

자동차용 반도체의 부족 원인과 대응 방안

– 한일 반도체 산업 협력을 위한 제언 –

한양대학교 박정규 겸임교수



KJCF  (재)한일산업·기술협력재단
KOREA-JAPAN COOPERATION FOUNDATION
FOR INDUSTRY AND TECHNOLOGY

<보고서 내용 문의처>

박정규 겸임교수(한양대학교 기계공학과) jeonggyu@hanyang.ac.kr

※ 본 자료는 재단 공식 의견과 다를 수 있습니다(무단 전재 및 재배포 금지).

< 목 차 >

I. 차량용 반도체 결품 현상	1
II. 차량용 반도체 결품 원인	3
III. 반도체 분류와 공정	
1. 반도체 분류	10
2. 반도체의 설계/공정 및 업계의 구조	14
IV. 차량용 반도체의 특징과 전망	
1. 단일실패점(SPOF, Single Point of Failure)으로서의 반도체	17
2. 자동차와 상이한 생산시스템 운영(혼류생산방식 vs 로트생산방식)	21
V. 자동차 메이커의 대응	
1. 반도체 기술의 내재화	23
2. 차량의 전기전자 아키텍처 진화	25
VI. 향후 반도체 산업의 변화와 TSMC의 전략	
1. More Moore와 More than Moore	26
2. TSMC의 발전 전략	29
VII. 제언	
1. 자동차 반도체 발전을 위한 한일 협력 관계 구축 필요	34
2. 완성차 메이커의 반도체 설계 능력 확보	35

I. 차량용 반도체 결핍 현상

- 완성차 메이커는 팬데믹으로 인한 자동차 수요 감소와 예상외의 빠른 수요 회복 상황 하에서 예기치 못한 반도체 부족으로 공장 가동 중단 사태에 직면

<도표1> 반도체 부족으로 인한 자동차 메이커의 피해 상황

- 한국업체

현대	울산1공장 : 코나 카메라 센서용 반도체 부족으로 4월 7일-14일 휴업
한국GM	부평 1공장, 2공장 : 1주일간 섯다운, 추가적인 타격 예상

- 일본업체

도요타	미국과 프랑스 일부 공장 감산하지만 영향은 경미, 반도체 재고 4개월분 보유 중으로 7월까지 대응 가능 6월에 동도요타의 이와테(岩手) 공장과 미야기(宮城大衡) 공장 생산조정, 2만대 감산
닛산	코로나 영향과 함께 판매 계획 15만대 축소 (미국) 감산, 차종에 따라서는 1,2월 생산량을 반으로 축소 5월에는 미국과 멕시코 생산거점의 가동일을 2~8일 축소 (영국) 3월부터 6,000명 종업원 중 800명 무급휴가, 반도체 수급 상황에 따라 순차적으로 진행 예정
혼다	(일본) 1월에 소형차 피트, N-Box 등 4,000대 감산, 2월 전반 스즈카제작소 5일간 공장 가동 중지, 1만대 감산 (미국) 어코드, 시빅 등의 생산 조정 (중국) 20년 12월말부터 생산조정, 무한과 광주에 공장이 있으며 감산 규모는 불명확

- 미국업체

GM	미국 3개공장에서 적어도 3월 중순까지 감산
포드	1~3월에 생산계획 대수의 최대 17%을 감산 (20만대 감산) 4~6월은 생산계획 대수의 최대 50% 감산 계획(70만대 감산, 르네사스 화재 사고 영향) 하반기에는 생산 계획 대비 10% 감산예정(20만대), 연간 110만대의 생산 축소 예상

- 독일업체

VW그룹	올 1분기 생산량 10만대 축소 전망, 1만명 이상 휴직
------	---------------------------------

□ 차량용 반도체 뿐만 아니라 반도체 전체의 리드타임이 증가했으며, 차량용 반도체에 많이 사용되는 MCU, 파워 IC 등의 리드타임은 종래 2~3 개월 보다 3,4배 많은 6~12 개월 소요

- <도표2>는 주문에서 출하까지의 리드타임(소요시간)은 일본내의 전문가가 업계 관계자에게 의견을 물어서 추정한 값으로 회사 상황에 따라 다를 수는 있음

<도표2-1> 반도체 주문에서 출하까지의 리드타임 변화량 (추정치)

반도체 제품	종전	현재
MCU, 파워 IC, Audio Codec, Power Module, GPU 칩, Wireless 칩	2~3 개월	6~12 개월
Logic IC, Analog IC, ASIC, 전원용MOSFET, 수동부품	2~3 개월	5~6 개월
CPU	2 개월	3~5 개월
Memory/SSD	1.5~2 개월	3~5 개월
PCB	0.5~1 개월	2~3 개월
LCD 패널	1.5~2 개월	4~5 개월

출처: 일본 ITmedia(2021.4.12) 大原雄介 추정치

- <도표2-2>은 일본경제에서 분석한 반도체 리드타임 변화 추정치로 최대 6.5배 이상 소요됨

<도표2-2> 반도체 주문에서 출하까지의 리드타임 변화량

반도체 제품	정상상태	현재
Power management chips	4~8 주	24~52 주
Microcontroller chips	4~8 주	24~52 주
CPUs (Central Processing Units)	4~8 주	12~16 주
Memory Chips	4~8 주	14~15 주
Wi-Fi Chips	4~8 주	24~30 주
Consumer LCD screens	12주	16~20 주
Substrate materials	20주	52 주
Chip packaging service	2~4주	12 주

출처 : NIKKEI ASIA(2021.4.16)

II. 차량용 반도체 결품 원인

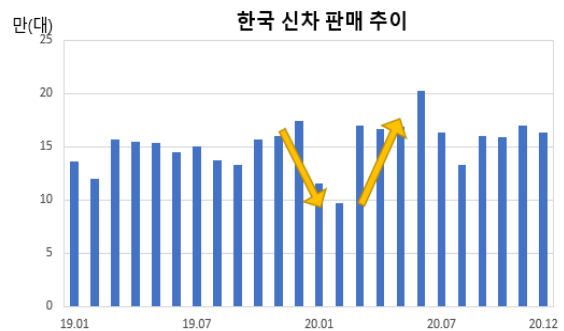
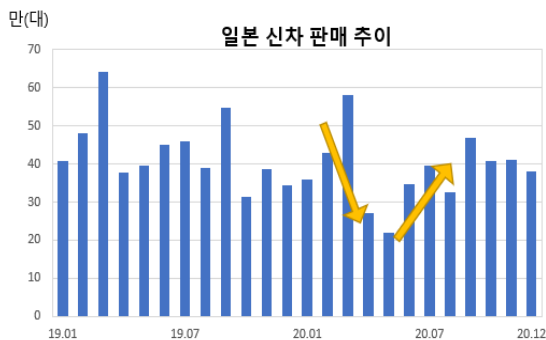
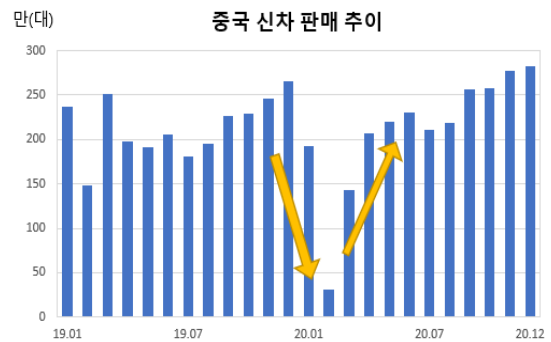
□ (수요 예측 실패) 중국발 코로나 바이러스의 영향이 시작된 '20년 4월부터 도시봉쇄, 공장 폐쇄 등이 일어나면서 소비가 저하되었고, 자동차 판매가 줄어듦 것으로 판단한 완성차 메이커는 부품 주문량 축소

- 완성차 메이커의 주문 감소에 따라 일본의 차량용 반도체 메이커인 르네사스의 공장 가동률은 20년 4월~6월에 60% 수준으로 까지 떨어짐
- 이에, 르네사스는 대만의 TSMC에 위탁 생산을 한 차량용 반도체의 주문을 축소시킴
- 반도체는 전형적인 프로세스 산업으로 자동차와 같은 조립산업에서의 생산시스템과 달리 장기적인 생산 계획에 기초로 운영되지만 자동차 회사가 이를 간과

※ 프로세스 제품이란 물리적으로 분해 곤란한 한덩어리의 인공물이 만들어져서 고객에게 제공되는 일련의 제품군을 의미. 여러 부품을 조립해서 제품을 만드는 조립산업 (대표적으로 자동차 산업)과는 대비되는 개념

※ 조립산업과 프로세스 제품이 연결되는 대표적인 예가 자동차용 강판으로 과거 조달 문제가 이슈가 된 적이 있으나, 현재는 철강 공급 과잉으로 인해 자연스럽게 해결

<도표3> 미국, 중국, 일본, 한국의 신차 판매 추이



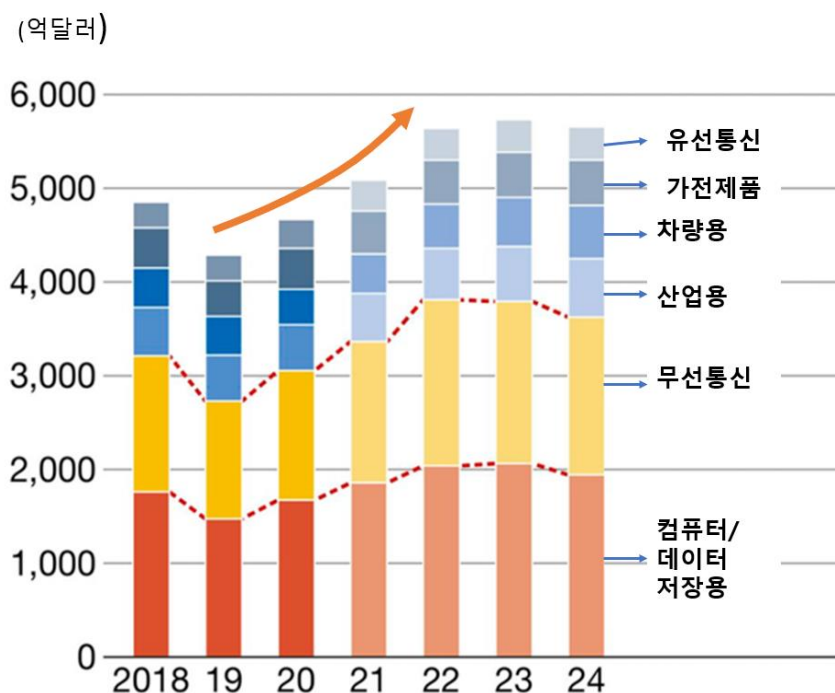
□ 하지만, 자동차 판매가 예상 외로 빠르게 회복되면서 '20년 9월부터는 종전의 판매 수준에 도달

