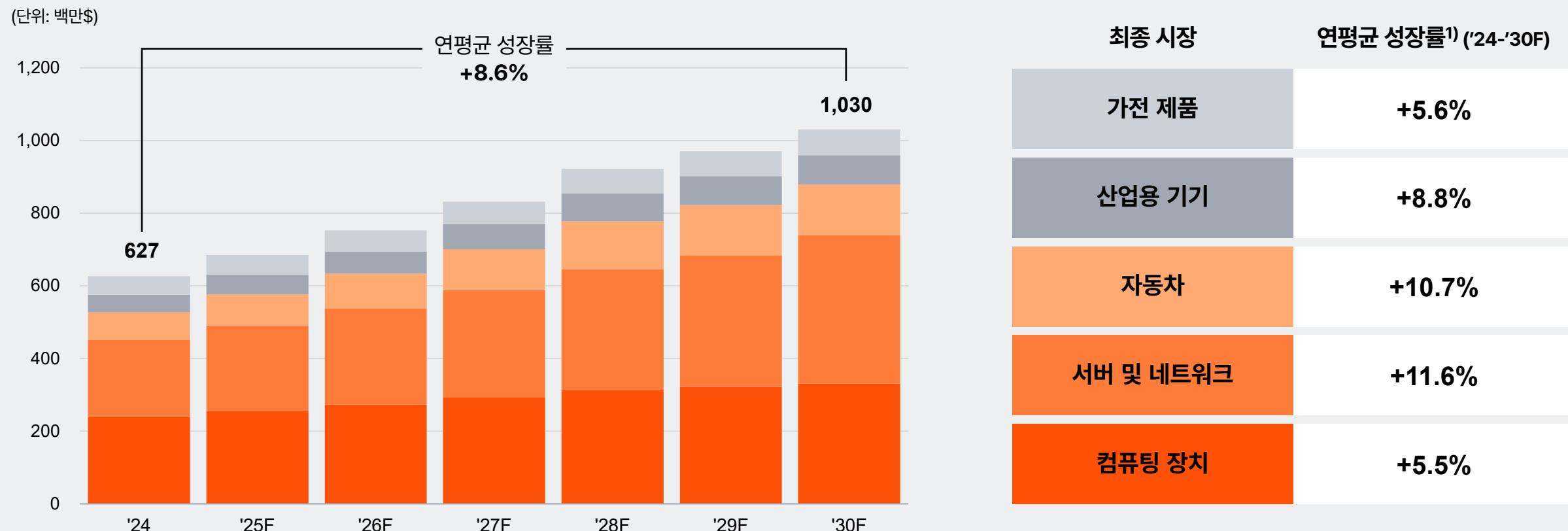
급변하는 반도체 주요 칩의 적용 분야와 핵심 수요 트렌드를 분석해 시장의 주요 트렌드를 파악합니다.

수요 전망

응용 분야별 반도체 수요, 각 시장의 성장률, 해당 분야에서 반도체의 원가 비중 분석을 통해 2030년까지 반도체 수요의 집중도를 평가합니다.

최종 시장별 글로벌 반도체 수요

글로벌 반도체 시장은 데이터센터, 인공지능, 자율주행차, 스마트폰 등 신기술 트렌드의 핵심 기반으로서, 다양한 최종 시장의 기술 발전에 힘입어 2024년 0.6조 달러에서 2030년 1.03조 달러로 성장할 것으로 예상됩니다.



1) 연평균 성장률(CAGR)
출처: Omdia, PwC Analysis

자동차

자동차 산업은 전기화, 자율 주행, SDV(Software-Defined Vehicle, 소프트웨어 정의 차량)로 빠르게 변화하고 있습니다. 이러한 변화가 업계의 새로운 표준이 되면서 반도체의 역할과 가치가 더욱 커지고 있습니다.

2030년에는 자동차 시장의 대부분을 EV(Electric Vehicle, 전기차)가 점유할 것으로 예상되므로, SiC(실리콘 카바이드)와 같은 고전압 전력 반도체의 수요가 급증할 전망입니다. 동시에 자율 주행 기술이 발전해 대부분의 차량은 레벨 2에 도달하고, 레벨 3 차량도 점점 늘어날 것으로 예상됩니다. 이러한 진화는 차량당 반도체 탑재량을 크게 증가시키고, 센서 및 커넥티비티 IC(집적회로)부터 프로세싱 유닛까지 확대될 것입니다. SDV의 확산은 차량을 중앙 집중형 컴퓨팅 파워를 갖춘 존 아키텍처(Zonal Architecture)로 전환하여, 자동차용 SoC(Systems-On-Chip)에 요구되는 성능 수준을 높일 것입니다.

미래의 자동차는 단순한 이동 수단을 넘어, 반도체로 구동되는 새로운 형태의 생활 공간이자 바퀴 달린 고성능 컴퓨터가 될 것입니다.



“

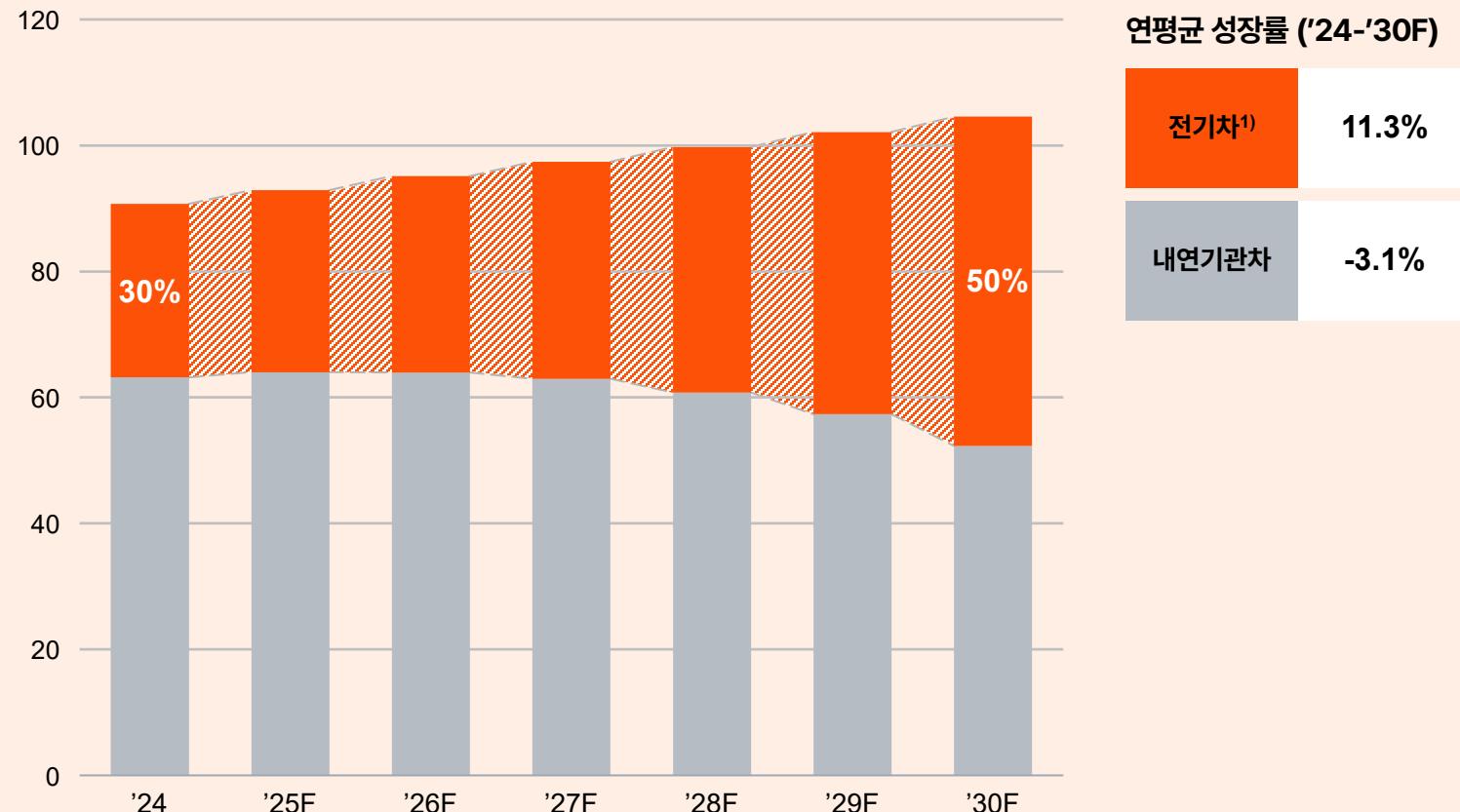
전기화 및 커넥티비티

자동차 산업은 현재 전기차, 자율 주행, 커넥티비티로 대표되는 대전환의 시기를 맞이하고 있습니다. 중국을 시작으로 유럽, 미국 등 전 세계에서 전기차 시장이 빠르게 확대되면서, OEM 업체들은 하이브리드와 EV(전기차)에 대한 투자를 지속적으로 늘리고 있습니다. 이러한 하이브리드와 전기차의 판매 비중은 2030년 전체 차량 판매의 약 50%에 달할 것으로 전망됩니다.

커넥티드카와 자율주행차의 등장은 자동차 시장의 미래를 재편하며 시장 성숙을 가속화하고 있습니다. 이러한 추세가 파워트레인 기술의 변화와 결합되면서 자동차 산업의 새로운 표준으로 자리잡고 있으며, 이에 따라 반도체의 역할이 더욱 확대될 것으로 전망됩니다.

글로벌 자동차 판매량

(단위: 백만 대)

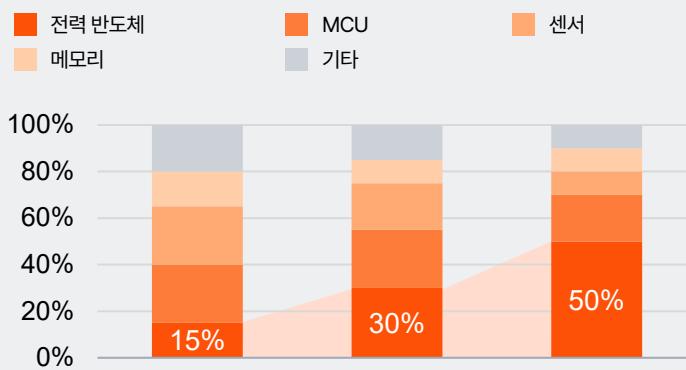


더 많은 전기차(EV)? 더 큰 전력 수요!

EV의 급격한 성장과 인포테인먼트 및 자율주행 기술의 통합으로 전력 반도체 수요가 증가하고 있습니다. 전력 반도체는 차량의 전기 시스템을 관리하고 변환하는 핵심 부품입니다.

자동차 산업이 내연기관(ICE, Internal Combustion Engine)에서 HEV(Hybrid EV) 및 EV로 전환되면서, 전력 반도체가 전체 반도체 원가의 50% 이상을 차지할 것으로 예상됩니다.

엔진 유형별 반도체 비용



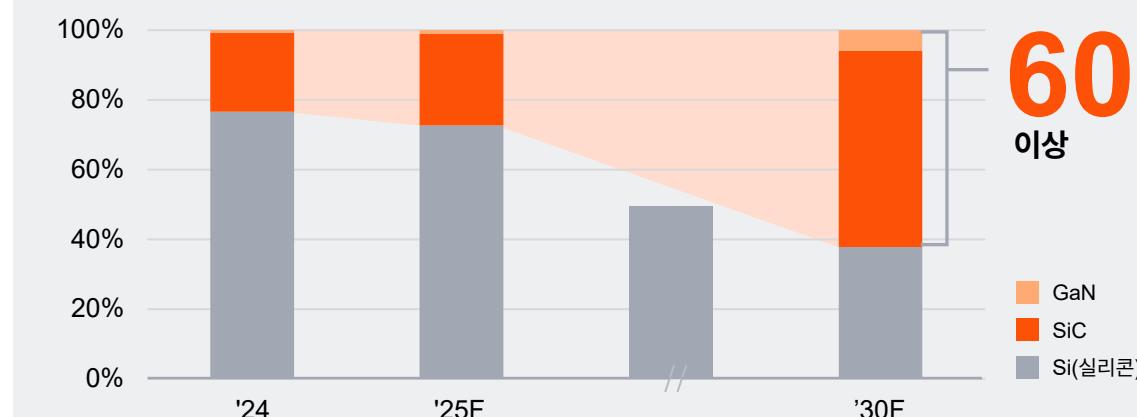
출처: PwC Autofacts, PwC Analysis

더 높은 효율? 더 강력한 반도체!

전동화로의 전환과 함께 엔진 구동 및 제어, 자율주행, 인포테인먼트 등 더 많은 기능이 전력에 의존하면서 효율적인 전력 제어가 더욱 어려워지고 있습니다. 전기차 주행은 고전압 전력의 반복적인 스위칭을 수반하기 때문에, 훨씬 높은 전력을 효율적으로 처리할 수 있는 전력 반도체에 대한 수요가 급증할 것으로 예상됩니다. 반도체가 고전압 환경을 견디지 못하면 화재와 같은 심각한 문제가 발생할 수 있습니다.

이에 따라 실리콘 카바이드(SiC)와 질화갈륨(GaN) 같은 신소재 수요가 증가하고 있습니다. 기존 실리콘 대비 이들은 고전압 내구성과 빠른 스위칭 속도를 제공하여 전력 손실을 최소화합니다. 완성차 업체들은 속도가 핵심인 중전압 영역에는 GaN을, 고전압·고출력 구간에는 SiC를 적용하여 전기차 파워트레인의 효율, 중량, 시스템 원가를 최적화하고 있습니다.

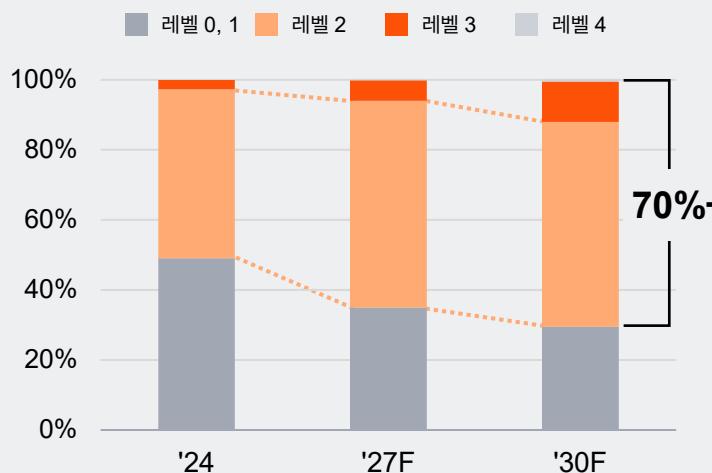
자동차용 GaN 및 SiC 전력 반도체 점유율



60%
이상

2030년까지
전력 반도체의 60%를
GaN과 SiC가
차지할 것으로 예상됩니다.

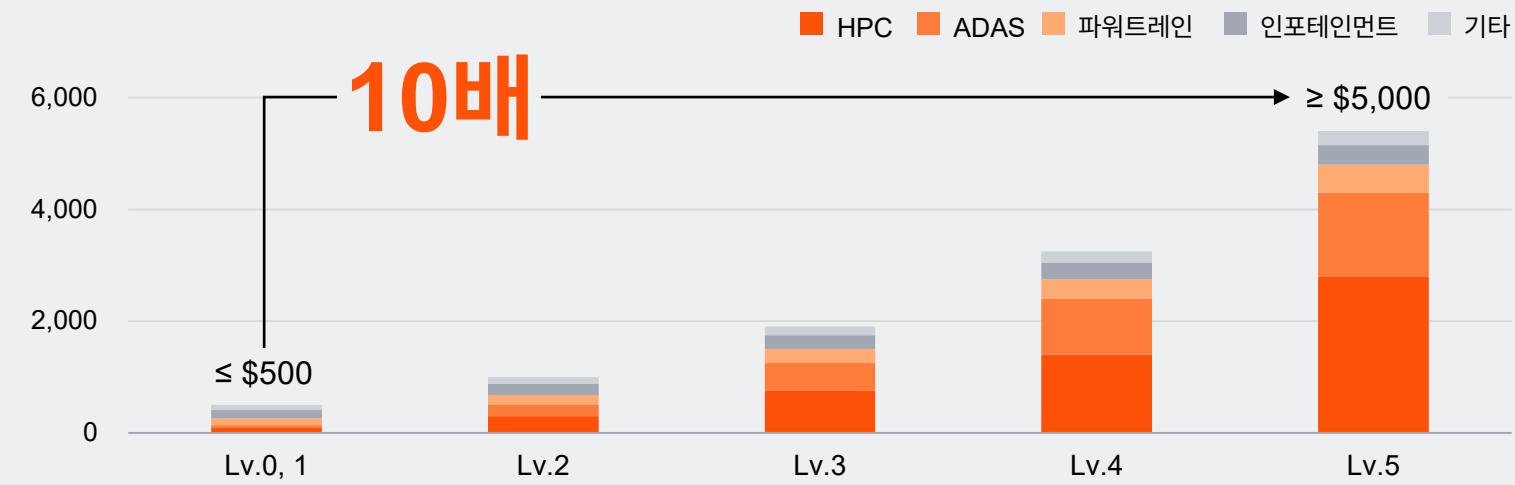
자율주행 단계



출처: PwC Autofacts, PwC Analysis

자율주행 기술은 레벨 0부터 레벨 5까지로 분류됩니다. 레벨 0~1은 충돌 방지나 차선 이탈 방지와 같은 운전자 보조 기능을 제공합니다. 레벨 2는 도로에서 다른 차량과의 거리를 유지하는 등 부분적인 자율주행을 가능하게 합니다. 레벨 3부터는 운전자의 지속적인 관여가 없어도, 차량 운행이 가능합니다. 레벨 3은 고속도로에서 작동하며, 레벨 4는 일반 도로까지 확장되고, 레벨 5는 운전자가 전혀 필요하지 않아 운전자가 단순히 '승객'이 됩니다. 2030년이 되면, 대부분의 신차는 레벨 2를 탑재할 것으로 예상되며, 레벨 3 차량이 전체 출하량의 10%를 넘어설 전망입니다.

자율주행 단계 별 반도체 소요량¹⁾



1) 자율주행 단계별 반도체 소요량은 자동화 단계별 부품 비용과 시장 데이터를 집계하는 하향식 접근 방식을 사용해 추정되었습니다. 이러한 추정치는 향후 자율주행차 가격 동향과 시장 상황에 따라 달라질 수 있습니다.

자동차의 눈, 두뇌, 그리고 근육

자율주행 단계가 고도화될수록 차량에는 훨씬 더 강력한 데이터 수집 및 처리 능력이 요구됩니다. 이로 인하여 차량 전자 아키텍처가 더욱 복잡해지고, HPC(High-Performance Computing) 및 ADAS(Advanced Driver-Assistance Systems)에 필요한 반도체의 원가도 함께 증가합니다. 자율주행 기능을 구현하기 위해서, 차량에는 실시간 정보를 감지하는 다수의 센서와 커넥티비티 칩, 데이터를 처리하는 컴퓨팅 칩, 그리고 지연을 최소화하여 동작을 수행하는 ECU(Electronic Control Units)가 반드시 필요합니다.

결과적으로 차량의 자율주행 단계가 높아질수록 장착되는 칩의 수와 칩당 평균 가격이 크게 상승하며, 이는 차량용 반도체 시장의 성장을 견인하는 주요 요인이 될 것입니다.

SDV(소프트웨어 정의 차량)이 이끄는 자동차의 변화

스마트폰에서 소프트웨어 업데이트 후 새로운 기능이 추가된 경험이 있으신가요? 이제 이와 같은 개념이 자동차에도 적용되고 있습니다. SDV(Software-Defined Vehicle, 소프트웨어 정의 차량)는 하드웨어 변경 없이 소프트웨어 업데이트만으로 새로운 기능을 추가할 수 있습니다.

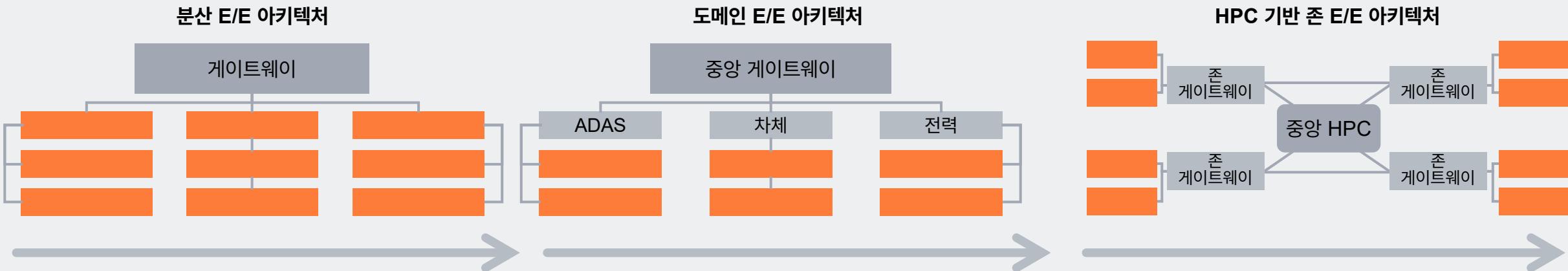
SDV의 확산으로 업계는 차량의 각 영역을 중앙 컴퓨터가 관리하는 '존 아키텍처(Zonal Architecture)'로 전환하고 있습니다. 이 방식은 배선을 간소화하고 물리적 복잡성을 줄이며, 소프트웨어 업데이트의 안정성을 크게 향상시킵니다.

이러한 아키텍처 변화는 차량용 반도체 시장에도 영향을 미치고 있습니다. 기존에 개별 기능을 담당하던 ECU(Electronic Control Units)는 수량이 줄어드는 대신 더 복잡한 역할을 수행하게 됩니다. 갈수록 개별 ECU보다 고성능 SoC, AI 가속기, 고속 메모리칩이 중요해지고 있습니다. 또한 실시간 데이터 전송을 위한 커넥티비티 칩과 소프트웨어 보호를 위한 Security MCU(Micro-Controller Units)의 중요성도 커지고 있습니다.

자동차용 SoC는 GPU(Graphics Processing Units) 및 ISP(Image-Signal Processors) 같은 처리 유닛들을 통합하고 있습니다. 그러나 컴퓨팅 수요가 급증하고 차량 아키텍처가 존 방식으로 전환되면서, 통합 SoC만으로는 충분하지 않아, 전용 AI 가속기의 추가 도입도 증가할 것으로 전망됩니다.

자동차 전자 아키텍처 진화

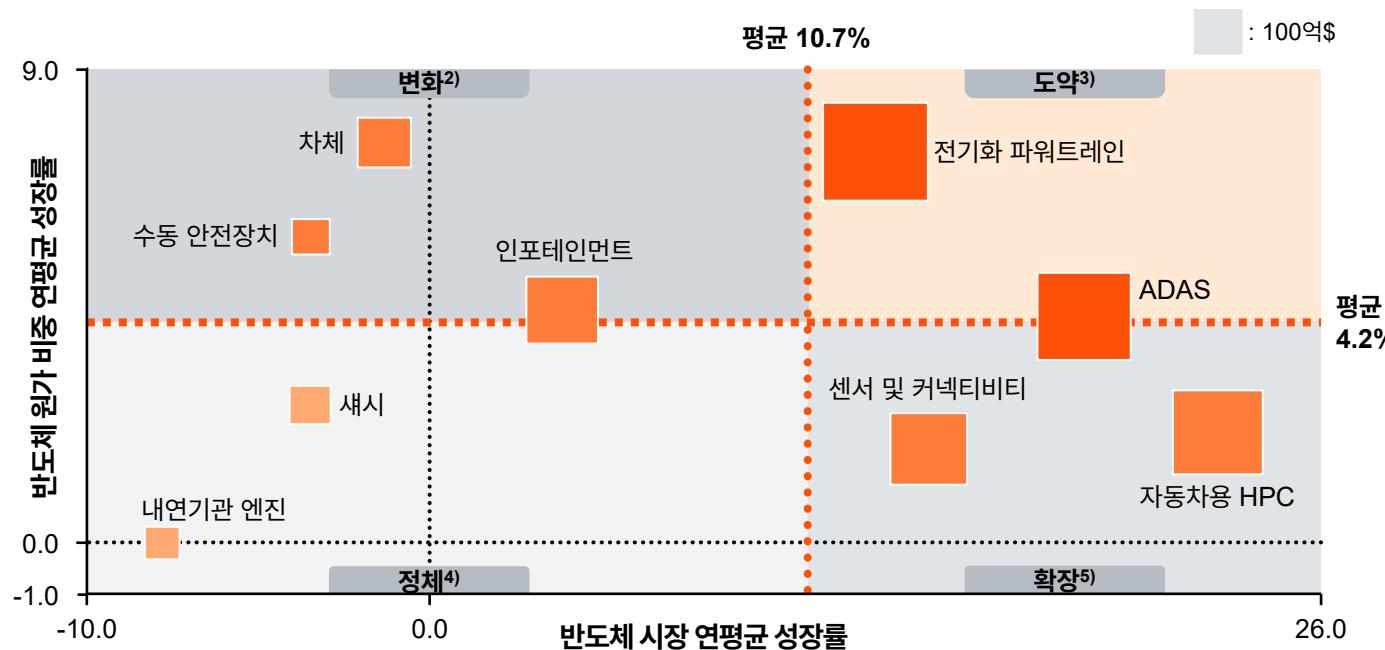
■ : ECU



2030년 애플리케이션별 반도체 수요¹⁾

버블 차트는 2030년 주요 애플리케이션별 예상 반도체 수요를 보여줍니다.

점선으로 표시된 주황색 선은 각 축의 평균값을 나타내며, 애플리케이션을 네 개의 사분면으로 분류합니다.



1) X축은 해당 최종 시장에서 반도체 시장의 연평균 성장률(CAGR, '24-'30)을 나타내며, Y축은 매출원가(COGS)에서 반도체 비중의 연평균 성장률('24-'30)을 나타냅니다.

사각형 크기는 2030년 예상 반도체 시장 규모('30F)를 의미합니다.

2) 기술과 생태계가 반도체 중심으로 전환됨에 따라 제품 내 반도체 의존도가 빠르게 증가하고 있습니다.

3) 반도체 시장의 급속한 성장과 매출원가 대비 반도체 비중의 빠른 확대는 향후 반도체 수요를 핵심 영역으로 견인할 수 있습니다.

4) 이미 성숙 단계에 진입한 시장으로, 하락 또는 저성장이 특징이며 새로운 투자나 혁신보다는 안정적 운영에 초점을 맞춥니다.

5) 해당 시장은 대량 생산과 판매로 인해 자체적으로 높은 성장을 보이고 있지만, 매출원가 대비 반도체 비중의 확장 속도는 상대적으로 더 느리게 진행되고 있습니다.

출처: PwC Analysis

전기화 및 자율주행

이 두 가지 트렌드는 반도체 수요 증가에 상당한 영향을 미치고 있습니다. 전기화 파워트레인의 경우 IGBT(Insulated-Gate Bipolar Transistors, 절연 게이트 양극성 트랜지스터)와 SiC 칩과 같은 전력 반도체에 큰 영향을 미치며, 자율주행은 주로 ADAS ECU에 영향을 줍니다. 더욱이 전기차와 자율주행 기능에 대한 수요가 동시에 증가하고 있어, 반도체 수요는 더욱 확대되고 있습니다.

더 나아가 자율주행 기술과 SDV가 진화하고 보편화됨에 따라 자동차용 HPC, 센서, 커넥티비티 칩 등의 반도체 수요가 확대될 것으로 전망됩니다. 더불어 차체, 인포테인먼트, 승객 안전 등 차량 내부 환경 개선을 목적으로 한 반도체 성능 향상에 대한 기대감도 높아지고 있습니다.

반면 새시와 내연기관 엔진 분야는 기술 혁신 둔화와 시장 정체로 인해 점진적으로 축소될 것으로 예상됩니다.

2030년 애플리케이션별 반도체 수요 집중도



서버 및 네트워크

2022년 생성형 AI(Gen AI) 애플리케이션의 급증 이후, 데이터 생성량 및 처리량은 기하급수적으로 증가했습니다. AI 기반 자동화와 IoT(Internet of Things, 사물인터넷) 확산, 차량 및 산업 시스템의 지능 향상에 이르기까지 데이터는 더 이상 단순한 자산이 아니라 현대 디지털 인프라를 구축하는 핵심 기반이 되었습니다.

2030년까지 연산 능력에 대한 수요는 CPU, GPU, AI 가속기의 성장을 더욱 가속화할 것으로 예상되며, HBM(High-Bandwidth Memory, 고대역폭 메모리)은 이를 지원하는 핵심 요소로 계속 중요한 역할을 할 것입니다. 특히 서버 분야에서 주요 기술 기업과 클라우드 서비스 제공 업체는 이미 운영 비용을 절감하기 위해 ASIC(Application-Specific Integrated Circuits)을 개발하기 시작했습니다. 아울러 5G 네트워크 확산에 따라 초고속·저지연 통신 인프라 구축을 위한 네트워크 장비의 연산 성능 및 GaN 기반 RF(Radio-Frequency) 칩의 수요가 확대될 전망입니다.

서버 및 네트워크는 반도체 기술의 지속적 진화에 힘입어 우리 일상 곳곳의 애플리케이션을 뒷받침하는 지능형 인프라의 근간이 될 것입니다.

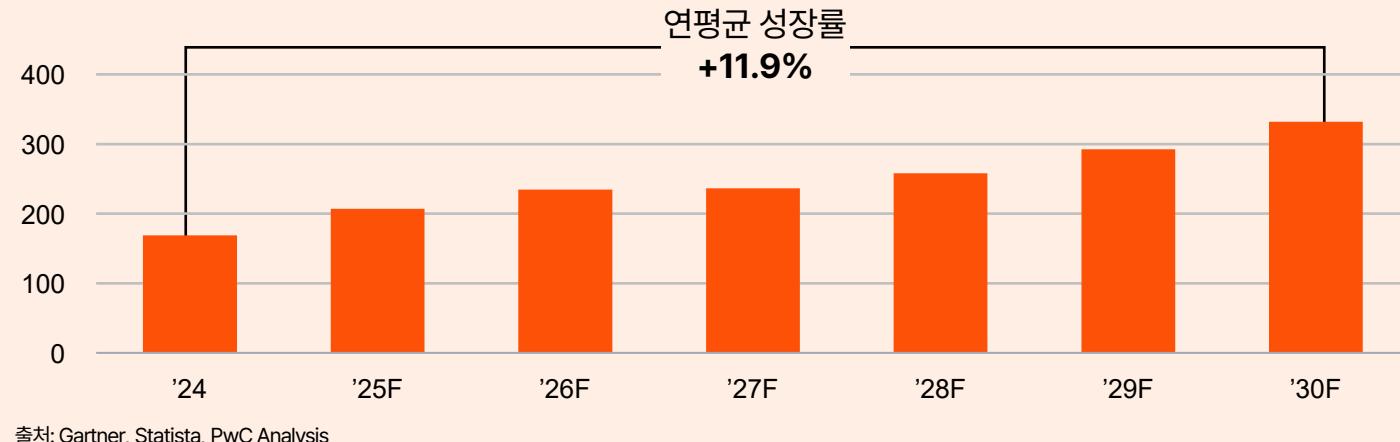


AI 데이터 센터와 차세대 커넥티비티

AI, 커넥티비티, 그리고 첨단 기술에 대한 사용자의 수용성이 빠르게 확대되면서 데이터를 처리하기 위한 데이터 센터와 관련 서버의 수요가 늘어나고 있습니다. 클라우드 서비스 제공업체, Collocation 센터, 통신 기업들의 데이터 센터 투자로 인해 글로벌 서버 시장은 2030년에 3,000억 달러를 넘어설 것으로 예상됩니다.

글로벌 서버 시장

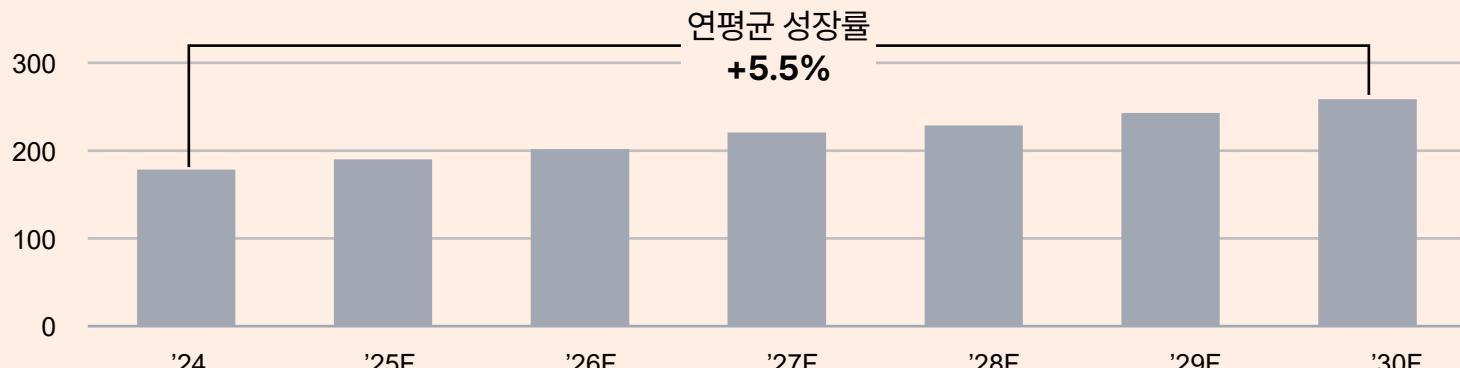
(단위: 10억\$)



글로벌 네트워킹 인프라 시장

(단위: 10억\$)

연평균 성장률
+5.5%



출처: Gartner, Statista, PwC Analysis

동시에 서버 간 및 노드 간 연결을 지원하는 인프라에 대한 수요도 증가하고 있습니다.

신속하고 광범위하며 안정적인 연결성에 대한 니즈 증가가 백본 및 인프라 장비인 라우터, 모뎀 시장의 성장을 주도하고 있습니다. 이러한 트렌드는 단일 애플리케이션 차원을 넘어 기업 네트워크, 공공 네트워크, 사설 네트워크 전반으로 확산되고 있습니다.

더 빠르고, 더 크고, 더 스마트한 데이터 센터

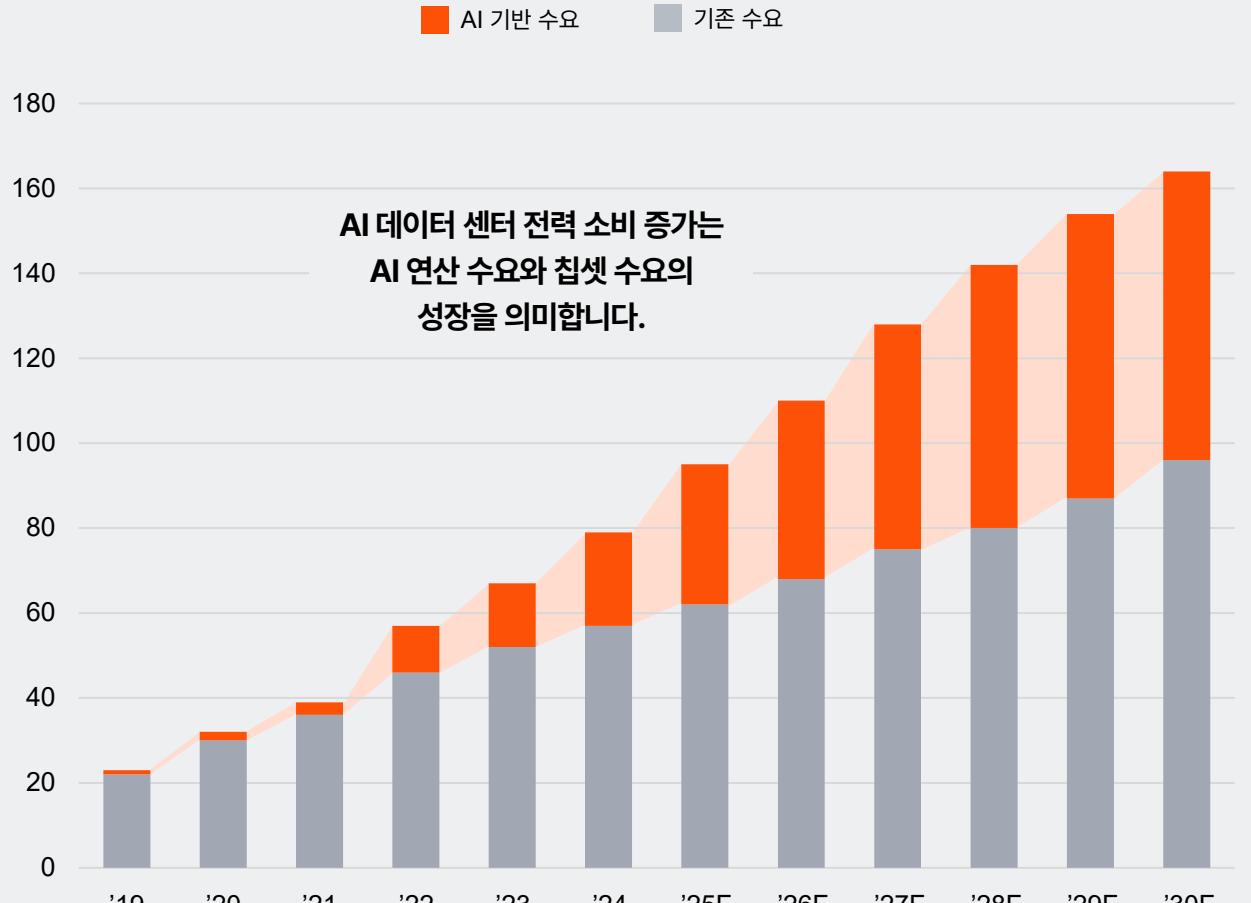
진부한 표현일 수 있지만, 우리는 지금 데이터와 커넥티비티의 세계에 살고 있습니다. 자동차, 가전제품, 스마트폰, PC를 포함해 그 어느 때보다 더 많은 기기가 서로 연결되고 있습니다. 연결된 기기의 수가 증가하는 것뿐만 아니라, 소비자들은 AR/VR/XR 게임과 끊김 없는 영상 스트리밍과 같은 고품질 엔터테인먼트를 요구하고 있습니다. 또한 2022년 11월 출시된 'ChatGPT'는 기업과 개인이 다양한 분야에서 AI 서비스를 활발히 활용하게 만드는 촉매제 역할을 했습니다.

이러한 애플리케이션은 천문학적인 양의 데이터를 생성하고 필요로 하며, 우리는 이제 그 시작을 목격한 것에 불과합니다. 게임과 영상 스트리밍에 대한 높은 수요, 그리고 무엇보다 AI 수요 증가로 인해 글로벌 데이터 센터의 전력 소비는 2030년까지 두 배 이상 증가할 것으로 예상됩니다.

데이터 센터는 데이터를 저장, 처리, 관리하는 핵심 인프라입니다. 과거에는 기업용 서비스 제공에 중점을 두었으나, 수요 증가에 따라 하이퍼스케일 수준으로 발전하여 인터넷을 서비스로 제공하게 되었습니다. 이제 AI 특화 애플리케이션 수요에 따라 데이터 센터는 다시 한번 AI 데이터 센터로 진화하고 있으며, 이를 통해 운영자가 사용자에게 무손실 서비스를 제공할 수 있는 역량이 강화되고 있습니다.

글로벌 데이터 센터 전력 소비량

(단위: GW)



출처: IEA, PwC Analysis

지능형 인프라의 미래

AI 애플리케이션이 요구하는 데이터 처리량이 증가하고 데이터 센터가 대형화되면서, 냉각과 전력에 들어가는 운영 비용이 천문학적으로 늘어났습니다. 이에 기업들은 보다 경제적인 운영 방식을 찾기 위해 노력하고 있습니다.

AI 성능을 높이면서 비용을 절감하는 가장 효과적인 방법은 데이터 센터 전용 칩을 활용하는 것입니다. 이러한 칩은 일반 프로세서보다 높은 수준의 연산 요구를 효율적으로 처리할 수 있도록 설계되어 고성능 구현에 필수적입니다. 기업들은 필요한 성능을 얻기 위해 이러한 특화 칩을 채택하고 있습니다.

그러나 데이터 센터용으로 설계되었더라도, 표준 칩은 범용으로 제작되기 때문에 특정 고객이 사용하지 않는 기능을 포함하고 있습니다. 이에 따라 클라우드 서비스 제공 업체 등 빅테크 기업들은 자사 데이터 센터 애플리케이션에 최적화된 AI 가속기를 직접 개발하고 있습니다.

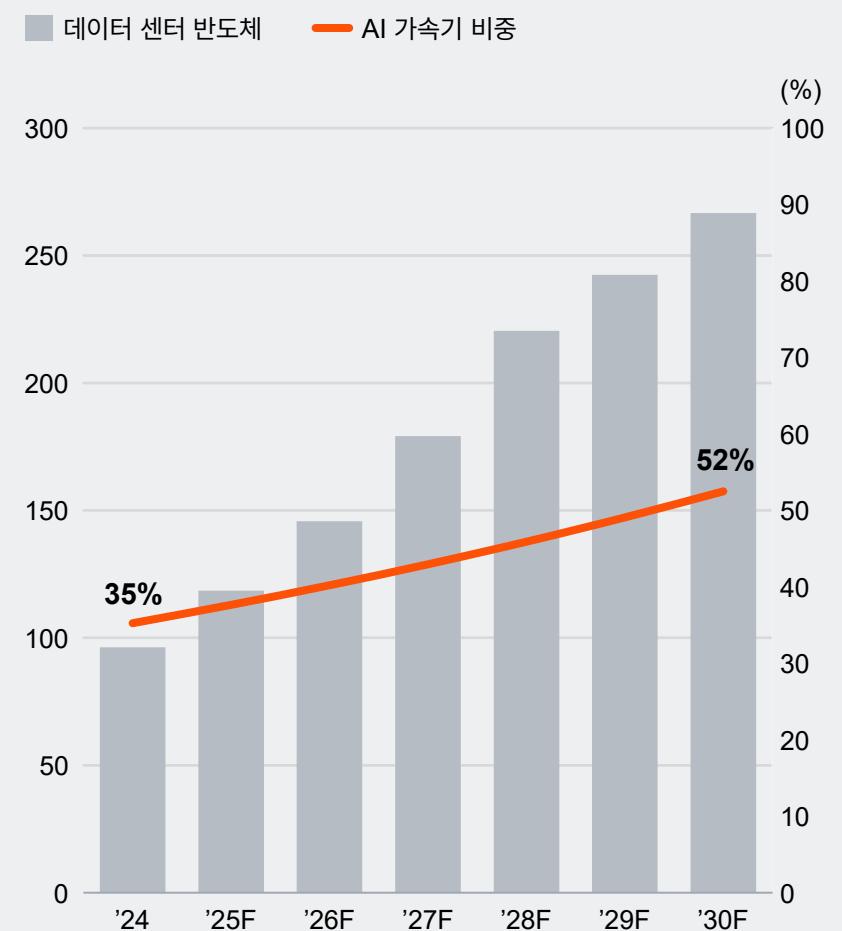
특정 워크로드에 최적화된 AI 칩을 개발함으로써 기업들은 비용과 전력 소비를 줄이면서도 더 높은 성능을 달성할 수 있습니다. 데이터 처리 수요 증가에 따라 비용 절감 필요성이 커지면서 AI 가속기에 대한 수요는 계속 증가할 것으로 보입니다.

이에 따라 데이터 센터용 칩 시장에서 AI 가속기가 차지하는 매출 비중이 급속도로 확대되어 전체의 약 50% 수준까지 성장할 전망입니다.

AI 가속기 외에도 DPU(Data Processing Units)와 HBM과 같은 고급 메모리 칩 등 데이터 센터 전용 칩의 수요도 증가할 가능성이 큽니다. HBM은 데이터 처리 병목 현상을 줄여 고성능 GPU를 지원하고, DPU는 데이터 전송을 처리해 CPU의 네트워킹 작업 부담을 줄여줍니다. 이러한 데이터 센터 전용 칩이 필수 요소가 되면서, 판매가 지속적으로 증가할 것으로 예상됩니다.

데이터 센터 내 AI 가속기

(단위: 10억\$)



출처: PwC Analysis

차세대 Wi-Fi 및 모바일 네트워크

데이터 트래픽이 증가에 따라 업그레이드가 필요한 대상은 데이터 센터에 국한되지 않습니다. 기기 연결과 데이터 전송을 위한 표준화된 네트워크 프로토콜 또한 개선이 필요할 수 있습니다.

4G와 5G의 'G'는 '세대'를 의미하며, 1990년대 음성 및 SMS를 위한 2G에서 2000년대 미디어를 위한 3G, 그리고 2010년대 고속 4G, 2020년대 5G로, 약 10년마다 업그레이드되었습니다. Wi-Fi 표준 또한 지속적으로 발전해 왔습니다.

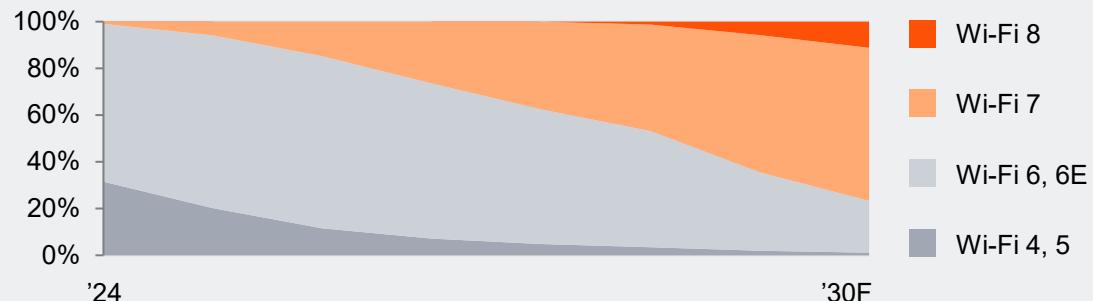
무선 데이터의 다양성과 양을 확대하려면 더 넓은 대역폭(더 큰 통신 경로)과 새로운 주파수 대역(새로운 경로)이 필요합니다. 이는 교통량 증가에 따라 도로를 확장하거나 새로운 고속도로를 건설하는 것과 유사합니다. 현재 Wi-Fi와 4G 속도가 충분해 보일 수 있지만, 데이터 폭증은 결국 더 높은 표준으로의 전환을 요구하게 됩니다.

5G 확산과 향후 6G 네트워크 도입으로 속도는 4G 대비 최대 20~100배 빨라질 수 있습니다. 또한 위성을 기지국으로 활용하는 NTN(Non-Terrestrial Networks, 비지상 네트워크망)과 같은 기술은 네트워크 커버리지를 더욱 강화할 것으로 예상됩니다.

또한, Wi-Fi 6/6E에서 7로 전환하면 더 넓은 채널을 통해 더 빠른 데이터 전송이 가능합니다. 특히 MLO(Multi-Link Operation) 기술을 활용하면 Wi-Fi 7은 여러 경로를 동시에 사용할 수 있어, 특정 경로에 간섭이 발생하더라도 빠르고 안정적인 연결을 제공합니다. 이는 게임이나 영상 스트리밍에 적합합니다.

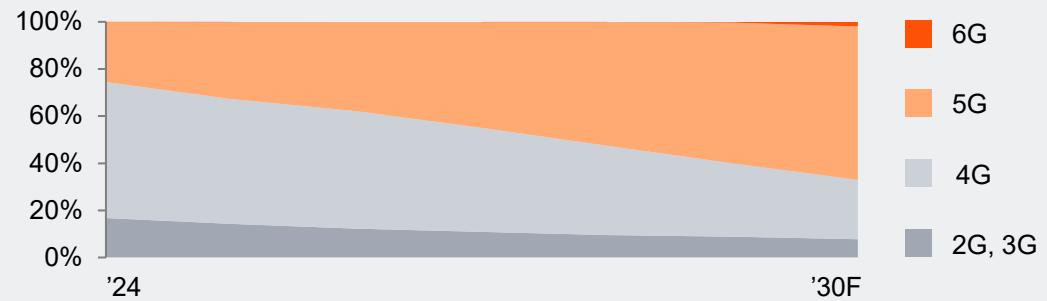
네트워크 표준이 발전함에 따라 관련 장비와 인프라도 함께 업데이트됩니다. 이러한 변화는 서버의 업그레이드만큼 가시적이지는 않지만, 향후에도 개선된 네트워크 장비 및 인프라에 대한 지속적인 수요가 있을 것입니다.

Wi-Fi 세대별 기기 연결 비율



출처: Wi-Fi Alliance, PwC Analysis

이동통신 기술 세대별 모바일 기기 연결 비율



출처: ITU, PwC Analysis

데이터 커넥티비티 강화

반도체 성능은 커넥티비티 표준의 업그레이드와 발맞춰 발전해야 합니다. 반도체는 엘리베이터에서의 불안정한 연결이나 위치에 따라 달라지는 신호 강도와 같은 문제를 방지하는 데 핵심적인 역할을 합니다. 또한 신호를 증폭시켜 왜곡 없이 더 넓은 범위에 도달할 수 있도록 합니다.

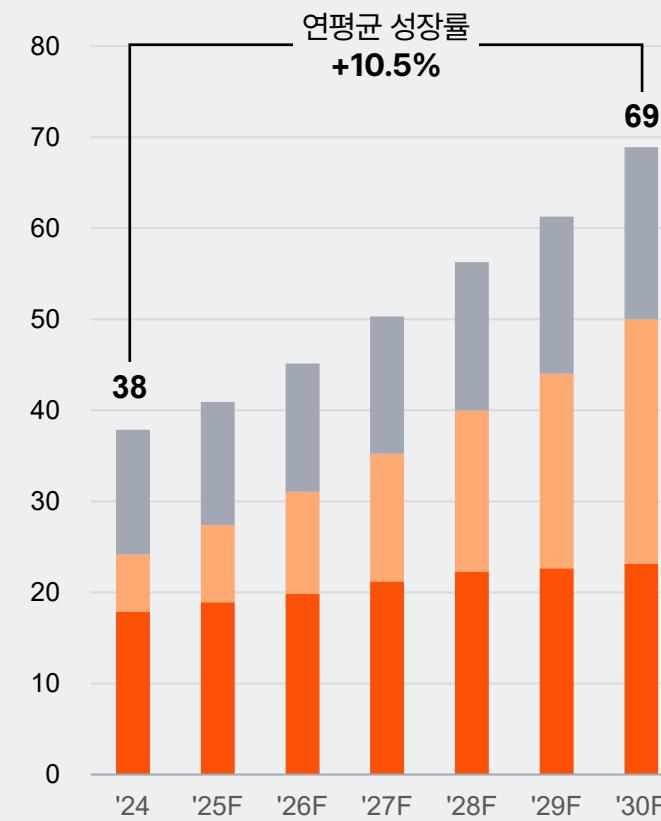
반도체가 여전히 핵심 요소임에도 불구하고, 5G를 지원하는 반도체 부품 시장은 데이터 센터 시장 대비 상대적으로 완만한 성장이 예상됩니다. 많은 국가에서 5G 인프라가 이미 성숙 단계에 접어들면서, 통신사는 데이터 센터 투자를 우선하고 있습니다. 이에 따라 통신 장비용 반도체 시장은 2030년까지 상대적으로 완만한 성장세를 유지할 전망입니다.

반면, 데이터 트래픽 증가와 기업의 AI 활용 확대로 클라우드 서비스 운영을 뒷받침하는 스위치, 라우터, 스마트 NIC(Network Interface Cards)에 대한 수요는 급증하고 있습니다. 이러한 변화가 데이터 센터 네트워킹 장비, LAN(Local Area Network) 및 WAN(Wide Area Network) 시장의 성장을 촉진하고 있습니다. 따라서 이 분야의 반도체는 2030년까지 견조한 성장세가 예상됩니다.

데이터 양이 늘어날수록 더 고도화되고 정교한 네트워킹 장비가 필요합니다. 그 결과, ASIC과 FPGA(Field Programmable Gate Arrays)에 대한 수요가 증가하고 있으며, 더 많은 통신 장비 기업이 자체 칩 개발에 나설 것으로 전망됩니다.

네트워킹 장비용 반도체 시장

(단위: 10억\$)



연평균 성장률 ('24-'30F)

통신	+5.5%
데이터 센터	+27.4%
기업용	+4.4%

출처: PwC Analysis

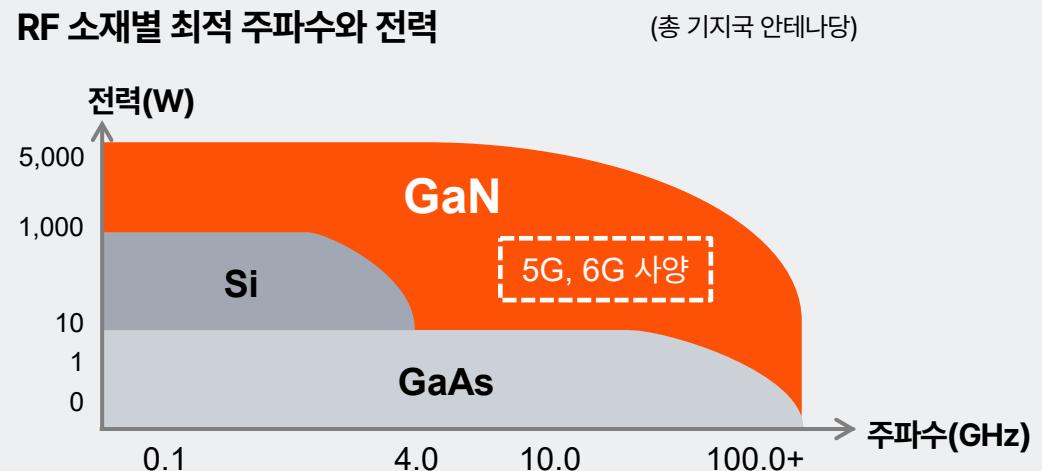
통신 시장에서 GaN RF 칩으로의 전환

RF 칩은 무선 신호의 증폭 및 전송이라는 핵심 기능을 수행합니다. 밀리미터파 5G의 도입으로 고주파 대역 처리 능력을 갖춘 반도체가 필요하게 되었는데, GaN 및 GaAs가 이에 적합한 소재입니다. 특히 GaN은 GaAs와 달리 고출력과 고주파를 동시에 처리할 수 있어 기지국에서 요구되는 까다로운 사양에 적합합니다. GaN 반도체는 기지국, 방위산업, 항공우주 등 안정적인 통신이 요구되는 분야에서 강점을 발휘할 것으로 예상됩니다.

2025년 현재, 5G 기술이 성숙한 선진국에서는 통신 장비 시장의 성장세가 둔화될 수 있으나, 기존 기지국 업그레이드 수요가 지속될 것으로 예상됨에 따라 글로벌 시장은 일정 수준의 성장 가능성이 있다고 판단됩니다.

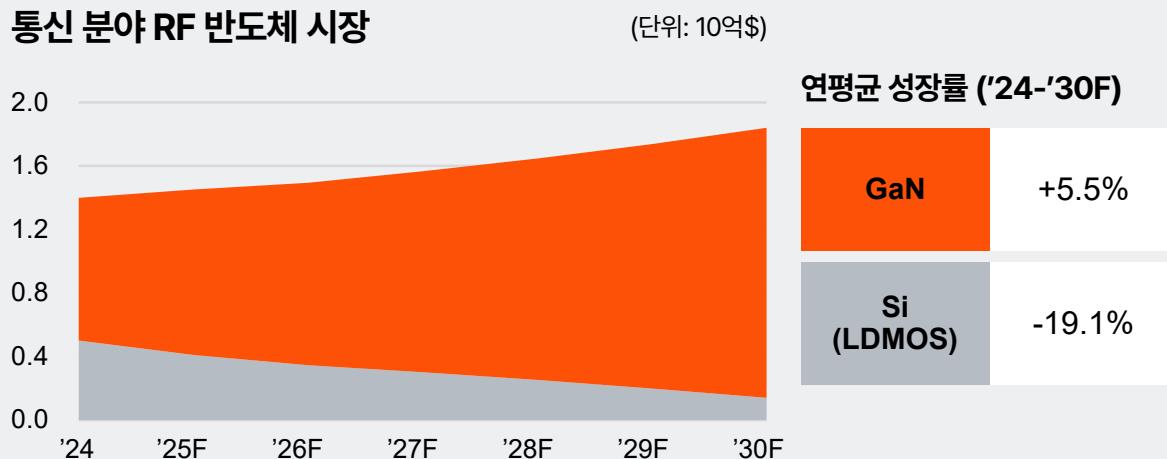
GaN RF 칩은 실리콘 기반 칩보다 비싸지만, 시장은 계속 성장할 것으로 전망됩니다. 현재 GaN은 통신 장비 RF 칩 시장의 절반 이상을 차지하고 있으며, 최대 90%까지 확대될 것으로 예상됩니다. 그러나 실리콘 RF 칩이 완전히 대체된다는 것은 아닙니다. 기지국은 일반적으로 여러 단계로 신호를 증폭하기 때문에, 저주파 애플리케이션에서는 실리콘 기반 칩이 여전히 경제적인 선택이 될 수 있습니다.

RF 소재별 최적 주파수와 전력



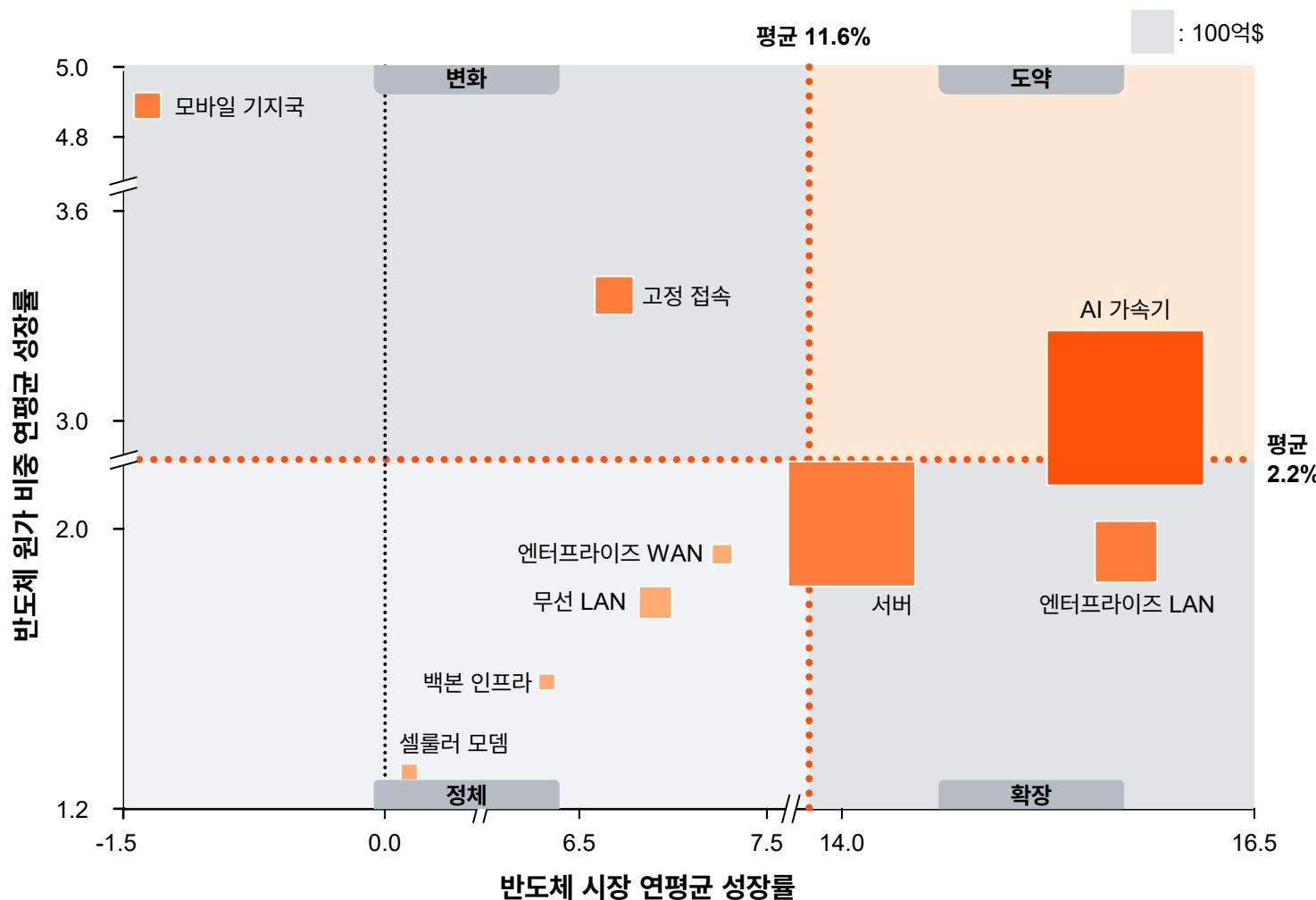
출처: IEEE, PwC Analysis

통신 분야 RF 반도체 시장



출처: PwC Analysis

2030년 애플리케이션별 반도체 수요



AI와 커넥티비티

AI 모델이 점점 더 복잡해지고 데이터셋이 확장되면서 데이터 센터와 네트워크에서 고속 데이터 전송에 대한 필요성이 증가하고 있습니다. 그 결과, 증가하는 데이터 트래픽을 처리할 수 있는 서버의 수요가 급증하며 시장 성장을 촉진하고 있습니다.

고사양 서버, AI 역량 강화, 맞춤형 칩 설계 니즈가 증가함에 따라 AI 가속기를 포함한 가속기 카드의 수요도 급증하고 있습니다. 또한, 더 빠른 데이터 트래픽을 처리를 위해 엔터프라이즈 LAN의 수요도 증가할 것으로 예상됩니다. 통신 표준이 발전함에 따라 모바일 기지국 및 고정 접속 장비의 원가에서 반도체 칩의 원가가 차지하는 비중이 증가할 것으로 예상됩니다.

한편, 데이터 트래픽과 통신 수요가 증가하면서 엔터프라이즈 WAN, WLAN(무선 LAN)과 백본 인프라의 시장 규모가 꾸준히 확대되고 있습니다. 그러나 통신 인프라에 대한 주요 투자가 이미 이루어진 상태이기 때문에, 반도체가 차지하는 원가 비중은 크게 증가하지 않을 것으로 보입니다.

2030년 애플리케이션별 반도체 수요 집중도

응용 분야



L

도약

E

확장

T

변화

S

정체

약함

강함

가전제품

가전제품 시장은 상대적으로 포화 상태임에도 불구하고, AI와 IoT 기술이 가전제품을 더욱 스마트하게 만들고, 소비자에게 새로운 경험을 제공하고 있습니다. 또한 AR / VR 및 웨어러블 기기와 같은 신제품들이 시장에서 주목받고 있습니다.

AI 가전 확산으로 전력 효율성과 사용자 맞춤형 기능을 지원하는 AI 프로세서, PMIC(Power Management IC)와 같은 반도체의 수요가 대폭 늘어날 전망입니다. 게임 및 의료용 웨어러블 기기는 센서 · 커넥티비티 IC, 처리 유닛 등 반도체 시장을 견인할 수 있습니다. 마지막으로, IoT의 확장은 전자기기 간 다양한 통신 프로토콜을 지원할 수 있는 커넥티비티 IC에 대한 수요를 촉진할 것으로 예상됩니다.

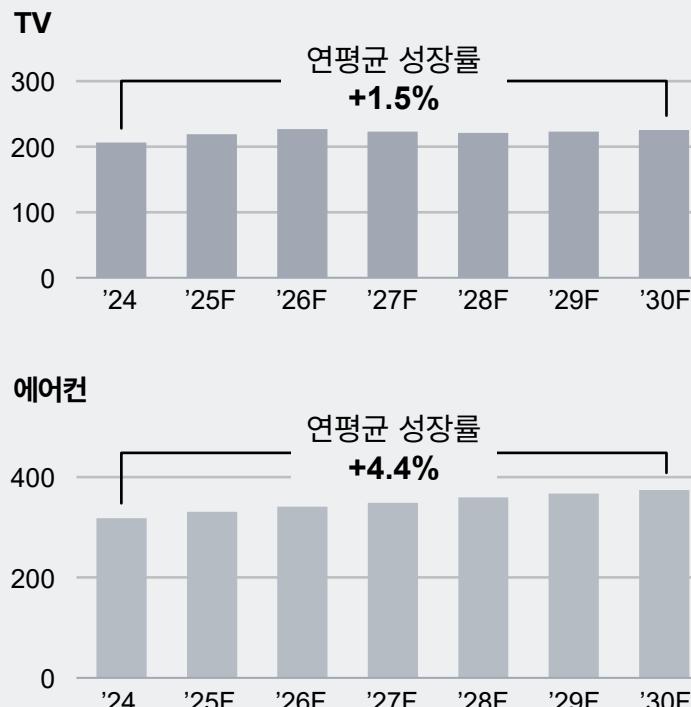
반도체는 가전제품의 지속적인 진화를 뒷받침하며, 우리 가정의 'Smart Experience'를 근본적으로 변화시킬 수 있습니다.



전통 가전제품 vs. 차세대 가전제품

가전제품 시장은 비교적 성숙한 상태이나, 냉장고와 같은 기존의 전통적인 가전제품에 IoT와 AI 기술이 통합되면서 소비자의 교체 주기가 빨라질 수 있습니다. 동시에 AR/VR 헤드셋 및 개인용 로봇과 같은 혁신적인 차세대 가전제품이 가전제품 시장에 진입하고 있습니다.

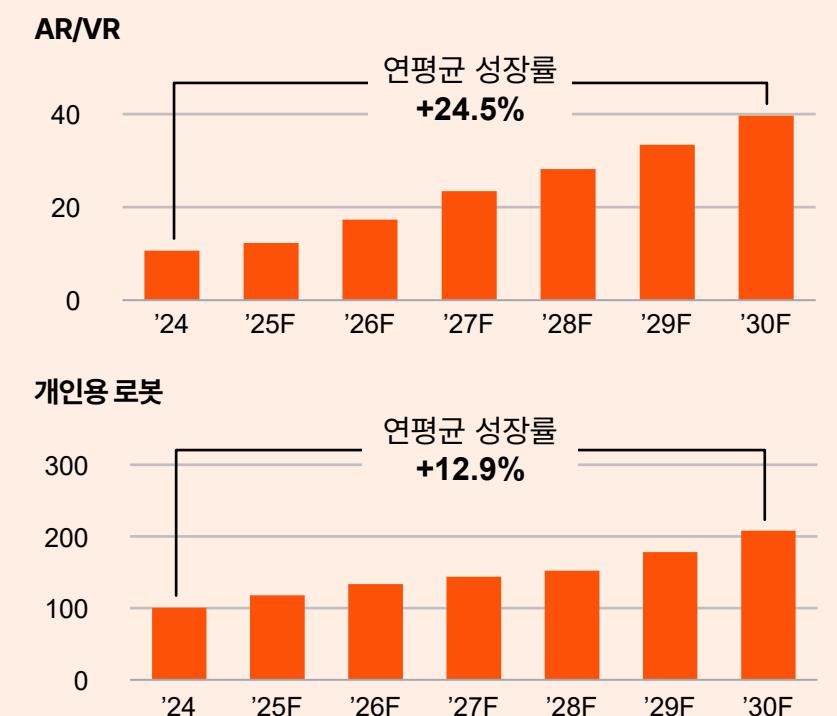
전통 가전제품 시장



출처: Gartner, Statista, PwC Analysis

(단위: 백만)

차세대 가전제품 시장



(단위: 백만)

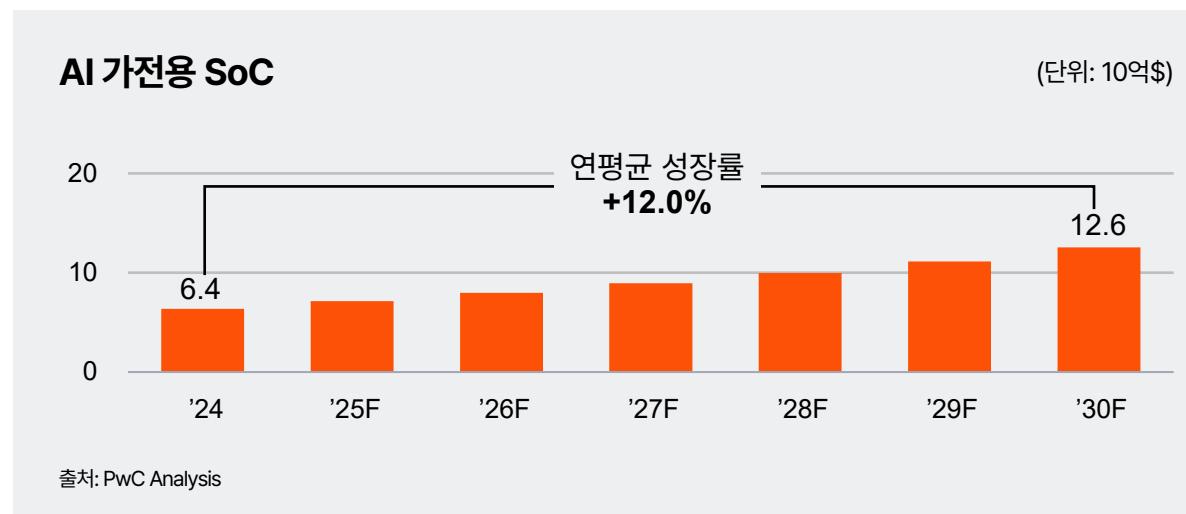
스마트하고 강력하며 에너지 효율적인, 가전제품의 새로운 시대

AI 기반 가전제품

	컴퓨팅 전력	전력 효율성	스마트 기능
TV	▲	▲	<ul style="list-style-type: none">영상(4K → 8K) 및 음향 품질의 업스케일링 및 자동 향상
냉장고	▲	▲	<ul style="list-style-type: none">식품 유통기한 추적센서가 실시간으로 전력 효율성 향상
개인용 로봇	▲	▶	<ul style="list-style-type: none">자동 경로 및 청소 모드를 갖춘 로봇 청소기AI 지원 애완 로봇
AR/VR	▲	▶	<ul style="list-style-type: none">저지연 기반 영상/음향 품질 업스케일링스마트홈 허브 구축
에어컨	▶	▲	<ul style="list-style-type: none">실시간 날씨 및 실내 센서를 활용한 인공지능 온도 제어
세탁기	▶	▲	<ul style="list-style-type: none">자동 세탁 코스 설정을 위한 AI 기반 원단 감지

스마트폰, PC, 자동차에서 Smart Experiences가 확산되면서 가정에서도 소비자들의 기대치가 높아지고 있습니다. 이는 최근 등장한 AR/VR 기기와 같은 신규 진입 가전제품뿐만 아니라 기존의 전통 가전제품에도 해당됩니다. 전통 가전제품의 출하량이 급증하지는 않았지만, TV, 로봇청소기, 냉장고 등에도 AI 기능이 탑재되면서 가전 시장에서 AI 프로세서에 대한 수요가 증가하고 있습니다.

에너지 효율도 매우 중요합니다. AI는 에너지 효율의 향상에도 기여할 수 있습니다. 대기 상태에서의 절전 관련 규제 등 가전 에너지 효율 기준이 엄격해지면서 그 중요성이 커지고 있습니다. 에너지 효율의 중요성은 AI에 최적화된 애플리케이션 프로세서뿐만 아니라, 전력 사용을 최적화하는 PMIC와 Compact Battery Management IC의 수요 증가로 이어질 것으로 예상됩니다.



Hyper-connected Home Experience의 등장

가전제품들은 이제 그 어느 때보다 서로 연결되어 Smart Experience의 새로운 기준을 제시하고 있습니다. 세탁기, 냉장고, 조명, AI 스피커, 로봇청소기 등 다양한 기기들이 서로 소통하며 끊김 없는 Smart Home Experience를 제공합니다.

이러한 트렌드는 서로 다른 제조사의 기기들도 원활하게 통신할 수 있도록 지원하기 위해 2022년에 도입된 Matter Smart-Home Standard의 등장으로 더욱 가속화되고 있습니다.

가전제품에 IoT 커넥티비티가 보편화됨에 따라, 더 많은 기기들이 커넥티비티 IC를 탑재하게 될 것입니다. 또한, 이 칩들은 단독 SoC 형태이거나 애플리케이션 프로세서(AP)에 통합된 형태로, 다양한 통신 프로토콜을 지원하도록 진화하고 있습니다.

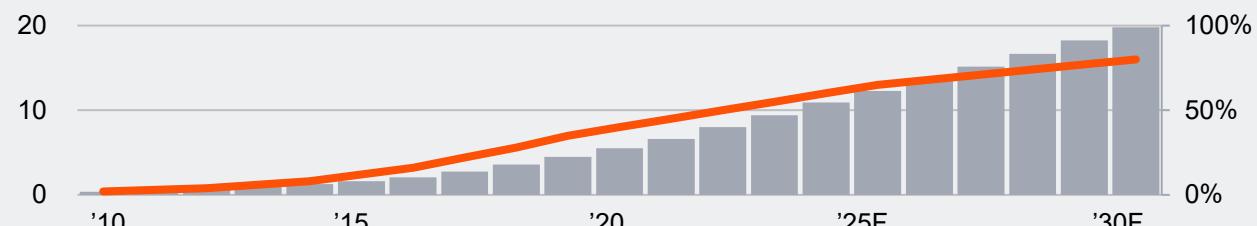
원활한 커넥티비티를 위해, 기기들은 상황에 따라 다양한 채널을 사용합니다.

Matter는 블루투스, Wi-Fi, 그리고 직접 기기 간 통신을 위한 Thread라는 프로토콜을 지원합니다. 예를 들어, Wi-Fi는 대용량 · 고속 데이터 전송에 적합하여 스마트 TV나 디스플레이가 있는 스마트 냉장고에 이상적입니다. 블루투스는 근거리 통신에 사용되며, 에너지 효율성이 뛰어난 Thread는 배터리로 작동하는 기기나 다른 가전과 직접 연결이 필요한 스마트 스피커 등에 적합합니다.

결론적으로, 가전제품이 점점 더 스마트 IoT 기능을 도입 · 확장함에 따라 커넥티비티 IC에 대한 수요가 증가할 것으로 예상됩니다.

스마트 커넥티비티 가전제품 수

(단위: 전체 가전제품 수(십억 대), 커넥티비티 가전제품의 비율)

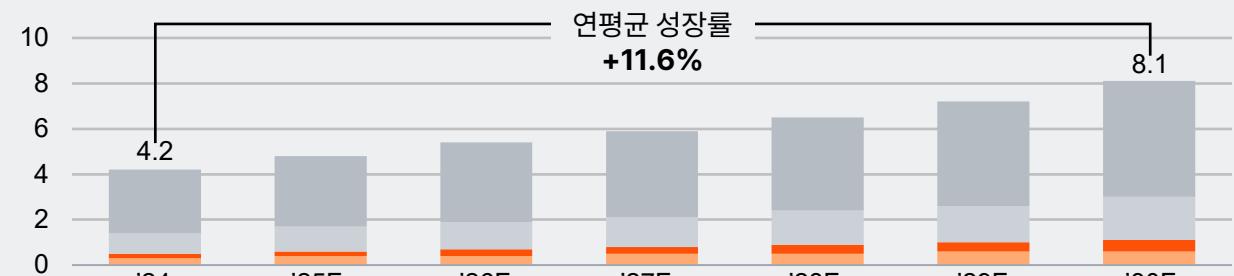


출처: Statista, PwC Analysis

가전제품 내 커넥티비티 IC

(단위: 10억\$)

■ Wi-Fi ■ Bluetooth ■ Zigbee/Thread ■ 기타



출처: PwC Analysis

현실과 가상 세계의 연결

웨어러블에 사용되는 센서 예시

AR/VR

- 이미지, 마이크, 자기장 센서, GPS, 가속도계, 회전 센서

히어러블(Hearables)

- 마이크, 온도, GPS, 압력

스마트 링

- 마이크, 온도, 자기장 센서, GPS, 회전 센서, 압력, 가속도계

스마트 워치

- 마이크, 온도, GPS, 회전 센서, 압력, 가속도계, 자외선

스마트 슈즈

- 온도, 압력, 자기장 센서, GPS, 가속도계, 회전 센서



지금 몇 개의 기기를 착용하고 계십니까? 이어폰과 헤드폰부터 스마트 워치, 피트니스 밴드, AR/VR 기기, 헬스케어 기기까지 웨어러블은 이제 우리 삶의 필수 요소가 되었습니다.

그 결과 센서에 대한 수요가 빠르게 증가하고 있으며, AR/VR 기기는 사용자와의 상호작용을 위해 눈과 몸의 움직임을 추적하는 다양한 센서뿐만 아니라, 증강현실 경험을 위한 카메라와 마이크도 활용할 수 있습니다.

웨어러블 헬스케어 기기도 건강, 움직임, 환경을 모니터링하기 위해 여러가지 센서를 사용합니다. 관성 센서는 움직임의 속도를 추적하고, 자기장 센서는 신체의 움직임을 감지하여 분석을 지원합니다. 침이나 광음향 방식을 이용한 비침습적 혈당 센서와 같은 새로운 센서들도 계속 등장할 것으로 보입니다.

이러한 센서들에서 수집된 데이터는 종종 왜곡이 많고 불규칙할 수 있습니다. 생체 신호는 움직임에 따라 변동하며, 외부의 잡음과 전자기장의 간섭으로 정확도가 저하될 수 있기 때문입니다.

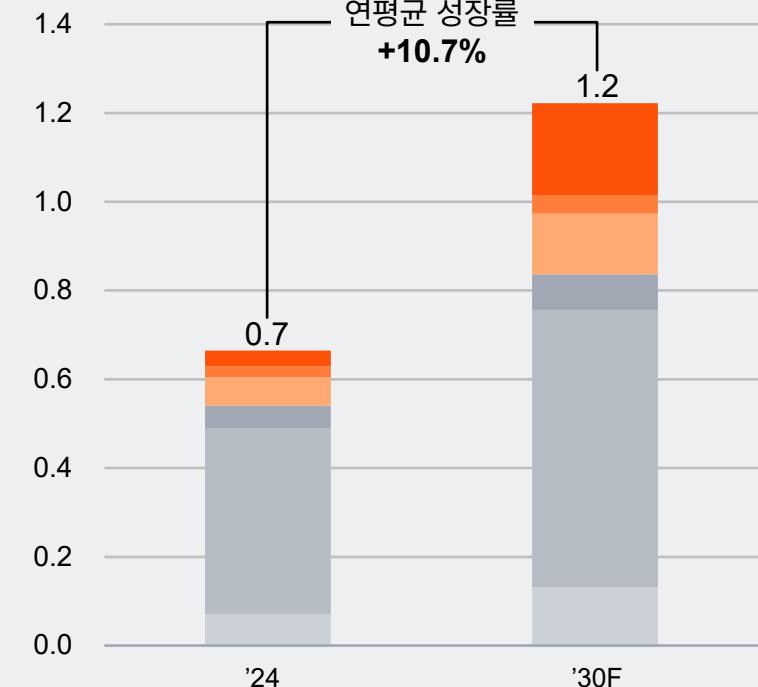
이러한 문제를 해결하기 위해 반도체 업계는 고급 프로세서와 웨어러블 전용 SoC 개발에 집중하고 있으며, 이를 통해 센서 데이터 처리의 효율을 높이고 기기의 성능을 개선하고 있습니다.

웨어러블 기기의 센서 IC

(단위: 10억\$)

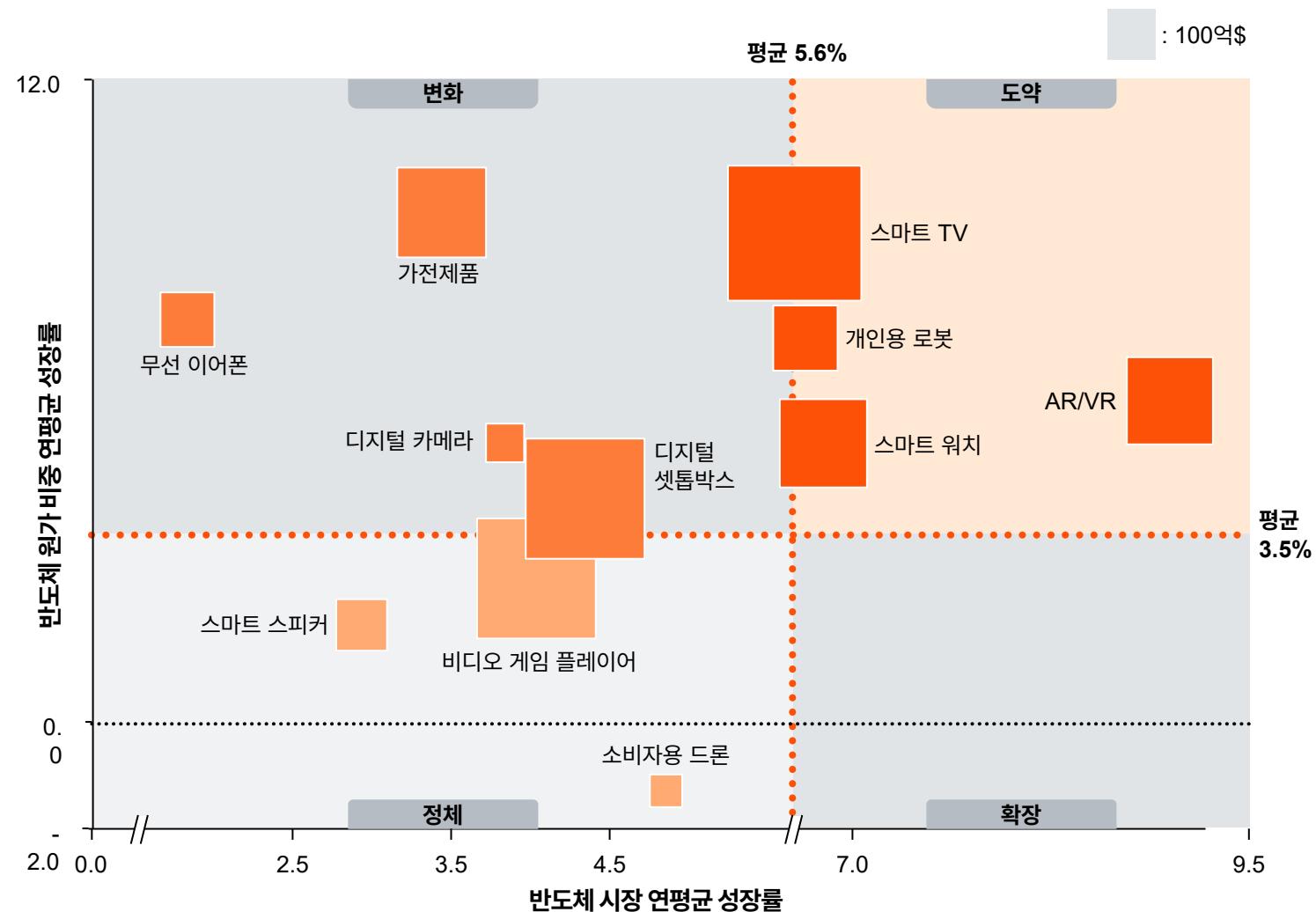


연평균 성장률
+10.7%



출처: PwC Analysis

2030년 애플리케이션별 반도체 수요



스마트화 및 IoT

가전제품은 점점 더 스마트해지고 연결성이 강화되고 있습니다. TV는 가장 큰 비중을 차지하는 카테고리로, AI 기반의 화질 및 음질 향상, 스마트 홈 제어, 맞춤형 콘텐츠 추천 기능을 갖추고 있으며, 이러한 기능들이 첨단 반도체 수요를 증가시키고 있습니다.

대형 가전제품과 디지털 셋톱박스도 스마트 기능과 커넥티비티 옵션의 증가로 인해 반도체 비중이 높아지고 있으며, 무선 이어폰과 디지털 카메라에서는 기능 확장과 고도화로 인해 더 많은 반도체가 사용되고 있습니다.

반면, 스마트 스피커와 소비자용 드론은 기술 혁신 필요성이 낮고 비용의 상당 부분이 반도체 이외의 부품에 집중되어 있어, 반도체 수요의 증가는 상대적으로 제한적입니다.

2030년 애플리케이션별 반도체 수요 집중도

응용 분야

TV

스마트 TV

L

웨어러블

AR/VR

L

스마트 워치

L

무선 이어폰

L

비디오 게임 플레이어

S

기타

디지털 카메라

T

스마트 스피커

S

디지털 셋톱박스

T

가전제품

T

소비자용 드론

S

개인용 로봇

L

수요 집중도

II

강함

수요 트렌드

AI TV의 급속한 확산은 칩 수요를 증가시키고 있으며, 특히 TV SoC와 디스플레이 드라이버 IC에서 두드러집니다. 이는 기능 확장, 고해상도 및 고주사율 디스플레이에 의해 촉진되고 있습니다.

3D 렌더링, 데이터 처리, 복잡한 시각 효과를 위한 고성능 프로세서와 실시간 환경 센서에 대한 수요가 증가하고 있습니다.

스마트 워치가 헬스케어 기기로 진화함에 따라 심박수 측정기, 관성 측정 장치, GPS 등 첨단 센서 칩에 대한 수요가 꾸준히 증가하고 있습니다.

무선 이어폰이 스마트 웨어러블로 진화하면서 음성 처리 및 AI 기능을 위한 저전력 디지털 신호 처리기(DSP)와 경량 NPU의 채택이 증가하고 있습니다.

비디오 게임 콘솔 시장은 포화 상태에 이르렀으며, 소프트웨어 · 구독 · 클라우드 게임 비중이 커지면서 반도체의 수요는 더 이상 크게 늘지 않을 전망입니다.

출하량은 계속 감소하고 있지만, 프리미엄 모델이 적층형 CMOS 이미지 센서와 고급 ISP(이미지 신호 프로세서)에 대한 수요를 견인하며 매출은 대체로 안정적으로 유지되고 있습니다.

코어 출하량은 정체 상태지만, 온디바이스 대형 언어 모델(LLM)이 NPU와 더 높은 성능의 DRAM을 추가하면서, 기기당 칩 탑재량이 소폭 회복되고 있습니다.

구형 유료 TV 셋톱박스는 감소하고 있으며, 성장은 Wi-Fi 6/6E를 지원하는 고집적 OTT 스트리밍용 SoC로 이동하고 있습니다.

스마트 커넥티비티 가전의 광범위한 도입과 에너지 관리 효율 향상이 커넥티비티 IC와 PMIC에 대한 수요를 견인하고 있습니다.

산업용 드론이 기능 중심인 것과 달리, 소비자용 드론은 원가와 배터리 효율에 중점을 두고 있어 수요 성장 잠재력이 제한적입니다.

청소 로봇과 교육용 로봇 등 가정용 로봇의 채택이 증가하고 기능이 강화되면서 ASIC과 커넥티비티 IC에 대한 수요가 늘어나고 있습니다.

컴퓨팅 장치

스마트폰과 PC 시장은 성숙기에 접어들었지만, 사용자 경험을 재정의하는 고성능 모델 중심으로 변화하고 있습니다. 고급 사진 촬영과 게임부터 실시간 AI 어시스턴트에 이르기까지 AI 기반 애플리케이션의 등장으로 시장에 새로운 성장 동력이 생기고 있으며, AI PC와 AI 스마트폰이라는 새로운 세대의 기기가 등장하고 있습니다.

AI 통합 컴퓨팅 기기에 대한 수요가 증가하면서, 애플리케이션 프로세서 내 GPU, CPU, ISP(Image Signal Processors)와 함께 NPU(Neural Processing Units, 신경망 처리 장치)의 채택이 가속화될 것으로 예상됩니다. 한편, LPDDR(Low-Power Double Data Rate) 메모리 기술도 발전을 거듭하며 차세대 PC와 스마트폰에 더 높은 성능과 더 나은 전력 효율을 제공할 것으로 예상됩니다.

AI 애플리케이션의 확산과 고해상도 디스플레이, 고성능 컴퓨팅, 대용량 스토리지에 대한 수요 증가로 PC와 스마트폰이 반도체 산업 성장의 주요 동력이 될 것으로 예상됩니다.



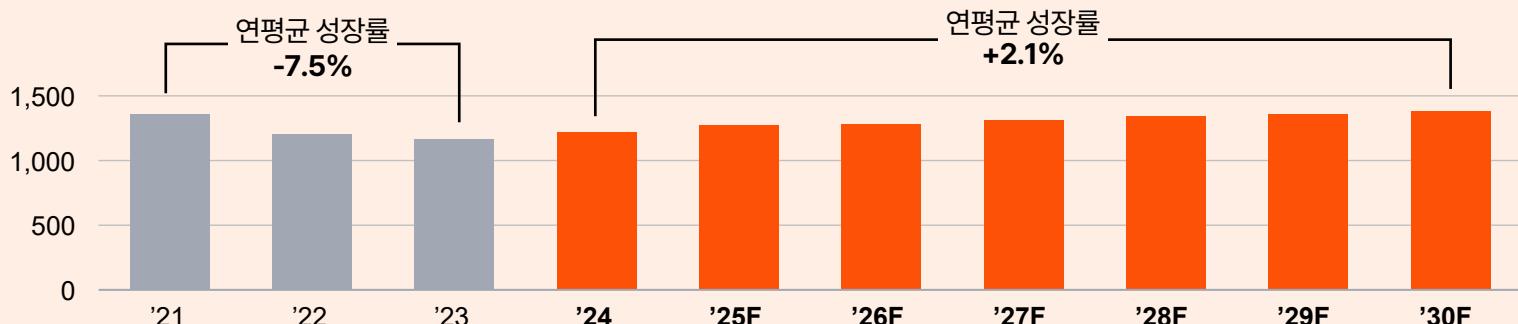
AI로 인한 컴퓨팅 기기의 재도약

스마트폰 및 PC 시장은 자동차 및 데이터 센터와 같은 다른 응용 분야에 비해 상대적으로 포화 상태에 있습니다.