- 중국 신차 판매 규모는 월 200-250만대 수준이었으나, '20년 초반 판매가 급격하게 축소되었음. 하지만, 20년 중반 이후 예년 수준을 회복하여 250만대 이상
- 미국/일본/한국의 자동차 판매대수도 중국의 코로나 영향으로 축소되었으나, 자동차 산업 수요는 예년 수준으로 회복

□ 코로나 바이러스로 인한 재택 근무, 비대면 회의 등의 증가로 PC와 데이터 센터의 수요 증가 및 TV와 같은 가전 부품의 수요 증가로 반도체에 대한 수요는 폭발적으로 증가

- 영국의 조사 회사인 '옴디아'는 19년 말에 향후 5년간의 반도체 수요가 연 1% 성장할 것으로 예측했으나, 코로나 사태 이후 향후 5년간 연 6% 성장할 것으로 예측을 수정

<도표4> 반도체 메이커의 제품별 매출 구조



□ **(생산시스템의 차이) 자동차 부품은 완성차 메이커에 필요한 만큼 공급되는 '저스트 인 타임' 을 운영하나, 반도체 생산 시스템은 생산 리드타임이 장기간 소요되기에 (약 6개월) 빠른 생산량 증가가 힘들**

- 자동차의 부품 메이커는 도요타 생산방식으로 대표되는 완성차 생산방식에 대응하기 위해 생산 리드타임을 축소
- 도요타 생산방식으로 대표되는 자동차 생산 방식에서는 모델 교체 시간의 단축을 중요한 개선 포인트의 하나로 간주하며, 프레스 기계에서 금형 교체 시간을 단축을 지속적으로 실시
- 반도체의 경우 규모의 경제를 중시하며, 각종 화학 약품을 취급하는 '프로세스 산업'이기에 여러 종류의 모델을 하나의 생산라인에 제조하는 것이 곤란
- 반도체는 800개 이상의 공정으로 구성되어 있기에 모델을 한 번 교체하는데 상당한 시간이 소요되며 생산 리드타임 또한 긴 특성을 보임
- 반도체 생산시스템은 수요에 유연하게 대응하는 자동차의 생산 시스템에 비해 경직되어 있기에 서플라이 체인(Supply Chain)에 있어 반도체는 향후 완성차의 생산량을 결정하는 가장 취약한 연결 고리가 될 전망

□ **(반도체 업계의 수익성 문제) 반도체 메이커 입장에서 차량용 반도체는 이익이 나지 않기에 굳이 새로 장비를 투자해서 생산량을 늘려야 할 동기 또한 부족**

- 반도체 메이커의 경쟁 구도는 미세한 섹터로 첨단 반도체를 만들어 높은 이익을 확보하는 것이 게임의 법칙이었기에 삼성, TSMC 등의 유력 반도체 메이커는 고수익의 반도체에 주력
- 일반적인 차량용 반도체는 구형 생산 라인에서 생산되며, 내구 품질 측면에 있어서는 까다로운 조건을 만족해야 하기에 반도체 메이커는 대규모 투자에 소극적
- 한편, 차량용 반도체는 가전제품의 반도체와는 동일한 라인에서 생산하는 경우가 존재

□ **(환경) 반도체는 미세공정을 활용하기에 안정적인 전력과 용수공급을 전제로 하는 외부 환경에 영향을 많이 받는 제품**

□ **최근 불안정한 전력 공급으로 주요 반도체 공장이 일시적 가동 정지하는 사태가 발생하여 반도체 부족 현상이 더욱 가중됨**

- (일본) '20년 10월 AKM(Asahi Kasei Microdevice) 미야기 공장의 반도체 클린룸 화재로 고급 오디오용 DAC(Digital Analog Converter) 를 포함한 반도체 부품 부족 사태 발생
- (일본) '21년 2월, 진도 6의 지진에 의한 정전으로 **르네사스 나카 공장 가동 정지** → '21년 3월, **르네사스 나카공장 화재**로 생산 중단

※ ① 르네사스 나카 공장 화재의 직접적 원인은 실리콘을 도포하기 위한 장치에 **과다 전류**가 흘러서 발생 → 설비에서 화재 발생 (원래 비가연성 재료로 만들어졌어야 하나 그러하지 못했음)

※ ② 르네사스 공장의 경우 2010년 직원이 **4.92만 명** 이나 현재 **1.9만 명**이 근무하고 있으며, 일본 반도체 산업의 몰락에 따라 **약 3만명의 인원이 감소**

※ ③ 르네사스 공장 가동률이 60% 수준이었으나, 갑작스러운 차량용 반도체 부족 사태가 발생하여 TSMC에 외주를 주었던 물량을 갑자기 다시 만들기 시작하면서 **설비 점검 부족과 무리한 생산 개시에 의해 발생**

- (미국) 미국 텍사스의 이상 한파에 따른 전력 부족으로 삼성전자(한국), 인피니언(독일), NXP(네덜란드)의 공장 정지

□ 특히 대만의 물부족은 심각한 상태로 타이중(台中)시의 경우 공업용수가 15% 감소하고, 2개의 댐의 저수량이 5% 수준으로 저하

- 대만은 근 수 년간 최악의 물부족 상황이 발생하였고 특히 '20년에는 대만으로 태풍이 상륙하지 않았기에 물부족은 더욱 심각
- 4월 6일부터 급수 제한 실시하여 타이중, 마오리 등 일부 지역은 5일간 물공급, 2일간 공급 중지 선언
- 대만 정부는 모든 기업에 15% 물 사용 절감 요청, TSMC는 3월부터 생산 일정을 조절하고 있으며, 현재 ① 급수차, ② 댐으로부터 직접 용수 연결, ③ 물재활용 등 을 실시하며 위기 상황에 대응 중
- 21년 4월 1일 TSMC 신주(新竹)공장 충전 시설 화재 발생
- 4월 14일에는 TSMC Fab 14 페이지즈7 공장 정전 발생으로 6시간 가동 중단, 1,000만 ~2,500만 달러 손해

□ (완성차 메이커의 부품 관리 방법의 문제) 자동차 메이커 입장에서 반도체는 다른 부품에 부착되어 납품되기에 직접적으로 관리하지 않았기에 지금과 같은 반도체 부족 현상을 사전에 예측하지 못한 측면 또한 존재

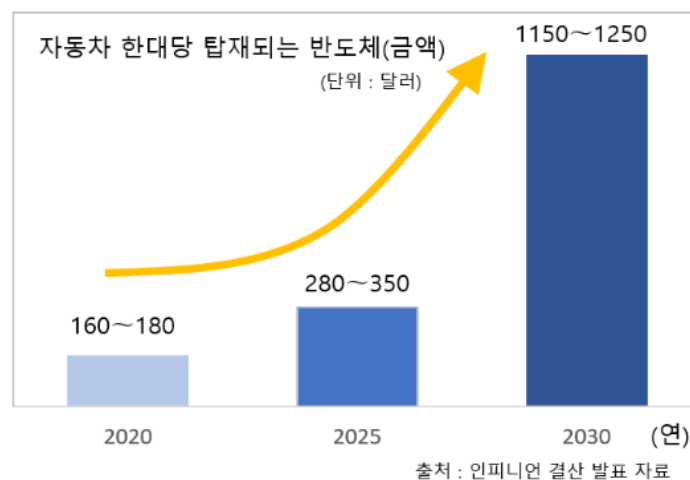
- 자동차의 부품 납품 구조는 피라미드 형태로서 완성차 메이커가 1차 부품사(1st tier)를 관리하고 1차 부품사가 2차 부품사를 관리하는 형태를 유지
- 기존 완성차 메이커는 장기간 생산 리드타임이 소요되는 반도체 생산 시스템과 서플라이 체인(부품공급망, Supply Chain) 구조에 대한 이해 부족
- 콘티넨탈과 같은 유럽계 대형 부품메이커는 충분한 차량용 반도체 재고를 가지고 있지 않아서, 이 회사에 많이 의존한 혼다와 닛산자동차가 반도체 결품으로 큰 영향을 받음

□ 도요타는 반도체 재고를 최대 4개월분 가지고 있어서 이번 사태에 안정적으로 조업 중

- 과거 동일본 대지진 발생시 르네사스 나카 공장의 지진 피해로 인하여 비슷한 상황에 직면하였기에 반도체의 재고량을 모니터링하는 시스템을 갖추
- 일반적으로 도요타 생산방식(TPS)은 재고가 없는 방식이라고만 이해하지만 이것은 TPS의 본질을 잘 못 이해한 것에 불과
- 합리적인 수준에서 재고 부족이 예상되는 상황에서 재고를 확보하는 것은 당연하며, 그 과정에서 끊임없는 개선으로 적은 재고량으로 대응할 수 있는 체질을 만드는 것이 TPS의 본질이라고 이해하는 것이 타당

□ (자동차에서 반도체 수요의 증대) 자동차 한대당 탑재되는 반도체는 금액 기준으로 현재 160~180 달러 수준이나, 2030년에 1,150 ~ 1,250달러 수준으로 상승할 것으로 전망