그러나 AI가 일상생활에 깊숙이 스며들면서, 개인용 기기에서 AI 서비스를 직접 실행하려는 트렌드가 나타나고 있습니다. 이러한 변화는 고급 AI 애플리케이션을 원활하게 처리할 수 있는 AI 기반 PC와 스마트폰에 대한 수요를 증가시켰습니다.

가상의 비서부터 온디바이스 머신러닝 작업에 이르는 AI 기능의 통합이 시장을 다시 활성화시키고 있으며, 기기 제조업체와 반도체 기업에 새로운 성장의 기회를 제공하고 있습니다.

글로벌 스마트폰 시장



글로벌 PC 및 태블릿 시장¹⁾

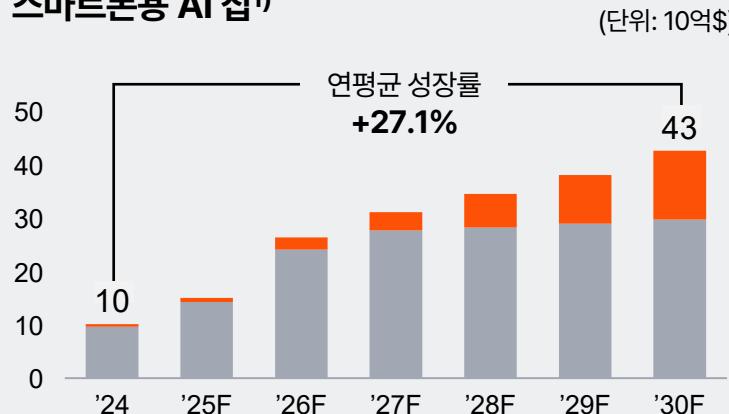


1) PC 및 태블릿 판매량은 데스크탑, 노트북, 태블릿의 총 판매량을 합산한 것을 의미합니다.

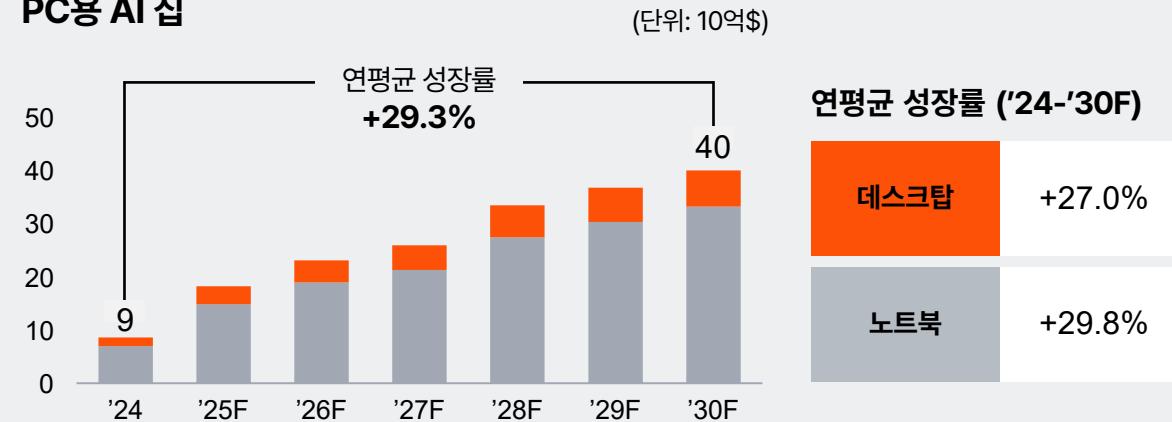
출처: Gartner, Statista, PwC Analysis

온디바이스 AI로 인한 스마트폰과 PC의 새로운 잠재력

스마트폰용 AI 칩¹⁾



PC용 AI 칩



1) 저가형 스마트폰 시장용 AI 지원 칩의 매출은 3억 달러 미만으로 예상되며, 따라서 그림에는 표시되지 않습니다. 프리미엄 카테고리에는 플래그십 모델이 포함됩니다.

출처: PwC Analysis

스마트폰과 PC는 항상 첨단 공정을 활용한 고급 칩 수요를 견인하는 하이엔드 애플리케이션입니다. 이들은 방대한 데이터를 낮은 지연으로 처리해야 하며, 동시에 휴대성, 편의성(얇고 가벼운 디자인)과 긴 배터리 수명을 유지해야 합니다. 그 결과, CPU, GPU, ISP와 같은 고성능 컴퓨팅 유닛을 통합한 AP의 성능은 스마트폰과 PC 시장에서 핵심 경쟁 요소가 되어왔습니다.

“엣지 AI”로의 전환이 기기 성능 향상을 촉진하는 핵심 트렌드로 자리잡고 있습니다. 이전에는 CPU나 GPU가 이러한 작업을 처리했지만, AI 모델이 복잡해지고 민감한 데이터가 증가함에 따라 기기 내 NPU 채택이 확대되었습니다. NPU는 AP/SoC에 통합된 전용 AI 처리 코어로, 더 빠르고 안전한 데이터 처리를 가능하게 합니다. 이러한 트렌드는 특히 프리미엄 제품군에서 반도체 시장 성장을 촉진할 것으로 예상됩니다.

더 빠르고 보안성이 강화된 NPU와 진화한 온디바이스 AI를 통해, 스마트폰과 PC 사용자들은 더 편리한 AI를 경험할 수 있습니다. 스마트폰은 외부 앱 없이 실시간으로 통화 내용을 요약하고 즉시 사진을 보정할 수 있으며, PC는 AI 기반 노이즈 제거로 더 선명한 화상 통화를 지원하고 지연 없이 실시간 자막 번역을 제공할 수 있습니다.

AI 기능을 갖춘 스마트폰과 PC에 대한 수요는 이미 증가하고 있으며, NPU와 엣지 AI는 이러한 산업에서 칩 시장을 지속적으로 견인할 것으로 예상됩니다.

AI PC와 스마트폰의 이면

프로세서가 발전함에 따라, 더 빠른 데이터 전송과 안정적인 처리를 지원하기 위해서는 고성능 DRAM이 필수적입니다. 이러한 필요성은 온디바이스 AI로 인해 더욱 커지고 있으며, 실시간 AI 처리를 위해서는 높은 데이터 부하를 관리하면서 전력 효율을 유지할 수 있는 메모리 솔루션이 필요합니다.

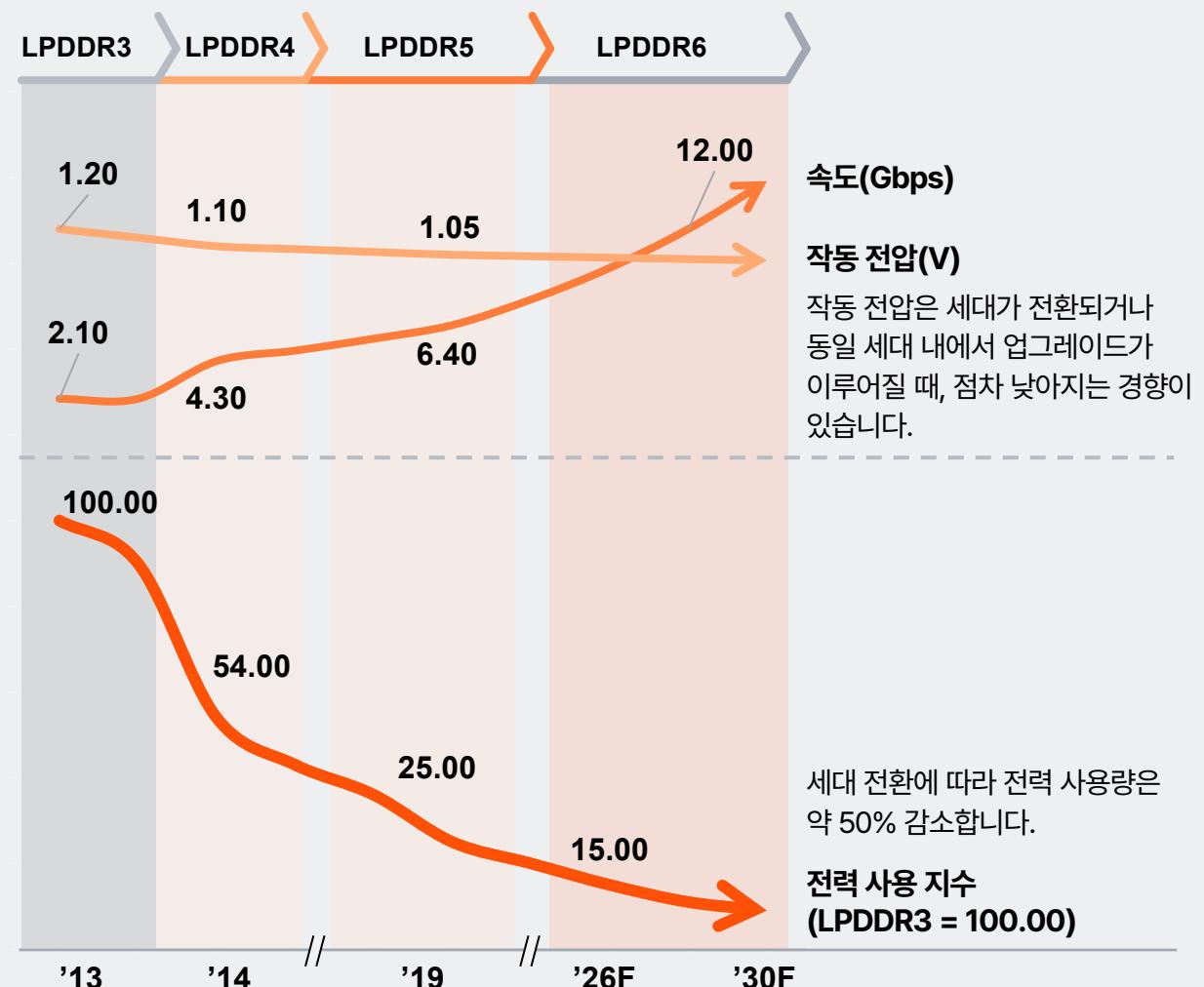
HBM은 고성능 메모리의 대명사이지만 전력소모량이 커서, 배터리 수명이 중요한 스마트폰과 PC에서는 사용이 어렵습니다.

LPDDR은 고속 처리와 높은 전력 효율을 균형 있게 제공하여 차세대 스마트폰과 AI 기반 컴퓨팅에 필수적인 역할을 합니다.

LPDDR 세대가 전환될 때마다 작동 전압이 낮아져 전력 소비가 30~40% 감소하며, 설계 및 공정 개선으로 세대 내에서도 추가로 10~30%의 절감이 이루어집니다. 세대 전환이든 동일 세대 내 업그레이드든, 업그레이드 주기는 1~2년에서 약 3년으로 점차 길어지고 있습니다. 2026년에 출시될 것으로 예상되는 LPDDR6는 LPDDR5 대비 약 50% 낮은 전력 소비를 달성할 것으로 보이며, 2030년까지 추가 개선이 기대됩니다.

AI 워크로드가 확대되고 에너지 효율이 계속 중요한 과제로 남는 만큼, LPDDR은 모바일 및 PC 기기에서 고성능 · 저전력 컴퓨팅을 가능하게 하며 DRAM 시장 성장을 지속적으로 견인할 것으로 예상됩니다.

세대별 LPDDR의 상대적 전력 사용량



출처: 전문가 인터뷰, PwC Analysis

아마추어를 전문가로: ISP(Image Signal Processors)

사진 촬영은 한때 세심한 수동 설정이 필요했지만, 계속되는 자동화의 물결 — 먼저 필름 카메라, 이후 디지털 컴팩트 카메라, 그리고 이제는 스마트폰 —로 인해 고품질 이미지를 손쉽게 얻을 수 있게 되었습니다.

이 과정의 핵심에는 카메라 센서와 ISP가 있습니다. 센서는 빛을 받아 전기 신호로 변환하는 '눈'과 같은 역할을 합니다. ISP는 여기서 '뇌'처럼 작동하며, 이러한 신호를 실시간으로 분석하고 처리해 최종 이미지를 개선합니다. 고성능 스마트폰 카메라는 고해상도 센서, 다중 렌즈, 그리고 무엇보다 강력한 ISP 간의 시너지에 의존합니다.

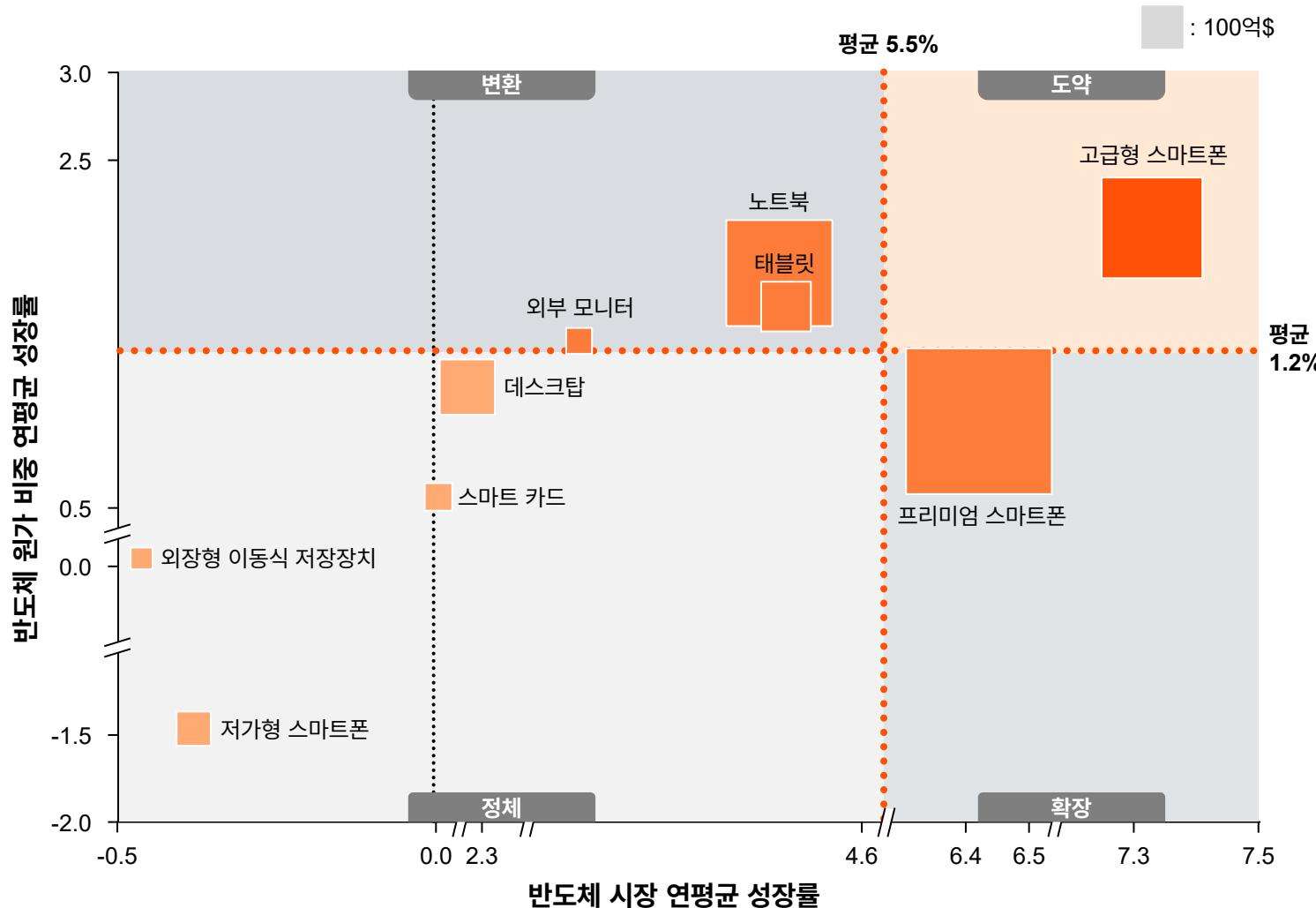
카메라 기능이 점점 더 발전함에 따라, 소비자들은 더 높은 품질의 사진을 기대하고 있습니다. 이러한 요구를 충족하기 위해 스마트폰에는 이제 트리플 또는 쿼드 카메라와 같은 다중 카메라 모듈과 더 높은 해상도의 센서가 탑재되고 있으며, 이로 인해 더 빠른 ISP가 필요하게 되었습니다. 물론 렌즈나 카메라 센서의 픽셀 수에 대한 수요도 증가하지만, 이러한 자원을 활용해 높은 화질을 구현하는 것은 ISP의 역할입니다.



동시에, 베젤이 줄어들고 화면 대비 본체 비율이 커지면서 내부 공간은 줄어들고 있습니다. 따라서 스택형 렌즈, 폴디드 페리스코프 광학(Folded-Periscope Optics), 저전력 ISP IP 블록이 매우 중요해지고 있습니다.

그 결과, 초소형 카메라 모듈과 고도로 발전된 온칩 ISP의 혁신이 스마트폰 반도체의 새로운 성장 동력으로 떠오르고 있으며, 이를 통해 미래의 기기는 손바닥 만한 크기로 전문가 수준의 이미지 촬영을 지원하게 될 것입니다.

2030년 애플리케이션별 반도체 수요



온디바이스 AI

스마트폰의 기능이 계속 확장되면서, 스마트폰은 더 이상 단순한 통신 기기가 아니라 컴퓨팅 기기로서의 입지를 강화하고 있습니다. 그리고, 반도체 수요는 PC나 노트북보다 스마트폰 쪽에서 훨씬 더 빠르게 증가하고 있습니다.

이 중 고급형 스마트폰은 부품(카메라 렌즈, 디스플레이 등)의 원가 부담이 낮고 프리미엄 모델 대비 가격 경쟁력이 있어서, 그 수요가 급증하고 있습니다. 반면, 저가형 스마트폰의 수요는 상대적으로 약한 편입니다.

최근 컴퓨팅 기기에 AI 기능이 더 많이 탑재되면서, 반도체의 원가 비중이 급증하고 있으며, 특히 이러한 현상은 노트북과 스마트폰에서 두드러집니다. AI 기능의 통합은 데스크탑보다 노트북에서 더 활발히 이루어지고 있어, 노트북의 반도체 원가 비중이 상대적으로 크게 증가하고 있습니다.

반면, 스마트 카드나 외장형 이동식 저장장치와 같은 애플리케이션은 상대적으로 수요가 작은 편입니다.

2030년 애플리케이션별 반도체 수요 집중도



산업용 기기

반도체는 다양한 산업용 기기 분야의 혁신을 견인하고 있습니다. 기후 변화에 대응하기 위한 재생 에너지로의 전환 가속화, 고령화로 인한 의료 혁신의 필요성 증가, 그리고 공장과 농업 분야에서의 스마트 제조가 부각되는 추세는 반도체 발전과 밀접하게 연관된 핵심 트렌드입니다.

첨단 CPU, GPU, 바이오센서, MEMS(Micro-Electro-Mechanical Systems) 기술을 활용한 반도체가 신속한 진단과 효율적 수술, 예방 치료를 실현하며 의료진을 돋고 있습니다.

재생 에너지로의 전환은 SiC(실리콘 카바이드) 기반 전력 반도체 수요를 촉진하며, 산업 전반에서 스마트 생산의 확산은 센서, 커넥티비티 IC 및 AI 칩을 포함한 반도체 시장을 견인하고 있습니다.

산업에서 스마트 기술, 자동화, AI 활용이 확산되면서, 반도체는 더 다양한 분야에서 생산성을 높이고 혁신을 이끌어내는 도구가 될 것입니다.

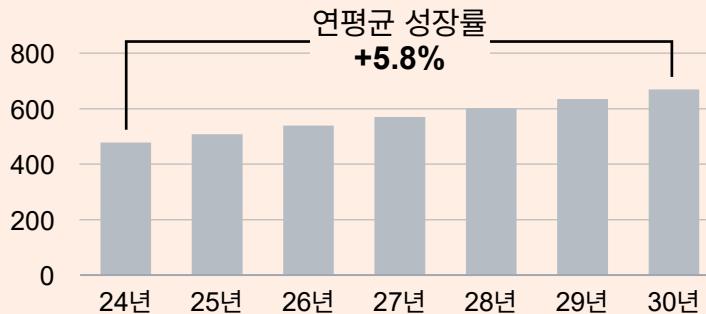


산업의 끊임없는 변화

전 세계의 산업(의료, 농업, 제조, 국방 등)은 인구 구조 변화, 신기술에 의한 생산성 향상, 새로운 제품군의 등장, 그리고 기후 관련 리스크 등 다양한 요인에 의해 끊임없이 진화하고 있습니다. 이러한 변화들은 고성능 반도체를 비롯하여 더 많은 반도체의 수요를 촉진하고 있습니다. 2030년에는 반도체가 보다 광범위한 영역에서 사용될 것입니다.

의료기기 시장

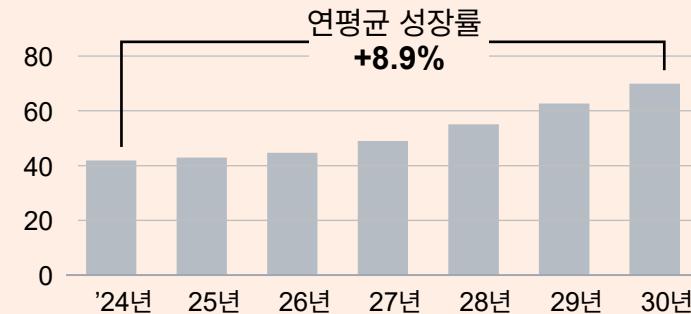
(단위: 10억 달러)



자동화 장비 시장

연평균 성장률

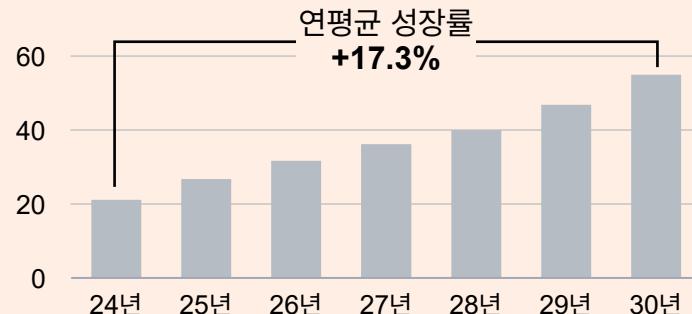
+8.9%



스마트 농업 장비 시장

연평균 성장률

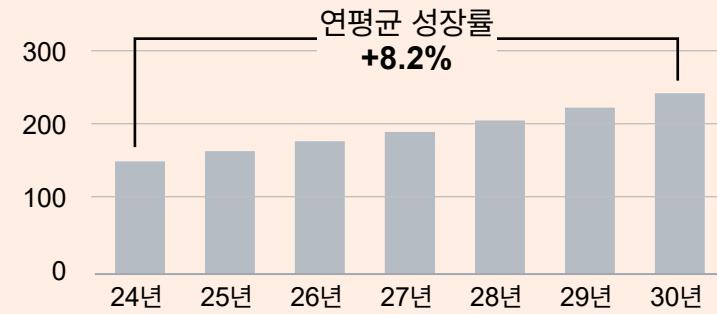
+17.3%



국방 장비 시장

연평균 성장률

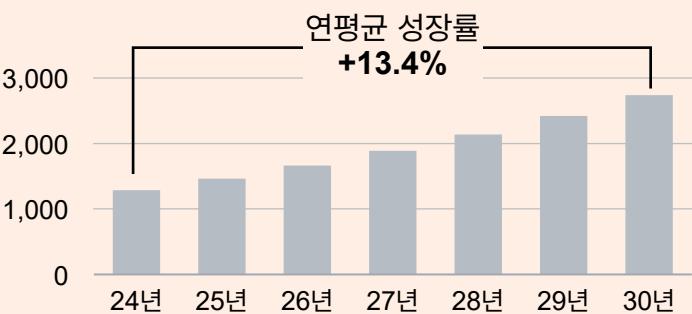
+8.2%



재생 에너지 시장

연평균 성장률

+13.4%



출처: IEA, Statista, Gartner, PwC Analysis

의료 혁신의 중심에 있는 반도체

고령화로 인해 의료 분야에 대한 관심이 높아지는 것은 세계적인 추세입니다. 반도체는 의료 혁신에서 핵심적인 역할을 하고 있습니다.

로봇 보조 수술의 확대가 대표적인 예입니다. 미국에서는 복벽 탈장 수술에서 로봇 보조 방식의 비율이 2010년 2.1%에서 2020년에는 20%를 넘어섰습니다. 이러한 성장은 실시간 GPU 기반 영상 분석 기술을 바탕으로 정밀한 움직임을 구현하는 센서와 액추에이터를 제공하는 MEMS(Micro-Electro-Mechanical Systems, 미세전자 기계 시스템) 기술 덕분입니다.

CT, MRI, 3D 초음파 등 GPU로 구동되는 진단 장비는 더욱 세밀한 정보를 제공하도록 진화하고 있습니다. 또한, CPU, GPU, 커넥티비티 IC로 구동되는 클라우드/엣지 AI는 진단의 정확성과 효율성을 더욱 높여줍니다. 반도체는 바이오센서, AI 분석, 센서 · MCU · 통신 IC가 탑재된 치료 후 케어 로봇 등을 통해 원격 진단과 환자 모니터링도 가능하게 합니다.

일부 반도체는 전기적 안전성 및 전자파 적합성 인증이 필요하므로 이러한 인증을 고려해 설계 · 제조되어야 합니다. 의료 분야는 규제가 상대적으로 엄격하지만, MEMS부터 AI 가속기, GPU 등 반도체 산업에 많은 기회가 열려 있는 시장입니다.

미래 의료 서비스 영역의 반도체



Signal Processing Unit을 갖춘
첨단 바이오센서



통신 IC 및 바이오 센서



고성능 GPU, CPU,
신호 프로세서 및 통신 IC



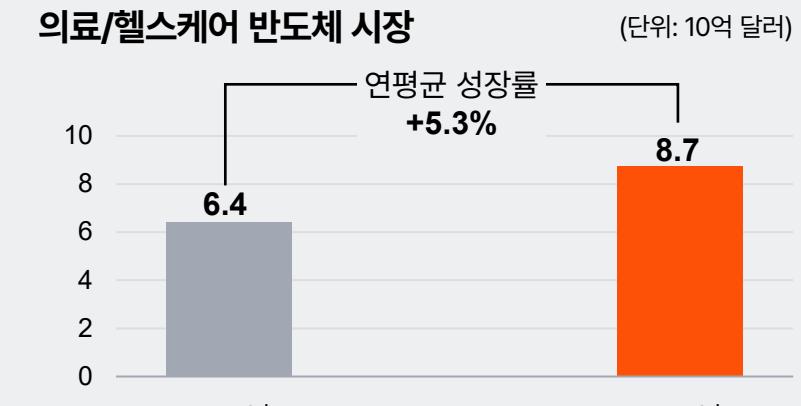
인공지능 기반 영상 처리 칩과
MEMS 기반 동작 센서 및 제어 유닛



인공 의료 기기와 같은
MEMS 기반 이식형 장치



바이오센서, 통신 IC, MCU



1) Brian T Fry, "Surgical Approach and Long-Term Recurrence After Ventral Hernia Repair",

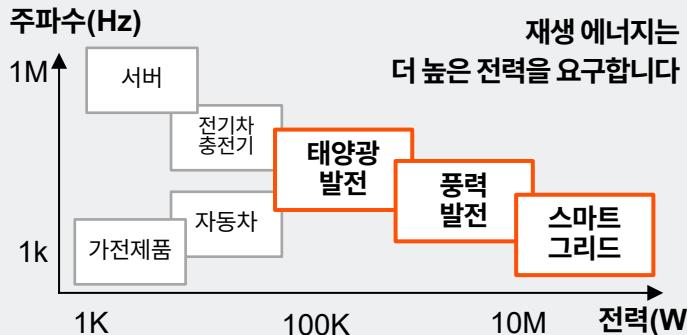
2024년

출처: PwC Analysis

재생 에너지로의 전환

기후 위기에 대한 전 세계적 관심이 높아지면서, 전 세계 태양광 발전 및 풍력 발전 설비 용량은 2016년 900GW에서 2023년에는 2,000GW를 넘어섰습니다. 이러한 변화는 더욱 가속화되고 있으며, 2030년에는 총 설비 용량이 5,500GW에 이를 것으로 예상됩니다. IEA(International Energy Agency, 국제 에너지 기구)에 따르면, 태양광과 풍력은 접근성이 높고 빠르게 확장되는 재생에너지이기 때문에, 신 재생에너지 설비의 90% 이상을 차지할 것으로 전망됩니다.

응용 분야별 에너지 요구 사항



출처: Infineon, PwC Analysis

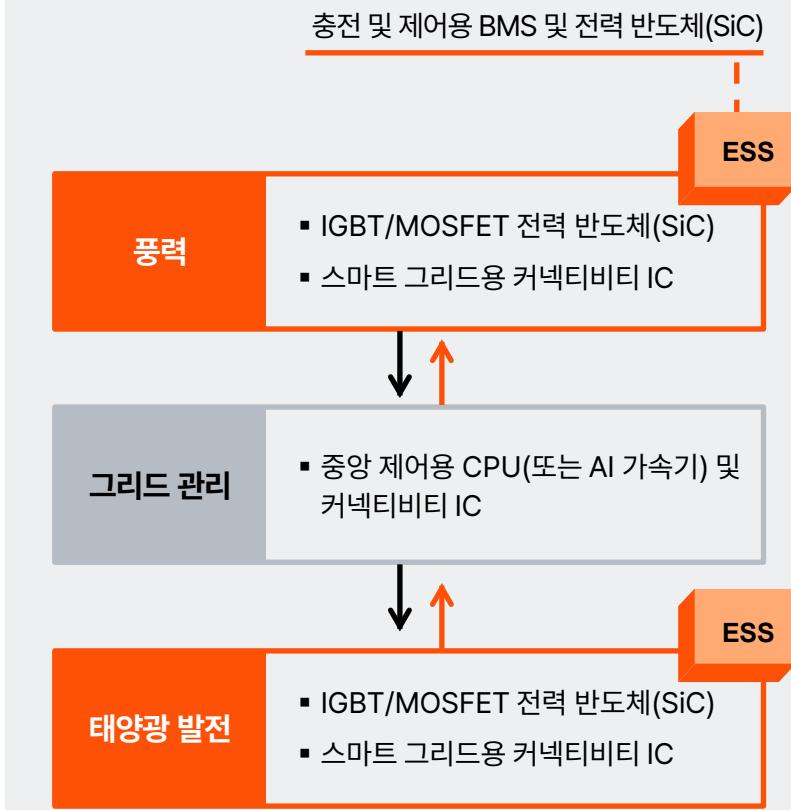
태양광과 풍력 모두 효과적인 전력 송·배전을 위해 반도체에 크게 의존합니다. 태양광 발전은 직류(DC)로 생산되기 때문에, 계통 연계를 위해 교류(AC)로 변환되어야 하며, 반도체는 재생에너지의 전력 출력을 안정화하는 데 중요한 역할을 합니다.

안정적이고 효율적인 전력 송·배전을 위해 에너지 산업에서는 특히 고전압 환경을 견딜 수 있는 반도체가 요구되며, 이로 인해 실리콘 카바이드(SiC)의 중요성이 커지고 있습니다.

재생에너지 도입이 확대되면서 스마트 그리드와 에너지 저장 시스템(Energy Storage Systems, ESS)도 주목받고 있습니다. 이들 시스템은 잉여 전력을 저장했다가 전력이 부족할 때에는 전력을 재분배함으로서 안정적인 재생에너지 공급을 가능하게 합니다. 이를 위해 스마트 그리드는 지속적인 전력 모니터링을 필요로 하며, 이는 그리드 전체의 통신 IC와 중앙 제어 스테이션의 CPU/GPU에 대한 수요 증가로 이어집니다. 백업 배터리 역할을 하는 ESS는 인버터, 전력 반도체를 탑재한 컨버터, 배터리 관리 시스템(BMS)에도 의존합니다.

재생에너지 사용이 지속적으로 확대됨에 따라, 전력 반도체에 대한 수요는 지속적으로 증가할 것으로 예상됩니다.

재생에너지 시장의 반도체 수요



계속되는 스마트 생산 혁신

노무비의 상승과 인력 감소로 인해, AI와 IoT를 활용해 생산과 물류 전반을 혁신하는 스마트 팩토리가 빠르게 확산되고 있습니다. 이러한 자동화는 반도체에 크게 의존합니다.

커넥티비티 IC는 공장 내 IoT 장비를 통해 원자재부터 재고까지 실시간 추적을 가능하게 하며, 산업용 컴퓨터 제어 장치(Programmable Logic Controller, PLC)는 ASIC 또는 CPU를 사용해 서비스를 원격으로 제어합니다. 센서, MCU, MEMS 디바이스는 결함을 감지하고 기계를 정밀하게 제어할 수 있도록 하며, PMIC는 시스템의 전력 효율을 높여줍니다. 자동화 수준을 자동화 피라미드 기준으로 분석하면, 현재 기업들은 레벨 0-1에서 레벨 2-3으로 이동하고 있으며, 효율성 향상을 위해 레벨 4와 5까지 나아가고 있습니다. 완전 자동화 공장이 확산되면 컴퓨팅 파워와 커넥티비티 IC에 대한 수요가 더욱 증가할 것으로 보입니다.

자동화 · 스마트 생산은 공장에서의 대량 생산뿐만 아니라 스마트 농업과 스마트 양식업에도 적용됩니다. 스마트 팜에서는 센서가 환경을 모니터링하고, 데이터를 AI 프로세서로 전송해 작물 생장을 최적화합니다. 파종과 수확 등 작업도 GPS, MCU, CPU로 제어되는 기계가 수행합니다. 스마트 양식업도 수질 센서, 머신비전 기반 어류 계수기, AI 제어 먹이 공급 로봇 등을 통해 효율성과 지속가능성을 높이고 있습니다.

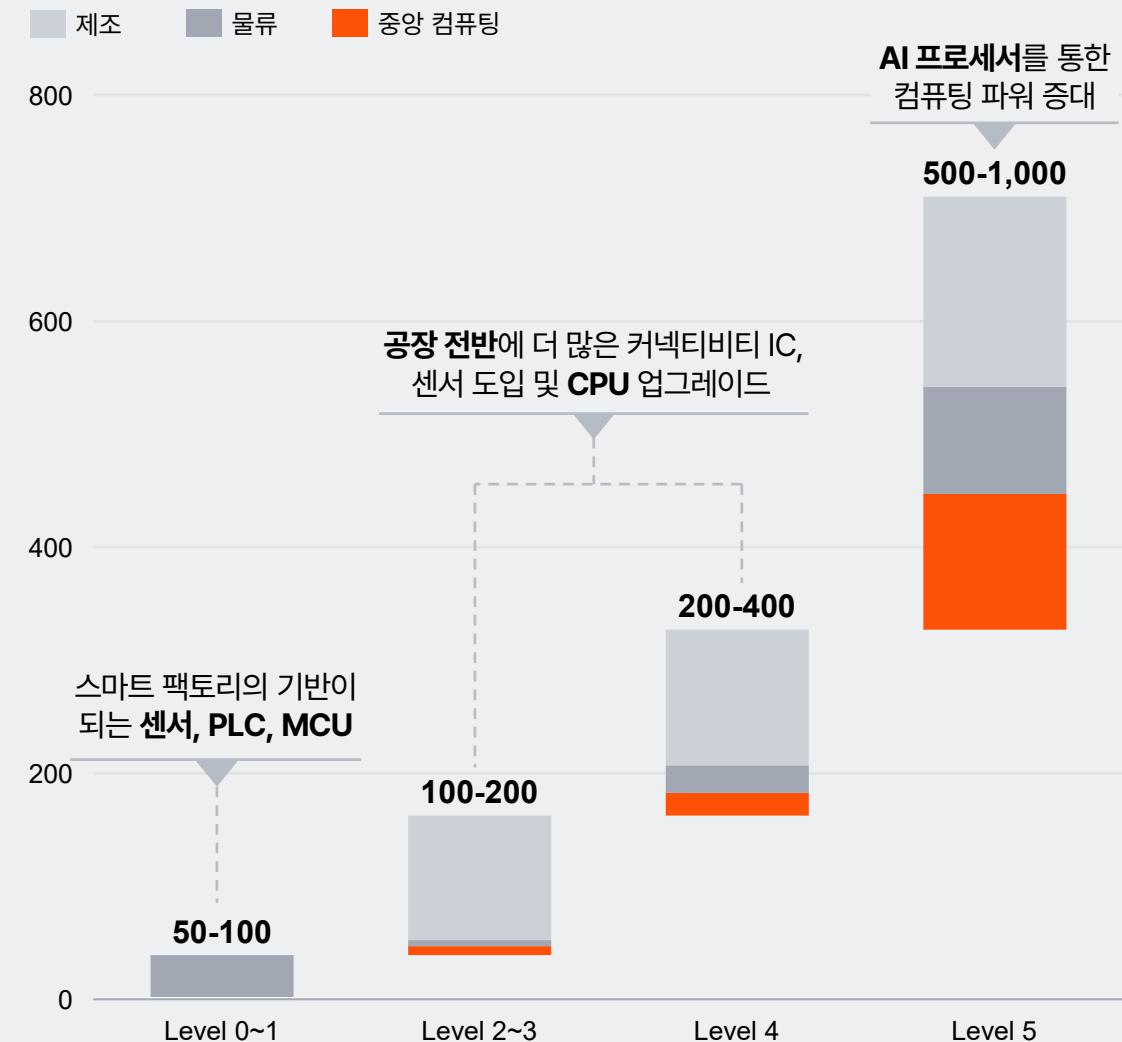
자동화 수준이 고도화 될수록 고성능 반도체에 대한 수요가 확대되고, 이로 인해 산업의 지능화, 데이터 기반 운영, 자율 운영 체계로의 전환이 가속화될 것으로 전망됩니다.

1) 반도체 소요량은 10,000m² 규모의 자동차 부품 공장에서 매우 단순한 생산라인을 기준으로 추정된 수치이며, 실제 같은 산업 분야, 공장 규모, 그리고 반도체의 가치에 따라 달라질 수 있습니다. Lv.0~1은 PLC를 활용한 기본적인 설비 자동화 단계, Lv.2~3은 데이터 기반의 공장 전체 부분 자동화, Lv.4는 기업 차원의 데이터를 활용한 고도 자동화, Lv.5는 AI를 통한 완전 자동화 및 자가 성능 개선 단계를 의미합니다. 이 수치는 자동화 수준이 높아질수록 반도체의 가치가 증가하는 경향을 보여주기 위한 참고용 예시입니다.

출처: PwC Analysis

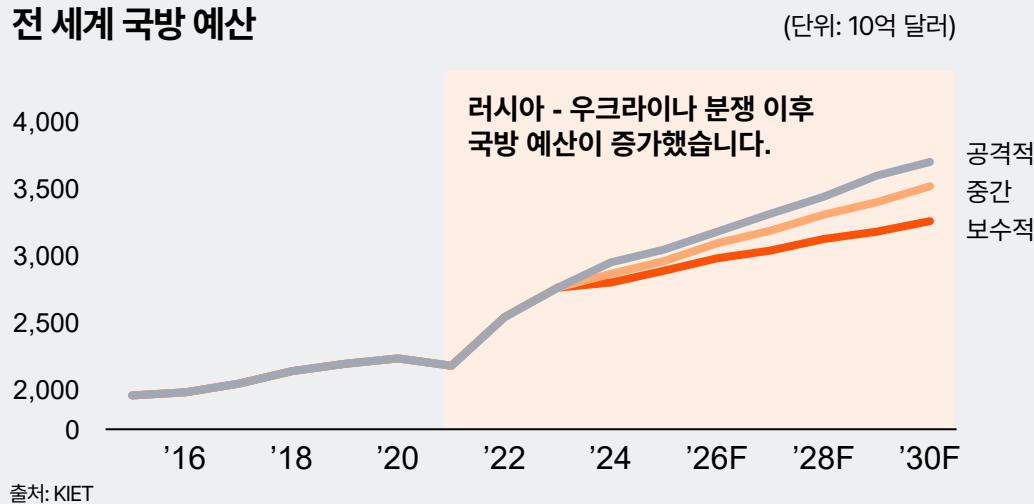
자동화 수준별 반도체 소요량¹⁾

(단위: 천 달러)



첨단 방위 시스템의 필수 요소, 첨단 반도체

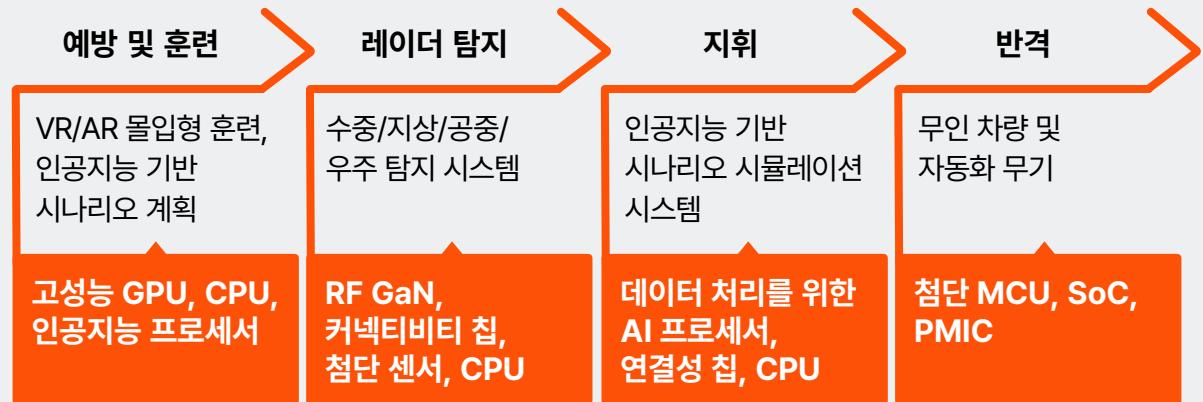
전 세계 국방 예산



지정학적 긴장과 안보 위협이 고조되면서 전 세계 국방 예산이 증가하고 있습니다. 2015년부터 2022년까지 평균 국방 예산은 약 2조 달러 수준이었으나, 2030년에는 3~4조 달러에 이를 것으로 전망됩니다. 이러한 예산 증가는 전통적인 군사력 증강뿐만 아니라, 첨단 기술 혁신, 무인 시스템, 첨단 전쟁 기술에도 투입되고 있습니다. 인명 피해를 줄이고 임무 성공률을 높이기 위해 드론, 무인 선박, 전투기 등에서 빠른 기술 발전이 이루어지고 있습니다.

국방 시스템은 예방 및 훈련, 레이더 탐지, 지휘 및 반격의 단계로 구성됩니다. 최근에는 실시간 탐지 시스템이 머신러닝 및 VR/AR 기기와 결합되어 방위 전략을 세밀하게 지원하고 있습니다.

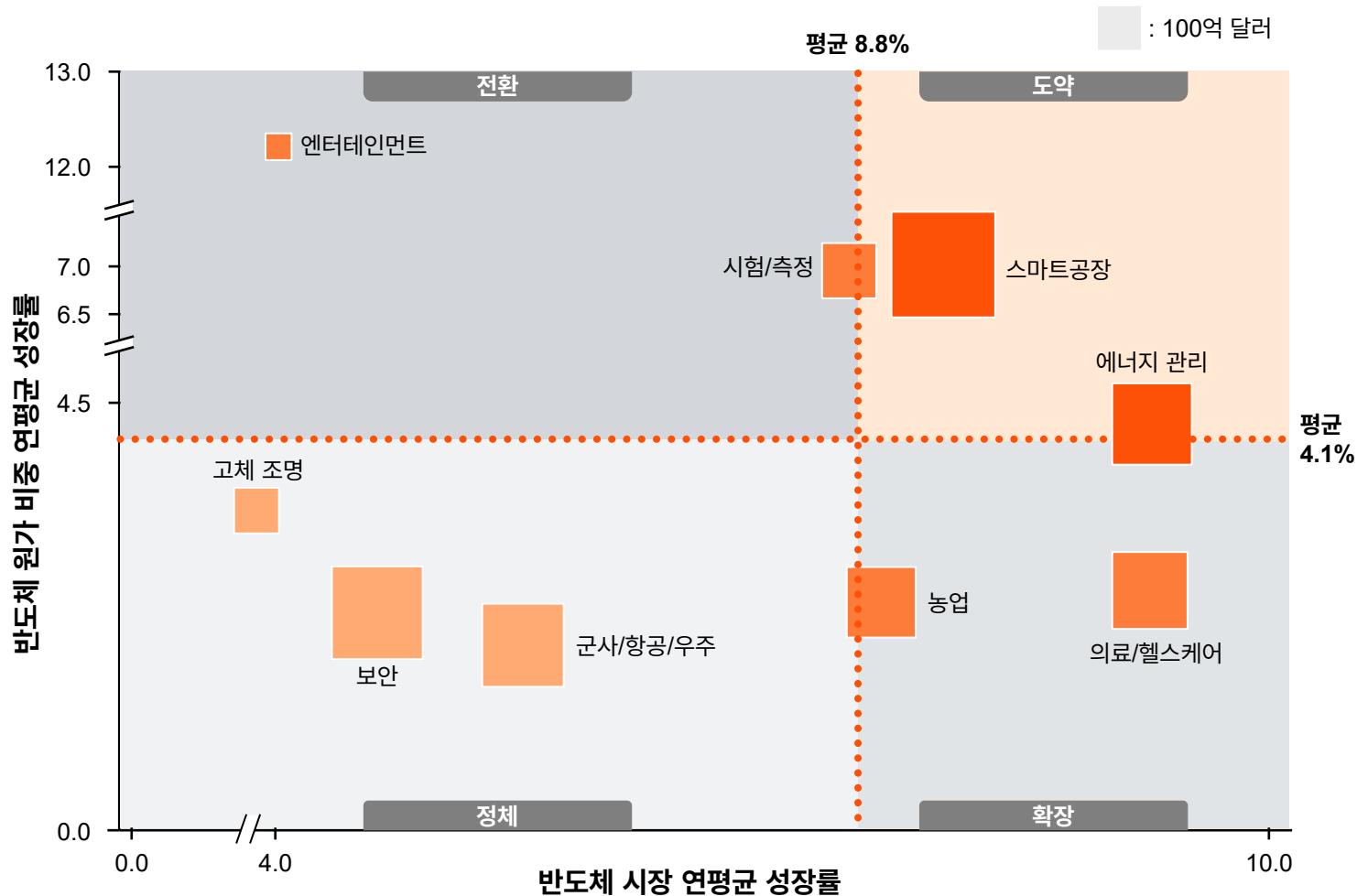
국방 시스템의 반도체 기술 활용



지휘 단계에서는 신속한 의사결정이 필요한 만큼, AI 기반 데이터 분석과 실시간 의사결정 지원이 가능한 소프트웨어 정의 방어 체계가 빠르게 도입되고 있습니다. 높은 수준의 보안이 요구되면서, 사이버 공격 방지를 위한 보안 및 암호화 소프트웨어가 내장된 반도체의 수요도 증가하고 있습니다.

전투 상황에서는 각종 장비가 지휘실과 연결되고, 일부는 엣지 AI 칩으로 구동되기도 합니다. 전투용 반도체는 높은 신뢰성과 내구성이 요구되며, 방사선 환경이나 장기간 사용을 위해 세라믹 등 특수 패키징 소재가 사용됩니다. 효율성, 내구성, 속도를 모두 갖춘 고성능 GaN RF 칩의 수요도 증가할 전망입니다. 기술이 무인화 및 첨단 방위로 진화함에 따라, 반도체는 앞으로도 국방 산업에서 핵심 전략 자산으로 남을 것입니다.

2030년까지 응용 분야별 반도체 수요



자동화 및 전환

스마트 팩토리의 확산으로 생산 설비와 제어 인프라의 성장세가 두드러지며, 특히 MCU 업그레이드에 대한 관심이 높아지고 있습니다. 동시에, 재생에너지 산업의 성장으로 고전압 전력 반도체의 수요도 크게 늘어날 전망입니다.

생산 현장에 로봇이 적극적으로 도입됨에 따라, 효율성 향상에 필수적인 테스트 · 계측 · 자동화 공정에서 반도체 수요가 더욱 확대될 것입니다. 의료 및 헬스케어 분야의 AI 활용 또한 반도체 수요를 증가시킬 것으로 예상됩니다.

반면, 군수 및 보안 산업은 맞춤형 반도체에 의존하기 때문에 수요가 세분화되어 있습니다.

한편, 대규모 소비자 시장의 일부인 솔리드 스테이트 조명은 LED 조명이 상당한 보급률을 달성하여 성숙 단계에 접어들었으며, 다른 산업보다 성장세가 둔화될 것입니다.

2030년까지 응용 분야별 반도체 수요 집중도

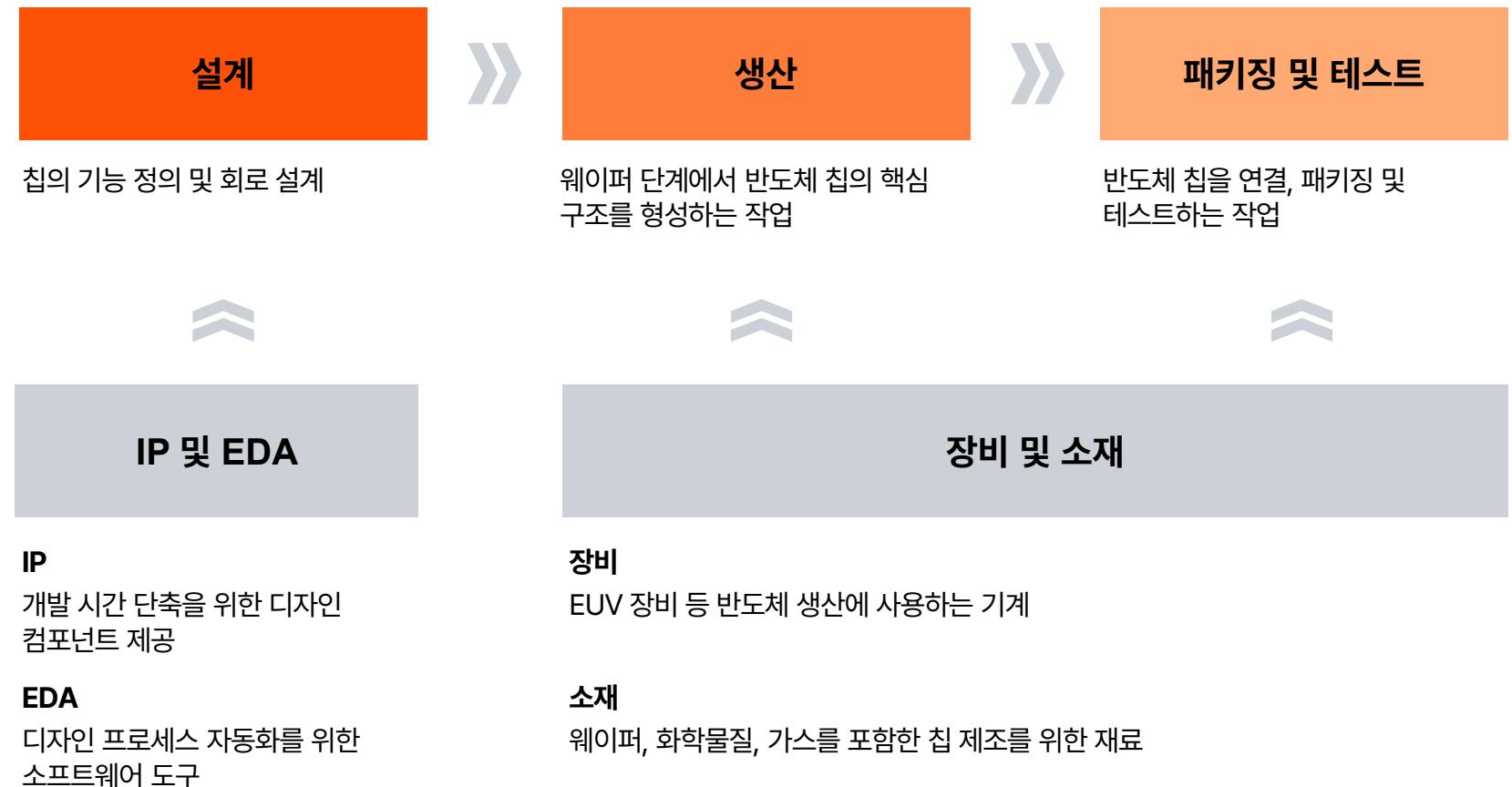
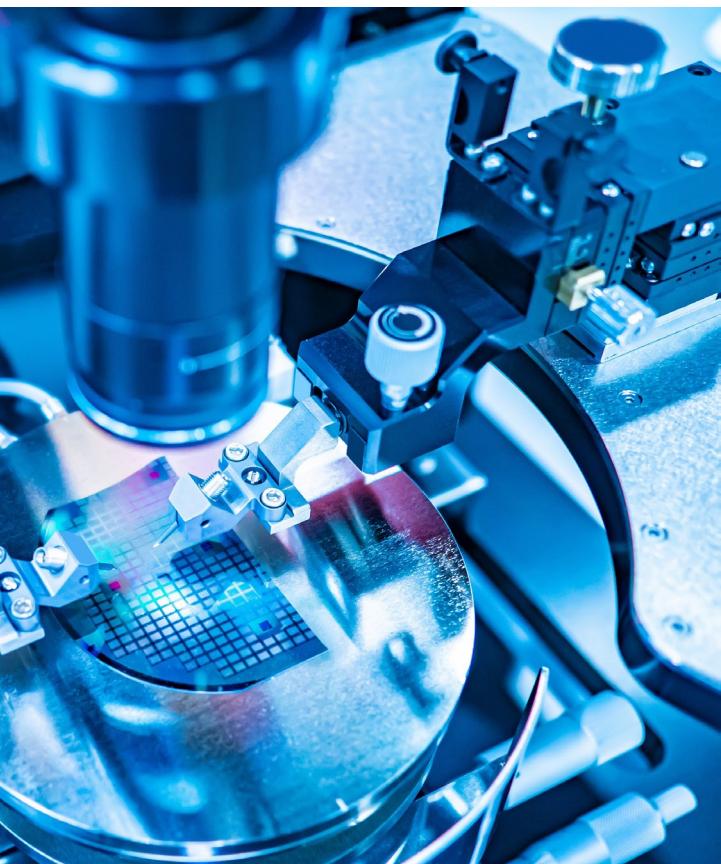


3

공급망 분석 반도체 패권 경쟁

공급망의 중요성

반도체 공급망은 지정학적 요인, 현지화, 그리고 고객 기대 수준의 상승으로 인해 복잡성과 변동성이 점점 커지고 있습니다. 이 파트에서는 시장 동향과 기술 발전을 살펴보고, 이러한 변화가 향후 공급망의 교란과 회복력에 어떤 영향을 미칠지를 평가합니다.



설계, IP 및 EDA

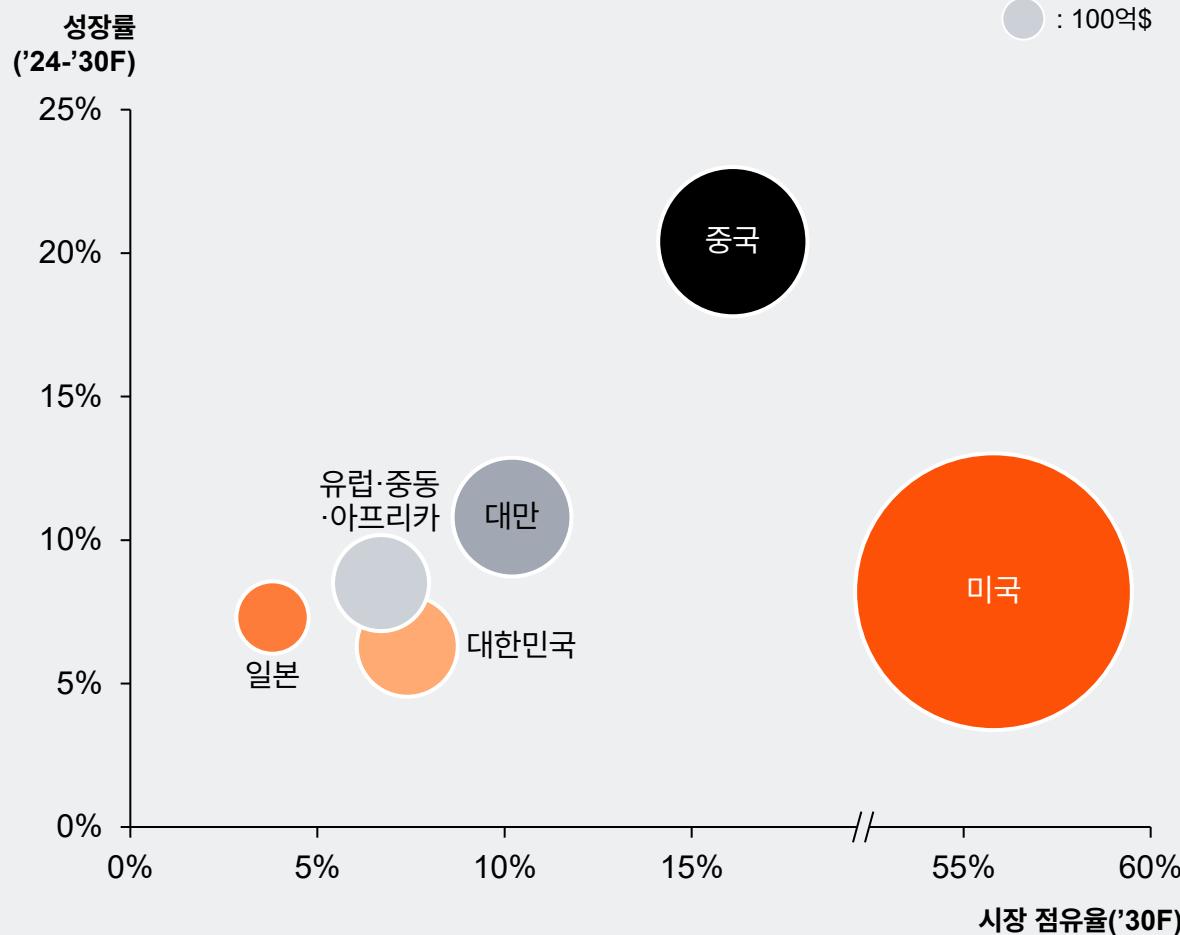
글로벌 반도체 설계 시장의 성장과 함께, 전 세계적으로 막대한 투자가 이루어지면서 해당 분야의 경쟁이 심화되고 있습니다. 고도화된 공정 노드에서 설계 복잡성이 증가함에 따라, 반도체 IP 라이선스와 EDA 툴 사용에 따른 비용이 급격히 상승하고 있으며, 이에 따라 비용 절감이 핵심 경쟁 요소로 부각되고 있습니다.

최근에는 범용 칩에서 애플리케이션 특화 반도체로의 전환이 두드러지고 있으며, 저전력 소비와 열 관리에 대한 중요성이 더욱 커지고 있습니다. 이러한 어려움에도 설계 혁신은 여전히 반도체 성능 향상의 핵심 동력으로 자리하고 있습니다.

팹리스(Fabless) 기업, 파운드리(Foundry), IP 벤더 간의 긴밀한 협력과 특화된 아키텍처에 대한 지속적인 투자가 향후 시장 성장을 견인할 것으로 예상됩니다. 궁극적으로 이러한 노력은 전체 반도체 생태계의 발전에 기여할 것입니다.



글로벌 반도체 설계 시장¹⁾



1) 위 시장 전망은 주요 지역 분석을 기반으로 하며, 팝리스(Fabless) 시장과 칩 설계에 해당하는 IDM 매출 일부를 포함합니다.

2) PwC Analysis는 주요 기업의 연간 보고서를 기반으로 하며, 설계 엔지니어 1인당 평균 매출을 추정한 것입니다.

출처: PwC Analysis

반도체 리더십의 출발점

반도체 산업은 글로벌 기술 패권 경쟁의 최전선에 있으며, 각국은 반도체 생태계를 강화하기 위해 막대한 투자를 하고 있습니다. 특히 AI, 데이터 센터, 자율주행차와 같은 첨단 시장에서 제품 가치와 차별화를 결정짓는 핵심 요소로서 반도체 설계가 더욱 주목받고 있습니다.

칩의 성능은 단순히 첨단 공정 기술에만 의존하지 않습니다. 전력 효율성, 안전성, 기능성 같은 핵심 요소가 설계 단계에서 결정되므로, 각 국가와 지역은 자신만의 특화된 전략을 펼치고 있습니다. 미국은 AI와 HPC(고성능 컴퓨팅)에 집중하고, 중국은 자급자족을 위해 폭넓은 자체 역량을 육성하며, 유럽은 와이드 밴드갭 전력 칩 등 분야에서 리더십을 추구합니다. 일본은 자동차용 반도체와 이미지 센서에 주력하고, 한국은 메모리와 파운드리 강점을 바탕으로 설계 경험을 결합해 모바일, AI, 자동차 등 새로운 애플리케이션을 탐색하고 있습니다.

숙련된 반도체 설계 인력을 확보하는 것은 여전히 시급한 과제입니다. 2030년까지 30만 명 이상의 엔지니어가 필요할 것으로 예상되지만, 현재는 약 20만 명 수준에 머물러 있습니다. 엔지니어에게는 고급 역량이 요구되기 때문에 인력 풀을 빠르게 확대하는 것은 쉽지 않습니다. 따라서 안정적인 설계 생태계를 위해 EDA 툴, IP 인프라, 교육 프로그램을 강화하는 것이 매우 중요합니다. 지역과 기업 간의 협력과 경쟁을 균형 있게 조율함으로써, 설계 중심의 혁신은 반도체 산업 지형을 재편하는 핵심 동력이 될 수 있습니다.

맞춤형 IC 시대의 도래

로직 반도체는 일반적으로 범용 칩과 애플리케이션 특화 칩, 두 가지 범주로 분류됩니다. 범용 칩은 다양한 작업을 처리하도록 설계되며, 이러한 칩은 다양한 워크로드와 소프트웨어 업데이트를 유연하게 지원할 수 있는 장점이 있습니다. 그러나 이러한 범용성은 고도로 특화된 컴퓨팅 기능에 필요한 효율성을 저해하는 경우가 많습니다.

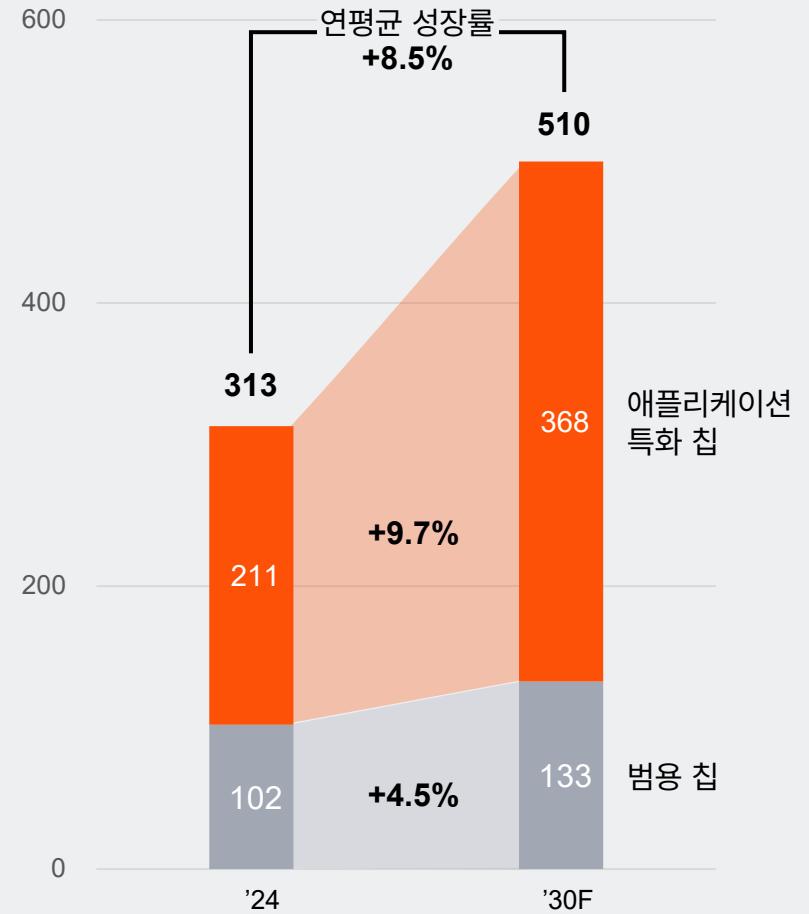
이러한 한계를 보완하기 위해 등장한 것이 바로 애플리케이션 특화 칩입니다. 시간이 지나면서 이러한 칩은 범용 칩의 성능 격차를 해소하기 위한 방안으로 주목받게 되었습니다. 유연성은 떨어지지만 특정 요구사항을 충족하도록 설계되어 범용 칩에 비해 우수한 성능, 전력 효율성, 신뢰성을 제공합니다.

애플리케이션 특화 칩 범주를 더 깊이 살펴보면 ASSP(Application-Specific Standard Product)와 ASIC(Application-Specific Integrated Circuit)라는 두 가지 핵심 세그먼트가 있습니다. ASSP는 보다 넓은 시장이나 특정 도메인 사용을 위해 맞춤화된 반면, ASIC은 특정 제품이나 제한된 고객군을 위해 설계된 고도로 맞춤화된 칩입니다.

ASSP에서 발생하는 높은 비용과 과도한 사양 문제는 ASIC에 대한 수요를 촉진했습니다. 그러나 ASIC은 특정 어플리케이션에만 맞춤화된 특성으로 인해 적용 범위가 제한되므로, 충분한 생산량을 통해 원가 경쟁력을 확보하는 것이 지속적인 과제로 남아 있습니다. ASIC 개발이 진전됨에 따라 맞춤형 설계 아키텍처에 대한 수요가 증가할 수 있으며, 이는 ASIC이 가격 경쟁력을 확보하고 지속적으로 성장하는 선순환을 만드는데 기여할 수 있습니다.

글로벌 로직 반도체 시장

(단위: 10억\$)



출처: Omdia, PwC Analysis

성능과 전력의 균형

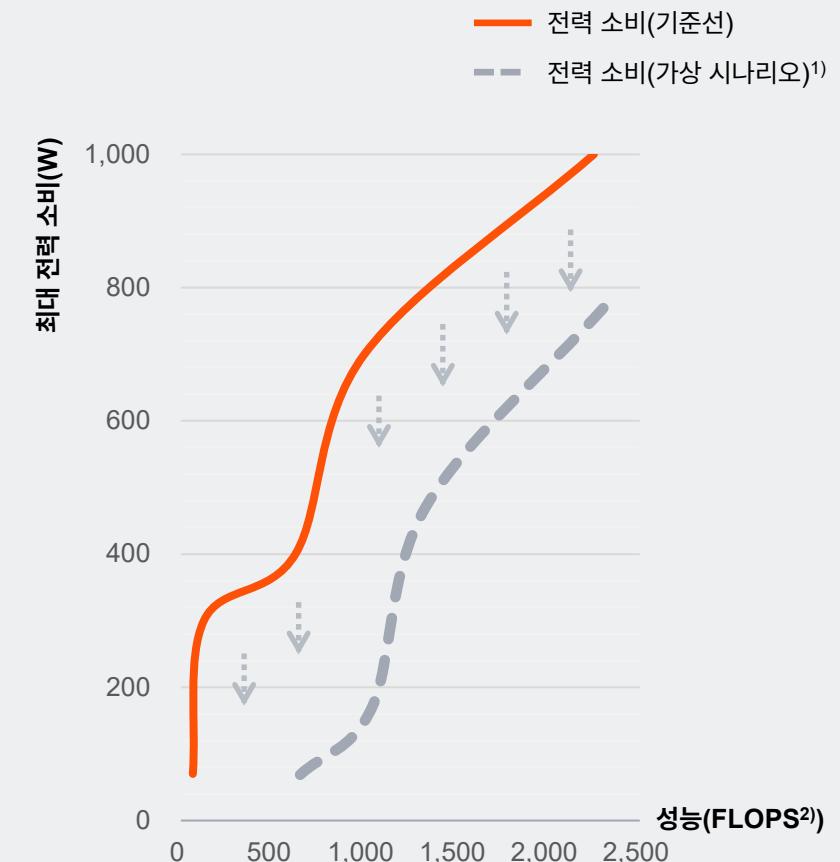
수년간 반도체 엔지니어들은 성능(Performance), 전력(Power) 효율성, 면적(Area) 간의 균형, 즉 고전적인 'P-P-A' 삼각형을 유지해 왔습니다. 그러나 프로세서가 더 빨라지고 더 높은 전압에서 작동함에 따라 전력 소비가 급격히 증가하여, 더 많은 열이 발생하고 전력 사용량도 늘어나고 있습니다. 대형 데이터 센터에서는 이러한 추가 전력이 상당한 비용으로 이어집니다. 빠른 칩이 전력을 많이 소비하는 것은 물론, 발생한 열을 식히는 냉각 시스템도 엄청난 전력을 소비하기 때문에, 냉각 비용만 새 장비 가격과 맞먹을 때도 있습니다.

공정 미세화는 또 다른 어려움을 야기합니다. 첨단 노드를 통해서 동일한 실리콘(Si) 위에 훨씬 더 많은 트랜지스터를 배치할 수 있습니다. 스위치 하나하나는 효율성이 높아졌지만, 밀도가 높아지면서 면적당 전력이 늘고 열이 집중되는 핫스팟이 생기게 됩니다. 이러한 핫스팟이 제어되지 않으면 트랜지스터 이동도가 떨어지고, 타이밍 마진이 줄어들며, 극단적인 경우 영구적인 손상이 발생할 수 있습니다.

이러한 현실은 칩 설계 기업들이 단순히 최대 성능을 추구하기보다 와트당 성능을 개선하도록 압박하고 있습니다. 동적 전압-주파수 스케일링, 칩렛 분할, AI 기반 열 관리와 같은 기술이 주류로 자리 잡고 있습니다. 이제 많은 기업이 최고 성능을 일정 부분 포기하는 대신 전력 소비와 동작 온도를 크게 낮추는 방식을 선택하고 있습니다.

앞으로의 R&D 로드맵은 높은 연산 처리량과 낮은 에너지 소비를 동시에 달성하는 아키텍처를 목표로 하고 있습니다. 예를 들어 특정 작업에서만 활성화되는 전용 가속기나, 실시간으로 가장 효율적인 엔진으로 워크로드를 이동시키는 Heterogeneous 코어 등을 생각할 수 있습니다. 이런 혁신 기술을 통해 에너지 비용, 배터리 수명, 친환경성 등 사용자가 당장 걱정하는 문제를 해결하면서도 성능은 지속적으로 개선할 수 있습니다. 요약하면, 업계는 '더 빠르다'의 의미를 '더 빠르고 더 시원하다'로 재정의하며, 기술적·경제적 측면에서 지속 가능한 발전을 보장하고 있습니다.

데이터 센터 그래픽처리장치 전력 소비



1) GPU의 평균 전력 소비는 장기적으로 아키텍처 발전, AI 모델 최적화, 그리고 더 엄격한 에너지 규제에 힘입어 감소할 것으로 예상됩니다.

2) FLOPS(Floating Point Operation Per Second): 고성능 컴퓨터의 성능 지표로 사용되는 부동소수점 연산 처리 속도를 측정하는 단위

출처: PwC Analysis

설계의 미래를 이끄는 숨은 주역들

반도체 IP는 반도체 설계와 관련된 지적 재산을 의미하며, 본질적으로는 사전에 설계된 블록을 뜻합니다.

설계가 고도화됨에 따라 다양한 블록에 대한 요구가 증가하고 있으며, 이는 사전에 설계된 반도체 IP의 중요성을 더욱 부각시킵니다.

다양한 IP 유형 중에서 인터페이스 IP와 프로세서 IP는 시장 규모와 성장을 측면에서 가장 큰 주목을 받고 있습니다.

인터페이스 IP는 반도체 칩 간 데이터 교환과 커넥티비티를 담당합니다. 특히 실시간 처리와 대규모 데이터 전송이 요구되는 AI와 자율주행차 분야에서 그 역할이 지속적으로 확대되고 있습니다. 그 결과, 성능 향상에 있어 핵심적인 기능을 수행하는 인터페이스 IP가 가장 높은 성장률을 기록할 것으로 예상됩니다.

프로세서 IP는 시스템의 제어와 연산을 관리합니다. CPU, MCU와 같은 코어가 이 카테고리에 해당하며, 스마트폰, 서버 등 고부가가치 반도체에 광범위하게 적용되어 시장을 지배하고 있습니다. 멀티코어와 병렬 컴퓨팅이 확산됨에 따라, 프로세서 IP는 고성능과 저전력 요구를 모두 충족하기 위해 점점 더 중요해지고 있습니다.

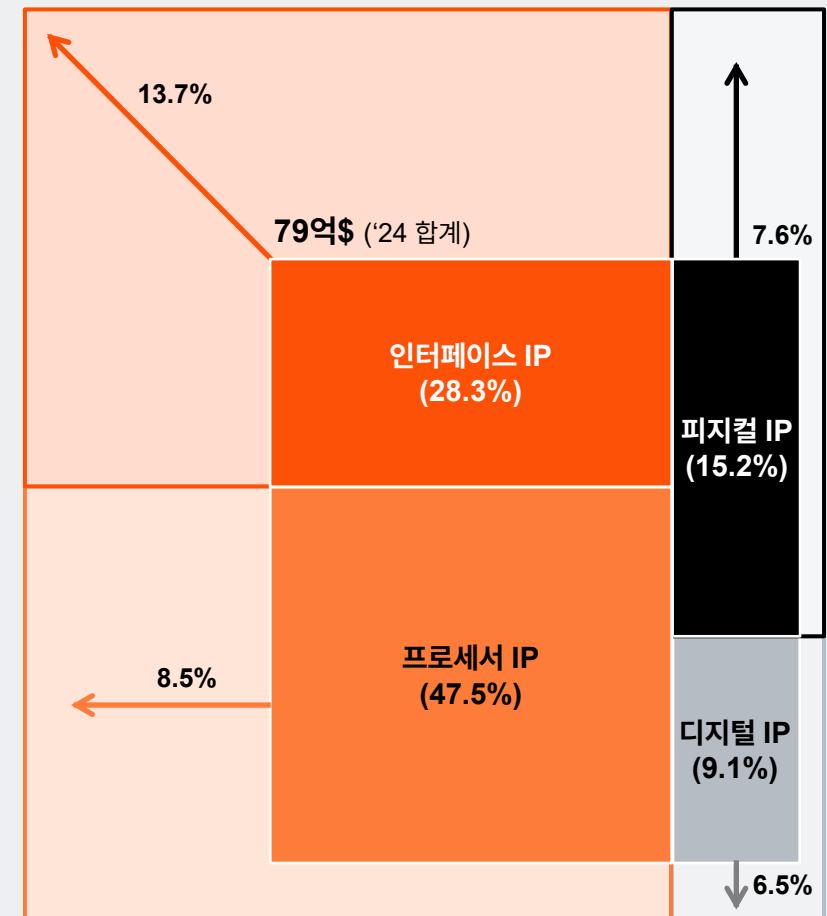
이러한 IP 블록들은 실리콘을 위한 블록 조각처럼 작동하여, 팹리스(Fabless) 기업들이 시스템 수준의 차별화에 집중하면서 설계 주기를 수개월 단축하고 수백만 달러의 일회성 엔지니어링 비용을 절감할 수 있도록 합니다.

첨단 패키징, 저전력 목표, 도메인 특화 가속이 제품 로드맵을 재편함에 따라, 고품질 인터페이스 IP와 프로세서 IP는 무어의 법칙 기반 혁신을 지속적으로 추진하는 원동력이 될 수 있습니다.

글로벌 반도체 IP 시장

139억\$ ('30F 합계)

← '24~'30F 연평균 성장을



출처: PwC Analysis

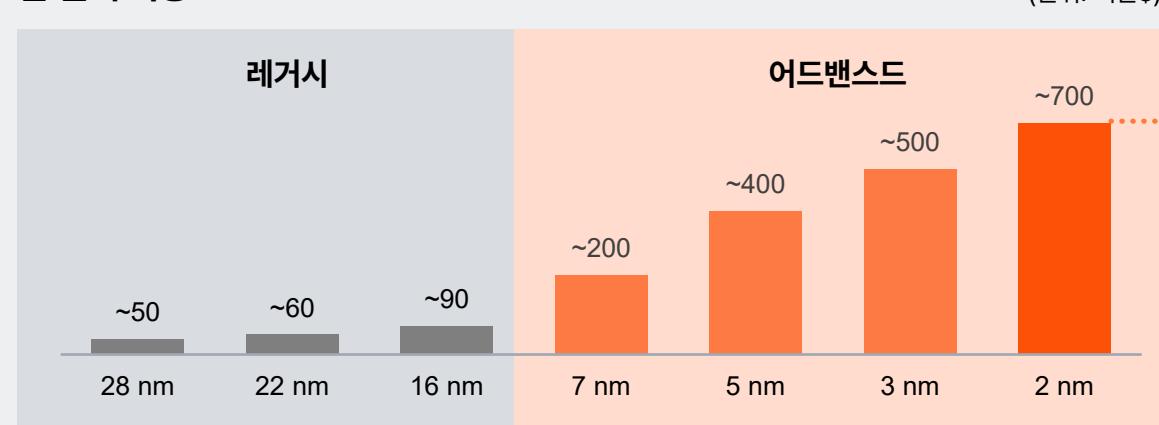
급증하는 칩 설계 비용의 절감 방법

반도체 기술이 발전함에 따라 칩 설계의 복잡성이 개발 비용을 급격히 증가시키고 있습니다. 스마트폰, 데이터 센터, AI 분야의 고성능 · 저전력 · 고집적도 요구사항을 충족하기 위해서는 다수의 기능을 효율적으로 통합해야 하며, 이로 인해 반도체 IP의 중요성이 부각되고 있습니다. CPU, GPU, AI 가속기 등 사전 설계된 IP 블록 활용은 개발 기간 단축 및 성능 개선에 기여합니다. 그러나 첨단 노드로 이동하면서 IP 개발 및 검증 비용이 기하급수적으로 증가해 재정적 부담이 커지고 있습니다. 첨단 IP가 통신에 필수적인 시장, 예를 들어 기지국, 방위산업, 항공우주 분야에서 이러한 현상이 두드러집니다.

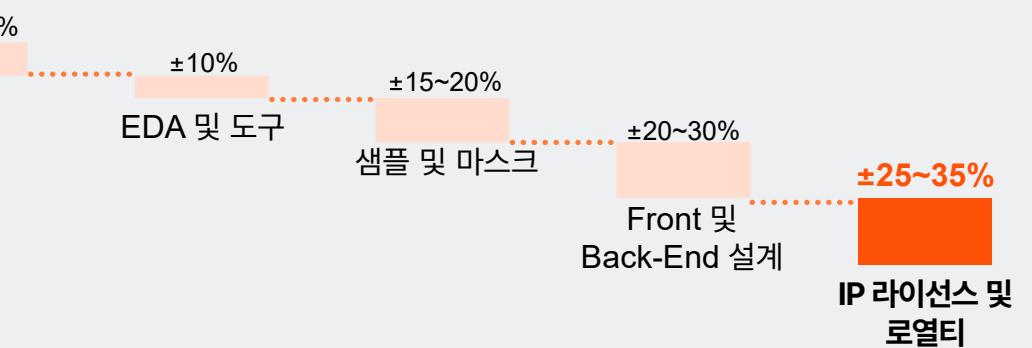
2025년 현재 선진국에서는 5G 기술이 성숙 단계에 접어들며 통신 장비 성장이 둔화될 수 있으나, 기지국 고도화 수요가 계속되면서 전 세계적으로는 성장 잠재력이 여전히 높다고 판단됩니다.

GaN(질화 갈륨) RF 칩은 실리콘(Si) 기반 옵션보다 더 비싸지만, GaN RF 칩 시장은 계속 성장할 것으로 예상됩니다. GaN은 이미 통신 장비 RF 칩 시장의 절반 이상을 차지하고 있으며, 향후 최대 90%까지 점유할 것으로 전망됩니다. 그러나 이는 실리콘 RF 칩이 완전히 대체된다는 의미는 아닙니다. 기지국은 일반적으로 여러 단계에 걸쳐 신호를 증폭하기 때문에, 실리콘 기반 칩은 저주파 애플리케이션에서는 비용 효율적인 선택으로 남게 됩니다.

칩 설계 비용



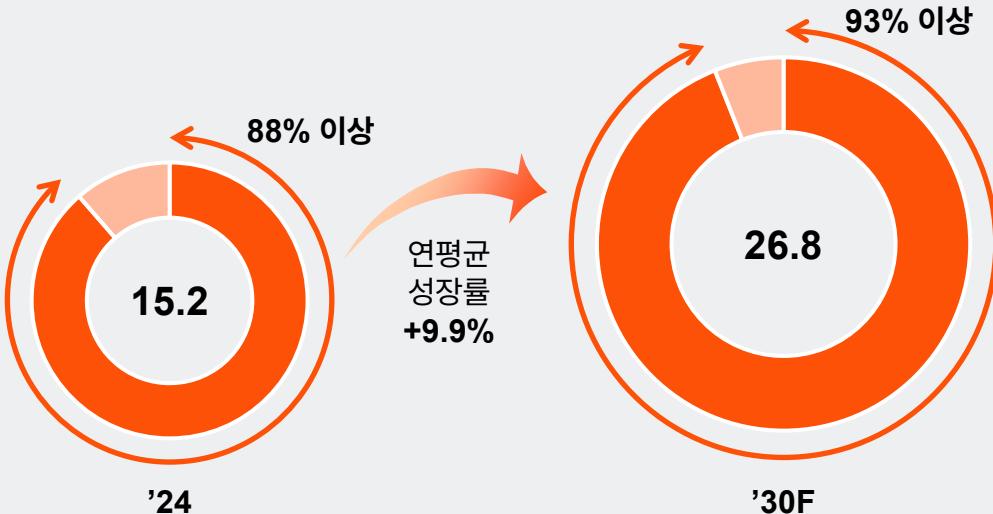
출처: 전문가 인터뷰, PwC Analysis



EDA 혁신, M&A로 앞당기다.

글로벌 EDA 시장 (단위: 10억 달러)

- 3대 주요 기업¹⁾
- 기타



1) Synopsis, Cadence, Siemens
출처: EMIS, PwC Analysis

EDA(Electronic Design Automation) 툴은 칩 엔지니어가 마스크 세트를 제작하기 전에 설계를 모델링, 검증, 개선할 수 있도록 하여, 비용이 많이 드는 재설계 위험을 줄이고 레이아웃을 더 높은 수율로 유도합니다. SoC가 2nm 및 그 이상으로 진화함에 따라, 테스트벤치 생성, 이상 탐지, 배치 및 라우팅을 위한 AI가 적용된 이러한 플랫폼이 더욱 중요해지고 있으며, 향후 10년 동안 설계 일정의 수십 퍼센트를 단축해 줄 수 있는 잠재력을 가지고 있습니다.

EDA 시장 지배력은 극소수의 기업에게 집중된 상태입니다. 기존 선도 기업들은 다음 두 가지의 구조적인 우위를 점하고 있습니다.

첫 번째는 검증된 신뢰성입니다. 결함을 놓치면 테이프아웃 예산을 낭비할 수 있기 때문에, 설계 업체들은 오랜 실적과 실리콘 검증된 사인오프 플로우를 보유한 공급업체를 선호합니다.

두 번째는 높은 기술 장벽입니다. 빅3 기업들은 R&D에 수십억 달러를 투자했으며, 체계적인 M&A를 통해 수백 개의 niche tools를 확보했습니다.

앞으로 AI 기반 EDA 툴을 학습시키는 데 사용되는 독자적 데이터셋의 깊이가 핵심 경쟁력이 될 것으로 예상되며, 주요 업체들은 이미 혁신적인 알고리즘과 이를 구동하는 데이터를 확보하기 위해 스타트업을 인수하고 있습니다.

칩 제조업체 입장에서는 공급업체가 집중되어 있다는 점이 더 높은 라이선스 비용으로 이어질 수 있지만, 생산성 향상 효과가 종종 그 프리미엄을 상쇄하기도 합니다.

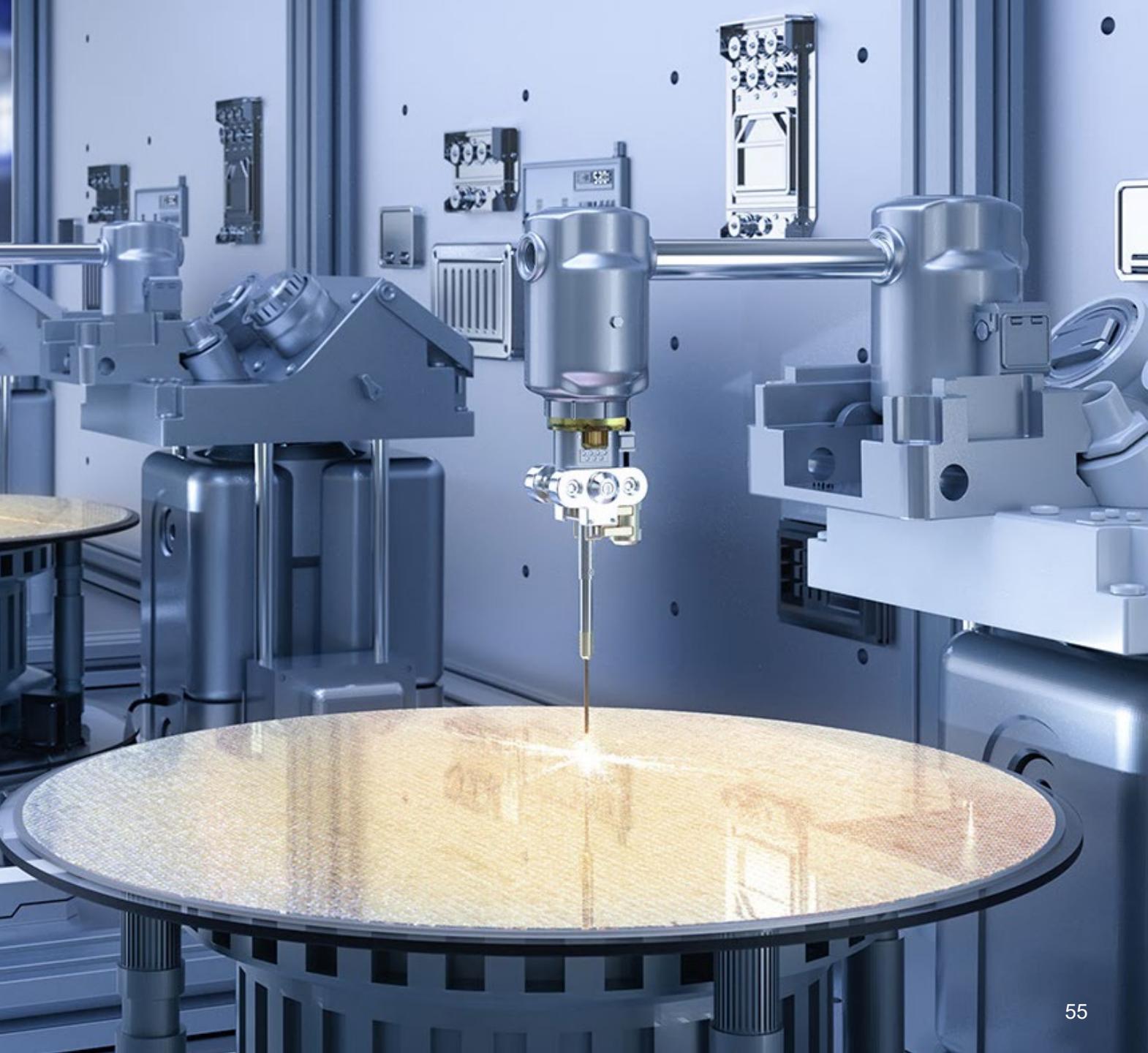
대부분의 고객들은 새로운 EDA 업체들이 등장하는 것을 기대하기보다는, 기존의 EDA 업체들과 더 긴밀한 파트너십을 구축하고, 클라우드 기반 툴 플로우를 채택하며, 자체 자동화 스크립트를 개발을 통해 현재 첨단 반도체 프로젝트를 뒷받침하는 생태계에서 더 많은 가치를 창출하는데 집중할 가능성이 큽니다.

반도체 제조(Fabrication)

Front-end 제조 영역 전반에 걸쳐 여러 지역에서 새로운 Fab 건설이 진행 중입니다. 이러한 투자 추세는 정부 보조금의 영향과 공급망의 안정화 필요성에 힘입어 가속화되었으며, 기업들은 대규모 시설 투자와 기술 발전을 동시에 추구하고 있습니다.