<도표5> 차량용 반도체 탑재량 증가 예상치



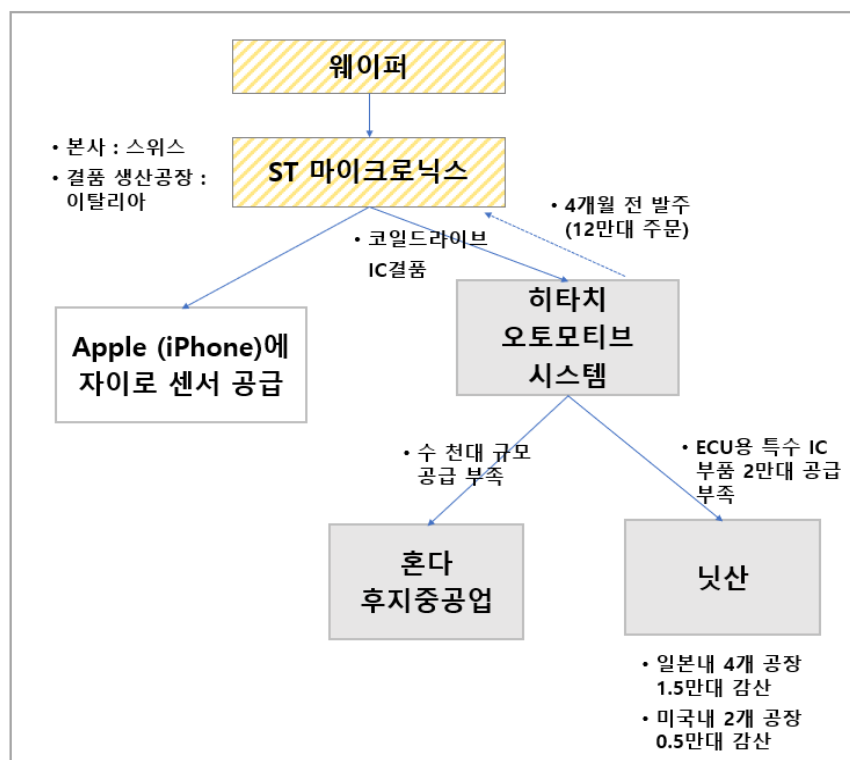
□ 향후 자동차는 연비/안전성/주행성능 향상과 자율주행 기능이 추가되면서 차량용 반도체의 원활한 개발과 공급이 자동차 산업의 사활을 좌우할 것으로 예상

- 완성차 메이커는 자동차 전장화에 따른 성능 향상과 반도체의 원활한 공급을 위해서 직접 반도체를 설계/생산하거나 관리하는 방안을 모색 중
- 미국은 4월 12일 백악관에서 19개 글로벌 기업들이 참가하는 반도체 화상회의를 열어 반도체 비즈니스가 국가적 안보 문제와 연결된다는, 삼성전자를 비롯한 한국 반도체 업체에 미국이 구축하고 있는 '가치동맹 밸류 체인'에 참여할 것을 간접적으로 요구
- EU소속 19개국은 아시아에 의존하고 있는 구조를 전환하기 위해 최대 500억 유로(약 67조 5000억원)를 투자하는 방안을 추진 중

□ 이와 같은, 반도체 결품으로 인한 자동차 공장 생산 중단 사태는 이미 2010년에 발생

□ 당시 닛산 자동차는 엔진 ECU 결품으로 일본의 4개 공장 및 미국 2개 공장의 생산이 중단

<도표6> 닛산 자동차 ECU 공급망



- 'ST마이크로닉스'가 '히타치 오토모티브'에 공급하는 코일 드라이브 IC 공급이 중단되면서, '히타치 오토모티브'는 닛산 및 타 완성차에 ECU공급을 하지 못해 닛산 공장 생산 중단 사태 발생
- 닛산자동차에 ECU 결품을 야기한 ST마이크로닉스의 경우 통신, 컴퓨터 등 IT 사업 분야에 50% 이상 의존, 자동차 분야는 14%에 불과
- 2010년 당시 IT산업 호황의 영향으로 자동차용 부품에 대한 중요성이 상대적으로 약화
- 2008년 경기침체 이후로 반도체 설비 투자가 급감하여 반도체 회사가 도산하면서 공급능력이 축소되었고, 2010년 스마트폰 시장의 반도체 시장이 급팽창하면서 가격이 급등세를 지속
- 이에, ST마이크로닉스의 경우 자동차용 반도체보다 IT산업에 우선 대응

□ **2010년 7월 닛산의 ECU 결품 사건은 자동차와 IT 산업간의 반도체를 둘러싼 에코시스템의 커플링 현상을 보여 주는 상징적인 사건**

□ **이후 국내 완성차 메이커는 차량용 반도체에 대한 대응 하기 위해 노력했지만 가시적 성과 미흡한 상태**

- 2010년 이후 자동차 메이커는 반도체의 중요성을 인식했고, 2012년 현대차는 반도체 기술을 공개하지 않는 보쉬와의 합작을 끊고 전장기술 자립 선언
- 당시 자동차 전장부품은 현대차 계열사에 산재해 있는 시스템반도체 개발(현대모비스), 소프트웨어 개발(카네스), 반도체 생산(케피코), 소프트웨어 개발(현대오토에버) 기능을 하나로 묶어 현대 오토론 설립
- 하지만, 반도체 산업은 높은 기술력과 대규모 투자가 필요하기에 가시적인 성과는 미흡
- 2020년 12월 **현대모비스가 현대오토론의 반도체 부문을 인수**하여 반도체 부문에 대한 기술 개발 재정비 중

Ⅲ. 반도체 분류와 공정

1. 반도체 분류

(1) 일반적 분류

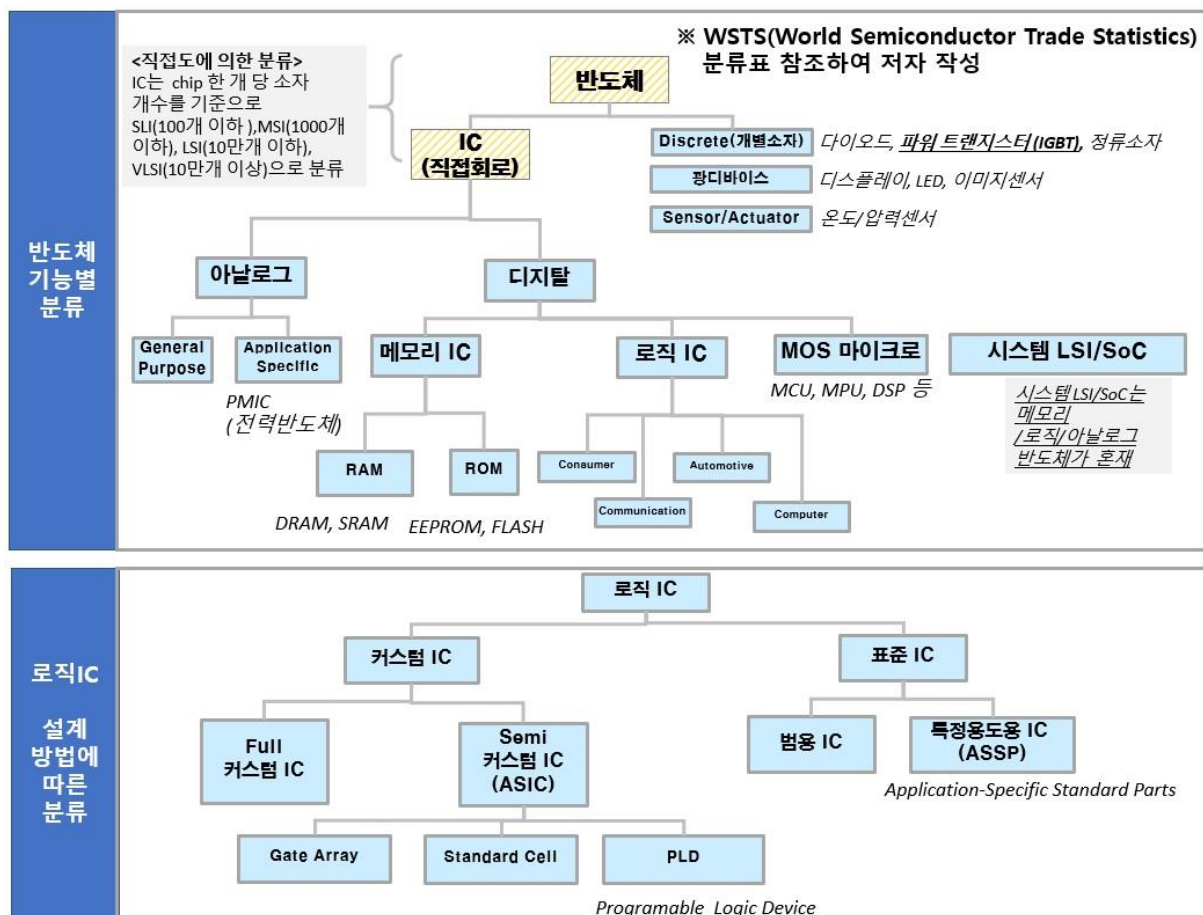
□ WSTS(세계반도체통계기구)에 의하면 반도체는 메모리 반도체, 로직 반도체 등으로 구분하며 시스템 LSI는 메모리, 아날로그, 로직 반도체가 혼재되어 있는 반도체를 의미

- 반도체 설계 수법에 따라서 로직IC(반도체)를 분류하며, 크게 표준 IC와 고객맞춤한 커스텀 IC가 존재하며, 실제 full 커스텀 IC 보다는 Semi커스텀 IC가 일반적.