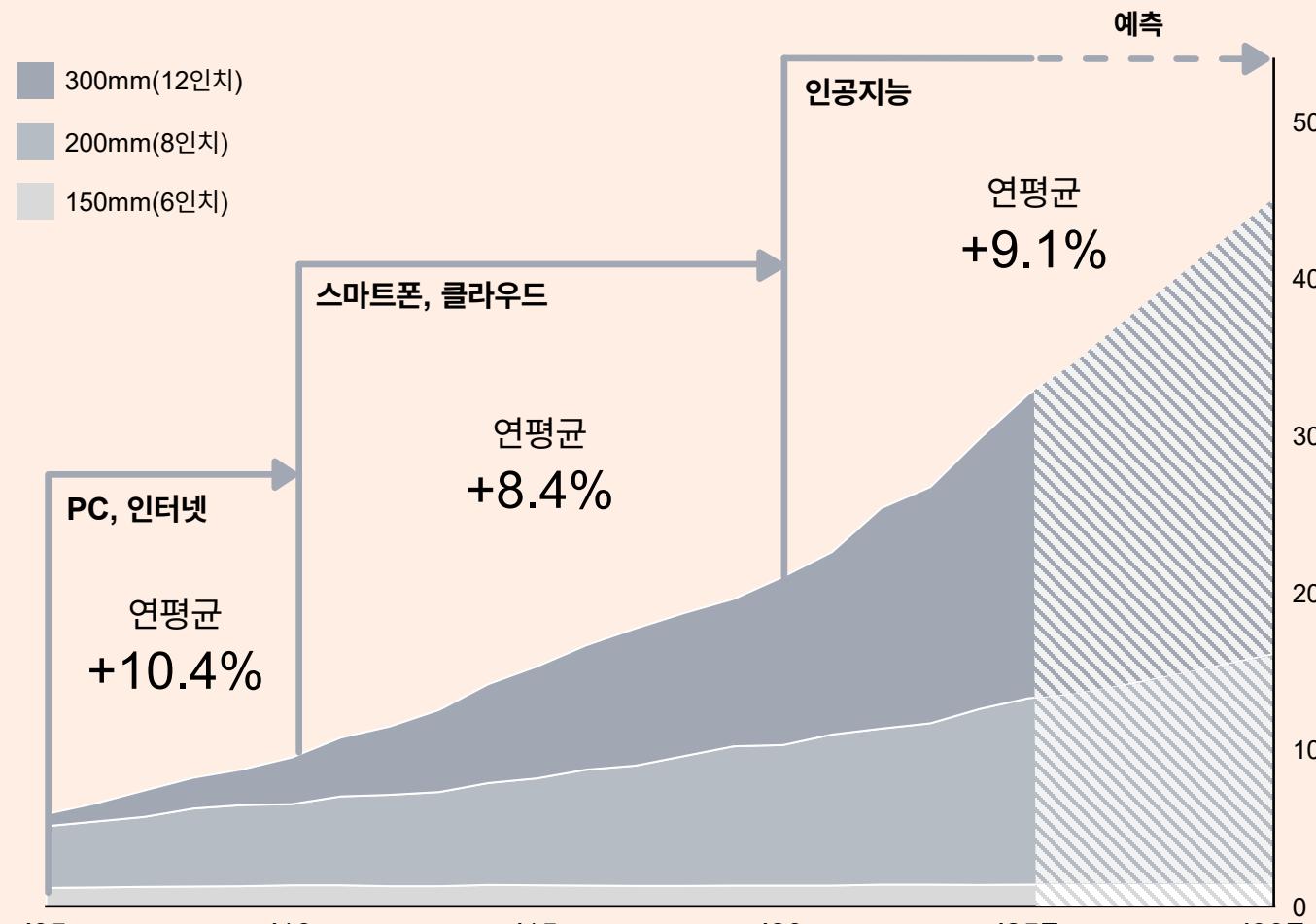
더불어 로직, 메모리, DAO(Discrete, Analog, Optoelectronic) 반도체 영역 간에 있어서도 전략의 상당한 차이가 나타나고 있습니다. 일부는 기존에 강점을 확보한 분야에서 입지를 유지하려 하고, 다른 일부는 새로운 영역에 진출하려 시도하고 있습니다.

고성능 · 에너지 효율 · 고신뢰성 칩에 대한 글로벌 수요가 계속 증가하면서, 여러 기술 노드를 동시에 운영할 수 있는 대규모의 다목적 Fab이 필수적일 것으로 보입니다. 이러한 팝이 있어야 생산을 차질 없이 유지하고 업계의 차세대 성장을 뒷받침할 수 있습니다.



웨이퍼 크기별 글로벌 생산 능력

(단위: 200mm 환산 기준 월별 백만 웨이퍼)



출처: 회사 발표, 전문가 인터뷰, PwC Analysis

웨이퍼 생산 능력의 지속적 증가

1990년대부터 2000년대 중반까지 (150mm → 200mm)

반도체 제조 공정이 150mm에서 200mm로 전환되면서, 더 큰 웨이퍼로 인해 Die 생산량은 늘어나고 단위당 원가는 절감되었습니다. 인터넷 시대 초기에 PC 수요가 늘어나면서 200mm 웨이퍼 도입이 빨라졌으나, 150mm 생산라인 상당수는 전력 반도체, MEMS, RF 부품 생산으로 방향을 전환하여 명맥을 유지했습니다.

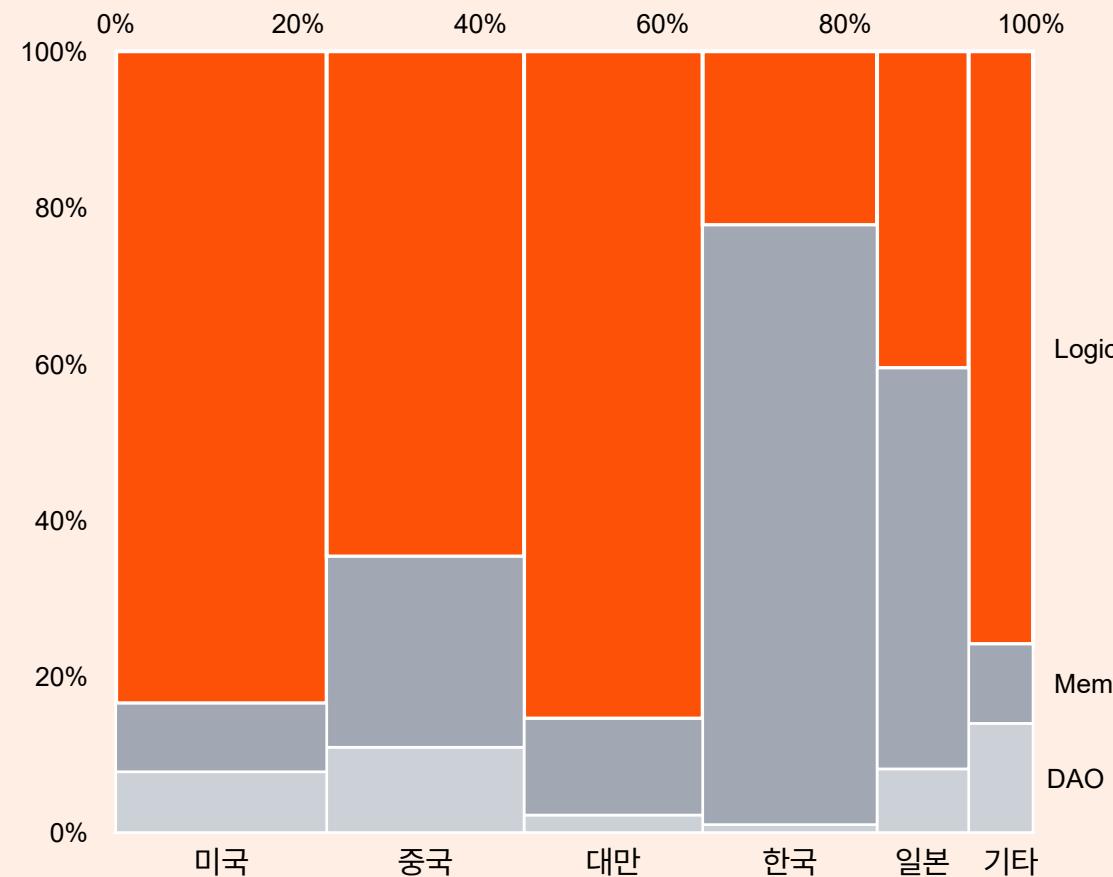
2000년대 후반부터 2010년대까지 (200mm → 300mm)

Intel, TSMC, 삼성은 이미 2001년부터 완전 자동화와 규모의 경제를 활용하여 300mm Fab에서 양산을 시작했습니다. 메모리 IDM 기업들이 빠르게 뒤따랐고, 파운드리 기업들은 첨단 노드 생산을 위해 300mm 패 생산능력을 증설했습니다. 잠시 주춤했던 200mm 투자는 2016년부터 다시 살아났습니다. IoT 센서, CMOS 이미지 센서, 전력 IC 수요가 이를 견인했으며, 특히 중국과 동남아시아 지역에서 투자가 활발했습니다.

2020년대 이후

450mm 개발이 비용 문제로 중단되면서, 300mm는 첨단 노드로직과 DRAM/3D NAND 생산의 핵심 기반으로 자리 잡았습니다. 동시에 SiC, GaN, 아날로그, 특수 이미징 칩의 수요가 200mm와 150mm Fab을 유지시키고 있어, 2030년까지 세 가지 웨이퍼 사이즈 모두 완만하지만 꾸준한 성장세를 보일 것으로 전망됩니다.

'24-'30F 합계: 1.5조\$ 이상



출처: 회사 발표, 전문가 인터뷰, PwC Analysis

신규 Fab에 대한 '골드 러시' 투자

미국과 중국은 반도체 산업에서 가장 많은 투자를 하는 국가로 자리 잡고 있습니다. 중국은 미국의 수출 규제를 상쇄하기 위해 자급자족을 추구하고 있으며, 미국은 자국 반도체 산업을 강화하기 위해 대규모 자본을 신규 Fab에 투입하고 있습니다.

AI 및 하이테크 분야의 발전이 로직 칩의 전략적 중요성을 높였으며, 이에 따라 로직 반도체 부문이 최대 규모의 자금을 유치하고 있습니다. 미국과 대만은 첨단 노드에 대한 투자를 확대하는 반면, 중국은 첨단 장비 수입 제한으로 인해 상대적으로 구형 노드에 주로 집중하고 있습니다.

한국은 DRAM과 NAND Flash에 대한 대규모 투자를 통해 메모리 시장 리더십을 지속 유지할 것으로 보이며, 규모의 경제와 가격 경쟁력을 강조하고 있습니다. AI 관련 영역에서 HBM이 필수적으로 부상함에 따라 한국의 반도체 선도 기업들은 입지 강화를 위한 투자를 늘리고 있습니다.

DAO 반도체는 로직이나 메모리보다 기술적 복잡성이 낮아 투자 규모가 작은 편입니다. 중국이 DAO 분야에서 투자가 두드러지는 이유는 첨단 장비의 반입 제한으로 인해 상대적으로 진입 장벽이 낮은 영역에 집중하려는 시도로 볼 수 있습니다.

전략적 투자가 촉진되면서, 2024년부터 2030년까지 글로벌 반도체 Fab 투자는 1.5조 달러를 초과할 것으로 예상되며, 이는 지난 20년간의 투자 총액과 맞먹는 수준입니다. AI 붐의 가속화에 따라 로직 반도체에 대한 투자가 더욱 증가할 것으로 전망되며, 이는 해당 기간 Fab 투자 지출을 한층 증가시키는 요인이 될 것입니다.

반도체의 시간 여행: 과거, 현재, 그리고 미래

2000년 이전: 산업의 여명기

1960년대부터 1990년대 후반까지 반도체 산업은 실험실의 호기심에서 대량 생산으로 발전했습니다. 미국의 IBM과 Motorola, 유럽의 Philips와 ST Microelectronics, 아시아의 Toshiba, NEC, Hitachi, 삼성과 같은 선구자들이 메모리, 마이크로프로세서 및 리소그래피 분야에서 혁신을 이끌었습니다. 상업용 IC는 1960년대 중반에 등장했지만, 1980~1990년대 PC와 소비자 가전에 대한 폭발적 수요로 산업의 장기 확장을 위한 기반을 마련했습니다.

2000년 - 2020년: 성장의 시대

2000년대 초반에는 첨단 공정 기술에 막대한 자본이 투입되었습니다. 한국은 국내 DRAM 및 NAND Fab을 크게 확장했고, 대만의 TSMC는 순수 파운드리 모델을 완성했으며, 2000년대 중반에는 대만이 로직 반도체의 아웃소싱 생산 규모에서 세계를 선도했습니다. 미국과 유럽의 많은 기업들이 패리스 전략을 채택하여 웨이퍼 생산을 아시아 파운드리와 OSAT에 위탁하면서 공급망이 동쪽으로 이동했습니다.

2030년 전망: 새로운 장

중국은 막대한 국가 지원을 바탕으로 성숙 노드의 로직과 메모리 기술에 수십억 달러를 투자하고 있으며, SMIC와 YMTC는 여전히 최첨단보다 한두 노드 뒤처진 상태에서 생산 능력을 확대하고 있습니다. 동시에 수십 개의 중국 기업들이 신규 Fab 건설에 착수했습니다. 미국은 CHIPS 법 보조금을 통해 첨단 로직 및 이종 집적 Fab을 유치하고 있습니다. 한국과 대만은 각각 메모리(특히 HBM)와 혁신적인 파운드리 서비스에서 지배력을 강화할 계획이며, 일본과 유럽은 첨단 로직과 특수 SiC 반도체 생산 능력을 유치하기 위한 지원책을 내놓고 있습니다. 이러한 움직임으로 2030년까지 글로벌 제조 지형이 재편되고 반도체 산업의 새로운 장이 열릴 것으로 예상됩니다.

글로벌 웨이퍼 제조 능력 점유율



출처: 회사 발표, 전문가 인터뷰, PwC Analysis

* 이 수치는 기타 지역을 제외한 주요 지역을 나타내며, 합계가 100%가 아닐 수 있습니다.

미세 공정으로의 Capa 집중

연산, 제어, 신호 처리의 '두뇌' 역할을 수행하는 로직 반도체는 노드 크기 축소의 혜택을 받습니다. 동일한 면적에 더 많은 트랜지스터를 집적하면 더 빠르고 정확한 동작이 가능해지기 때문입니다.

7nm 이하 노드는 최고 성능과 전력 효율성을 제공하여 첨단 AI 가속기와 HPC 솔루션을 지원합니다. 대규모의 파운드리 투자가 이어지면서 이들의 생산 비중이 증가하고 있습니다. 7nm 이하 공정은 점점 더 업계 선도 수준의 트랜지스터 아키텍처와 패키징 기술을 적용하여 더 높은 속도와 전력 효율성을 구현합니다.

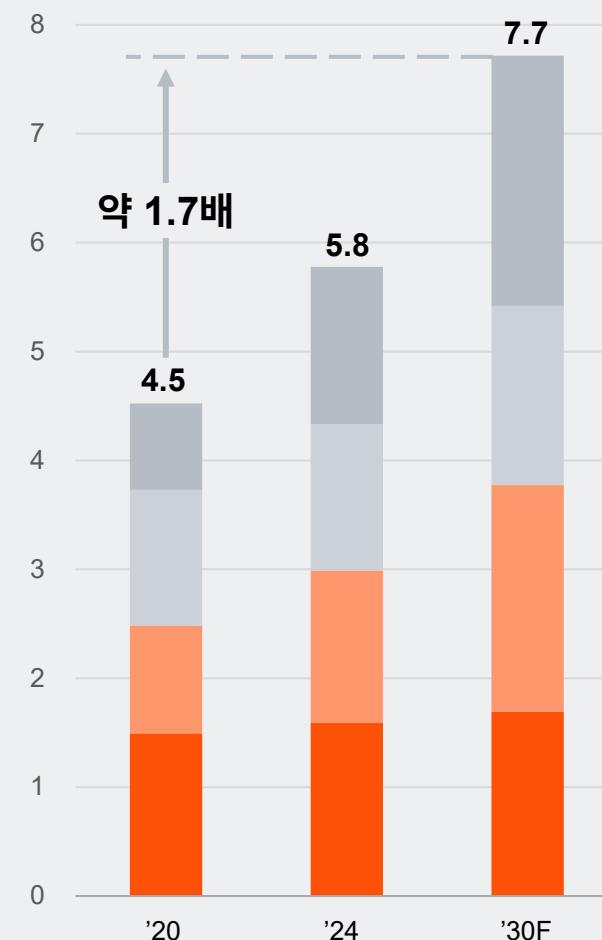
8~16nm 노드는 중간 범위에 속하며, 7nm 이하보다 성능은 낮고, 22~28 nm 보다 비용이 높습니다. 이 노드는 주로 자동차 ADAS, 모바일 SoC, 중급 그래픽에 사용됩니다. 하지만 성능 향상을 위해 22~28nm에서 바로 7nm 이하로 이동하는 경우가 많아 공급 증가는 제한적일 것으로 보입니다.

22~28nm 노드는 흔히 "성숙한 주류"로 불립니다. 22/28nm 라인은 자동차 MCU, 산업용 IoT 및 소비자용 ASIC을 뒷받침하며, 여기서는 집적도보다 비용, 전압 허용 범위 및 검증된 신뢰성이 더 중요합니다. 수요는 견조하지만, 중국에서 28nm 생산능력이 급속히 확대되면서 2020년대 후반에는 현지에서 공급 과잉이 발생할 수 있습니다.

32nm 이상 노드는 가격에 민감하거나 초고 신뢰성이 요구되는 장치(전력 컨트롤러, 센서, 디스플레이 드라이버 등)에 사용됩니다. 많은 공급업체들이 감가상각이 완료된 Fab을 운영하고 있어, 생산량이 줄어도 수익성을 유지할 수 있습니다. 다만 새로운 제품의 설계가 28nm 이하의 공정으로 이동하면서 전체 생산능력은 소폭 증가에 그칠 것으로 보입니다.

노드 크기별 로직 웨이퍼 제조 용량¹⁾

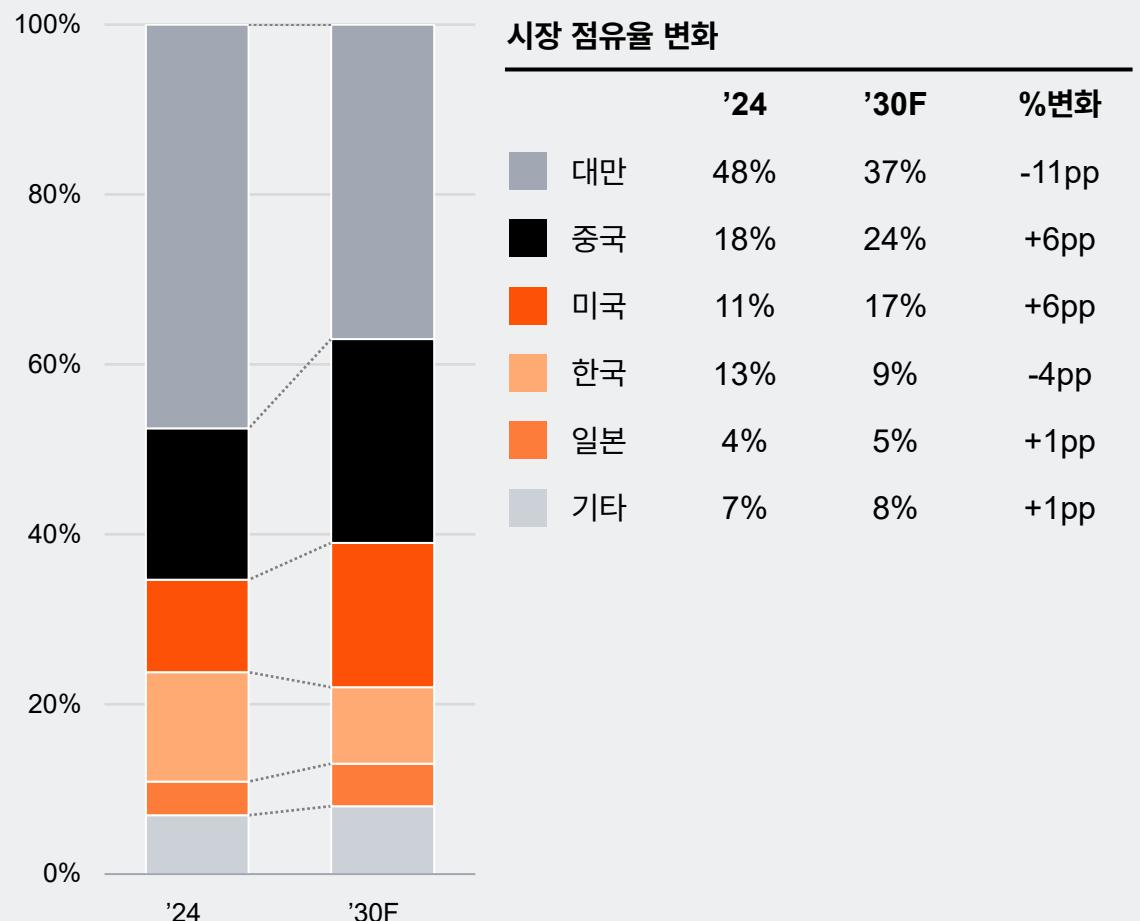
(단위: 200mm 환산 기준 월별 백만 웨이퍼)



연평균 성장률, 2024-30F

총계	+5%
7 nm 이하	+8%
8 nm – 16 nm	+3%
22 nm – 28 nm	+7%
32 nm 이상	+1%

1) 300mm 웨이퍼 Fab만을 대상으로 분석함
출처: 회사 발표, 전문가 인터뷰, PwC Analysis



1) 300mm 웨이퍼만을 대상으로 분석함

출처: 회사 발표, 전문가 인터뷰, PwC Analysis

로직 칩의 회복력 구축

반도체가 전략적 자산으로 부상함에 따라 각국 정부는 첨단 로직 반도체 생산에 막대한 인센티브를 제공하고 있습니다. 팬데믹 시기의 공급 부족과 지정학적 긴장은 지역 내 생산 능력과 안정적인 공급망이 국가 안보에 얼마나 중요한지를 부각시켰습니다.

이처럼 변화하는 환경에서 미국은 보조금, 세제 혜택, 인프라 투자 등 정부 지원을 전략적으로 활용하여 첨단 칩 제조시설을 유치하고 있습니다. 중국은 수출 규제로 인해 첨단 장비로의 접근이 제한되면서, 강력한 국가 지원 아래 성숙 로직 노드의 생산 능력을 대폭 확장하고 있습니다. 다만 기술 및 장비의 제약으로 인해 첨단 노드의 수율은 상대적으로 뒤처질 수 있어 실제 생산량이 설비 능력에 미치지 못할 가능성이 있습니다.

대만은 첨단 노드 생산에 집중하며 글로벌 리더십을 유지할 것으로 보입니다. 다만, 최첨단 공정에 막대한 투자가 집중되면서 생산능력 확장은 상대적으로 제한적일 전망입니다. 안정적인 전력 및 수자원 공급과 통합된 반도체 생태계 등의 정부 지원이 향후 3nm 이하 경쟁력 유지의 핵심 요인으로 작용할 것으로 보입니다.

한국은 메모리 제조에서 강세를 유지할 것으로 예상되지만, 로직 칩 분야에서 입지를 확대하기 위해 전략적으로 투자하고 있습니다. 일본은 TSMC-Sony 구마모토 Fab, 전력 소자 확장, Rapidus 2nm Fab 등 프로젝트를 통해 반도체 산업의 중흥을 도모하고 있으며, 첨단 패키징에도 주력하고 있습니다.

이러한 지역별 전략들이 결합되면서 로직 반도체 공급망의 지형이 재편되고 있습니다. 2030년까지의 투자에서는 순수 원가 절감보다 회복탄력성이 투자 의사결정의 핵심 기준으로 자리잡을 것입니다.

차세대 트랜지스터 아키텍처

칩 제조사들이 5nm 이하로 진입하면서, 각 공정 세대마다 더 많은 R&D, 자본, 시간이 필요해지고 있습니다. FinFET 트랜지스터는 확장성 한계에 도달했기 때문에, 업계 선도기업들은 3/2nm 노드에서 GAA(Gate-All-Around) 나노시트 소자로 전환하고 있습니다. 추가적인 미세화를 위해서는 단채널 효과, 기생 저항, 양자 터널링을 억제할 수 있는 새로운 소자 아키텍처가 필요합니다.

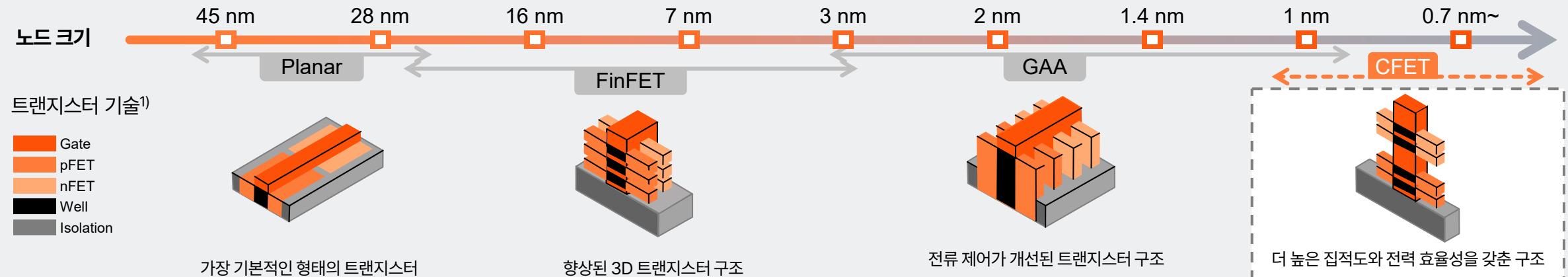
현재 CFET(Complementary FET)와 Forksheet, 두 가지의 유력한 후보 기술이 논의되고 있습니다. CFET는 차세대 트랜지스터 아키텍처로, 더 높은 집적도와 성능을 가능하게 하는 기술입니다. Intel, 삼성, TSMC는 CFET를 적극적으로 연구하고 있으며, 상용화 시점은 기업마다 다르지만 제조 및 원가 효율성이 크게 개선된다면 2030년대 초반에 초기 상용화가 예상됩니다.

오늘날의 GAA와 완전한 CFET 스택 사이에는 Forksheet 개념이 존재하며, 이는 인접한 나노시트 스택을 절연하기 위해 유전체 'Fork'를 도입하여 게이트 간 간격을 더욱 좁히는 방식입니다.

일부 연구 컨소시엄은 Forksheet을 실용적인 가교 기술로 보는 반면, 다른 곳들은 이를 건너뛰고 CFET에 자원을 직접 집중할 수도 있습니다.

어느 경로가 선택되든, 포스트 2nm 시대는 막대한 투자, 신소재 및 첨단 3D 집적 기술에 달려 있으며, 이는 더 작은 노드를 향한 치열한 경쟁이 반도체 산업 지형을 계속 재편할 것임을 보여줍니다.

주요 트랜지스터 기술의 타임라인



1) 각 노드 크기에서 사용되는 트랜지스터 기술은 회사마다 다를 수 있습니다.

메모리 슈퍼사이클은 지속될 것인가?

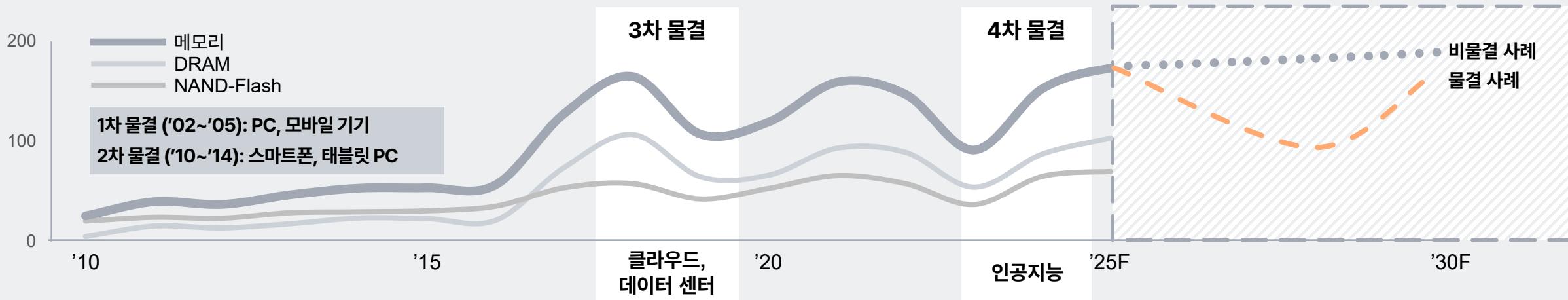
메모리 시장은 호황과 불황이 반복되는 '슈퍼사이클'로 유명합니다. 이러한 사이클은 일반적으로 새로운 플랫폼(스마트폰, 클라우드 서버, AI 가속기)이 생산 능력을 흡수하면서 시작되며, 가격과 마진의 급등으로 이어집니다. 그러나, 공급업체들의 과잉 생산으로 재고가 쌓이고, 이후에는 하락 국면이 뒤따릅니다. 기업들은 현재 생산 감축 강화, 자본 지출 통제, 다이 축소(Die-Shrink) 속도 조절을 통해 변동성을 완화하고 있지만, 이러한 패턴은 여전히 존재합니다.

향후 사이클이 완화될지 여부는 논쟁 중입니다. 한 쪽에서는 공급망 분석 강화, 장비 리드타임 단축, HBM방식의 노드 다양화가 가격 변동을 완화할 수 있다고 봅니다.

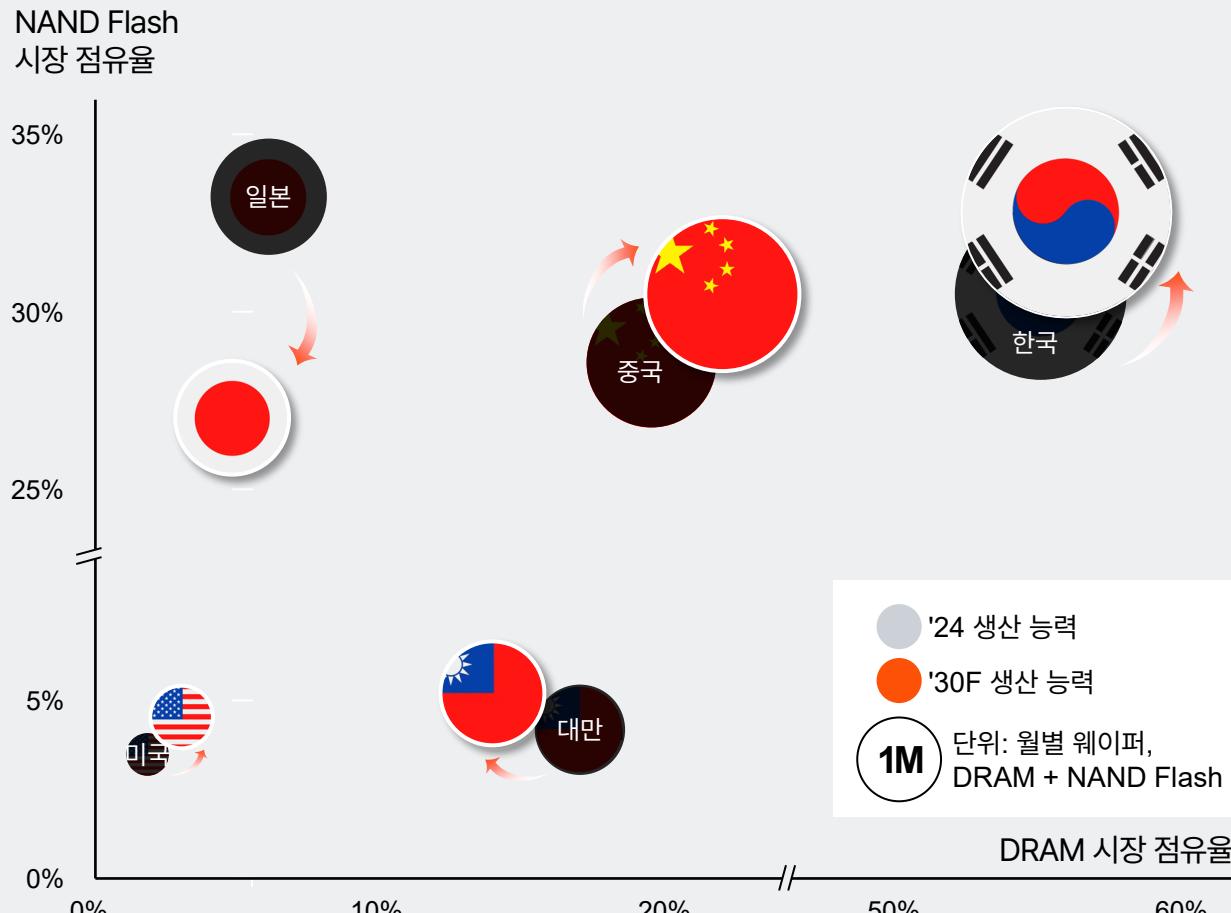
반면 다른 쪽에서는 폭발적인 AI 워크로드, 자율주행차 데이터 수집, 엣지 컴퓨팅 성장 등이 새로운 수요 충격을 일으켜 다음 상승 국면을 촉발할 수 있다고 주장합니다. 혼합현실 헤드셋, 스마트 산업 센서와 같은 새로운 활용 사례도 메모리의 핵심 역할을 강조합니다.

실제로 각 사이클의 깊이는 혁신적 애플리케이션의 확산 속도, 제조업체들의 설비 투자 규모, 웨이퍼당 비트 수를 증가시키는 공정 전환 속도, 총 세 가지 변수에 달려 있을 가능성이 큽니다. 이러한 지표를 지속적으로 추적하고 그에 맞춰 투자를 조정하는 것이 다음 사이클을 헤쳐 나가는데 핵심이 될 것입니다.

글로벌 메모리 반도체 시장 (단위: 10억\$)



메모리 웨이퍼 제조 능력 점유율¹⁾



아시아가 주도하는 글로벌 메모리 변화

전체적으로 메모리 공급망은 아시아 중심 구조를 유지할 것으로 전망되나, 보다 폭넓은 지역으로의 균형이 형성되고 있는 상황입니다.

한국은 첨단 DRAM과 NAND 기술, 지속적인 대규모 투자를 바탕으로 메모리 반도체 분야에서 가장 강력한 위치를 유지할 것으로 예상됩니다. 확고한 위상, 신뢰성 및 품질을 기반으로 존재감을 유지하거나 확대할 것으로 보입니다.

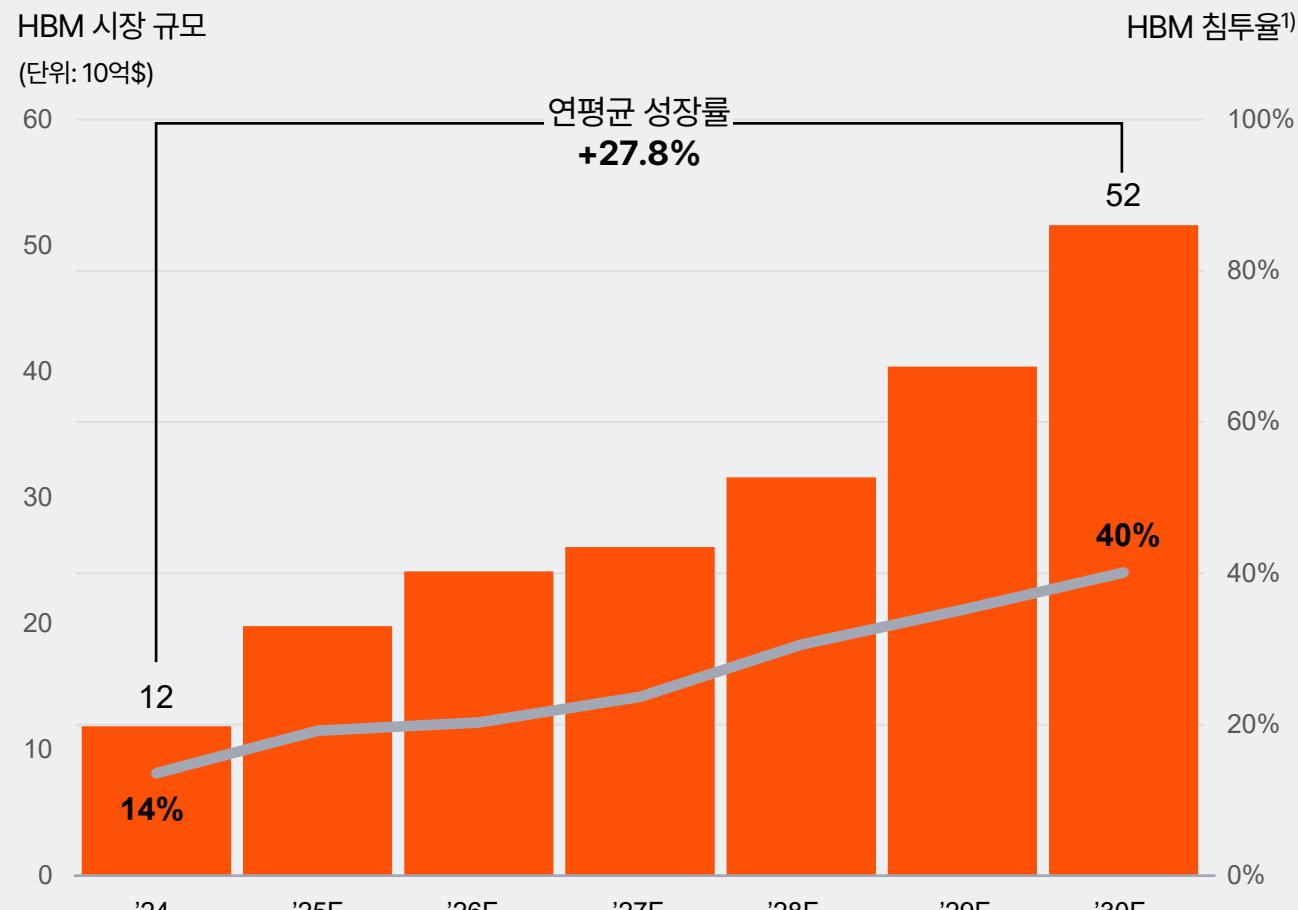
중국은 자급자족을 목표로, 막대한 국가 보조금 아래 수십 개의 성숙 노드 메모리 라인을 구축하고 있고, 주류 DRAM 노드에서 수율을 개선하고 고적층 3D NAND 생산을 확대하고 있습니다.

일본은 한때 NAND Flash에 강세를 보였으나, 원가 경쟁력 악화로 2030년까지 점유율이 소폭 하락할 가능성이 있습니다. 또한, 게임 및 통신 분야에 집중하는 전략은 강력한 성장이 예상되지 않아 확장에 제한이 될 수 있습니다.

대만은 원가 효율적인 중급 DRAM 및 특수 NOR/SRAM 라인에 집중할 것으로 보입니다. 대규모 NAND 생산 능력이 부족하여 대만의 NAND 시장 점유율은 의미 있게 성장하기 어려울 것으로 보입니다.

미국은 정부 인센티브를 활용하여 메모리 제조업을 구축하고 있습니다. 새로운 DRAM 및 3D NAND 메가 Fab을 건설 중이며, 이 공장들은 향후 10년경에 미국의 시장 점유율을 소폭 끌어올릴 수 있습니다.

DRAM 대비 HBM 시장 규모 및 침투율



1) 침투율: 전체 DRAM 중 HBM 비중

출처: Omdia, PwC Analysis

AI의 HBM 수요 견인

생성형 AI 학습 및 추론의 급증으로 HBM은 현대 데이터 센터 서버의 핵심 부품이 되었습니다. CPU, GPU, 가속기 성능은 계속 향상되고 있으나, 연결된 메모리가 데이터를 충분히 빠르게 공급하지 못하면 전체 워크로드가 병목 현상을 겪게 되기 때문입니다.

HBM은 이러한 병목 현상을 해결하기 위해 여러 개의 DRAM 다이를 작은 베이스 로직 다이에 적층하고, 실리콘 관통 전극(TSV)으로 연결한 뒤, 스택을 실리콘 인터포저 위에 장착하여 연산 칩 바로 옆에 배치합니다. 이러한 3D 집적 방식은 매우 작은 공간에서 초당 테라바이트 단위의 대역폭을 제공하여 전력 소모가 큰 AI 및 HPC 시스템에 필수적입니다.

많은 공급업체가 생산 능력 확대에 나서고 있으나 여전히 공급 부족은 발생할 수 있습니다. 그 이유는 다음과 같습니다. 첫째, 수요가 시장 전망치를 훨씬 넘어설 가능성이 있으며, 새로운 TSV 생산 라인의 리드 타임(18~24개월)으로 인해 이에 대한 신속한 대응이 어려울 수 있습니다. 둘째, 공급망은 가장 약한 고리에 의해 좌우되므로 실리콘 인터포저, 첨단 범핑 공정 능력, 또는 특수 베이스 로직 다이의 공급 제약은 전체 HBM 생산을 저해할 수 있습니다.

DRAM 웨이퍼 생산과 병행하여 패키징 인프라가 확장되지 않는 한, HBM 공급 부족과 프리미엄 가격은 지속될 가능성이 높습니다.

더 큰 웨이퍼, 더 넓은 공급: DAO의 전환

Discrete 반도체

대부분의 전력 MOSFET, IGBT 및 다이오드는 여전히 150~200mm 웨이퍼에서 생산되지만, 저전압 MOSFET, 자동차용 IGBT 및 스마트 파워 IC와 같은 고부가가치 소자를 중심으로 300mm로 전환이 점차 확대되고 있습니다. 한편, SiC와 GaN 부품은 200mm 및 파일럿 단계의 300mm 장비에서 생산규모를 확장 중이며, 2020년대 후반에 12인치 웨이퍼로의 광범위한 전환이 예상됩니다.

Analog 반도체

PMIC, 증폭기, RF Front-end는 전통적으로 200mm 장비 기반으로 생산되었으나, 다이 면적 확대 및 공정 허용오차 엄격화에 따라 300mm로의 전환이 진행 중입니다. 아날로그 설계의 Lock-in 특성으로 매출 안정성은 확보되나, 전환 과정에서 수율 개선을 위한 학습이 필요하므로 공급업체 대부분은 200mm에서 300mm로의 점진적 전환 전략을 취할 것으로 예상됩니다.

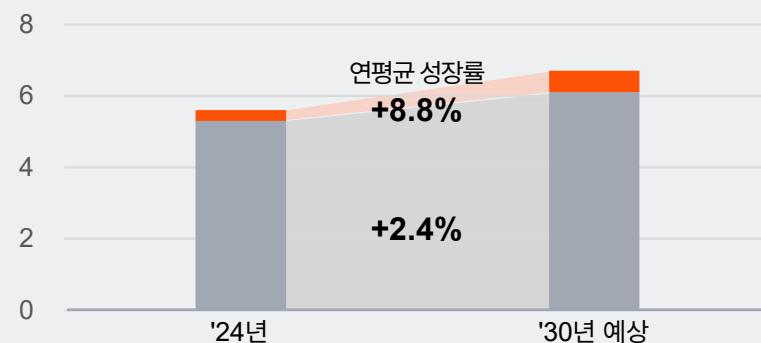
Optoelectronic 반도체

LED와 대부분의 레이저 소자는 여전히 100~150mm 복합 반도체 또는 사파이어 웨이퍼에서 제조되며, CMOS 이미지 센서는 픽셀 밀도 향상을 위해 대부분 300mm 라인으로 전환되었습니다. 이러한 복합 반도체 공정을 더 큰 웨이퍼로 이전하는 것은 가능하지만, 특수 장비와 공정 단계가 먼저 재인증되어야 하므로 더디게 진행됩니다.