※출처) EDN Japan: デジタルIC 基礎の基礎

- 고객은 EDA(Electronic Design Automation)라는 '전자설계자동화 툴'을 이용하여 Semi 커스텀 IC를 설계하여 주문

<도표7> 반도체의 분류



□ 시스템 반도체의 시장 규모는 1,880억 달러로 1,174억달러인 메모리 반도체 시장 보다 60% 큰 시장 규모 (도표8 참조)

- 삼성전자, SK하이닉스는 메모리 반도체에서 강자이나, 반도체에 사용되는 파워반도체, 이미지 센서, 가속도 등은 여전히 일본과 독일 업체가 중요한 위치를 차지

<도표8> 반도체 종류 별 시장 규모

	주요제품	시장규모 (억달러)	기업
시스템반도체 (연산)	(범용) 프로세서 (CPU,GPU), 마이컴	696	인텔, AMD, NVIDIA
	특정용도 SoC, FPGA, ASIC	1184	삼성전자, 퀄컴,애플,
메모리반도체 (기억)	(휘발성) DRAM	1174	삼성전자, SK하이닉스, 마이크론
	(비휘발성) 플래시메모리		삼성전자, SK하이닉스, 마이크론
아날로그 반도체 (신호)	시그널IC, 파워반도체(PMIC)	556	TI, 아날로그 디바이스
개별소자	파워반도체(IGBT), 트랜지스터, 다이오드	238	인피니언, 미쓰비시전기, 도시바, 후지전기
광학도체	이미지센서, LED	403	소니, 니치아화학
센서	가속도센서, 온도센서, 압력센서	149	

※ ASIC : Application Apecific Integrated Circuits, 유저가 설계한 로직을 탑재한 칩(chip)

※ SoC : System on a Chip, 하나의 실리콘다이에 集積할 수 있는 로직의 규모가 급속히 늘어나면서 그 전까지는 별도의 실리콘다이에 있던 CPU, 메모리, 그래픽 IC 등을 하나의 실리콘다이에 集積한 것

※ FPGA : Field Programmable Gate Array, 표준화된 IC로 판매되지만, 설계자가 개발한 회로를 전기적인 방법을 이용하여 탑재 시킬 수 있는 칩

(2) 적용대상에 의한 분류 ⇒ 차량 반도체

- 차량 반도체는 반도체가 사용되는 적용 대상에 의한 분류로 주로 아날로그 반도체, 마이컴 반도체 및 전력 반도체 등이 자동차에 사용되며 최근에는 이미지 센서와 같은 각종 센서의 사용도 증가 추세

□ 차량용 반도체를 만드는 탑10 기업은 독일/일본/미국 기업이 많으며, NXP(네덜란드)를 제외하고는 주로 자국의 완성차기업에 납품하는 형태로서 발전 (도표9 참조)

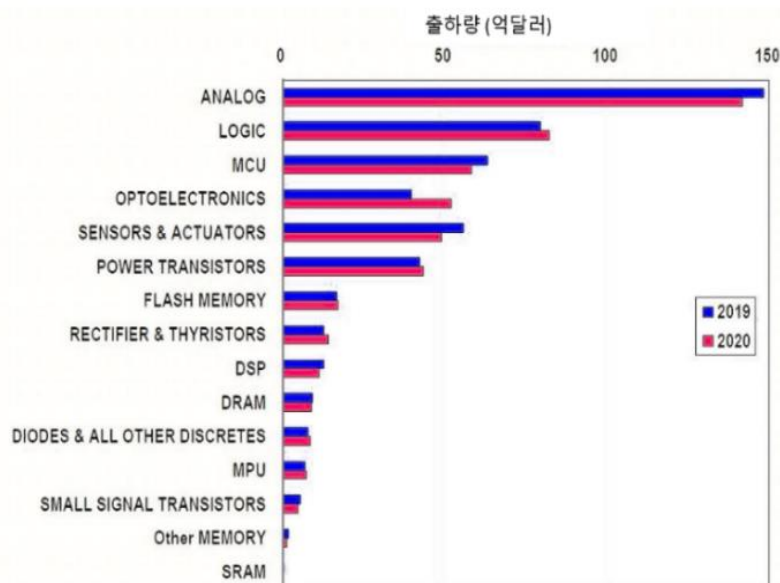
- NXP는 2005년 필립스에서 분사한 반도체 회사로 '15년 프리스케일을 인수
- 인피니언 테크놀러지는 '99년 지멘스 그룹에서 분리된 반도체 회사로 '20년 4월 미국 반도체 회사인 사이프러스社를 인수하여 차량용 반도체 분야에서 매출 규모 1위

<도표9> 차량용 반도체 탑10 기업

	기업	매출액(억달러)
1	인피니언 테크놀로지 (독일)	47.09
2	NXP (네덜란드)	38.25
3	르네사스 (일본)	31.72
4	ST마이크로일렉트릭스(스위스)	26.13
5	텍사스 인스트루먼트(미국)	26.07
6	보쉬(독일)	20.70
7	온 세미컨덕트	16.49
8	마이크론 테크놀로지(미국)	14.70
9	마이크로칩 테크놀로지(미국)	10.11
10	로움(일본)	9.87

□ 반도체 출하량 기준으로 차량에 가장 많이 사용되는 순서로는 아날로그 반도체→LOGIC반도체 → MCU 순서임 (도표10 참조)

<도표10> 차량용 반도체의 종류와 출하량



(3) 반도체 공정 선폭에 따른 분류

- 현재 자동차의 동력원이 전동화(EV, HEV)하여, 고전압을 사용하는 차량이 증가로 인하여, 선폭이 130nm의 구형 설비로 만드는 파워 반도체의 수요가 증가
- 한편, 자율주행/ADAS(첨단운전자보조시스템)차량의 증가로 선폭이 5~7nm인 첨단 반도체의 수요도 증가
 - '21년 5월 IBM이 2nm 공정 프로세스로 반도체 試作品을 제작, 기존 7nm의 반도체 칩 대비 연산성능 45% 향상, 소비전력 75% 삭감되어 현재 1일 1회 충전하는 스마트폰을 4일 1회 충전 가능, 첨단 반도체는 전기자동차/자율주행 자동차의 전기효율향상(전비)에 필수적인 기술

<도표11> 차량용 반도체 탑10 기업

선폭	일반 기기	자동차 기업
5 ~ 7nm	서버, PC, 스마트폰,	자율운전/ADAS 등
16 ~ 28nm	정보가전, 가정/SOHO용 네트워크 기기	ECU에 28nm 사용이 증가
40 ~ 90nm	MCU. IOT 기기, Wireless기기의 RF, Bluetooth 이용 헤드폰	MCU 이용 개수가 증가
130nm, 180nm		파워반도체 (※ EV, HEV등의 전기 효율 향상에 필수적으로 수요가 증가)

2. 반도체의 설계/공정 및 업계의 구조

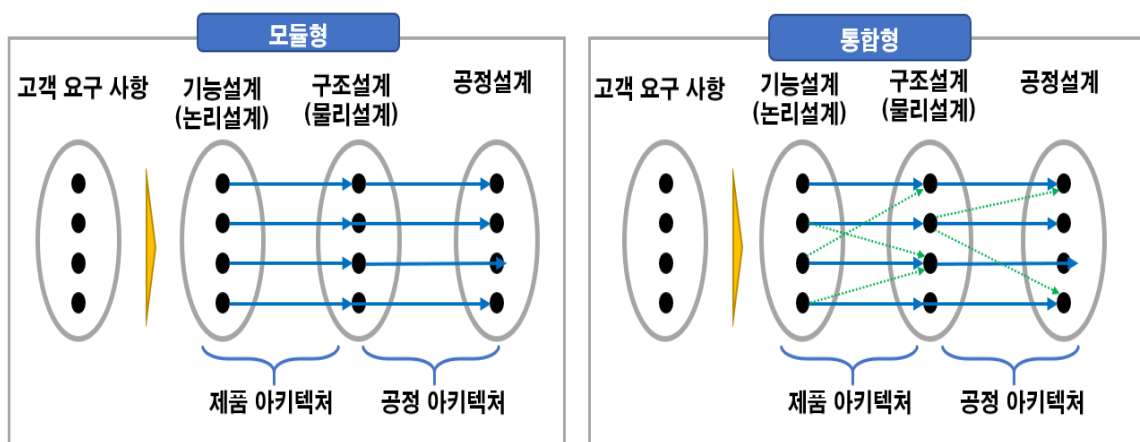
□ 일반적으로 인공물(제품)은 고객의 요구 사항에 대해 필요한 기능을 설정하고 물리적인 설계를 하며 이를 공정에서 구현하는 방식으로 전개 (도표12 참조)

- 기능설계, 구조설계, 공정 설계의 단계가 1대 1의 대응관계로 성립한다면 모듈형 아키텍처라고 하며, 그 관계가 복잡할 경우 통합형/조율형 아키텍처
- 자동차의 경우 하나의 기능 (가령 핸들링)을 만족시키기 위해서 타이어, 차체 강성, 서스펜션 등 여러가지 부품(구조설계)이 서로 잘 조합되어야 하기에 통합형 제품에 해당
- 일반적으로 반도체는 자동차에 비해서는 모듈형에 가까우나 반도체의 종류에 따라 통합형 아키텍처인 경우도 존재

□ 반도체의 제품기획에서 생산까지의 프로세스는 ①기능설계(논리설계), ②구조설계(물리설계), ③공정설계로 나누어지며 이 3가지 설계과정이 서로 독립적인 것이 반도체 산업의 가장 큰 특징

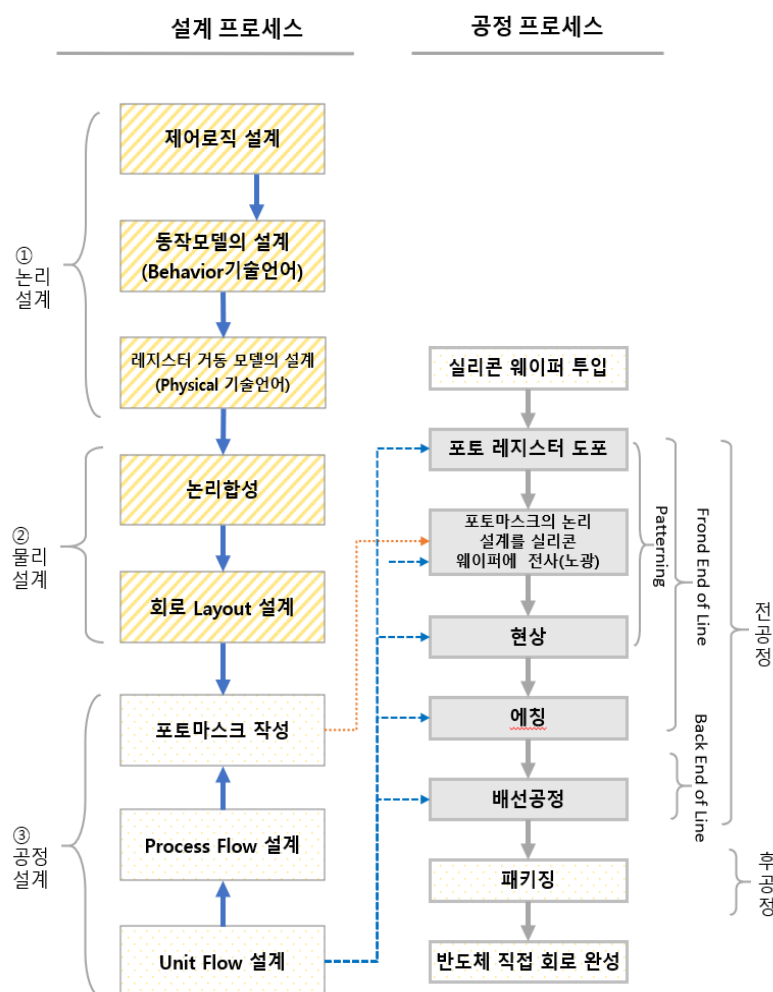
- 프로세스 산업에 해당하는 철강/화학/식품 산업의 공정은 기능/구조설계/공정 설계가 서로 분리되기 힘들지만, 반도체는 프로세스 산업임에도 불구하고 철저하게 설계/공정 단계가 분리되어 있으며, 이것이 반도체 산업의 폭발적 성장에 기여
- 자동차에 있어 기능설계의 예로는 공기저항 0.3 이하, 연비 30km/L 등과 같은 것이지만, 반도체에 요구되는 기능은 디지털 제어를 하는 논리 설계가 대부분이기에 기능설계를 논리설계라고 부름

<도표12> 반도체에서의 기능/구조/공정 설계의 구분과 아키텍처 개념



- 반도체에 있어 논리설계는 제품의 기능인 디지털 제어를 논리적으로 기술하는 것이며, 물리설계는 치수와 배치구성, 전기 특성과 같은 물리적 특성을 동반하는 회로 설계를 지칭
- 공정설계는 목표로 하는 공정능력을 실현할 수 있는 라인의 편성, 장치 구성, 조작 순서(레시피) 등을 설계 하는 활동을 의미하며 물리설계에서 공정설계로 전환하는 과정을 '프로세스 룰' 이라고 통칭. 크게 전공정과 후공정을 구분
 - 공정 설계에서 '프로세스 룰'이란 소정의 생산프로세스가 가능하도록 하는 배선펙, 배선허, 리소그라피, 미세가공의 정밀도 등을 결정해서 구현하는 과정
 - 공정은 웨이퍼에 트랜지스터 등의 배선을 형성하는 전공정과 웨이퍼를 칩(chip)으로 잘라서 패키징을 하는 후공정으로 구분

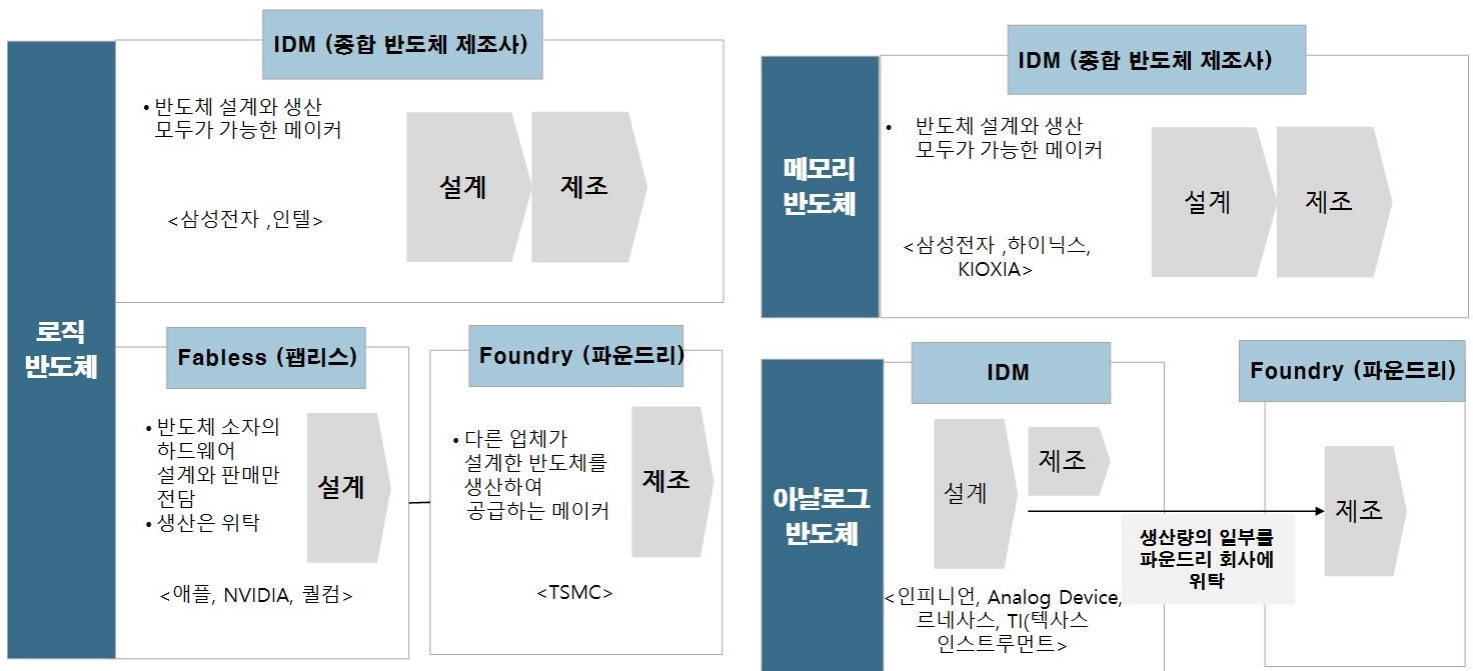
<도표13> 반도체의 설계 및 생산 프로세스



□ 반도체 업계는 삼성전자와 같은 설계와 제조를 같이 하는 “IDM (종합 반도체제조사)”와 NVIDIA와 같이 설계만 전문으로 하는 “팹리스(Fabless)”로 구분 가능

- 삼성과 같은 IDM(Integrated Device Manufacturer)의 경우 고객의 주문을 받아 생산만 하는 팹리스(Fabless)사업도 동시에 병행하며, 르네사스의 경우 자사가 생산하면서 외부(TSMC 등)에 생산을 위탁하는 경우도 존재

<도표14> 차량용 반도체 탑재량 증



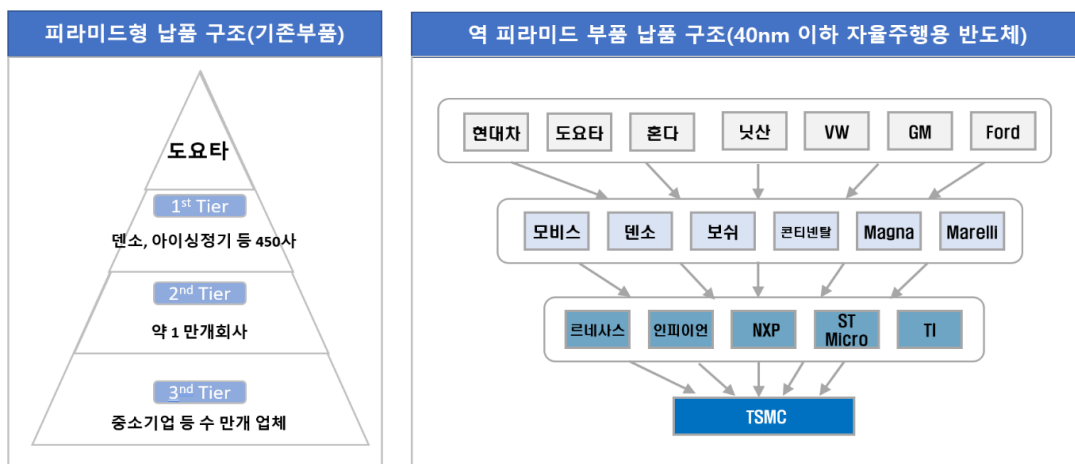
IV 차량용 반도체의 특징과 전망

1. 단일실패점(SPOF, Single Point of Failure)으로서의 반도체

- (피라미드 & 역피라미드) 자동차 산업은 과거 피라미드 구조의 부품 공급망 구조를 형성하였으나, 고도의 기술을 요하는 반도체는 특정 부품 업체가 역피라미드의 정점에 해당

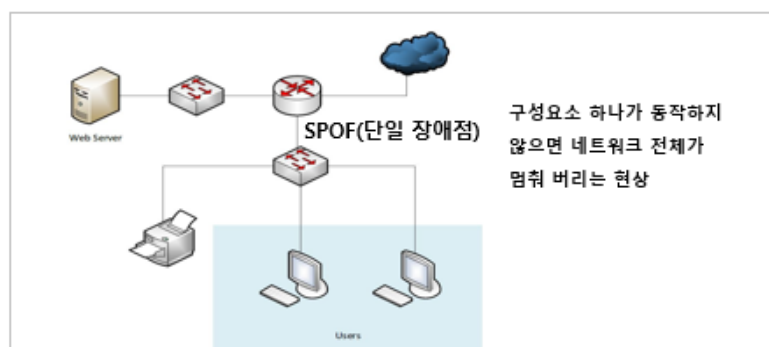
- 피라미드 구조에서 완성차 메이커는 부품업체의 경쟁에 의한 원가 절감 등 추진, 완성차 메이커는 1차 부품업체를, 1차 부품업체는 2차 부품업체를 관리 하는 형태로 진행

<도표15> 종래 자동차 부품의 납품 구조와 차량용 첨단 반도체의 납품 구조



- 통신영역에서는 단일장애점(Single Point of Failure)이란 것이 존재하는데, 구성 요소 중 하나가 작동하지 않을 경우 전체 네트워크가 멈춰지는 것을 의미하여 특별 관리 대상. 현재 반도체가 자동차 산업에서 단일 장애점이 되었음