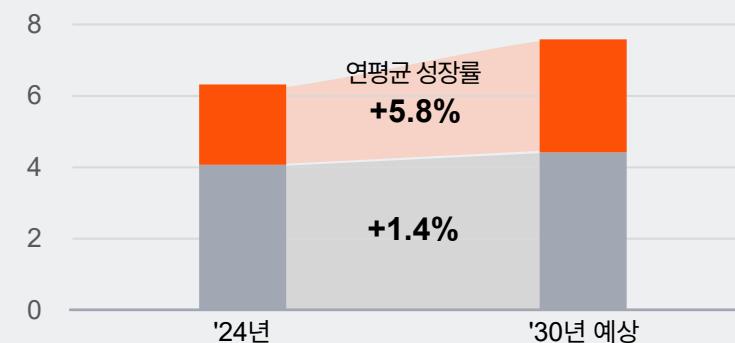
DAO 웨이퍼 제조 능력(웨이퍼 크기별) (단위: 200mm 환산 기준 월간 백만 웨이퍼)

■ 12인치 ■ 8인치 이하

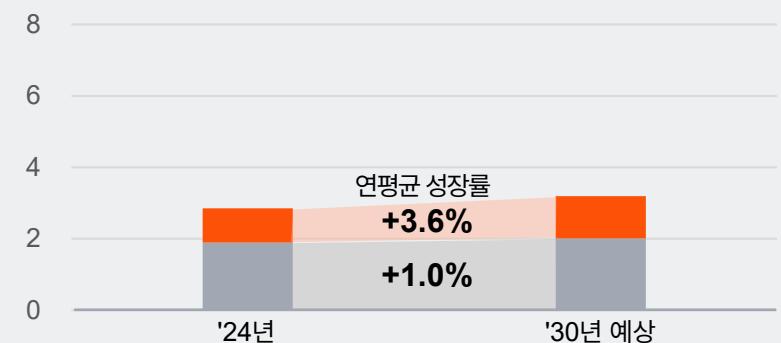
Discrete



Analog



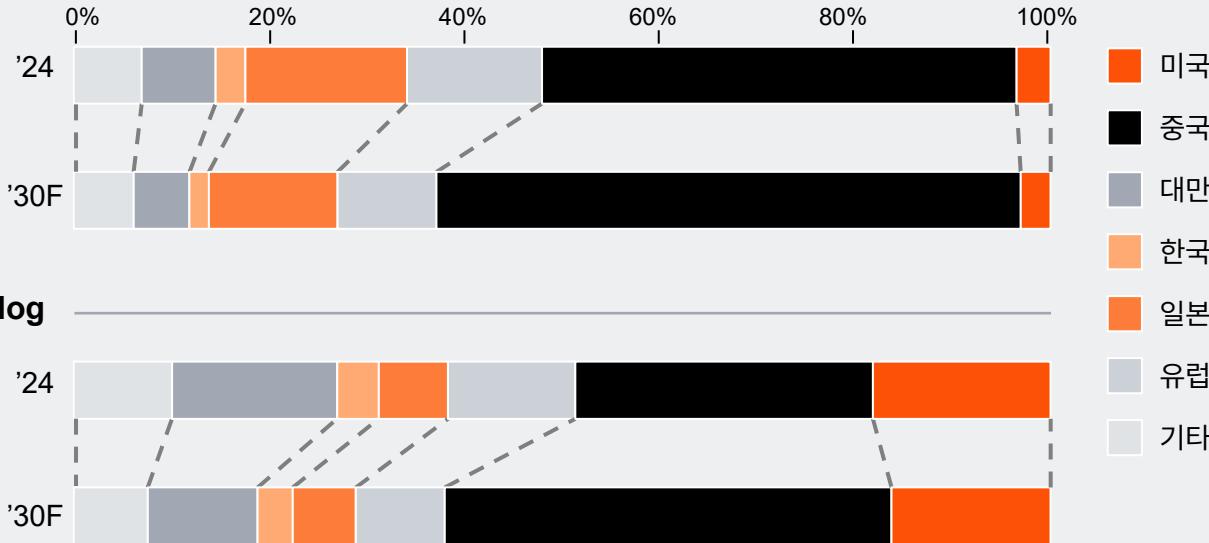
Optoelectronic



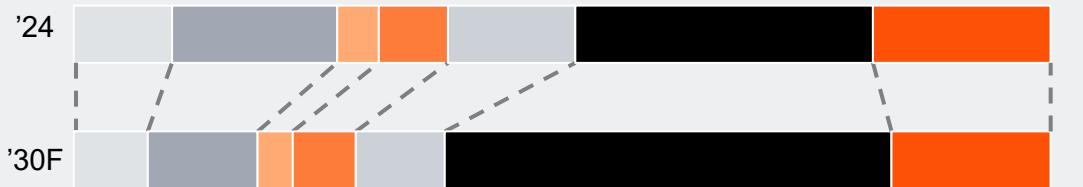
출처: SEMI, 전문가 인터뷰, PwC Analysis

DAO 웨이퍼 제조 능력 점유율

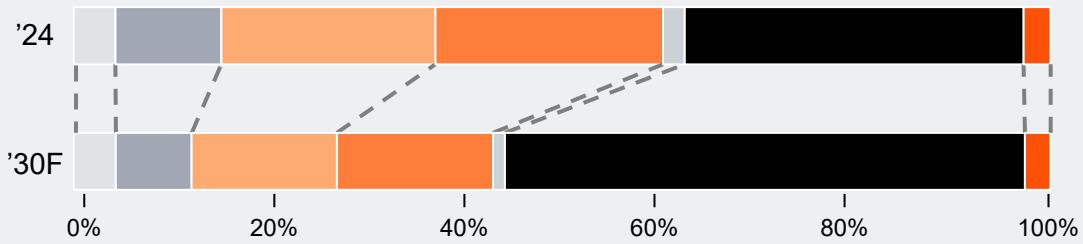
Discrete



Analog



Optoelectronic



출처: 회사 발표, 전문가 인터뷰, PwC Analysis

느리지만 꾸준한 성장

DAO 소자는 첨단 노드로직이나 메모리처럼 최첨단 장비를 필요로 하지 않기 때문에 자본 집약도가 상대적으로 낮습니다. 대규모 메가 Fab 발표는 드물지만, 많은 지역에서 기본적인 국내 공급을 가능하게 하기 위해 DAO 생산 능력을 점진적으로 계속 확대하고 있습니다.

중국은 에너지, 통신 및 산업 장비 분야의 전력, 아날로그 및 광전자 칩에 대한 강한 내수 수요를 바탕으로 가장 빠르게 성장하고 있습니다. 다수의 중견 공급업체가 원가 경쟁력을 활용해 가격에 민감한 시장을 공략하고 있습니다.

미국은 인센티브를 통해 첨단 항공우주, 방위 및 산업 시장에 서비스를 제공하는 새로운 아날로그 및 혼합 신호 Fab을 지원하고 있으며, 범용 제품의 대량 생산보다는 미국내 생산 반도체 생산역량 재건에 초점을 맞추고 있습니다.

일본은 자동차와 정밀장비 산업을 위한 Discrete 전력 반도체와 센서 분야에서 확고한 입지를 유지할 가능성이 큽니다. 성숙 시장의 포화로 성장세가 둔화될 수 있지만, 전기차로의 전환은 일본산 SiC 전력 부품에 대한 수요를 지속시킬 것으로 보입니다.

전반적으로 DAO 생산 능력은 전 세계적으로 느리지만 꾸준히 증가할 것으로 보이며, 첨단 로직이나 메모리 프로젝트와 같이 큰 주목을 받지는 않지만 공급망 회복력이 강화될 것입니다.

전력 반도체의 진화

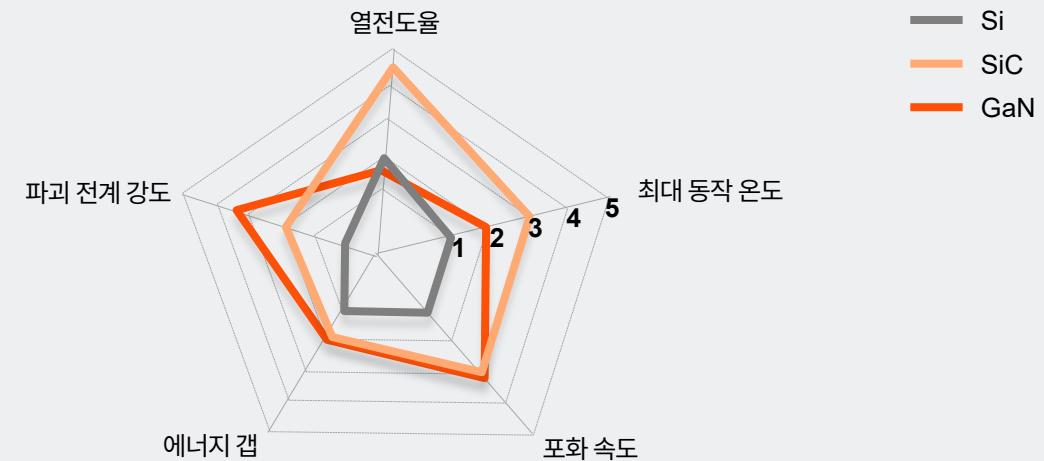
실리콘(Si)은 저렴한 원가와 확립된 생산 공정 덕분에 오랫동안 전력 전자 분야에서 사용되어 왔습니다. 그러나 SiC와 GaN과 같은 와이드 밴드갭(WBG) 반도체 소재가 실리콘보다 높은 온도, 높은 전압에서 작동하고 더 빠른 스위칭 속도를 제공하기 때문에 점점 더 인기를 얻고 있습니다.

SiC는 고전압 및 고전류 애플리케이션에서 매우 효과적이며, EV 구동 인버터, 재생 에너지 변환기, 중공업용 모터 드라이브에 이상적입니다. 제조업체들은 원가 절감과 웨이퍼 품질 향상을 위해 150mm에서 200mm SiC 웨이퍼로 전환하고 있습니다.

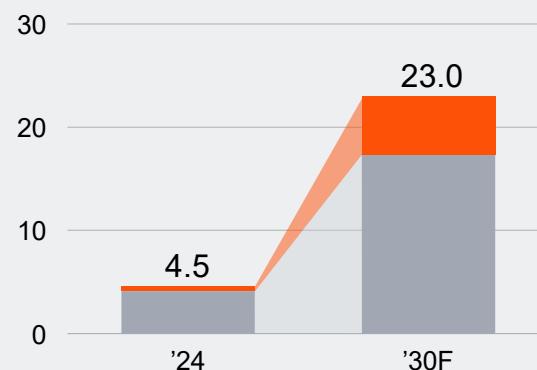
GaN은 USB-C 고속 충전기, 노트북 어댑터, 5G 기지국 전원 공급 장치, 데이터 센터용 고주파 변환기 등 빠른 스위칭과 소형화가 요구되는 제품에서 뛰어난 성능을 발휘합니다. 또한 GaN의 구조는 표준 CMOS 제어 칩과의 손쉬운 통합을 가능하게 해, 소자 설계를 단순화합니다.

수억 개의 WBG 소자가 생산되고 있음에도 불구하고, 결정 잉곳 성장, 웨이퍼 연마, 첨단 에피택시 등 비용과 시간이 많이 소요되는 공정으로 인해 공급 제약은 여전히 존재합니다. 특히 200mm SiC 기판과 고전압 GaN 웨이퍼는 단기적 부족할 수 있습니다. 그러나 더 큰 웨이퍼, 향상된 수율, 첨단 장비에 대한 지속적인 투자가 이러한 제약을 점차 완화하고, 실리콘과의 비용 격차를 줄이며 SiC 및 GaN 솔루션의 채택을 가속화할 것입니다.

전력 반도체: 성능 비교



재료별 전력 반도체 시장 (단위: 10억\$)



연평균 성장률 ('24-'30F)

총계	+30.9%
GaN	+53.5%
SiC	+27.0%

출처: Omdia, PwC Analysis

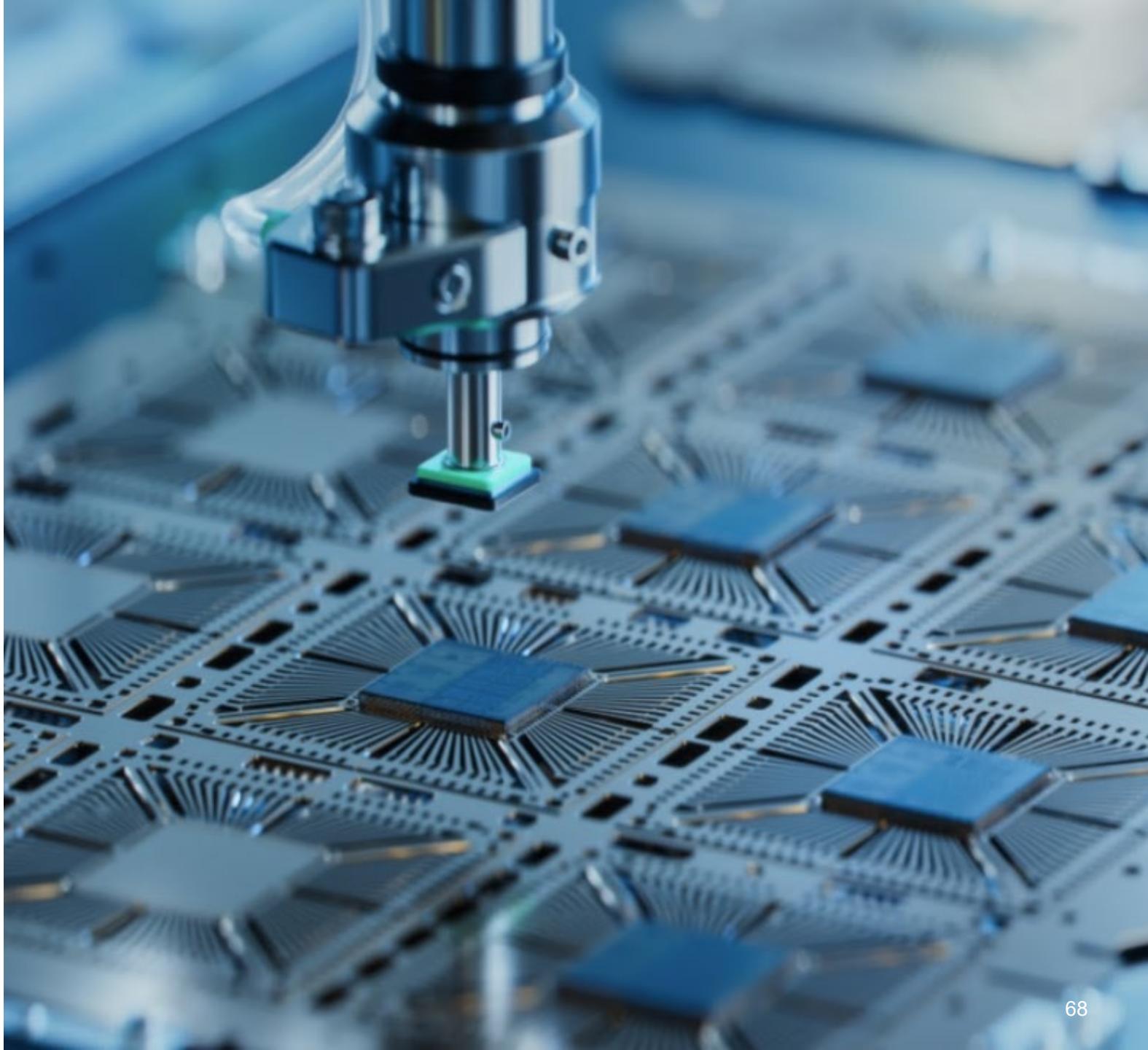
패키징 및 테스트

패키징 및 테스트는 더 이상 단순히 완성된 다이를 보호하는 역할에 그치지 않습니다. 이제는 다이 간 커넥티비티를 강화하고, 열악한 환경에서 전기적·열적 신뢰성을 개선하는 기능을 수행합니다.

트랜지스터 스케일링의 효과가 점점 줄어드는 상황에서, 첨단 패키징은 시스템 성능을 높이는 주요 수단으로 부상했습니다. 주요 혁신에는 짧은 거리의 고대역폭 인터커넥트와, 비용 효율적이고 유연하게 이종 다이를 조립하는 칩렛 아키텍처가 포함됩니다.

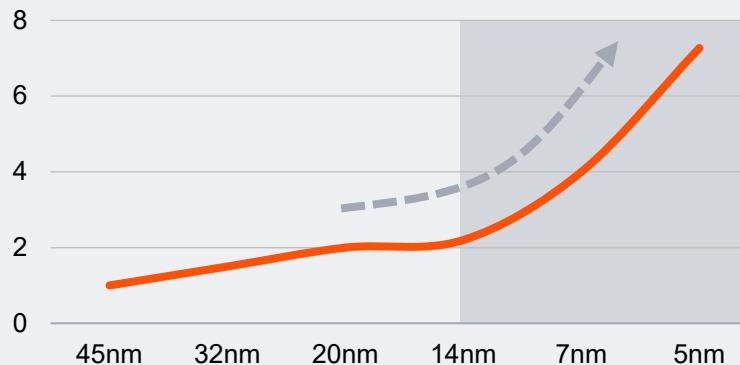
조립 공정의 복잡성이 증가함에 따라 결함 예방과 수율 개선이 그 어느 때보다 중요해지고 있으며, 이를 위해 광학, X-레이, 시스템 레벨 검사 장비의 발전이 빠르게 이루어지고 있습니다.

앞으로 의미 있는 성능 향상은 Front-End 트랜지스터 기술과 Back-End 패키징 및 테스트 공정의 긴밀한 동반 진화에 달려 있을 가능성이 큽니다.



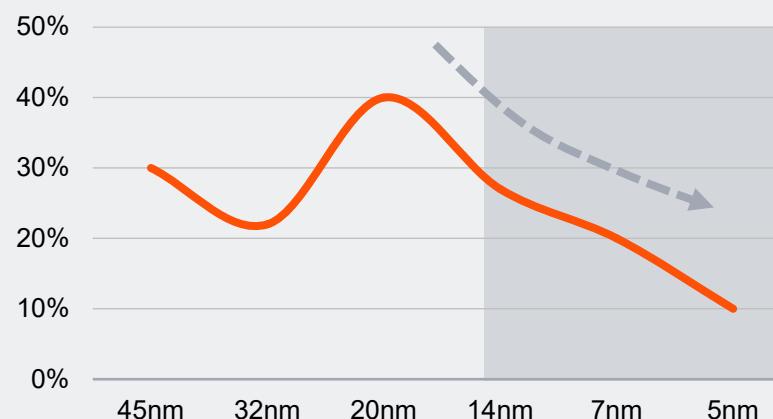
Front-End 비용은 계속 증가하는데...

노드별 웨이퍼 제조 비용 (45nm=1)



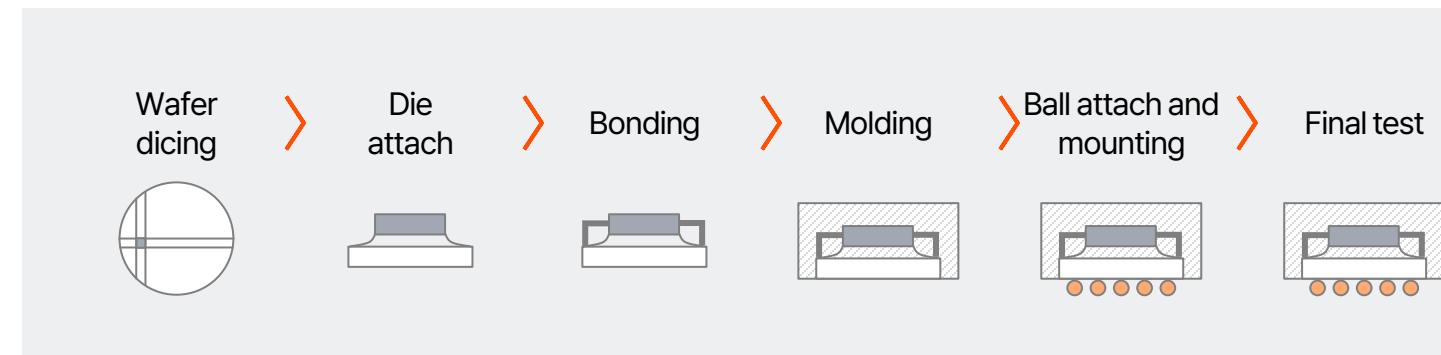
... 과연 그 효과는?

노드별 성능 향상



출처: AMD, PwC Analysis

Back-End, 성능 향상의 새로운 돌파구



수십 년 동안 성능 향상은 주로 Front-end 공정 미세화에서 비롯됐지만, 공정 기술이 10nm 이하로 내려가자 대량 생산이 가능한 파운드리는 두 곳뿐이었고, 최근에 들어서야 세 번째 업체가 확장을 시작했습니다. 이러한 차원에서는 쇼트 채널 효과, 기생 커파시턴스, 증가하는 누설 전류 때문에 공정 미세화가 훨씬 더 어렵고 비용도 크게 늘어납니다.

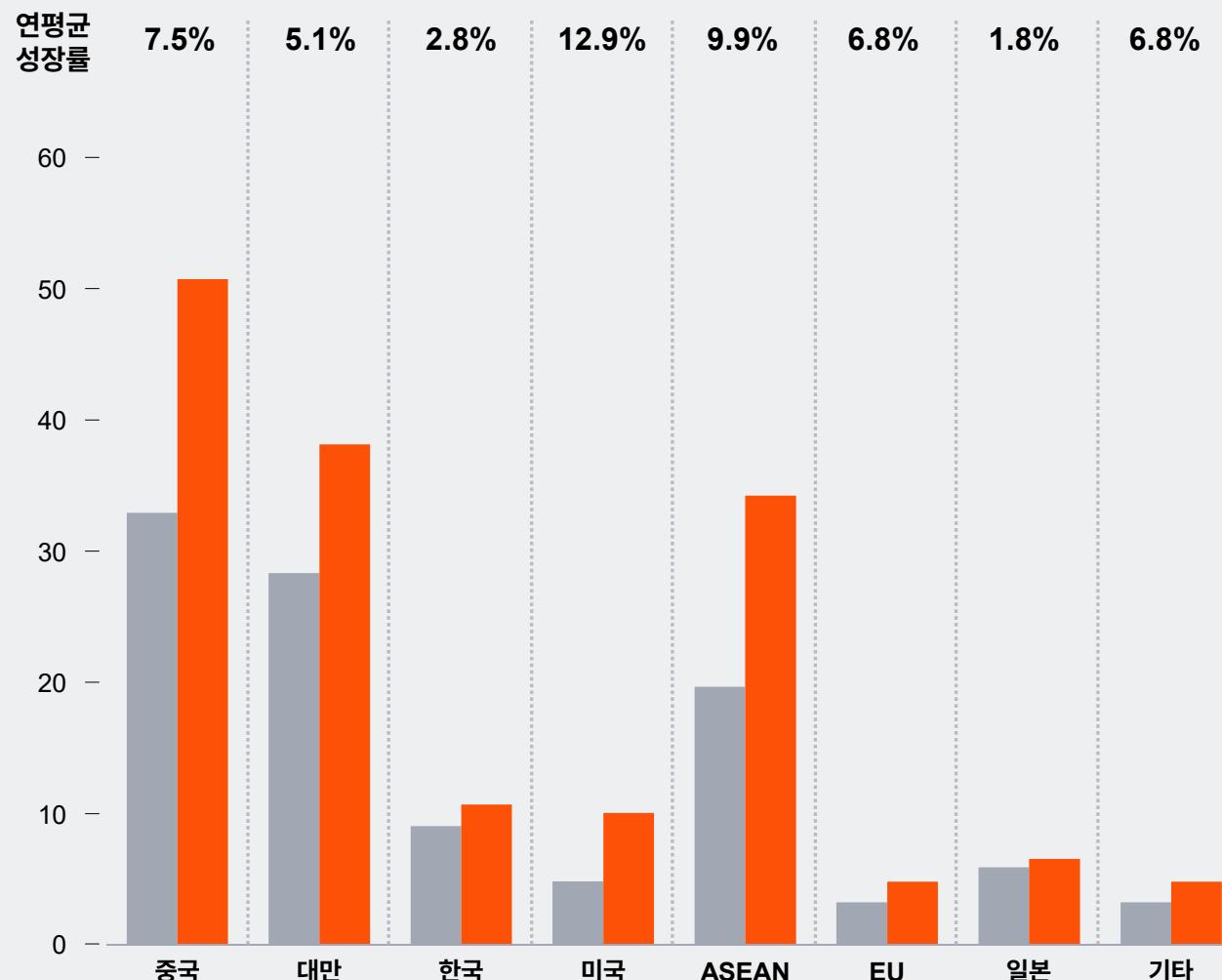
초기 CMOS 미세화(90nm → 28nm)는 트랜지스터 집적도를 두 배로 높이고 전력-성능을 약 25~50% 개선하는 경우가 많았습니다. 그러나 16nm FinFET부터 현재의 3nm 노드까지는 집적도 증가 곡선이 완만해지고 효율 향상 속도가 둔화된 반면, 웨이퍼 비용은 거의 3배로 상승했고 다이당 제조 원가는 약 2~3배 증가했습니다. EUV 장비, 낮은 초기 수율, 급증하는 R&D 예산은 Front-end 스케일링의 추가 비용이 얼마나 커졌는지를 보여줍니다.

이러한 수익 감소에 직면한 칩 제조업체들은 Front-end 공정의 발전이 둔화되는 상황에서도 시스템 수준의 성능 향상을 지속하기 위해, 칩렛(chiplet), 2.5D 인터포저(interposer), 3D 적층(3D stacking)과 같은 첨단 Back-end 기술에 다시금 주력하고 있습니다.

글로벌 반도체 패키징 및 테스트 시장

(단위: 10억\$)

■ '24 ■ '30F



출처: 회사 발표, 전문가 인터뷰, PwC Analysis

Back-End 공정에 대한 투자

중국 – 국가 펀드를 통해 새로운 웨이퍼 레벨 패키징 공장에 자금을 투입하고 있으며, 현지 OSAT 업체들은 칩렛 조립과 고속 AI 인터커넥트 지원을 위해 업그레이드하고 있습니다.

대만 – 파운드리와 OSAT 선도 기업들은 2.5D/3D 패키징 생산능력을 확장하고, 신호 무결성과 시스템 레벨 테스트를 위한 캠퍼스를 구축하며, 첨단 Back-End 기술을 첨단 Front-end 노드와 결합하고 있습니다.

한국 – 3D 적층, 칩렛, 신뢰성 테스트에 초점을 맞춘 국가 클러스터를 추진 중이며, 공동 R&D 장비와 인력 교육으로 지원하고 있습니다.

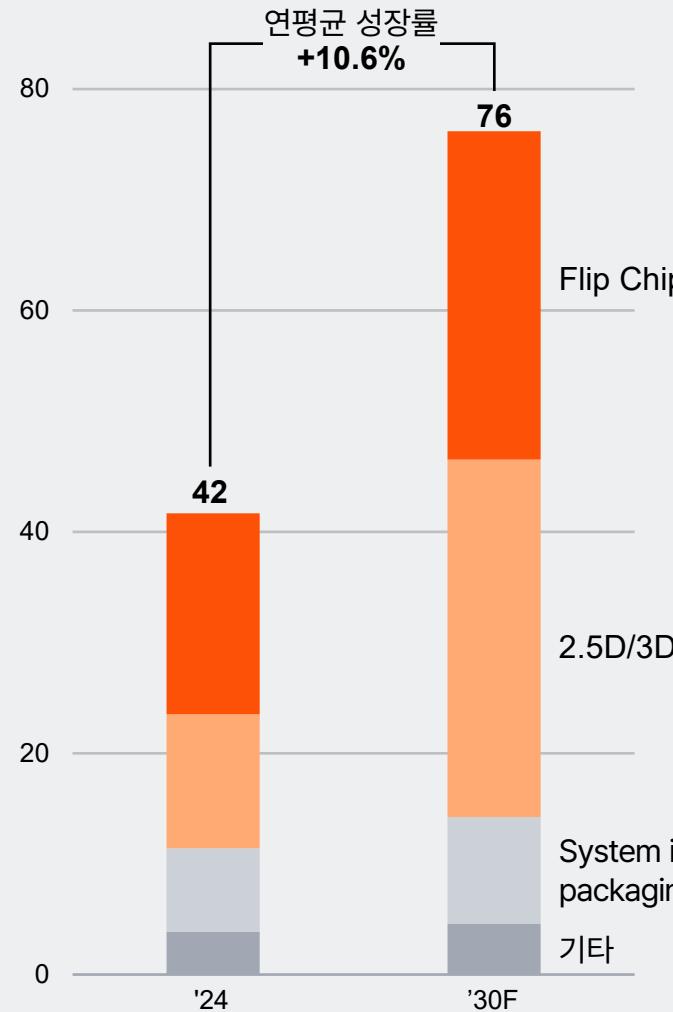
미국 – 연방 인센티브를 통해 칩렛 표준, 열 관리 솔루션, 신속한 신뢰성 검증을 발전시키기 위한 패키징 R&D 허브와 파일럿 라인 네트워크를 지원하고 있습니다.

ASEAN – 말레이시아가 첨단 패키징 프로젝트를 유치하기 위해 OSAT 기반을 강화하고 있으며, 베트남은 반도체 진입의 관문으로서 Back-End 투자를 목표로 하고 있습니다.

이러한 움직임은 첨단 패키징과 테스트가 차세대 반도체 경쟁의 흐름에서 Front-end 스케일링 만큼 전략적으로 중요해지고 있음을 보여줍니다.

글로벌 첨단 패키징 시장

(단위: 10억\$)



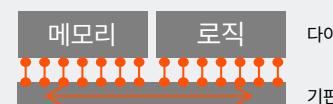
출처: Yole Group, PwC Analysis

짧은 인터커넥트와 더 향상된 효율성

첨단 패키징에서는 정밀도와 청정도가 Front-end 만큼이나 중요한 요소가 되었으며, 이로 인해 파운드리와 IDM의 투자가 꾸준히 증가하고 있습니다.

플립칩 패키징

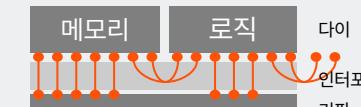
다이를 뒤집어 기판과
직접 연결합니다.



- | 전통적인 와이어 본딩 대신 범프를 사용
- | 신호 경로를 단축해 지연을 줄임
- | ASICs에서 널리 사용됨

2.5D 패키징

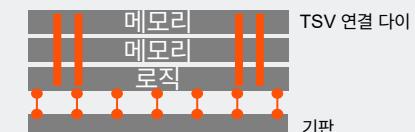
여러 개의 다이를 인터포저 위에
수평으로 배치합니다.



- | 패키지 내 통신을 가능하게 하여 신호 경로
길이를 줄임
- | 데이터 센터 및 첨단 컴퓨팅에 널리 사용됨

3D 패키징

더 높은 집적도를 위해 다이를
수직으로 적층합니다.

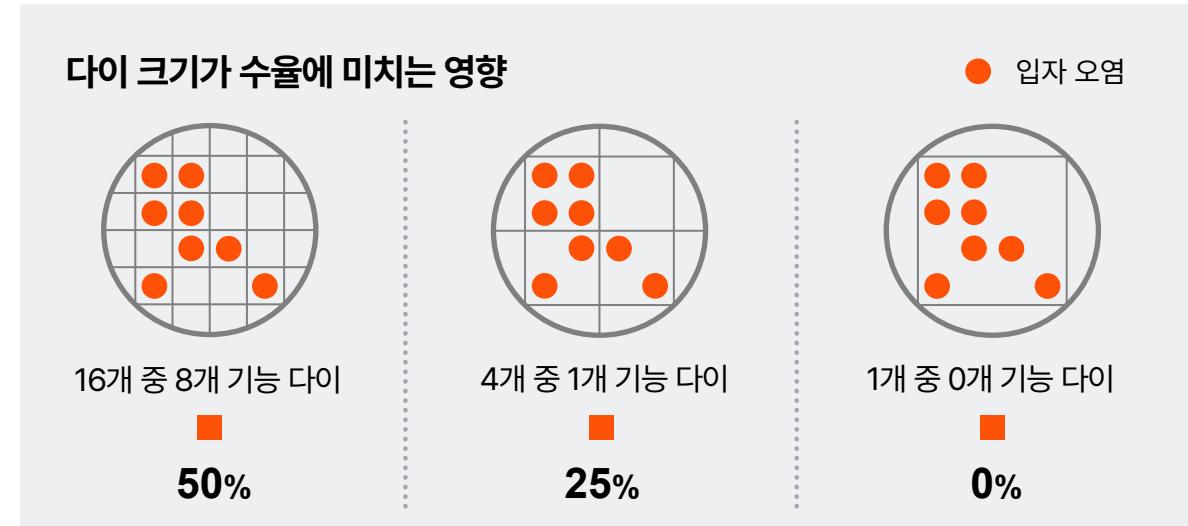
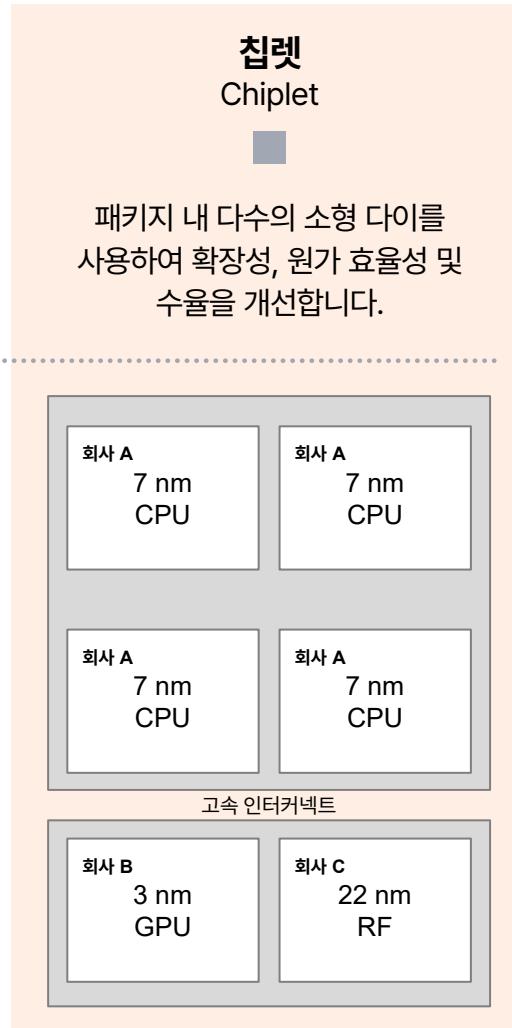
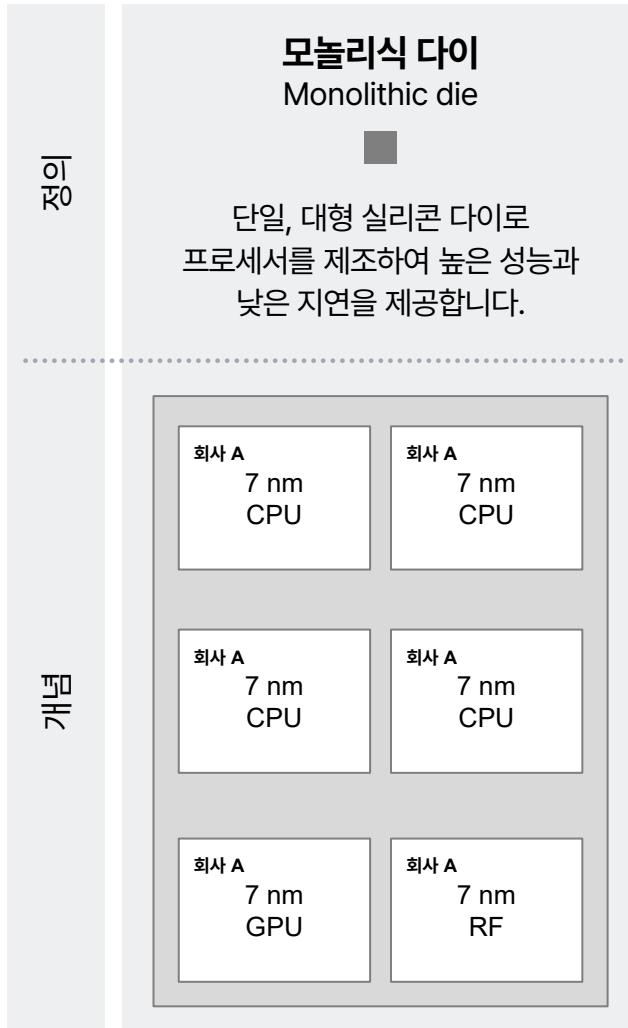


- | 칩 간 직접 접촉을 위한 실리콘 관통 전극
(Through-Silicon Via, TSV)
- | 인터커넥트 길이를 줄여 더 높은 속도를
구현함

IDM과 파운드리, 패키징 혁신을 선도

첨단 패키징은 이제 칩 성능의 핵심 엔진이 되었지만, 3D 및 칩렛 공정은 Fab 수준의 정밀도를 요구합니다. 그 결과, 파운드리와 IDM이 첨단 패키징 투자에서 약 3분의 2를 차지하며, 앞으로도 가장 큰 혁신을 계속 주도할 가능성이 높습니다. 한편, OSAT 업체들은 Fan-out 및 2.5D 패키징으로 확장해 초과 물량과 중간급 설계를 처리하며, Back-End 생태계가 증가하는 수요에 발맞출 수 있도록 지원하고 있습니다.

유연한 이종 통합(Heterogeneous integration)을 통한 효율성

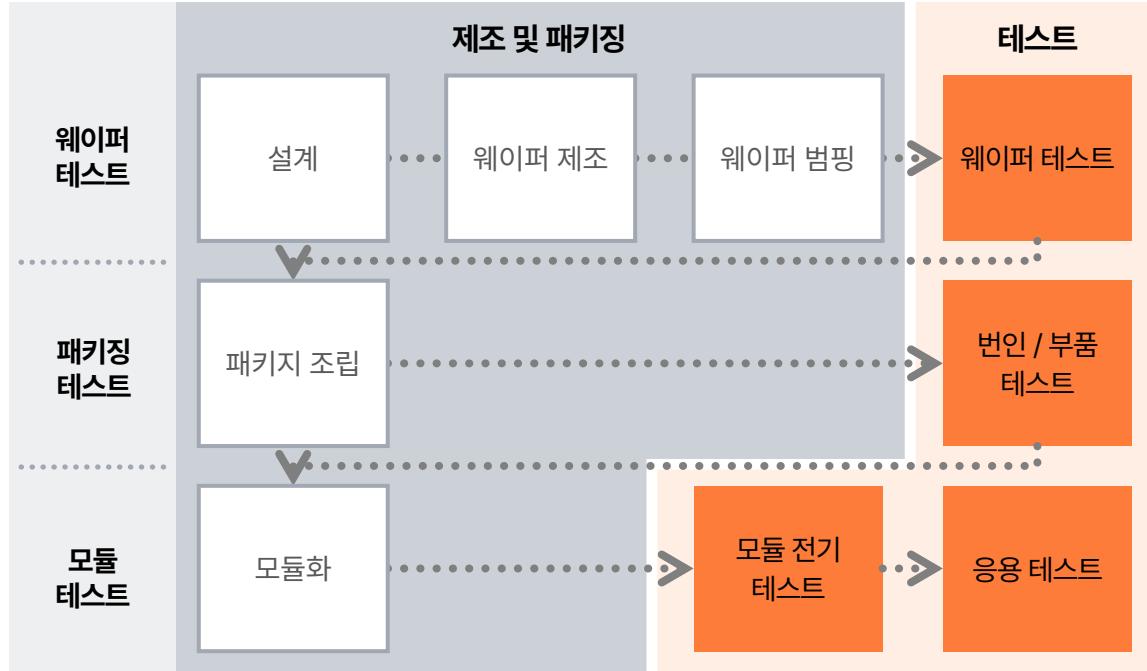


빠른 개발

칩렛은 전체 칩을 재설계하지 않고도 선택적으로 업그레이드를 가능하게 합니다. 예를 들어, CPU
다이는 16nm 공정에 그대로 두면서 AI 타일만 5nm로 전환할 수 있어 재설계 노력과 출시까지의
시간을 줄일 수 있습니다.

전략적 전문화

기업은 핵심 IP는 내부에서 유지하면서 다른 칩렛은 외부에서 조달할 수 있습니다. 도입이 늘어남에
따라 다중 파운드리 빌드, 개방형 인터커넥트 표준, 첨단 패키징 기술이 점점 더 중요해지고 있으며,
파운드리 간 협업 경험을 갖춘 디자인 하우스의 가치가 크게 높아지고 있습니다.



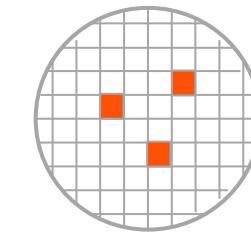
웨이퍼 테스트 – 높은 수율의 핵심

반도체 업계가 모놀리식 다이 아키텍처에서 2.5D 및 3D 아키텍처를 포함한 이종 집적과 첨단 멀티-다이 패키징으로 전환함에 따라, 웨이퍼 수준 테스트가 중요해졌습니다. 고수율의 소형화된 다이가 표준이 되면서, 조립 전에 개별 다이의 품질을 평가하는 것은 전체 수율을 높이는 데 필수적입니다. 단 하나의 불량 다이가 전체 패키지를 손상시킬 수 있기 때문에, 엄격한 웨이퍼 선별은 수율 손실을 줄이고 기능적 완전성을 확보하는 데 핵심입니다. 패키징 테스트 분야에서는 기존의 전기적 검사를 넘어 검사 범위가 확장되고 있습니다. 적층 기술이 발전함에 따라, 잠재적인 결함을 탐지하고 신뢰성을 높이기 위해 열 내구성 테스트, 번인 테스트, 그리고 X-ray 및 CT 스캔과 같은 고해상도 비파괴 검사가 점점 더 많이 사용되고 있습니다.

반도체 테스트 환경

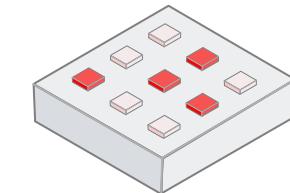
반도체 테스트 단계 중 웨이퍼 테스트는 수율 향상과 가장 높은 상관관계를 갖습니다. 패키징 테스트가 공정 후반에 진행되는 것과 달리, 웨이퍼 테스트는 다이 수준에서 결함을 선별해 불량품이 다음 단계로 넘어가는 것을 방지합니다. 특히 멀티-다이 패키지에서는 단 하나의 불량 다이도 전체 패키지를 사용할 수 없게 만들기 때문에, 초기 결함 검출이 매우 중요합니다. 웨이퍼가 점점 더 얇아지면서 접촉식 테스트는 한계에 직면하고 있으며, 이에 따라 OCT, IR과 같은 비접촉 광학 검사가 도입되고 있습니다. 또한, 공정 노드가 축소됨에 따라 정밀한 전기적 테스트를 위해 프로브 카드도 소형화되고 있으며, 이를 통해 수율과 효율성이 더욱 향상될 수 있습니다.

웨이퍼 선별 검사



웨이퍼 절단
준비 단계

양품 다이 검사



싱글레이션(절단) 후
개별 다이

장비와 소재

공정 기술이 발전함에 따라, Front-end 팝과 장비 공급업체 모두 더 높은 기술적 장벽에 직면하고 있습니다.

7nm 이하 노드에서 필수적인 EUV 장비는 초정밀 레이저와 광학 기술에 의존하며, 현재 단일 업체만이 EUV 장비를 공급하고 있어 장비 확보에 제약이 있습니다.

Back-End에서는 차세대 3D 패키징용 하이브리드 본딩 기술이 고유한 기술적 장애 요인을 안고 있습니다. 소수의 장비 공급업체만이 적격 웨이퍼 및 다이 레벨 본더를 생산하지만, 더 많은 업체들의 진입이 Front-end의 EUV 병목 현상보다 더 빨리 이러한 제약을 해소할 것으로 예상됩니다.

전반적으로 자본 집약도가 높아지면서, 특수 장비와 소재에 대한 접근성이 신규 웨이퍼 생산능력 확보의 핵심 요건이 되었고, 이로 인해 반도체 제조사와 장비업체 간의 글로벌 경쟁이 더욱 치열해지고 있습니다.



누적 반도체 장비 지출액



아시아, 반도체 장비 투자의 핵심 엔진

글로벌 반도체 장비 지출은 2030년까지 연평균 7.4%의 성장률을 기록할 것으로 예상되며, 이 중 70% 이상의 투자가 아시아에 집중될 전망입니다. 아시아의 점유율은 2020년대 초 약 80%로 정점을 찍었으나, 2022년 CHIPS 법안으로 인해 미국의 자본 지출이 증가하면서 아시아의 점유율이 소폭 감소했습니다. 그럼에도 불구하고, 아시아는 견고한 제조 생태계와 효율성을 바탕으로 여전히 시장을 주도하고 있습니다. 서구 지역의 점유율이 낮은 것은 이들 지역이 팩리스 사업 모델에 집중하는 반면, 아시아는 반도체 제조에 특화되어 있기 때문입니다.

대만과 한국은 첨단 공정 기술(7nm 이하 노드)에 대한 투자를 주도하고 있습니다. 삼성전자와 TSMC는 ASML의 EUV 시스템의 주요 고객으로, 극도의 정밀성과 미세 공정을 구현하는 데 필수적인 EUV 시스템은 이러한 첨단 노드 생산에 필수적입니다.

중국은 아시아 반도체 장비 구매의 상당 부분을 차지할 것으로 보이지만, 대부분의 신규 생산 능력은 28nm 및 기타 성숙 노드에 집중되고 있습니다. 미국, 일본, 네덜란드의 수출 통제로 인해 혁신적인 장비에 대한 접근이 제한되고 있기 때문입니다. 이에 대응하기 위해 중국 내 반도체 기업들은 자동차, IoT 및 기타 시장을 겨냥한 대량 생산을 확대하고, 장기적으로 해외 장비 의존도를 줄이기 위해 자체 연구개발(R&D)도 가속화하고 있습니다.

기타 지역: 210억 달러 (2%)

출처: 회사 발표, 전문가 인터뷰, PwC Analysis

EUV 수요와 공급

첨단 노드로직 공정에 최초 적용된 EUV 리소그래피는 1α급 DRAM에 이미 도입되었으며, 이후 후속 메모리 노드로 확산되는 추세입니다. 대만과 한국의 오랜 선두 주자들 외에도, 앞으로는 미국과 중국의 반도체 업체들 및 일본의 Rapidus사가 2020년대 후반에 2nm 생산에 진입할 계획이어서, 한정된 EUV 장비 공급을 두고 경쟁이 더욱 치열해질 전망입니다.