<도표16> 단일장애점, SPOF

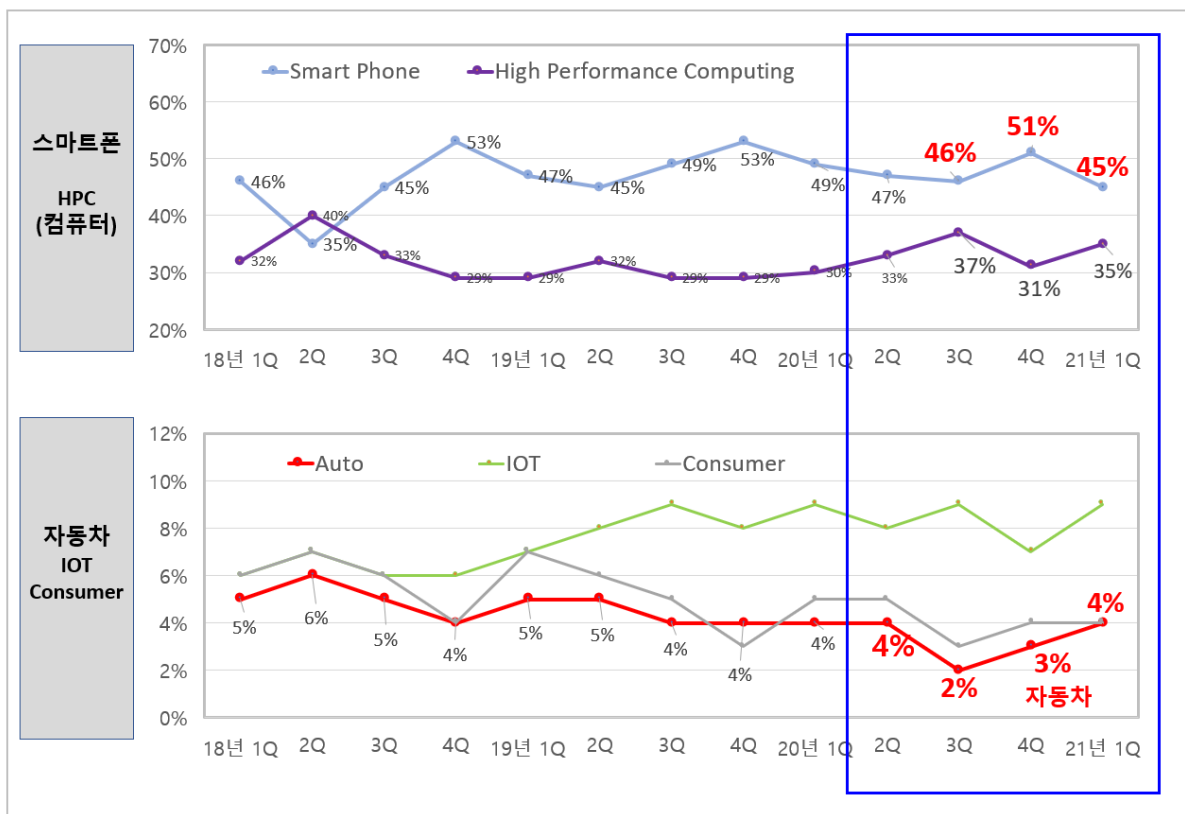


□ (채찍 효과 & 역채찍 효과) 일반적으로 채찍효과(Bullwhip Effect)는 공급망상에서 수요의 변화, 계절적 요인에 의한 변화 등에 의한 완성차 공장의 생산 계획 변화가 부품 회사에게 큰 변동을 야기 시키는 것을 의미

- 도요타 생산방식에서는 채찍효과를 줄이고 안정적인 공장 운영을 위해 생산평준화를 위한 노력함과 동시에 고객의 변화에 대응하기 위한 유연생산 방식이라는 상충되는 2가지 목표를 동시에 추진

□ TSMC의 매출액 중 자동차 비중은 4%(20년 2Q기준)이며, 팬데믹으로 인한 완성차 메이커의 주문 취소로 2%(20년 3Q기준)으로 떨어졌으며 이로 인해 완성차 업계의 생산 중단 사태 발생

<도표17> TSMC의 분야별 반도체 생산 비율



□ TSMC의 21년 1Q 기준 반도체 생산 비율을 보면 자동차 부분이 종전과 동일한 4%로 회복했지만, 완성차 업체는 여전히 차량용 반도체 부품 부족 현상이 지속되고 있음

- 이는 완성차 생산변동이 채찍효과가 되어 TSMC의 생산 변화를 초래했고, 채찍 효과가 반사되어 완성차 생산의 대혼란을 초래한 “역채찍 효과”라는 새로운 현상 발생
- 부품회사의 매출액이 완성차 메이커 보다 상대적으로 크며, 스마트폰/ 고성능 컴퓨팅 서버 용을 만들어 납품하는 TSMC이기에 부품사의 생산계획에 완성차 공장의 생산 변동이 일어나야 하는 역채찍 효과는 향후 자동차 산업에 큰 변화 초래 예상

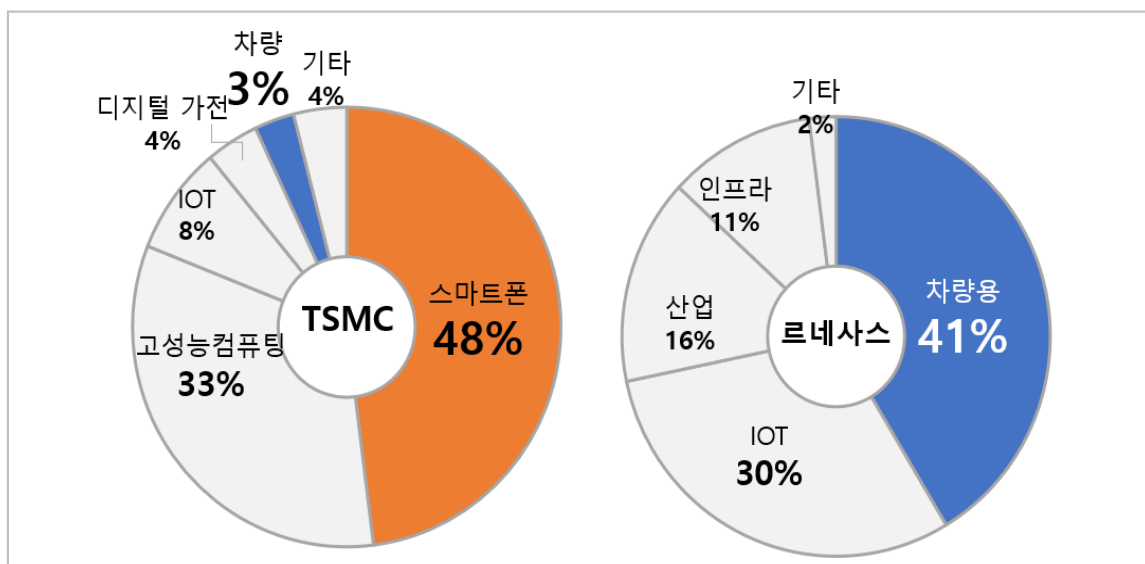
□ TSMC의 매출액에서 차량용 반도체가 차지하는 비중은 3%에 불과하지만 스마트폰의 비중은 48%로 TSMC에 대한 애플의 영향력은 막강

- TSMC 매출액의 25% 이상이 애플에 의한 것이며, 2위인 미국의 AMD 와 대만의 Mediatek가 9.2%, 8.2% 수준이며, 자동차 관련 매출액은 모든 자동차 메이커의 것을 합쳐도 4%에 불과

□ 르네사스의 차량용 반도체 매출은 전체 매출 중 41%로 높으며, 이는 일본 자동차 산업의 규모로 인한 것으로 판단되나, 첨단 반도체가 아닌 MCU 중심의 일반적인 반도체 칩이 주류

- 르네사스의 차량용 반도체 중, 40nm 이하의 첨단 반도체는 전량 TSMC가 만들고 있으며, 자율주행이 본격화 될 경우 TSMC의 영향력은 극대화 될 전망

<도표18> TSMC와 르네사스의 매출액 구조



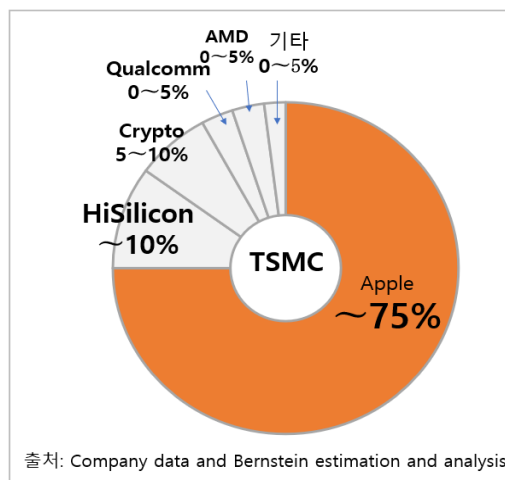
□ 향후 자동차의 자율주행 진행되면 특히 TSMC가 자율주행 차량 생산의 단일장애점(SPOF)이 될 가능성이 높음

- 미국, 유럽 등 각국 정치권이 TSMC에 증산 요청을 하며 반도체 자립안을 강구하는 것은 지금 현재의 자동차 부족에 대한 이슈 뿐 만 아니라, 자율주행 차량이 진행할 경우 TSMC가 단일 장애점이 되어 자동차 산업 전체를 멈출 수 있기 때문

□ 특히 애플은 TSMC의 7nm 프로세스 공정에서 생산되는 반도체의 75%를 주문한 가장 중요한 고객 (2018년도 추정치)

- <도표19>를 보면 2018년, 7nm의 두 번째 고객은 화웨이 그룹의 HiSilicon 이나 현재 그 양은 축소 되었을 것으로 예측되기에 애플의 영향력은 더욱 증대 했을 것으로 판단
- 반도체 전문업체의 보도에 따르면 21년도 TSMC의 5nm공정의 생산 라인의 경우 애플이 80%를 이미 확보
- TSMC의 5nm공정에서 애플의 아이폰13용 칩과 최신 칩 생산될 것으로 예측.