현재 상업적으로 EUV 스캐너를 공급하는 업체는 ASML이 유일하며, 주요 파운드리와 IDM에 시스템을 납품하고 있습니다.

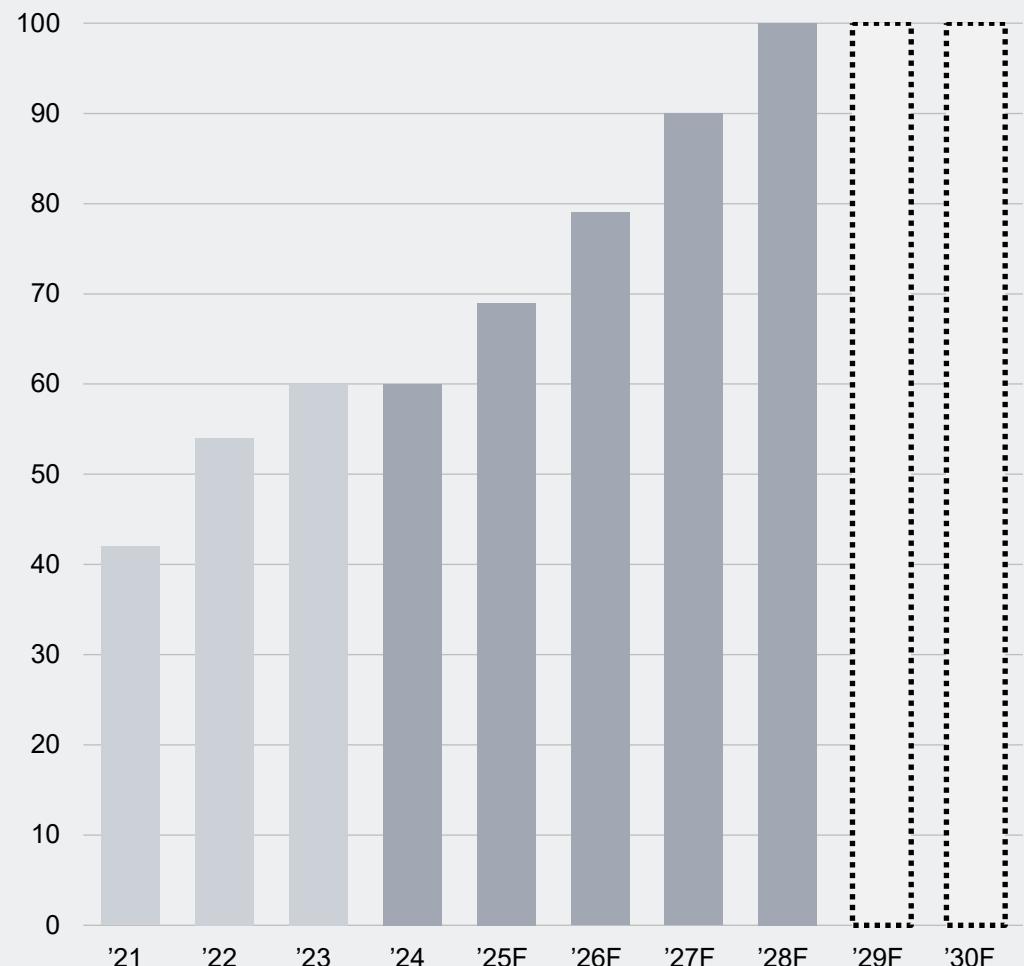
이 기술은 극도의 광학, 진공, 전력 요구사항을 충족해야 하므로 진입 장벽이 매우 높습니다. 대안적 시도도 존재하는데, 캐논은 틈새 시장을 겨냥해 나노 임프린트 리소그래피를 현장 테스트 중이고, 중국의 SMEE는 EUV 관련 특허를 출원하고 있습니다. 그러나 2030년 이전에 ASML 플랫폼을 대체할 만큼의 대량 생산이 가능할 것으로 보이지는 않습니다.

ASML의 생산능력 확대에도 불구하고 제약은 여전히 존재합니다. 각 EUV 스캐너는 제작과 품질 인증에 약 12개월이 소요되며, ASML이 발표한 2025년까지의 처리량으로는 현재의 백로그를 완전히 해소하기 어려울 수 있습니다. 핵심 병목 지점은 Carl Zeiss SMT에서 공급하는 초정밀 미러와 기타 광학 부품의 제한된 생산량이며, 이 부품들은 스캐너의 전체 수명 동안 오염이 없어야 합니다.

새로운 공급업체가 등장하거나, 근본적으로 다른 패터닝 방식이 성숙하기 전까지는 EUV 장비의 공급 부족이 계속될 가능성이 높으며, 충분한 장비를 확보하는 것이 첨단 노드 로드맵에서 핵심 경쟁 요소가 될 수 있습니다.

EUV 광학 장비 공급(Best Case)

(단위: 연간 납품 장비 수)



출처: ASML, PwC Analysis

3D 칩 혁신

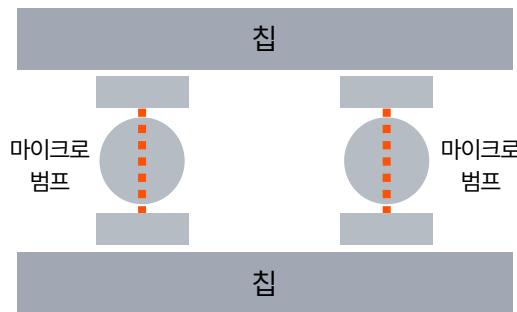
TC 본딩

하이브리드 본딩

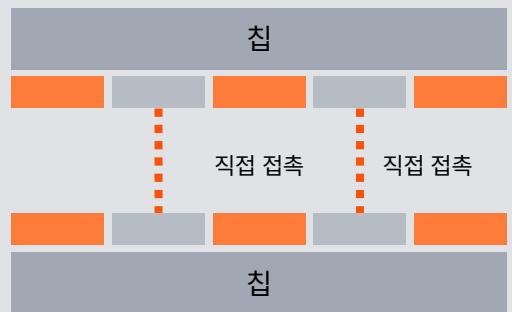
정의

칩 간 연결에 사용하는 마이크로 범프는
적층 시 높이 감소를 제한하는 요인입니다.

본딩 방식



칩 간 간격을 줄이며,
다층 적층에 필수적입니다.



주요 과제

본딩 과정에서 발생하는 열로 인해
마이크로 범프가 녹아 퍼집니다.

장비 비용은 TC 본더보다
4배 높습니다.

특화된 Back-End 장비에 대한 수요가 빠르게 늘고 있으며, 하이브리드 본딩은 멀티 다이 스태킹(여러 칩을 쌓는 기술)의 핵심으로 자리 잡고 있습니다. 기존의 열압축(TC) 방식은 약 40마이크로미터(μm) 크기의 마이크로 범프를 사용하기 때문에, 적층이 많아질수록 입출력(I/O) 밀도가 제한되고 저항이 증가하는 한계가 있습니다. 반면, 하이브리드 본딩은 10 μm 이하의 미세 간격에서 구리와 구리를 직접 연결해 훨씬 더 높은 대역폭과 얇은 적층 구조를 구현할 수 있습니다.

이 기술은 완벽하게 청정한 플라즈마 활성화 표면과 엄격하게 관리된 표면 조도를 요구합니다. Besi가 100대 이상의 장비 출하 및 생산능력 확대를 통해 상용 공급 시장을 선도하고 있으나, HBM 및 로직-온-메모리 적층 구조의 양산 확대에 따라 장비 공급 여력이 제한될 가능성이 있습니다.

경쟁도 점차 치열해지고 있습니다. EV Group은 Wafer-to-wafer 하이브리드 본더를 출하하고 있고, ASMLPT와 한미반도체 등은 Die-to-wafer 방식의 장비를 개발 중입니다. 여러 종합 반도체(IDM) 기업들도 자체 플랫폼을 구축하고 있습니다. EUV 리소그래피가 사실상 독점 체제인 것과 달리, 하이브리드 본딩은 2020년대가 끝나기 전에 다수의 인증된 공급업체가 등장할 가능성이 높아, 업계 전반의 3D 집적 기술 발전이 더욱 빨라질 것으로 보입니다.

더 강력한 소재, 더 긴 수명

노드가 미세화되고 패키지 구조가 복잡해질수록 기존 소재들은 물리적 한계와 신뢰성의 한계에 부딪히고 있습니다. 예를 들어, 구리 배선은 20nm 이하에서 저항이 급격히 증가하고, 기존의 SiO_2 (이산화규소) 절연체는 RC 딜레이를 키우며, 고온 플라즈마 공정은 박막의 균일성을 떨어뜨립니다. 이런 현상들은 과거에는 노드가 미세해질 때마다 자연스럽게 얻을 수 있었던 전력 - 성능 - 면적(PPA) 이점을 점점 약화시키고 있습니다.

한편, 제조 현장에서는 더 높은 온도의 어닐링(열처리), 더 강한 화학약품, 그리고 옹스트롬(Å) 이하의 극한 균일성을 견딜 수 있는 박막이 요구되고 있습니다. 기존의 식각 및 증착 화학 공정도 제어 한계에 다다르고 있어, 공정 변동성이 커지고 수율이 위협받고 있습니다.

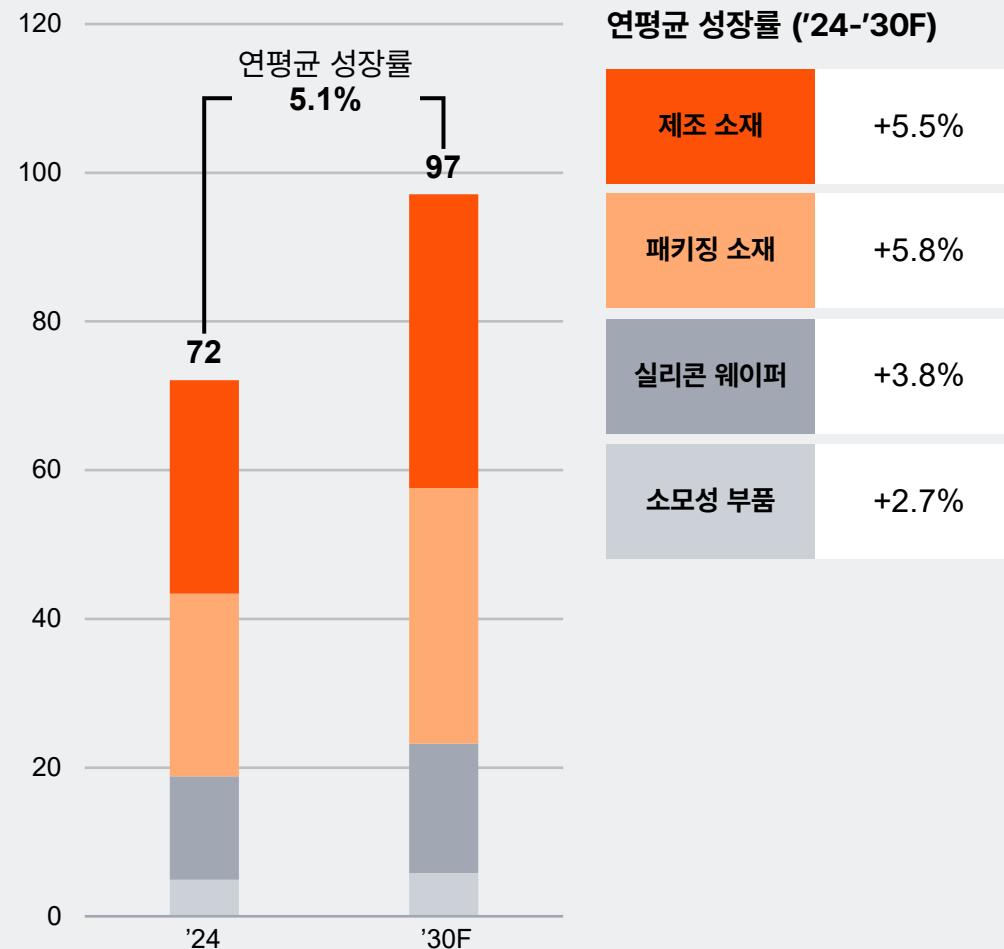
이러한 한계를 극복하기 위해 업계는 새로운 소재로 눈을 돌리고 있습니다. 코발트, 루테늄 등 대체 금속은 차세대 인터커넥트에서 더 낮은 배선 저항과 더 강한 일렉트로마이그레이션(Electromigration) 내성을 제공할 수 있습니다.

고이동도 채널인 SiGe, 스트레이нд 게르마늄, III-V 화합물이 2nm 이하 트랜지스터에 대해 검토되고 있으며, 초저유전율(Ultra-Low-K) 유전체 및 설계된 에어갭이 배선 간 정전용량을 감소시키고 있습니다. 첨단 패키징 분야에서는 고열전도 언더필 재료와 신규 재배선층 합금이 3D 적층 구조의 방열 성능 및 신뢰성 향상에 기여하고 있습니다.

앞으로는 소재 혁신이 리소그래피나 설계만큼이나 무어의 법칙 수준의 발전을 지속하는 데 핵심적인 역할을 할 수 있습니다. 이러한 새로운 화학 소재를 선도적으로 활용하는 파운드리와 공급업체가 차세대 반도체 성능과 생산성의 기준을 이끌게 될 것입니다.

반도체 소재 시장 전망

(단위: 10억 달러)



출처: 회사 발표, 전문가 인터뷰, PwC Analysis

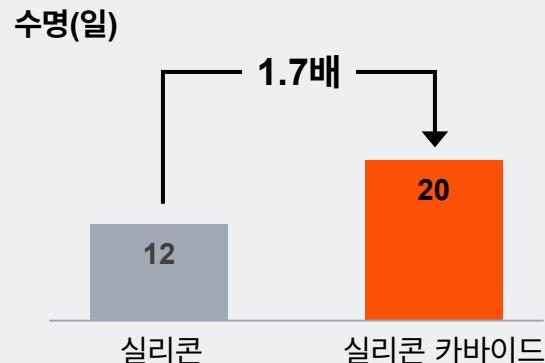
신소재, 더 발전된 칩

포커스 링, 챔버 라이너, 정전적 플레이트와 같은 플라즈마 접촉 부품들은 오랫동안 실리콘으로 가공되어 왔지만, 최근 플라즈마 밀도가 높아지면서 이 부품들이 빠르게 마모되고 입자를 방출하는 문제가 발생하고 있습니다.

이에 따라 파운드리 업체들은 훨씬 더 단단하고 플라즈마 저항성이 뛰어난 실리콘 카바이드(SiC)로 소재를 전환하고 있습니다. SiC 부품은 수명이 몇 배나 길어지기 때문에, 주요 반도체 공장들은 예기치 않은 장비 정지 횟수가 줄고, 부품 교체 주기가 길어져 전체 소유 비용(Cost of ownership)을 낮출 수 있습니다.

더 단단한 후보 소재로는 보론 카바이드(B_4C)도 검토되고 있습니다. 이 소재는 수명이 더욱 길 수 있지만, 가공이 어렵고 원가가 높으며, 파티클 발생 가능성 등 해결해야 할 과제가 남아 있습니다. 결국 방향성은 명확합니다. 실리콘에서 첨단 세라믹 카바이드 소재로 업그레이드하는 것이 차세대 식각(etch) 장비를 최적의 상태로 운용하기 위해 필수라는 것입니다.

포커스 링 부품 교체의 영향



출처: 전문가 인터뷰, PwC Analysis

차세대 인터커넥트

7nm 이하에서는 구리 인터커넥트가 불안정해집니다. 선풍이 얇아지고 속도가 느려지며, 전자 이동(Electromigration)으로 인해 수명이 단축됩니다.

추가 배리어층은 구리 누출을 막지만 배선 폭을 더욱 좁게 만듭니다. 보다 나은 해결책은 구리를 루테늄(Ruthenium)으로 대체하거나 얇은 루테늄(Ru) 층으로 코팅하는 것입니다. 루테늄은 거의 배리어가 필요 없고, 나노스케일 라인에서 전류를 더 쉽게 전달하며, 내구성이 좋습니다.

5nm 이하 칩의 확산이 가속화되는 상황에서 루테늄 인터커넥트는 차세대 고성능 프로세서의 핵심 소재가 될 수 있습니다.

루테늄 합금의 이점

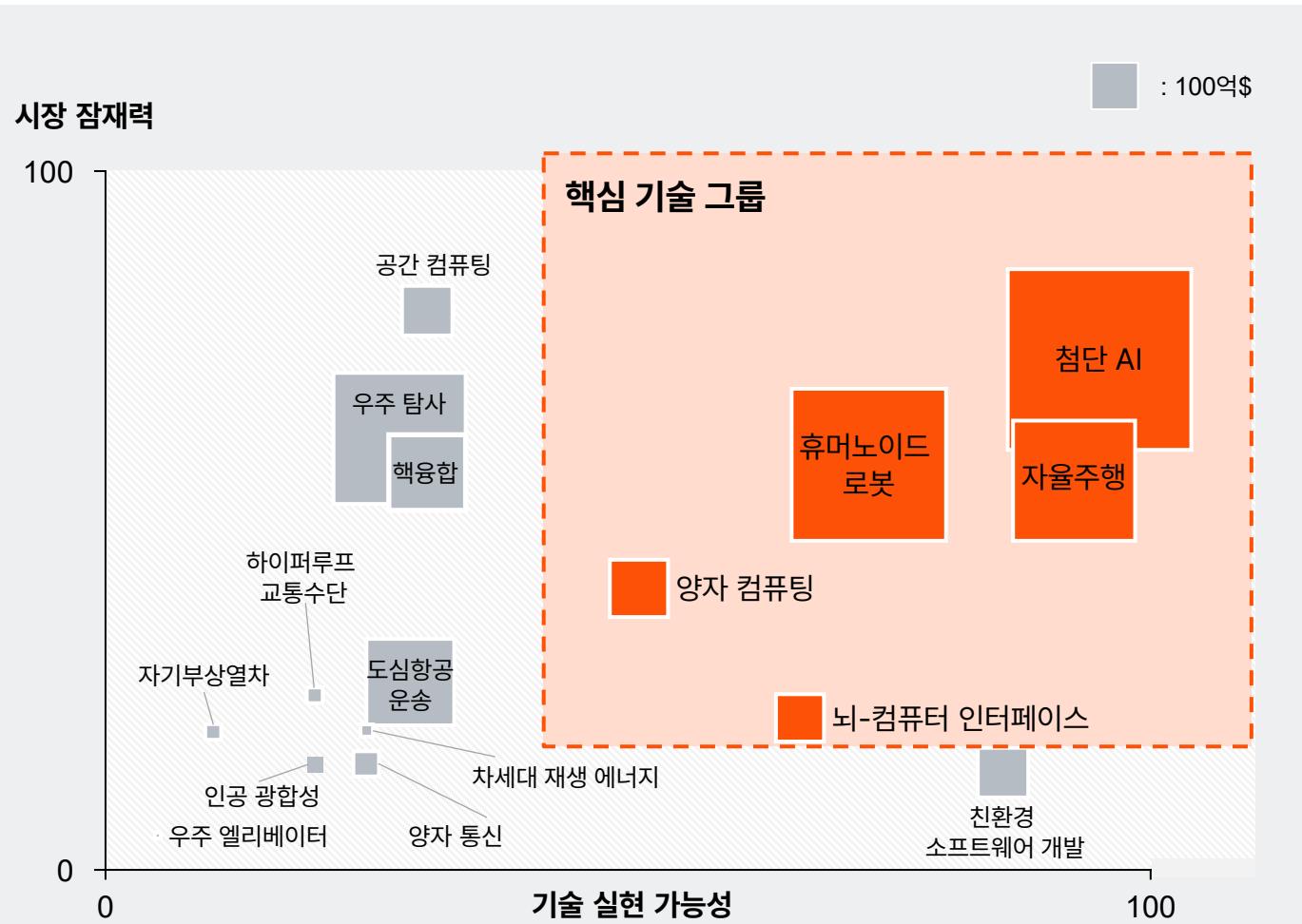


4

향후 전망

반도체 산업의 새로운 기회: AI와 그 너머

2030년 이후의 주요 기술 혁신



1) 각 요소를 0에서 100까지의 상대 지수로 변환하여 점수를 산출함.

출처: PwC Analysis

반도체는 2030년 이후에도 기술 혁신을 주도하는 데 중요한 역할을 계속할 것으로 보입니다. 우리는 반도체와 밀접한 관련이 있는 기술들을 분석하여 시장의 성장 잠재력과 기술의 실현 가능성을 평가했습니다.

이 분석은 반도체 산업이 미래 기술 발전에서 담당할 중요한 역할을 준비하는데 기여하고자 설계되었습니다.

방법론¹⁾

기술 실현 가능성 점수 (X축)

- 실현 준비도(상용화 시기)
- 최근 5년간의 증분 투자 규모
- 관련 분야의 박사 취득자 수

시장 잠재력 점수 (Y축)

- 2030년 시점의 예상 시장 규모
- 2024년부터 2030년까지 반도체 시장 연평균 성장률

투자 규모 (크기)

- 최근 5년간 해당 기술에 대한 총 투자액

첨단 AI

인공지능의 한계는 어디까지일까요? 범용 인공지능(AGI) 달성을 향한 여정과 미래에 반도체가 맡게 될 역할을 알아봅시다.

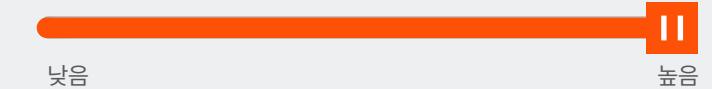


시장 잠재력 점수



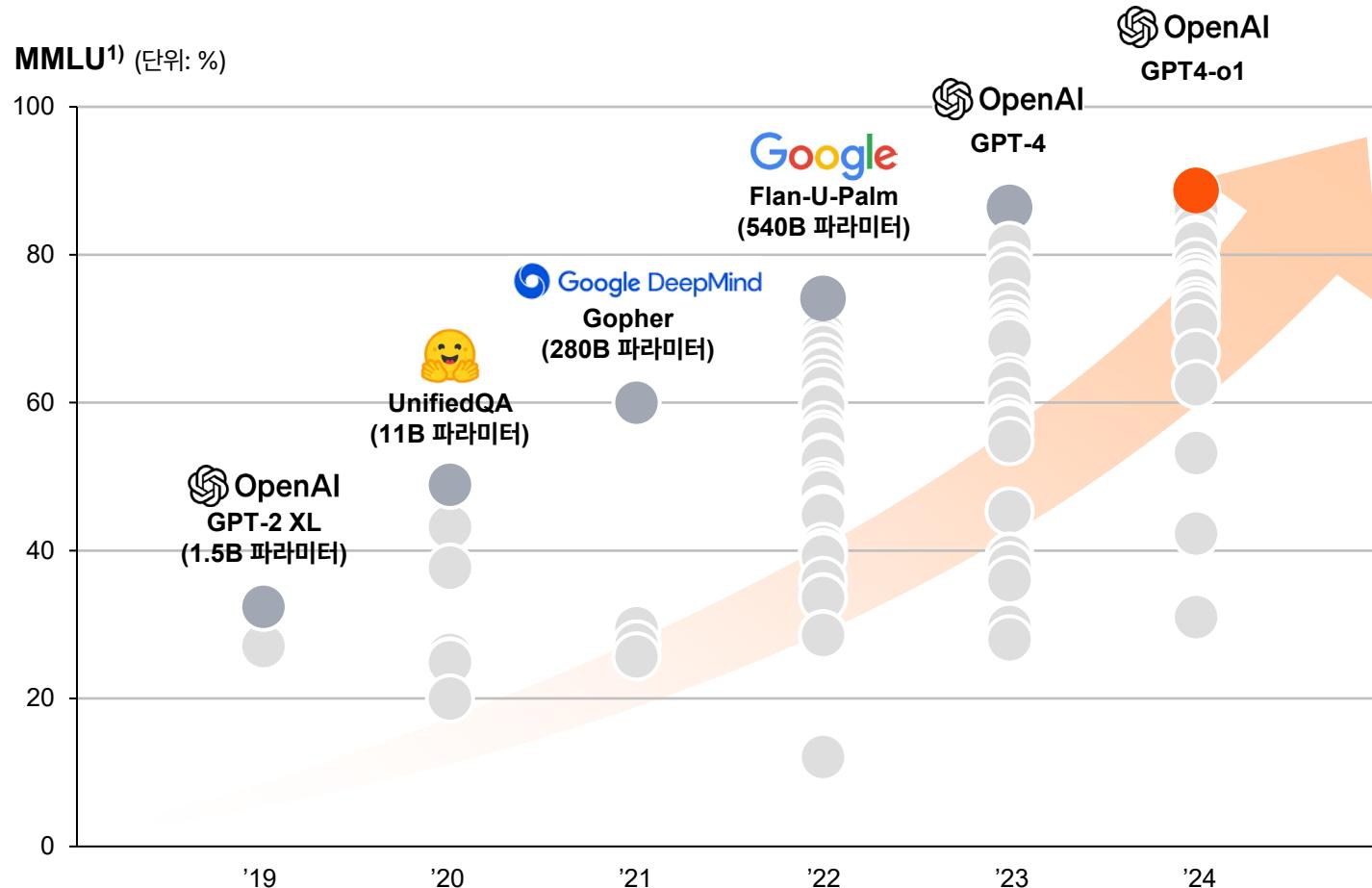
가파른 성장세로 다양한 산업 분야에서 재무적 가치를 창출하고 있습니다. 이러한 성장 모멘텀은 앞으로도 지속될 것으로 예상됩니다.

실현 가능성 점수



기술적 투자와 숙련된 인재 풀의 확대는 최종 애플리케이션의 수요 증가에 의해 촉진되고 있습니다. 부분적 AGI는 향후 2~5년 내 실현될 것으로 예측되고 있으며, 완전한 AGI는 10년 이상의 기간이 소요될 것으로 예상됩니다.

주요 대형 언어 모델(LLM)의 성능 벤치마크



1) MMLU는 Massive Multi-task Language Understanding의 약자로, 각 AI 모델이 습득한 일반 지식 수준을 측정하는 벤치마크로 자주 사용됩니다.

이 그래프는 공개된 논문 데이터를 기반으로 작성되었습니다.

출처: PaperswithCode

2024년 현재, AI는 이미 여러 주요 벤치마크에서 인간을 능가하고 있습니다. 예를 들어, ImageNet 이미지 분류에서는 인간의 정확도를 뛰어넘었고, 특정 영어 독해 테스트에서도 더 높은 점수를 기록했으며, 개선 속도는 날이 갈수록 빨라지고 있습니다. 처음부터 많은 AI 연구자들은 인간의 지능에 맞먹거나 이를 초과하는 시스템을 목표로 해왔습니다. 최근의 이러한 발전으로 이 분야에 사상 최대 규모의 자금과 인재가 모여들고 있습니다.

오늘날, 연구팀들은 좁은 주제에 깊은 전문성을 담은 DS-LLM(Domain-Specific Large Language Models, 도메인 특화 대형 언어 모델)을 정교하게 다듬는 동시에, 훨씬 더 광범위한 작업을 높은 자율성으로 처리할 수 있는 AGI라는 장기 목표를 향해 나아가고 있습니다. 그 과정에서 AI 성능 향상이 신규 애플리케이션을 창출하고, 이들 애플리케이션이 추가 투자를 견인하며, 이러한 선순환 구조가 반복되면서 DS-LLM 및 궁극적으로 AGI로의 발전이 더욱 가속화되고 있습니다.

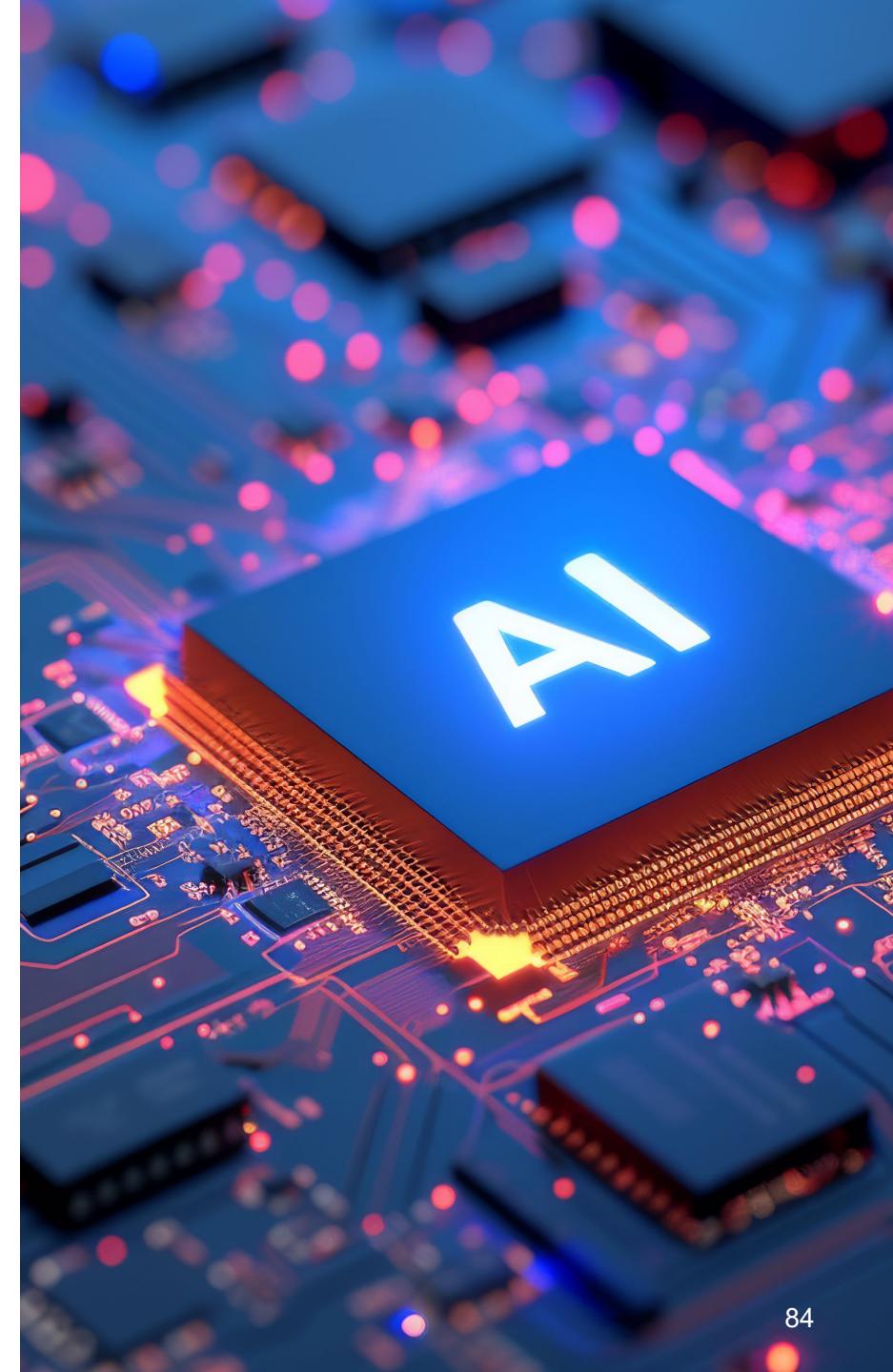
AGI를 향한 여정에서의 반도체

AI 발전의 제약 요인은 알고리즘보다는 두 가지 현실적 난관, 즉 대규모 고품질 데이터 확보의 필요성과 이를 처리하기 위한 컴퓨팅 파워입니다. AI의 가치가 명확히 입증되면서 이 두 가지 영역에 대한 투자가 급격히 늘어나고 있습니다.

AGI의 실현은 차세대 반도체 기술에 좌우될 수 있습니다. 대규모화되는 모델은, 미세 공정 노드에서 제조되고 고밀도 2.5D 또는 3D 패키징으로 상호 연결된, 고속 · 고효율 로직 디자인 필요로 합니다. 아울러 고대역폭 · 저지연 메모리는 학습 과정에서 방대한 데이터셋의 전송 및 저장에 필수 요소가 될 수 있습니다.

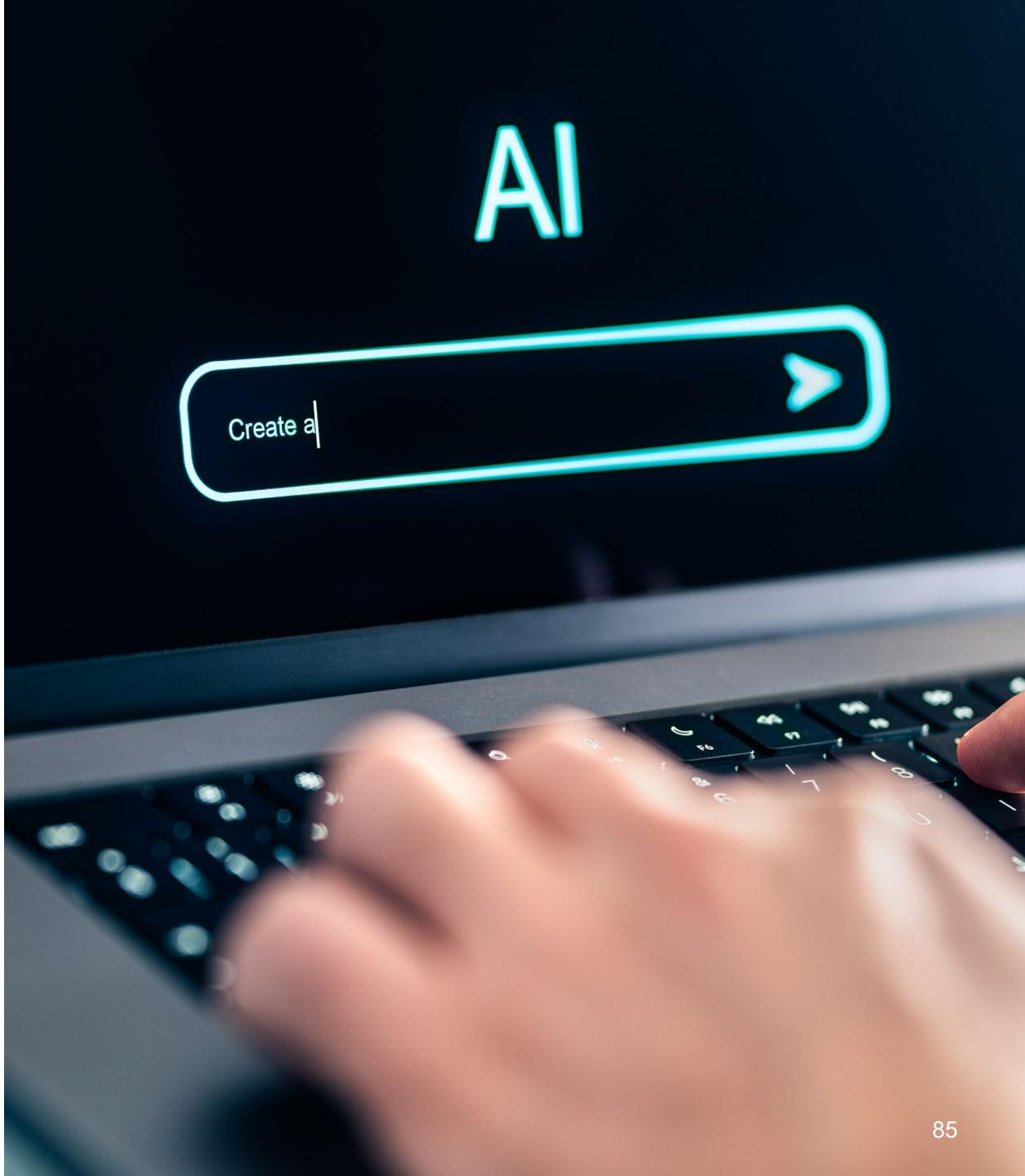
연구개발 또한 뉴로모픽 및 인메모리 방식으로 전환되고 있습니다. 도메인 특화 NPU는 이미 엣지 디바이스에 탑재되고 있으며, PIM(Processing-In-Memory) 프로토타입은 DRAM 어레이 옆이나 내부에 연산 요소를 배치해 데이터 이동에 따른 에너지와 지연을 줄입니다. 뇌의 아키텍처를 모방하는 완전한 뉴로모픽 하드웨어는 새로운 소자 개념과 첨단 패키징을 필요로 할 수 있지만, 와트당 및 부피당 연산 성능에서 획기적인 향상을 가져올 잠재력이 있습니다.

이러한 반도체 혁신이 모여 오늘날의 특화형 AI에서 내일의 강력한 AGI로 가는 여정의 근간을 이룹니다.



향후 방향

- **맞춤형 vs. 범용 실리콘 선택:** 맞춤형 AI 가속기와 표준 GPU 또는 CPU 간의 장단점을 평가해야 합니다. 모델 크기, 알고리즘 복잡성, 전력 한계, 그리고 빠른 시장 출시의 가치를 고려해야 합니다.
- **제품 로드맵 조율:** AI 수요는 다양한 산업에 걸쳐 있으므로, 고성능 칩에서의 기술 혁신과 공급 제약을 지속적으로 모니터링해야 합니다. 새로운 노드나 패키지가 명확한 경쟁 우위를 제공하는 시점에 맞춰 도입 시기를 정해야 합니다.
- **탄력적인 공급망 구축:** NPU나 PIM 배열과 같은 첨단 저전력 장치는 대량 생산까지 긴 리드타임이 필요합니다. 초기부터 생산 능력을 확보하고, 미래의 공급 부족을 완화하기 위해 긴밀한 파트너십을 구축해야 합니다.
- **차세대 설계 통합:** 새로운 설계 흐름을 지속적으로 학습하고, 하드웨어와 소프트웨어를 함께 개발하며, 에너지 효율성과 성능 목표를 달성하기 위해 가치 사슬 전반에서 협력해야 합니다. 업계가 AGI를 향해 나아가는 과정에는 이러한 준비가 필수적입니다.



자율주행이 만드는 미래

주요 자동차 및 기술 기업들은 향후 10년간 가장 중요한 전환점이 될 수 있는 변혁에 돌입하고 있습니다.

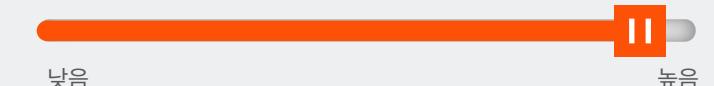


시장 잠재력 점수



2030년대에 더 많은 신차가 고도 자율주행 기능을 탑재하면서, 센서, AI 프로세서, 전력 장치에 대한 수요가 계속 증가할 수 있으며, 이는 반도체를 미래 모빌리티의 핵심으로 만듭니다.

실현 가능성 점수



레벨 4 자율주행 시범 차량은 이미 지정된 구역(geo-fenced)에서 운영되고 있습니다. 보다 광범위한 도입은 안전 데이터, 규제, 비용에 달려 있으며, 대중화까지는 아직 몇 년이 더 걸릴 것으로 보입니다.



완전 자율주행에 얼마나 가까워졌습니까?

- 차량의 자율주행 수준은 Lv.0~Lv.5로 구분됩니다. 오늘날 대부분의 양산 차량은 Lv.2 수준으로, 특정 상황에서는 조향과 제동을 스스로 수행하지만 여전히 운전자가 개입해야 합니다. 일부 시범 모델만이 특정 고속도로에서 Lv.3 자율주행을 제공합니다. 몇몇 자동차 제조사와 기술 기업은 지정된 구역 내에서 Lv.4 로보택시를 테스트하고 있으나, Lv.5(어디서나 주행 가능하며 인간 개입 불필요)는 아직 도달하지 못한 상태입니다.

완전 자율 주행에 필요한 기술은 무엇입니까?

- 차량 내 시스템:** 고성능 컴퓨팅 SoCs, 멀티모달 센서 세트(카메라, 레이더, LiDAR), 안정적인 소프트웨어 스택, 정밀 GNSS 및 고해상도 지도
- 인프라:** 저지연 5G/6G 네트워크, 엣지/클라우드 데이터 하브, 도로변 V2X(차량-사물 통신) 장치 및 실시간 교통 데이터를 위한 스마트 도로 센서
- 규제 및 표준:** 안전 인증, 사이버 보안 규칙, 공통 통신 프로토콜 및 명확한 책임 체계

완전 자율주행의 상용화 시기는 언제입니까?

- 많은 전문가들은 제한적인 Lv.4 서비스(로보택시 또는 허브 간 화물 운송)가 2030년경 일부 도시에서 확산될 것으로 예상합니다. 레벨 5는 대부분의 도로 및 날씨 조건을 핸들 없이 처리할 수 있어야 하며, 이는 2040년대 이후에나 가능할 것으로 보입니다.
- 기술적 난관 외에도 법적, 윤리적, 사회적 문제가 일정에 영향을 미칠 수 있으며, 지역별 인프라 준비 상태와 대중 수용도에 따라 진행 속도가 달라질 수 있습니다. 초기 도입은 통제된 고속도로 또는 정밀하게 지도화된 도심 핵심지역에서 먼저 이루어질 가능성이 높습니다.



자율주행차에 따른 반도체 산업의 변화

완전 자율주행차가 상용화되면, 차량 1대당 필요한 반도체 수가 증가하여 시장 규모가 확대될 가능성이 있습니다. 현재 시중의 일반 차량에는 약 200~300개의 반도체가 탑재되어 있습니다.

반면, 운전자 직접 조향할 필요가 없는 레벨 3 이상 자율주행 차는 1,000개 이상의 반도체가 필요할 수 있습니다. 완전 자율주행으로 개발이 진행됨에 따라 시장 규모에 상당한 변화가 예상됩니다.

현재 자동차용 반도체는 주로 엔진 제어, 안전 시스템, 인포테인먼트 시스템에 사용됩니다. 그러나 자율주행차에서는 이러한 전통적인 용도 외에도 데이터 처리, AI 연산 및 실시간 네트워크 연결을 위해 고성능 반도체가 필요할 수 있습니다. 특히 자율주행 기능의 발전과 통신 및 AI 기능의 강화로 인해, 도메인 컨트롤 유닛(DCU)과 센서 같은 고성능 컴퓨팅 칩뿐만 아니라 V2X 용 통신 칩에 대한 수요가 크게 증가할 것으로 예상됩니다.

이러한 차량에서 반도체의 수가 증가함에 따라, 패키징 방식도 단일 칩 솔루션에서 칩렛 아키텍처로 더욱 진화할 수 있습니다. 또한 자동차용 반도체 생산의 가치 사슬도 변화할 수 있습니다. 자율주행 레벨 0~2에서는 업계 표준 칩이 충분한 성능을 제공해왔습니다. 그러나 고도화된 자율주행의 상위 레벨에서는 각 기업에 맞춘 특화된 칩이 필요할 가능성성이 높습니다. 이로 인해 OEM이 자체적으로 칩을 설계하고 생산하는 사례가 더 많아질 수 있습니다.

향후 방향

- **소프트웨어 및 하드웨어 역량 준비:** 자율주행 수준이 높아짐에 따라 센서와 컴퓨팅 하드웨어를 조율하는 소프트웨어가 핵심적인 역할을하게 됩니다. OEM, 1차 협력사, 칩 공급업체는 시스템 수준의 호환성과 무선 업데이트를 가능하게 하기 위해 긴밀하게 협력해야 합니다.
- **내부 생산 역량 확보:** 점점 더 많은 자동차 제조업체가 중앙 컴퓨팅, 디지털 콕핏, ADAS, 심지어 LiDAR 신호 처리용 SoC를 자체 설계하고 있습니다. 각 OEM은 명확한 전략을 세워야 합니다. 기존 공급망을 유지할지, 수직 통합을 도입할지, 아니면 하이브리드 방식을 선택할지 결정하고, 어느 정도까지 설계 및 제조를 내부화할지 정의해야 합니다.



휴머노이드 로봇

로봇공학의 새로운 시대는 AI와 자율 기술에 의해 추진되며, 반도체를 위한 또 다른 거대한 시장을 열 수 있습니다.

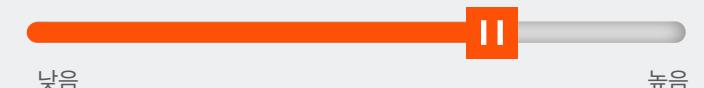


시장 잠재력 점수



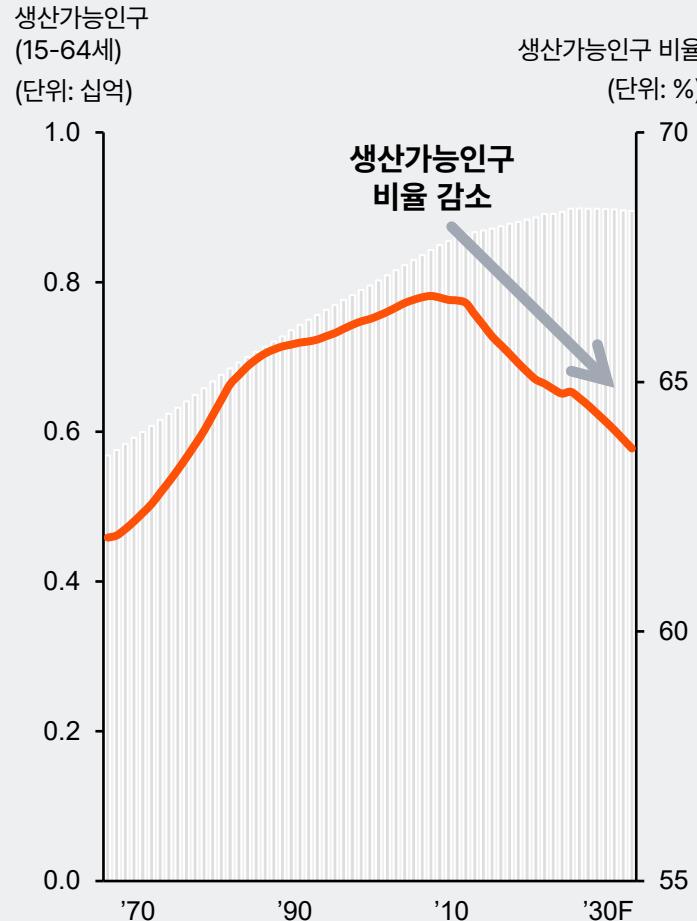
로봇은 산업 전반에 폭넓게 적용 가능하여 시장 규모가 큽니다. 복잡한 동작에 관한 연구가 진행 중이며, 노동력 부족에 따른 수요 증가가 기술 발전의 반복과 맞물려 성장을 촉진할 수 있습니다.

실현 가능성 점수



관련 투자는 2023년 이전에 정점을 찍었으며 현재 안정화되고 있습니다. 대기업의 지원을 받는 주요 스타트업들이 지속적인 연구개발을 통해 휴머노이드를 상용화할 수 있을 것으로 예상됩니다.

OECD 국가들의 생산가능인구



출처: Worldbank

로봇

약 7,000시간의 작업
(350일 x 하루 20시간)

전 세계 인구가 고령화됨에 따라 노동력 부족은 특히 선진국에서 주요 과제로 떠오르고 있습니다. 로봇 기술은 지속적으로 혁신되어 왔으며, 이제 노동력 부족을 해결하고 인간의 생산성을 향상시키는 게임 체인저로 인정받고 있습니다. 단순 계산으로, 로봇은 24시간 가동할 수 있어 인간보다 약 3배 더 많은 근무 시간을 제공합니다.

그렇다면 앞으로 가장 큰 성장이 예상되는 로봇 유형은 무엇일까요? 산업용 로봇은 이미 안정적인 성장 단계에 들어서며 그 존재감을 키우고 있습니다. 공기 청정 로봇이나 음식 서빙 로봇과 같은 서비스 로봇도 빠르게 성장하고 있으며, 노인 헬스케어, 보안, 반려동물 관리 등 다양한 분야로 활용 사례가 확대될 것으로 예상됩니다.

인간 노동자

약 2,000시간의 작업
(250일 x 하루 8시간)

주목할 만한 분야는 AI와 자율 기술을 통합한 휴머노이드 로봇입니다. 이 로봇들은 단순한 손동작을 넘어, 농구의 슬램덩크와 같은 복잡한 동작을 재현할 수 있는 수준으로 발전하고 있습니다. 하드웨어 혁신을 넘어, 소프트웨어도 AI와 AGI를 통해 진화하며 로봇이 실시간으로 자율 학습할 수 있도록 하고 있습니다. 가까운 미래에는 로봇이 기업과 가정에 다양한 형태로 스며들어, 우리의 생활방식을 혁신할 것으로 기대됩니다.

휴머노이드의 피, 뼈 및 근육이 되는 반도체

로봇 기술은 빠르게 진화하고 있으며, 이러한 발전의 중심에는 감지, 데이터 처리, 의사결정, 그리고 동작을 가능하게 하는 반도체가 있습니다. 특히 프로세서, 센서 및 MEMS에 대한 수요는 향후 몇 년간 급증할 것으로 예상됩니다.

AI 프로세서는 로봇 지능의 핵심으로서 의사결정과 실시간 데이터 분석을 담당합니다. 이러한 반도체는 로봇이 데이터를 자율적으로 처리하고 인간의 개입 없이 작동할 수 있도록 합니다. NPU 기반 엣지 컴퓨팅을 통해 로봇은 안정적인 네트워크 연결이 없는 환경에서도 독립적으로 기능하며 원활한 의사결정을 가능하게 합니다.

로봇을 물리적 환경에 통합하기 위해서는 센서가 중요한 역할을 합니다. CMOS 이미지 센서는 로봇이 주변 환경을 '보고' 해석할 수 있게 하며, ToF(Time-of-Flight) 및 LiDAR 기술은 정밀한 3D 환경 매핑을 지원합니다. 또한 MEMS 센서는 로봇이 자신의 움직임과 물리적 상태를 감지해 정확성과 효율성을 높입니다. 반도체 기반의 이러한 센서들은 로봇의 성능과 신뢰성에 직접적인 영향을 미칩니다. 마지막으로, PMIC와 전력 반도체는 로봇의 안정성을 높여 전력을 효율적으로 제어하고, 더 오랜 시간동안 인간을 도울 수 있도록 합니다.

간단히 말해, 로봇의 미래는 반도체 발전과 불가분의 관계에 있습니다. 프로세서가 '두뇌' 역할을 하고, 센서가 신호를 제공하며, 액추에이터와 MCU가 움직임을 가능하게 하는 등 로봇 기능의 상당 부분은 반도체 혁신에 의존합니다. 기술 선도 기업들이 로봇 산업을 이끌며 로봇이 인간의 삶에 깊이 자리 잡는 미래를 만들고 있습니다.



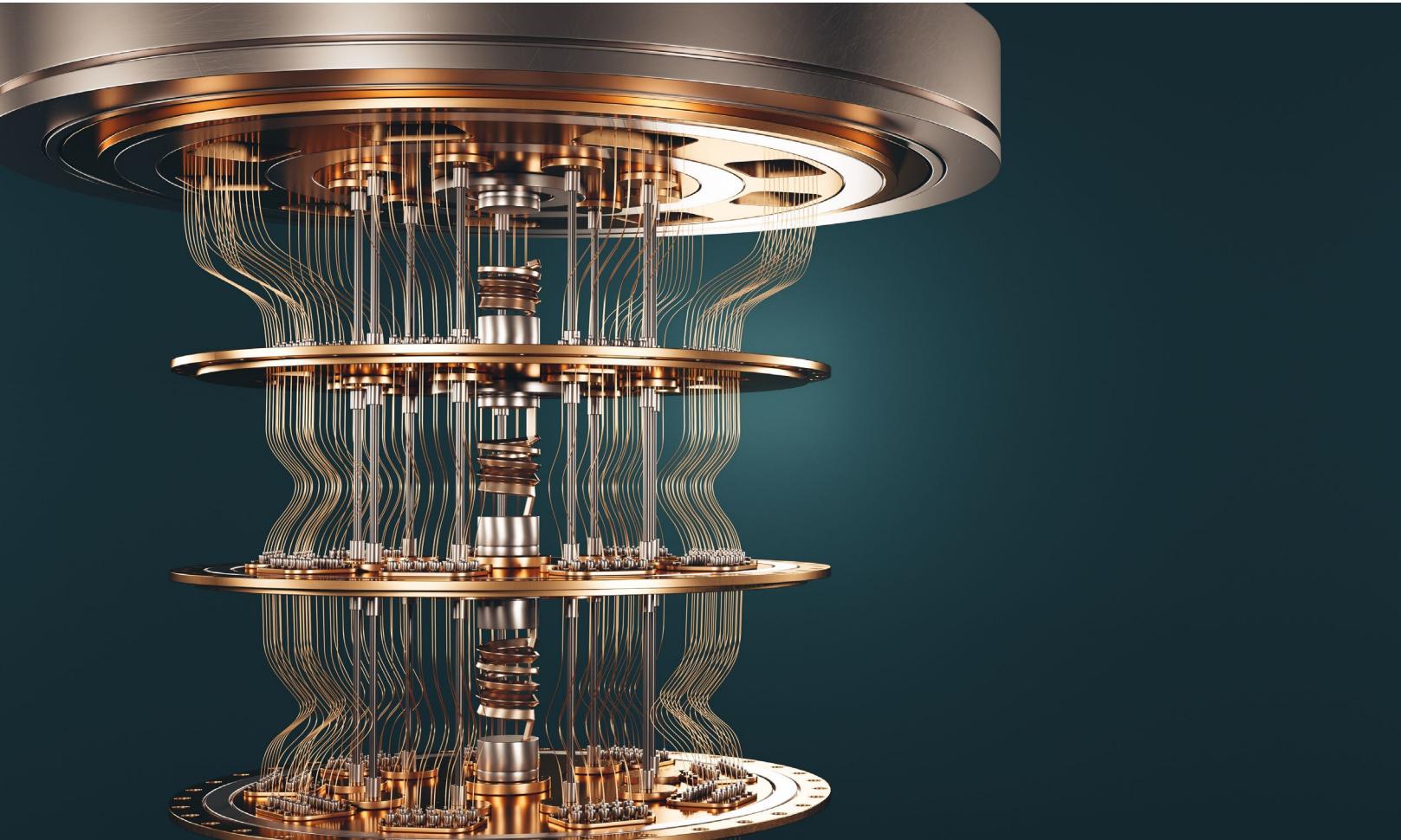


향후 방향

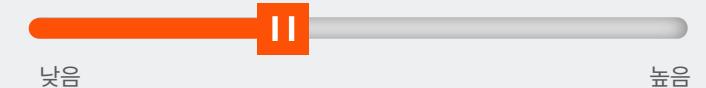
- **생태계 통합:** AI 기능과 무선(OTA) 업데이트를 안정적으로 구현하려면, 연구개발 단계부터 하드웨어와 소프트웨어를 긴밀하게 연계한 설계가 필수적입니다. 서로 다른 플랫폼 간 호환성을 높이기 위해 전략적 파트너십을 선제적으로 확보하는 기업이 향후 시장 주도권을 차지할 가능성이 큽니다.
- **에너지 · 열효율:** 배터리로 작동하는 로봇은 연산 성능이 향상될수록 발열과 전력 관리의 난이도도 함께 높아집니다. 특히 잦은 충전이 어려운 라스트마일 배송 로봇, 드론, 소형 서비스 로봇은 장시간 안정적으로 작동하기 위한 고효율 전력 설계와 정교한 열관리 기술이 핵심 경쟁력이 될 것입니다.
- **전문 인력 체계:** 로보틱스 특화 SoC 설계 인력 수요는 이미 공급을 넘어선 상황입니다. 실시간 처리, 임베디드 AI, 멀티 센서 융합 등 다양한 전문 역량이 요구되기 때문에, 이를 갖춘 인재를 확보하고 체계적으로 육성하는 전략이 지속적인 기술 혁신과 제품 경쟁력을 결정짓는 핵심 요소가 됩니다.

양자컴퓨팅

양자컴퓨팅은 앞으로 등장할 다양한 문제를 해결하는 데 핵심적인 역할을 할 차세대 기술입니다.



시장성 평가



현재 시장 규모는 아직 제한적이지만, 상용화가 본격화되면 매우 빠른 성장세가 예상됩니다. 특히 보안, 금융 등 파급력이 큰 분야에서 큰 변화를 가져올 것으로 보이며, 정부 주도의 전략적 투자와 지원이 더해질 경우 수요는 더욱 급속히 확대될 전망입니다.

실현 가능성 평가



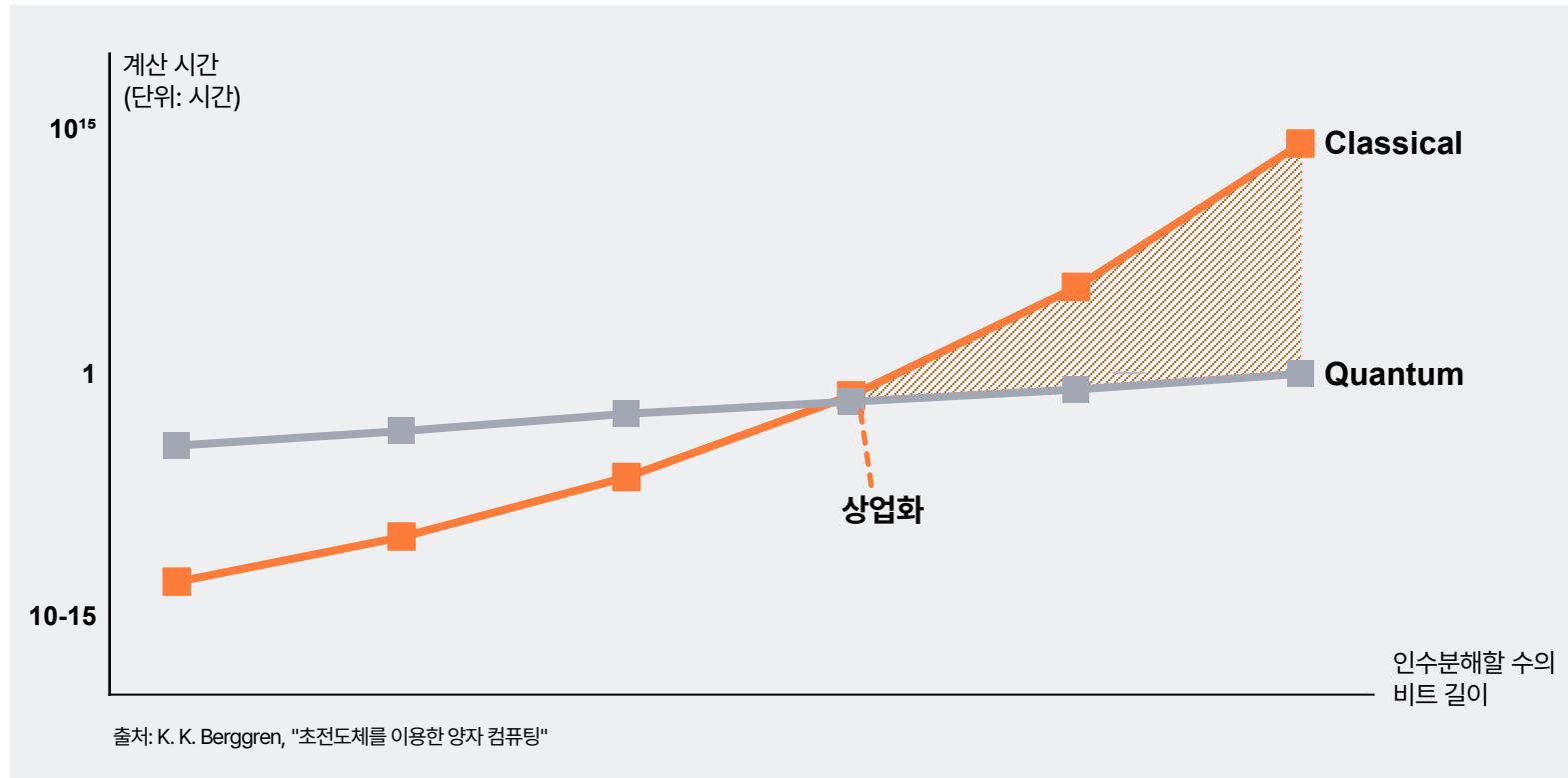
2025년 초 차세대 양자 프로세서 출시가 예고되면서, 이를 기점으로 비교적 짧은 기간 내 초기 상용화가 현실화될 가능성이 높아지고 있습니다.

양자컴퓨터의 부상

양자컴퓨터는 중첩(superposition), 얹힘(entanglement) 등 양자역학의 원리를 활용해 동시에 방대한 계산 경로를 탐색할 수 있습니다. 이를 통해 대수 인수분해, 분자 시뮬레이션, 복잡한 계산 등 특정 분야에서 기존 컴퓨터보다 압도적으로 빠른 성능을 발휘할 수 있습니다.

또한 쇼어(Shor) 알고리즘, 그로버(Grover) 알고리즘과 같은 양자 게이트 및 알고리즘은 정보 처리 속도를 획기적으로 높이며, 현재 널리 사용되는 암호체계를 근본적으로 위협할 잠재력도 지니고 있습니다. 이러한 기술적 돌파구로 인해 양자컴퓨팅은 양자화학, 신약 개발, 투자 포트폴리오 관리, 소재 과학 등 다양한 분야에서 '게임 체인저'로 평가받고 있습니다.

각국 정부는 이러한 전략적 중요성을 인식해 양자기술을 국가 핵심 분야로 지정하고 연구개발 투자를 강화하고 있습니다. 산업계에서도 IBM, Google, Microsoft와 같은 글로벌 빅테크 기업은 물론 IonQ, Rigetti, Riverlane 등 전문 스타트업까지, 현재의 NISQ(Noise-Intermediate-Scale Quantum) 프로세서에서 벗어나 수백만 개의 오류 보정 큐비트를 갖춘 완전한 폴트 툴러런트(Fault-Tolerant) 양자컴퓨터로 도약하겠다는 로드맵을 제시하고 있습니다.



최근 발표된 수백 개의 큐비트를 갖춘 프로토타입은 기술 진전이 꾸준히 이어지고 있음을 보여줍니다. 다만 실제 상용화에 이르기 위해서는 큐비트 코하런스(coherence), 오류 보정, 극저온 제어 등 핵심 분야에서의 추가 혁신이 여전히 요구됩니다. 그럼에도 불구하고 연구 속도가 빠르게 가속화되면서, 양자컴퓨팅의 실용화 시점이 당초 예상보다 한층 빨라질 것이라는 기대가 높아지고 있습니다.

양자컴퓨터로 인한 실리콘의 대체 가능성

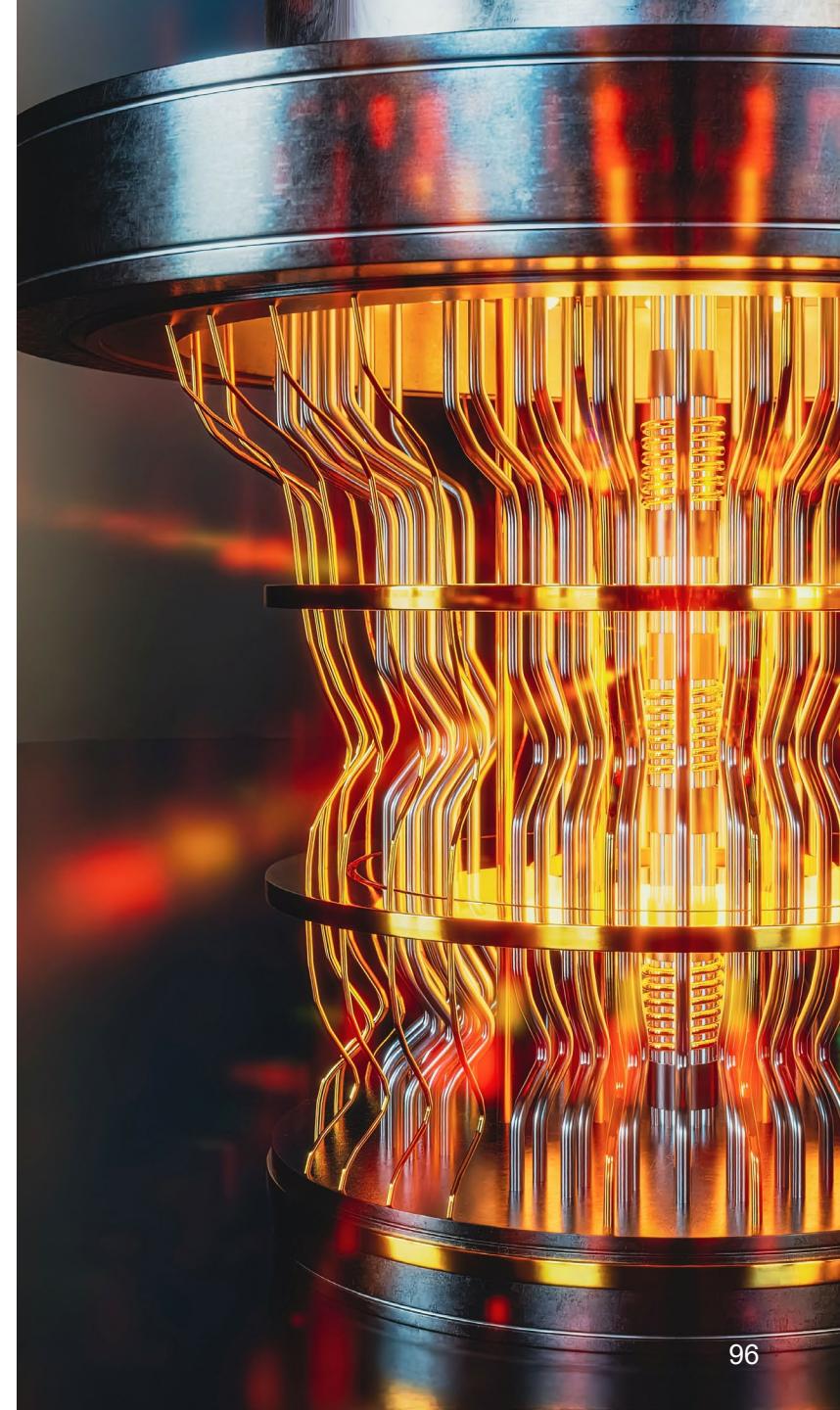
양자컴퓨터는 완전히 새로운 기술 영역이지만, 단기적으로는 우리가 사용해온 기존 실리콘 기반 반도체에 크게 의존할 가능성이 높습니다. 특정 연산에서는 압도적인 속도를 보이지만, 동시에 양자 시스템 특유의 취약성도 존재합니다. 중첩 상태에 기반한 큐비트는 기존 비트와 달리 아주 작은 잡음에도 쉽게 상태가 무너지는(decoherence) 문제가 나타나기 때문입니다.

따라서 양자컴퓨터를 실제로 활용하기 위해서는 큐비트를 안정화하고 깨진 정보를 복구하는 양자 오류 보정(QEC, Quantum Error Correction) 기술이 필수적입니다. 이러한 과정에는 방대한 연산이 필요하여, 현재는 슈퍼컴퓨터와 결합해 사용하는 '하이브리드 양자컴퓨팅' 구조가 주류로 자리잡고 있습니다.

이와 맞물려, GPU의 병렬 연산 능력을 활용해 복잡한 QEC 알고리즘을 처리하거나, 양자컴퓨터와 슈퍼컴퓨터 간 데이터 전송 속도를 높일 수 있는 고성능 반도체에 대한 수요가 빠르게 증가하고 있습니다.

따라서 상업적으로 의미 있는 수준 — 즉, 일반적으로 100만 개 이상의 큐비트를 갖춘 단계 — 에 도달하더라도 기존 실리콘 반도체 산업이 곧바로 위축되지는 않을 전망입니다. 오히려 실리콘 반도체는 양자컴퓨터 내부의 핵심 구성 요소로 사용되며, 두 기술이 상호 보완적으로 발전해 시장을 함께 확장할 가능성이 큅니다.

양자컴퓨팅은 물류 · 공급망 최적화, 문자 시뮬레이션 기반 신약 개발, 고도화된 암호 기술을 통한 보안 강화, 인공지능 · 머신러닝 알고리즘 성능 개선 등 다양한 분야에 적용될 수 있습니다. 특히 기존 암호체계를 무력화할 가능성은 금융 및 보안 산업에 단기적인 위협이 될 수 있으며, 이는 각국 정부가 관련 기술 개발에 더욱 적극적으로 투자하도록 자극하는 요인으로 작용할 것입니다.





향후 방향

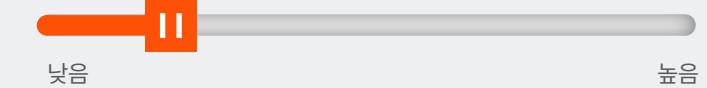
- **연산 자원의 전략적 배분:** 양자컴퓨터의 오류 보정과 제어로직은 여전히 기존 프로세서의 연산력에 크게 의존합니다. 이에 따라 반도체 기업은 저지연 제어용 ASIC, 극저온 환경에서도 동작하는 인터페이스, 고대역폭 통신 링크 등을 포함한 제품 로드맵을 미리 구축해야 합니다. 이러한 요소들은 앞으로 양자 모듈과 기존 HPC 인프라가 상호 보완적으로 작동하는 하이브리드 아키텍처에서 중요한 경쟁력이 될 것입니다.
- **기술 유형에 따른 시장 포지셔닝:** 초전도 큐비트는 기존 반도체 공정과의 호환성이 높아 대규모 양산이 가능하며, 트랩드 이온 방식은 오류율이 낮고 상온에서도 운용할 수 있는 안정성이 강점입니다. 두 기술의 성숙도와 시장 요구를 면밀히 모니터링하여, 반도체 기업은 자사의 기술 역량과 제조 기반에 적합한 투자 우선순위를 설정하고 생태계 내에서의 역할을 명확히 정립할 수 있습니다.
- **국가 전략과 연계한 성장 기회 확보:** 양자 기술은 물리, 소재, 제조가 결합된 고난도 융합 분야이기 때문에, 반도체 기업은 정부의 R&D 프로그램, 세제 인센티브, 민관 공동 개발 프로젝트 등을 적극 활용하는 것이 유리합니다. 이는 개발 리스크를 줄이면서 조기 시장 진입을 가능하게 할 뿐 아니라, 국가 전략과 발맞춰 움직이는 기업으로서 정책적 지원을 기반으로 한 성장 기회를 확보할 수 있는 실질적 전략이 됩니다.

뇌-컴퓨터 인터페이스 (BCI: Brain-computer interface)

반도체 기술은 신경계 치료를 넘어 더욱 다양한 영역으로 활용 범위를 넓혀가고 있으며, 뇌에서 생성되는 전기 신호를 정밀하게 감지하고 전송하는 핵심 기반으로 자리 잡고 있습니다.

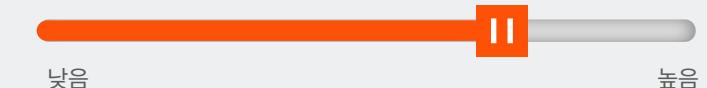


시장성 평가



초기에는 환자 중심의 제한적인 시장에 머물렀지만, 기초 연구를 넘어 본격적인 임상시험 단계로 진입하면서 시장 규모는 빠르게 확대될 것으로 예상됩니다.

실현 가능성 평가



비침습형 BCI는 센서 성능과 연산 기술의 발전을 기반으로 이미 상용화가 시작되었으며, 침습형 기술 또한 향후 약 5-7년 내 상용화 가능성이 높은 것으로 평가됩니다. 동시에 의료와 AI 전문 역량을 겸비한 연구 인력이 빠르게 증가함에 따라 개발 속도 역시 한층 더 가속화될 전망입니다.

BCI는 어떻게 작동하는가

01

뇌파
감지



02

아날로그 신호
디지털화



03

신호 처리 및 명령
생성



우리의 뇌는 인체에서 가장 복잡한 기관입니다. 우리가 보고, 듣고, 인지하고, 판단할 때마다 뇌에서는 전기적 활동, 즉 '뇌파'가 생성됩니다. 이 뇌파를 컴퓨터와 연결하려는 기술이 바로 뇌-컴퓨터 인터페이스(BCI)이며, 인간의 생각을 외부 기기로 전달하거나, 반대로 외부에서 발생한 신호가 뇌에 작용하도록 하는 것이 핵심 목표입니다. 이러한 특성 덕분에 BCI는 마비, 감각 장애, 신경계 질환을 지닌 환자들에게 큰 가능성을 가진 기술로 평가받고 있습니다.

BCI는 얼핏 들으면 공상과학이나 초능력 같은 이야기처럼 느껴지지만, 실제 연구는 이미 1970년대부터 시작되었습니다. 특히 뇌에 전극을 직접 삽입하는 침습형 기술 중 일부 — 예컨대 발작 시 특정 뇌 부위를 전기적으로 자극하는 뇌심부자극술(DBS, Deep Brain Stimulation) —은 간질 치료에 이미 실용화되어 있습니다. 2000년대 후반 이후로는 침습형과 비침습형 BCI 모두 임상시험을 거치며 빠르게 발전하고 있습니다.

최근에는 일부 국가에서 침습형 BCI 임상시험이 활발히 진행되고 있으며, 마비 환자의 운동 기능이나 의사소통 능력이 회복된 사례도 보고되고 있습니다. 수술적 부담을 낮추기 위해 혈관을 통해 전극을 삽입하는 새로운 방식도 등장하고 있습니다.

비침습형 BCI는 정밀도는 상대적으로 낮지만 접근성이 뛰어나 꾸준히 자체적인 진화를 이어가고 있습니다. EEG(Electroencephalogram, 뇌파 측정) 기반 기술을 활용하면 로봇 보조기기를 조작하거나 스트레스 상태를 모니터링할 수 있으며, 뇌파만으로 게임과 상호작용하는 것도 가능합니다. 실제로 일부 비침습형 기기는 이미 FDA 승인을 받고 상용화 단계에 접어들었습니다.

아직 대중적으로 널리 쓰이는 기술은 아니지만, BCI는 의료, 보조공학, 엔터테인먼트 등 다양한 분야로 빠르게 확산되고 있습니다. 기술적 진전이 가속화되는 만큼, 생각만으로 기계와 소통하는 미래는 예상보다 훨씬 가까이 다가오고 있다고 할 수 있습니다.

BCI 구현을 위한 첨단·맞춤형·저전력 칩셋

뇌-컴퓨터 인터페이스(BCI)는 뇌-컴퓨터를 감지하는 전극과, 뇌와 외부 기기 사이에서 신호를 주고받는 전자 회로로 구성됩니다. 뇌파는 방대한 데다 구조가 매우 복잡하기 때문에 이를 처리하려면 초저전력 AI 가속기, 아날로그-디지털 변환기(ADC), 증폭기 등 고성능 회로가 필수적입니다. 특히 신호가 미약한 비침습형 BCI에서는 이 미세한 신호를 정확하게 증폭하고 변환하는 정밀 처리가 더욱 중요합니다.

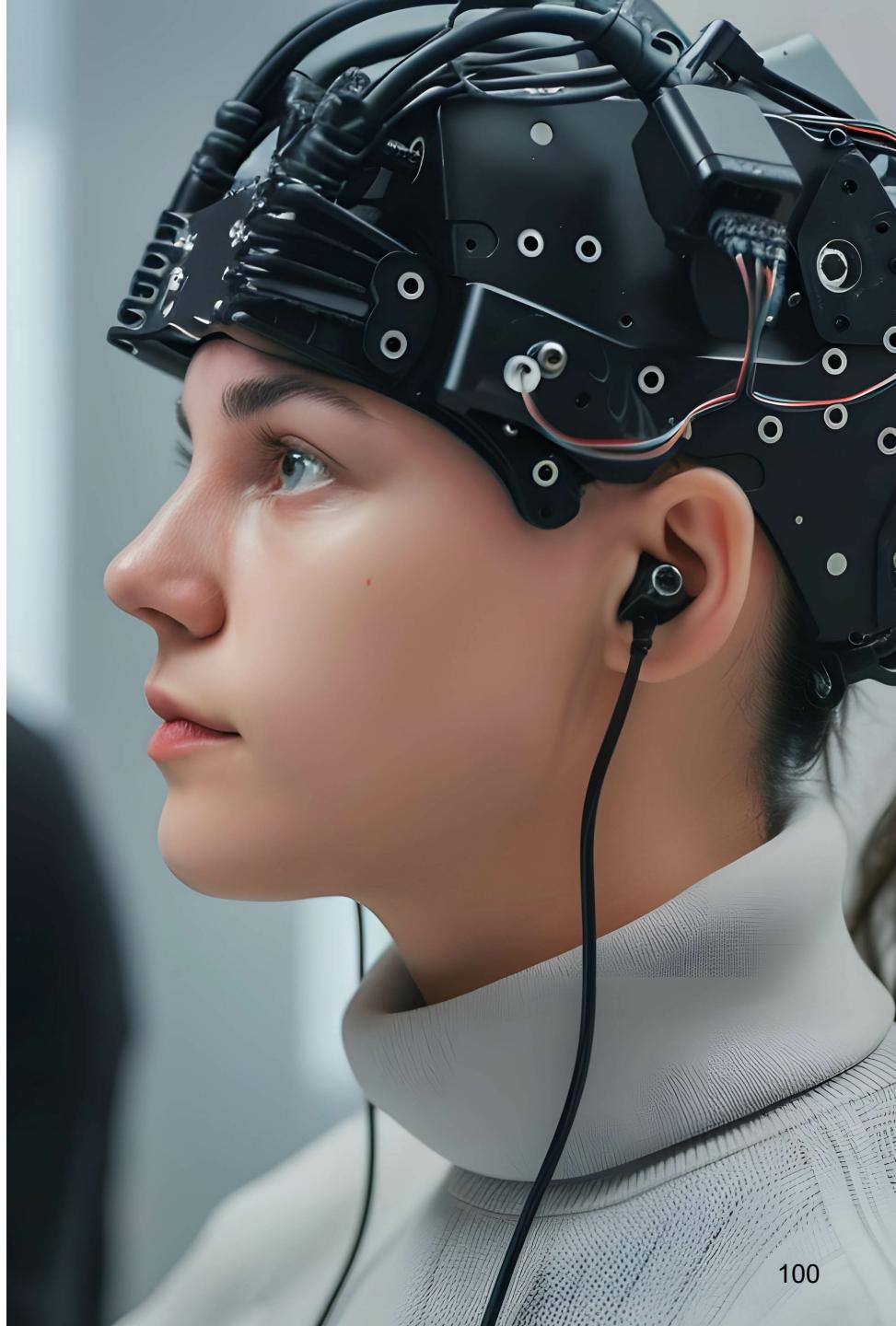
침습형 BCI의 경우 인체 내부에 장기간 이식되는 만큼 크기, 발열, 전력 소모를 최소화하는 것이 핵심 과제입니다. 체내 환경에서도 안정적으로 작동할 수 있도록 생체적합 소재와 패키징 기술을 적용하는 것도 필수입니다. 이러한 요구는 BCI에 특화된 맞춤형 ASIC(주문형 반도체)에 대한 수요 증가로 이어질 수 있습니다.

디지털화된 뇌-컴퓨터를 자연 없이 처리하려면 AI 가속기와 디지털 신호 처리 장치(DSP)를 포함한 고성능 SoC(System on Chip)가 필요합니다. 이러한 칩은 뇌로부터 얻은 데이터를 빠르게 분석해 '의도'나 '행동'으로 해석하는 역할을 수행하므로, 극저지연성과 높은 연산 성능이 요구됩니다.

또한 뇌-컴퓨터를 외부 장치로 전송하기 위해서는 저전력 근거리 통신을 지원하는 RFIC(무선주파수 집적회로)나 저전력 블루투스(BLE)와 같은 통신 칩이 필요합니다.

아울러, BCI를 통해 해석된 신호에 실제로 반응하는 기기 — 게임 컨트롤러, 디스플레이, 로봇 의수·의족 등 — 의 활용 범위가 확대되면서, 그래픽 처리와 신호 처리를 동시에 수행할 수 있는 네트워크 칩, GPU, AI 가속기, SoC에 대한 수요도 함께 늘어날 가능성이 있습니다.

이처럼 BCI의 적용 영역이 의료를 넘어 헬스케어·엔터테인먼트까지 확장됨에 따라, 고도화·맞춤형·저전력 특성을 갖춘 반도체 시장 또한 점진적으로 확대될 것으로 전망됩니다.





향후 방향

- **보안 역량 강화:** BCI는 극히 민감한 신경 데이터를 다루기 때문에, 보안 기술이 기업 경쟁력을 좌우하는 핵심 요소가 될 가능성이 큽니다. 따라서 칩 설계 초기 단계부터 보호가 필요한 핵심 영역을 명확히 정의하고, SoC 내부에 암호화 기능을 내재화하는 등 데이터 보호 메커니즘을 구조적으로 설계하는 것이 필수적입니다. 이를 통해 무단 접근을 차단하고 안전한 데이터 처리 환경을 확보할 수 있습니다.
- **규제 변화에 대한 선제적 대응:** 체내에 직접 삽입되는 침습형 BCI는 훨씬 더 엄격한 정부 규제를 적용받습니다. 이는 FDA 등 규제 기관의 기준을 충족하는 것을 넘어, 강화된 안전성 검증 절차를 통과할 수 있도록 칩을 설계해야 함을 의미합니다. 기업은 관련 규제의 최신 동향을 지속적으로 모니터링하고, 이러한 규제가 설계에 미치는 영향을 사전에 분석하여 대응 전략을 마련해야 합니다.
- **소프트웨어 호환성 확보:** BCI가 실제 환경에서 안정적으로 작동하려면 하드웨어와 소프트웨어의 긴밀한 연계가 필수적이며, 이를 통해 디바이스와 사용자 인터페이스의 신뢰성 있는 상호작용이 가능해집니다. 따라서 기업은 칩 설계 단계부터 시스템 구현에 이르기까지 전 단계에서 전반적인 연동성과 호환성을 강화할 필요가 있습니다.

참고 자료

1. PwC, "State of the semiconductor industry", 28 Nov 2024
2. Bloomberg intelligence, "EV Share of Total Vehicle Sales"
3. PwC, The monthly Autofacts® Market Update
4. Economic Review, "Power Semiconductor takes more than 50% of EV components, Korea has still long way to go", 23-Dec 2015
5. Trendforce, "[News] Global GaN Power Device Market Size Expected to Reach USD 4.376 Billion in 2030, CAGR of 49%", 16 Aug 2024
6. Yole Group, "SiC and GaN: an industry driven by different engines", 15 Dec 2022
7. IEA, Electricity 2024, Analysis and forecast to 2026, Jan 2024
8. IDC, "Worldwide Wi-Fi Technology Forecast Update, 2024–2028", Mar 2024
9. Ericsson, "Ericsson Mobility Report", Nov 2024
10. Analog Devices, "GaN Power Solutions"
11. Statista, "Market: Household major appliances worldwide", 2019-2029
12. Statista, "Market: Consumer Service Robotics worldwide" & "Market: Gaming Equipment - VR Headsets worldwide", 2018-2029
13. Statista, "Market: Telephony - Smartphones worldwide", 2018-2029
14. Statista, "Market: Consumer Electronics - Computing worldwide", 2018-2029
15. Gartner, AI PC Unit Shipments, Worldwide, 2021-2027
16. Gartner, GenAI Smartphone Unit Shipments, Worldwide, 2021-2027
17. Statista, "Medical Devices – Worldwide", Aug 2024
18. Gartner, IoT Endpoints and Communications Forecast, 2Q23
19. IEA, "Renewables 2024, Analysis and forecasts to 2030", Oct 2024
20. Statista, "Renewable energy market size worldwide in 2021, with a forecast for 2022 to 2030", Dec 2022
21. KIET, The Impact and Implication of the Russia-Ukraine War on Global Defense Market, Mar 2023
22. Fry BT, Howard RA, Thumma JR, Norton EC, Dimick JB, Sheetz KH. Surgical Approach and Long-Term Recurrence After Ventral Hernia Repair. *JAMA Surg.* 2024;159(9):1019-1028. doi:10.1001/jamasurg.2024.1696
23. Infineon, "Wide Bandgap Semiconductors (SiC/GaN)"
24. NVIDIA, NVIDIA Data Center GPU Resource Center
25. IBS, Costs to produce a new chip, 2018
26. SEMIWiki, Interface IP in 2022: 22% YoY growth still data-centric driven, Apr 2023
27. Synopsys, 2024 Annual Report, 2024
28. Cadence, 2024 Annual Report, 2024
29. SIEMENS, 2024 Annual Report, 2024
30. Gartner Forecast: Foundry Supply and Demand, Worldwide, 2005-2024
31. SEMI, World Fab Forecast, 2024
32. Omdia, PwC White paper on state of Semiconductor Industry
33. Gartner Forecast: DRAM Market Statistics, Supply and Demand, Worldwide, 2009-2028
34. Gartner Forecast: NAND Flash Supply and Demand Worldwide, 2009-2028
35. Yole Group, Power GaN: harnessing new horizons, Apr 2024
36. Yole Group, SiC and GaN: an industry driven by different engines, Dec 2022
37. Paul McWilliams, "Moore's Law is Dead - Long-live the Chiplet!", SemiWiki, 30 Sep 2022
38. Mark Lapedus, "Transistors Reach Tipping Point At 3nm", Semiconductor Engineering, 23 Feb 2022
39. Anton Shilov, "TSMC's wafer pricing now \$18,000 for a 3nm wafer, increased over 3X in 10 years: Analyst", Tom's Hardware, 5 Jan 2025
40. Liz Allan, "Asia Government Funding Surges", Semiconductor Engineering, 18 Nov 2024
41. Trendforce, "[News] Global Developments in Advanced Packaging Projects", 27 Nov 2024
42. Invest Korea, "Strategy for Nurturing High-tech Industries by Sector"
43. SK Hynix, "[Understanding Semiconductors Part 7] AI Era, Packaging Technology Moving to a New Dimension! Chiplets and 3D SoC (7/7)", 29 Nov 2023
44. Gartner, IoT Endpoints and Communications Forecast, 2Q23
45. ASML, Annual Report 2022-2024
46. MarketScreener, "BE Semiconductor Industries N: Hybrid Bonding Presentation March 2022", Mar 2022
47. National Center for Science and Engineering Statistics, Survey of Earned Doctorates (SED) 2023, Sep 2024
48. PaperswithCode, "Multi-task Language Understanding on MMLU", Accessed 27 Feb 2025
49. Worldbank Databank, "Health Nutrition and Population Statistics: Population estimates and projections", 16 Dec 2024
50. K. K. Berggren, "Quantum computing with superconductors," in Proceedings of the IEEE, vol.92, no.10, pp. 1630-1638, Oct. 2004, doi: 10.1109/JPROC.2004.833672.
51. Kawala-Sterniuk, Aleksandra et al. "Summary of over Fifty Years with Brain-Computer Interfaces-A Review." *Brain sciences* vol. 11, 143. 3 Jan. 2021, doi:10.3390/brainsci11010043

저자: PwC Global Semiconductor Center of Excellence(CoE)

PwC Global Semiconductor Leader

Glenn Burm
Partner
glen.b.burm@pwc.com

Korea

Yoo-Shin Chang
Partner
Strategy & Korea
yoo-shin.chang@pwc.com

Tommy Lee
Partner
Strategy & Korea
tommy.lee@pwc.com

Tae-Young Kim
Partner
Strategy & Korea
ty.kim@pwc.com

Seung-Wook Han
Partner
Strategy & Korea
seung-wook.han@pwc.com

EMEA

Tanjeff Schadt
Partner
Strategy & Germany
t.schadt@pwc.com

Steven Pattheeuws
Partner
PwC Netherlands
steven.pattheeuws@pwc.com

India

Mohammad Athar Saif
Partner
PwC India
mohammad.athar@pwc.com

United States

Tom Archer
Partner
PwC US
thomas.archer@pwc.com

Arup Chatterji
Partner
PwC US
arup.Chatterji@pwc.com

Scott Almassy
Partner
PwC US
scott.d.almassy@pwc.com

Japan

Kimihiko Uchimura
Partner
PwC Japan
kimihiko.uchimura@pwc.com

Koichi Banno
Partner
PwC Japan
koichi.banno@pwc.com

Taiwan

Jacky Lu
Partner
PwC Taiwan
jacky.l.lu@pwc.com

삼일PwC Semiconductor CoE

김경환 Partner

kyung-hwan.kim@pwc.com

남상우 Partner

sang-woo.nam@pwc.com

남승민 Partner

seung-min.nam@pwc.com

이주형 Partner

tommy.lee@pwc.com



PwC Global Semiconductor CoE

PwC Semiconductor CoE는 PwC 글로벌 네트워크 내 반도체 경험이 풍부한 전문가들로 구성된 전문 글로벌 팀으로, 한국, 독일, 미국, 일본 등 주요 지역을 포함합니다. PwC Semiconductor CoE는 반도체 생태계 전반에서 고객이 직면한 과제를 해결하기 위해 혁신적인 솔루션과 통찰력을 제공하는 데 노력하고 있습니다.

보고서에 대한 자세한 내용은 PwC Semiconductor CoE에 문의해 주시기 바랍니다.

삼일회계법인의 간행물은 일반적인 정보제공 및 지식 전달을 위하여 제작된 것으로, 구체적인 회계 이슈나 세무 이슈 등에 대한 삼일회계법인의 의견이 아님을 유념하여 주시기 바랍니다. 본 간행물의 정보를 이용하여 문제가 발생하는 경우 삼일회계법인은 어떠한 법적 책임도 지지 아니하며, 본 간행물의 정보와 관련하여 의사결정이 필요한 경우에는, 반드시 삼일회계법인 전문가의 자문 또는 조언을 받으시기 바랍니다.