<도표19> TSMC 7 나노 공정의 주요 고객



□ 향후 애플이 자동차 산업에 진출시, 애플의 반도체 설계 능력과 TSMC의 첨단 생산능력이 전기자동차에 큰 영향을 줄 것으로 예상

- '20년 11월 애플이 발표한 M1칩은 고성능과 저전력을 동시에 실현한 시스템 온 칩(SoC)으로 최첨단 5nm 프로세스 기술을 적용하여 이전 세대에 대비 3.5배의 CPU 성능, 6배 빠른 그래픽 처리 장치(GPU), 15배 빠른 머신러닝(ML)성능을 갖췄고, 배터리 수명이 2배 증가.
- 특히, M1은 12개의 센서를 연결 가능할 수 있도록 설계되어, 스마트폰 뿐 만 아니라 자동차에서도 응용 가능한 영역이 넓음

2. 자동차와 상이한 생산시스템 운영 (혼류생산방식 VS 로트생산방식)

□ 자동차는 다품종 생산을 위해 저스트 인 타임을 추구하여 재고를 줄였고, 프레스 금형 교체 시간 단축 등에 많은 노력을 기울였음

- 자동차 공장에서 프레스 공정은 대표적인 로트 공정으로 철판에 압력을 가하여 원하는 형상으로 성형하며, 가능하면 동일한 모델을 많이 찍어 낼수록 효율적.
- 하지만, 다양한 고객을 만족시키기 위해서 다양한 모델을 만들어야 낼 필요가 있기에 끊임없이 프레스 공정의 모델 교체 시간을 단축하는 개선 실시
- 특히 도요타의 경우 종전에 로트 생산을 하던 범퍼와 엔진까지 부품도 완성차의 혼류 생산과 같은 생산방식이 될 수 있도록 지속적으로 개선

<도표20> 자동차와 반도체의 생산 시스템의 차이



□ 반면 반도체 생산은 각종 설비와 화학 약품을 이용하여 기종 교체에 어려움이 존재하기에 대규모 로트 생산을 하며 전용 라인을 운용

- 약 800개의 공정으로 구성되어 있는 반도체 라인은 다양한 기종을 만들 수 없어 한번 생산이 돌입하면 계속해서 동일한 반도체 생산
- 스마트 폰 등에 들어가는 첨단 반도체의 경우 1년 계약(경우에 따라서는 2,3년분의 계약을 하는 경우도 존재)할 경우가 많아 혼류생산을 하는 완성차 생산방식과 相性(상성)이 좋지 않음

- 실제 코로나 바이러스로 인한 자동차 판매량이 낮아지고, 완성차 메이커가 반도체를 주문 취소했고 이미 생산라인에서 스마트폰용 반도체 주문량 1년치를 생산 시작했을 경우 원칙적으로 차량용 반도체는 그 주문량이 끝나고 난 뒤에 생산 가능
- 이와 같은 1년 단위 계약, 주문을 하는 반도체의 생산관리 방법을 자동차 메이커가 정확히 이해하지 못한 상태에서 전장 부품의 주문을 취소했을 가능성이 높음
- 도요타의 경우 2011년 동일본 대지진 이후 이런 상황을 알고, 반도체 관련 부품의 주문 유지만 재고량 확대하였기에 지금과 같은 반도체 부족 상황에서 영향을 받지 않고 생산 가능

□ **결과적으로 자동차와 반도체 생산 간에는 주요 차이점이 존재하며 이로 인해 생산의 미스매칭이 생기기 쉬우며, 반도체의 경우 오픈 네트워크를 이용한 수평 분업 체계로 이루어져 있어 완성차 메이커가 관리 곤란**

- 일반적으로 자동차의 부품회사는 완성차 메이커 보다 규모가 작지만, 반도체 메이커의 경우 반대로, TSMC의 주가 총액이 도요타의 2배 수준

□ **이외에 자동차의 반도체 개발 기간이 안전성/내구성 성능 향상으로 인해 점점 늘어나고 있는 추세**

- 자동차는 10년이 넘어도 고장이 나면 안 되는 안전 부품이며 최근 안전/내구 규제가 더욱 강화되면서 반도체의 설계/개발/내구테스트까지 포함 수년이 걸리는 상황

V. 자동차 메이커의 대응

1. 반도체 기술의 내재화

- 도요타는 반도체 기술을 내재화하기 위해 1989년 히로세 공장을 완공하여 자체적인 반도체 생산 프로세스를 습득하였으며, 반도체 공장 운영 노하우를 기초로 부품 업체와 협력관계 형성

- 자체 생산 공장의 확보로 생산 리드타임을 단축, 반도체 메이커와의 거래시 협상력으로 활용
- 도요타는 차량의 기본 성능을 좌우하는 부품의 경우 내제화를 시도하여 1997년에는 프리우스에 들어가는 파워 반도체인 IGBT 모듈 반도체를 직접 생산하는 등, 차재용 디바이스를 개발하여 생산

※ 파워반도체는 전력반도체는 전력 시스템의 전류 흐름을 조절하는 장치로 직류와 교류를 변환하고 전압과 주파수 변화 등의 제어 처리 담당, IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor), 파워 MOS, 전원 공급용 IC

※ 차재용 디바이스 : 'ABS용 IC'와 '차량 자세용 자이로(Gyro) 센서'를 자체 개발

- 덴소는 1974년부터 bipolar IC를 만들었고, 1981년에 반도체 압력 센서 개발. 1991년에는 반도체를 연구 개발하는 기초 연구소를 설립하고, 2000년에 반도체 개발

- 자동차의 전동화에 대비하여 도요타는 '19년 말 히로세 공장을 덴소에게 넘기고, 2020년에는 반도체를 전문적으로 설계하는 MIRISE 회사를 설립하여 미래 반도체 경쟁에 대비

□ 한편, 덴소/도요타는 르네사스의 2대 주주로 금융회사인 INCJ(舊 산업혁신기구)를 제외하면 11.72%의 지분을 가지는 최대주주의 역할을 차지

- 르네사스 테크놀러지는 히타치제작소와 미쓰비시 전기의 반도체 부문을 통합하여 설립되었으며, NEC 일렉트로닉스와 2010년 합병하면서 르네사스 일렉트로닉스로 사명 변경
- 덴소는 일본의 官民펀드인 INCJ로부터 '18년 3월에 르네사스 주식 5% 매수하였고, '19년 6월과 7월에 1%씩 3회 인수하여 현재 8.84% 인수, 도요타와 덴소를 합치면 11.72% 지분을 가짐
- INCJ는 일본법에 따라 25년 3월까지 르네사스 주식 32.15%를 전량 매각해야 하며 도요타/덴소가 인수할 가능성이 높음

<도표21> 르네사스 지분구조

주주명	지분율(%)
(주) INCJ	32.15
(주) 덴소	8.84
미쓰비시(주)	4.37
일본 마스트 트러스트 신탁은행(주)	4.29
(주) 히타치제작소	3.57
도요타자동차	2.88
(주) 일본 카스트디은행	2.80

□ 르네사스는 수익률이 낮은 차량용 반도체의 비중을 축소하고 다변화 전략을 추구하면서 영국의 아날로그 반도체 전문회사인 '다이아로그社'를 22억엔에 인수하여, 2대 주주인 도요타/덴소와 의견 충돌

- 2017년 미국의 인터실을 3200억엔에 인수, 2019년에는 미국 IDT사를 7300억엔에 인수하는 등 수익성 중심으로 재편하고자 하는 의지를 보임

2. 차량의 전기전자 아키텍처 진화

- 자동차의 전기전자 시스템은 ① (분산형) 개별 전장 부품에 80여개의 반도체가 제각각 탑재되어 있는 수준 → ② (도메인형) 제어 시스템 군(제동, 구동 등)과 같이 부분별로 운영하는 방식 → ③ (중앙집중형) 소수의 고성능 반도체로 통합해서 제어하는 방식으로 진화 발전 중

<도표22> 자동차 전기전자 시스템의 진화



- 부품 하나라도 부족하면 차량 한대를 완성하기 힘들기에 80여개의 ECU를 확보하기 보다, 테슬라처럼 초고성능 ECU 4개만으로 차량을 제어하는 회사가 반도체 수급에 있어 상대적으로 유리
- 테슬라 차량은 고성능의 범용 ECU 3개(바디 제어용) 및 자율주행용 전용 ECU 1개 존재

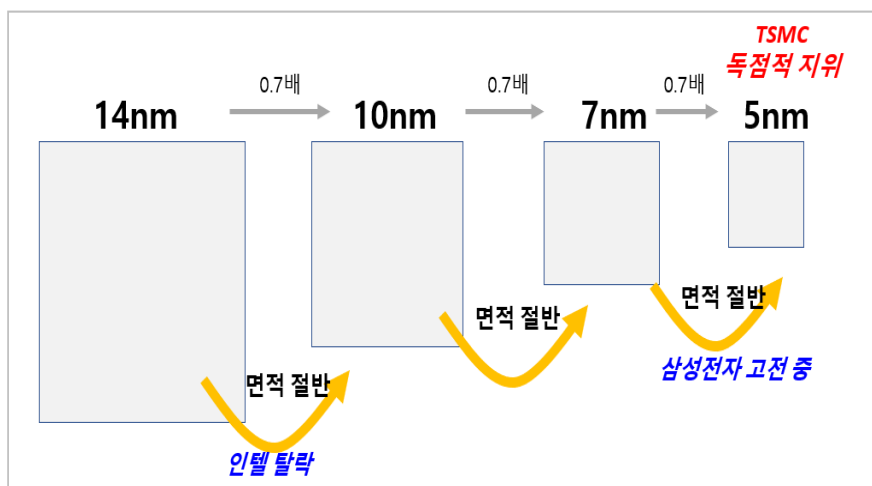
VI. 향후 반도체 산업의 변화와 TSMC의 전략

1. More Moore 와 More than Moore

□ 지금까지 반도체 산업의 경쟁 구도는 반도체의 집적도 향상이었으며, 18개월~24개월마다 반도체의 집적도가 2배가 되는 무어의 법칙이 적용되었지만, 2016년도부터 그 속도가 둔화

- 반도체 메이커는 2년에 70% 정도의 비율로 트랜지스터와 배선을 줄여 갔으며, 70%는 평면으로 생 각했을 경우 2년에 한 번씩 면적이 반으로 줄인 곳에 동일한 양의 트랜지스터를 집적화 한 것.

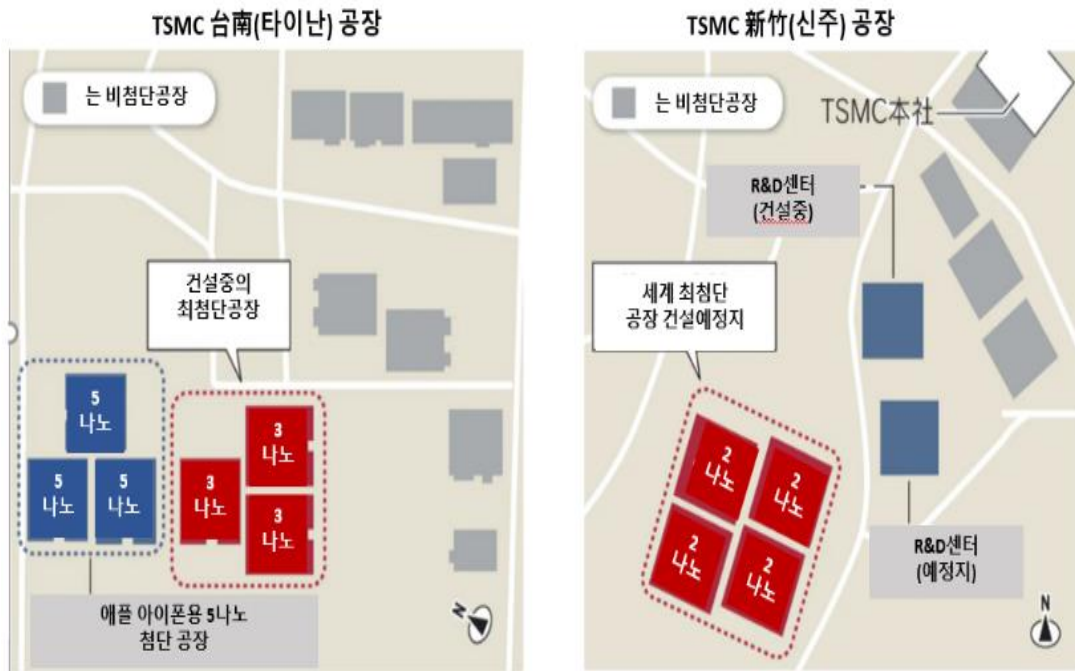
<도표23> 반도체 미세화 개념도



□ ① (More Moore) 무어의 법칙에 따라 반도체 공정의 집적도를 올리는 경쟁은 여전하며 TSMC의 경우 5nm 공장의 공장 운영중이며, 3nm공장 건설 중, 2nm 공장 건설 계획

- 현재 반도체의 공정은 5nm(1nm=10억 분의 1m) 이하로까지 접어 들었고, 이런 극단적 미세화는 EUV(극자외선) 공정 기기가 필요
- TSMC는 2nm 공정 개발을 위해 21년 연구소를 개설하고, 24~25년 경에 공정 가동 목표

<도표24> TSMC의 반도체 공장 건설 부지

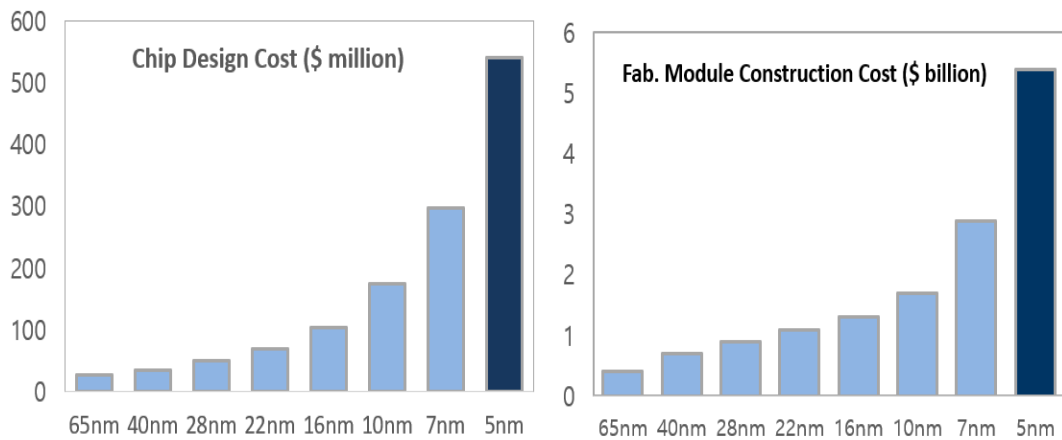


출처 : 일본경제신문

□ 하지만, 높은 수준의 직접도를 만들 반도체 설비 제작 비용이 증가함과 동시에 물리적으로 직접도를 더 올리기 힘든 수준으로까지 도달

- 현재 반도체의 공정은 5nm(1nm=10억 분의 1m) 이하로 까지 접어 들었고, 이런 극단적 미세화는 EUV(극자외선) 공정 기기가 필요
- 맥킨지의 분석에 따르면 5nm 공정의 반도체를 설계하기 위한 비용은 65nm 칩 대비 약 20배, 생산 비용은 13배 가까이 증가하였으며, 바로 전 세대인 7nm 반도체와 비교해도 2배 가까운 비용이 상승
- 한편, 비용이 상승하지만, 제품 가격은 불안정하여 반도체 메이커는 무조건적인 집적도 향상에만 집착하기 곤란한 상황 발생
- 2016년 AMD의 CTO인 Mark Papermaster는 지금도 고밀도화를 더 진척시킬 수는 있지만 비용대비 효과가 떨어지며, 개발 시간은 더욱 길리게 되었다며, 이전과는 근본적으로 다른 상황이라고 밝힘

<도표25> 반도체 설계 비용과 생산시설 건설 비용 추이



출처 : McKinsey & Company Aug.20, 2020

□ ② (More than Moore) 반도체의 집적도가 둔화되는 가운데, 반도체의 경쟁의 축은 칩릿(Chiplet) 기술과 패키징 기술로 옮겨 가고 있음

- SoC(=ASIC)는 하나의 웨이퍼 위에 연산소자(CPU), 메모리 소자(D램, 플래시 등), 디지털신호 처리 소자(DSP) 등을 만드는 기술이나 이를 실현하기 위해서는 많은 공정을 거쳐야 함
- 칩릿은 하나의 SoC를 만들 때에 각각의 기능을 실현할 수 있는 기능을 별도로 설계 제작하여 조합하여 만드는 일종의 모듈화 된 반도체로 개발과 생산 효율성 추구
- 칩릿을 이용하면 반도체 메이커는 종래보다 고성능의 프로세서(Processor)를 보다 단기간내에 생산할 수 있게 됨. 복수의 부품을 서로 접속시켜서 조합하는 쪽이 각 부품을 재설계해서 단일의 칩을 개발하는 것보다 빠르기 때문
- 반도체 칩의 집적도를 하나의 칩에 더 올리기 보다 칩을 3차원으로 쌓아 올리는 3D-IC 방법으로 진화 발전

2. TSMC의 발전 전략

(1) 급속한 발전 원인

- 1990년대 후반부터 공정의 미세화가 전개되면서 개별 공정간의 상호의존도가 증가하여 IDM(종합반도체메이커)가 유리하지만, 대만의 파운드리 회사인 TSMC는 대모듈장치를 구입하여 공정상에서의 고도의 조율(Tuning)능력을 대형 장비 메이커에게 제공받으면서 성장

- TSMC의 발전 전략은 ① 유력장치 메이커와 관계를 강화하여 최첨단 프로세스 장치를 적극적으로 구입
 - TSMC가 장비 구입시 대만 정부는 세제상의 지원을 적극적으로 실시
 - 5nm, 7nm의 공정에 필요한 EUV(극자외선) 장비 중 TSMC가 50대, 삼성이 25대 보유 중이며, 21년 생산되는 장비의 70%를 TSMC가 선점

- ② 2000년경부터 플랫폼 비즈니스에 착수하여, 설계자산(IP, Intellectual Property)과 EDA(Electronic Design Automation) 툴센터와 협력관계 형성, 고객(IC설계기업)에게 포괄적으로 지원
 - 결과적으로 고객은 용이하게 설계를 진행할 수 있어 TSMC에 발주를 늘렸고, 점차 고객과의 연결고리를 구축해 나가는 전략을 진행

- ③ 유연한 생산시스템의 구축 (다품종 소량생산, 전체 최적화 추진, 품질/생산성 /코스트 개선)을 구축하여 고객의 니즈에 신속 대응
 - 대만(TSMC, UMC)의 파운드리 메이커는 <도표26>과 같은 반도체 생산시스템을 구축하여 경쟁력 확보

<도표26> 대만 파운드리 생산 시스템의 경쟁력

특징	내용
다품종소량생산에 대응할 수 있는 유연성	플랫폼 전략(솔류션과 테크놀러지를 2개의 축으로 운영) 프로세스 기술의 확충(CMOS 로직에서부터 다양한 특수 프로세스로 확충) 공장의 자동화 추진과 공정의 컴퓨터 제어 시장 니즈의 적극적으로 대응하는 자세 구식 공장의 활용
생산시스템의 최적화의 추진	첨단 장치, ICT,관리 시스템의 적극적 도입 생산현장에서 요구되는 CIM의 일상적 개량 FLAT한 조직 구조로 커뮤니케이션의 용이 전사적 경험/노하우를 공유하는 구조 (기술위원회, 데이터 베이스 작성) 장치와 툴, 레시피의 사내 표준화 추진
품질/생산성/코스트면의 지속적 개선	생산성(스루풋, 사이클타임, 양산화) 지표의 개선을 비즈니스상의 요청이 있을 때 적극적으로 개선 (time to market 단축) 프로세스와 생산능력이 고객이 기본적으로 관심을 가지는 것이기에 전체최적해를 추구하는 자세 통합엔지니어의 역할
신속한 프로세스의 양산 론칭	연구개발을 위한 전용라인을 설치하지 않고 (EUV 노광 장치 등 일부 특이한 장치의 경우 예외) 대부분은 양산라인에서 실시, 가능한 기존의 장비와 리시피를 활용 연구개발부문과 양산부문(공장) 엔지니어의 밀접한 연계

출처 : 岸本 千佳司 , 2015년, 台湾半導体ファウンドリの技術能力 —生産システム構築とプロセス技術開発について

[참조] 세계 3위 파운드리 업체 : UMC

- 대만의 또다른 파운드리 메이커인 UMC는 TMSC와 다른 생산방식으로 높은 생산성 발휘
- 'UMC재팬'은 도요타 생산방식에서 사용하는 작업 진도 가시화와 같은 현장/생산 관리의 노하우를 활용하여 최고의 생산성을 올리는 파운드리 회사로 알려져 있음
 - UMC재팬은 일본제철이 가지고 있는 공장을 인수하여 일본에 공장을 운영, 최고의 생산성을 보여 일본 반도체 메이커의 벤치마킹 대상으로 되었음
 - UMC재팬의 생산성은 일본내 동종 타사대비 낮은 사이클 타임에도 불구하고 최고의 노동생산성과 양품률, 장비 가동률을 보여주었음
 - 2011년 동일본 대지진이후 불안한 전력 수급 등의 이유로 일본내 운영하는 공장을 폐쇄

<도표27> UMC의 생산성

	UMC재팬	일본내 동업 5사 평균
사이클타임	100	136.1
최대 양품률	100	98.3
1인당 노동생산성	100	81.5
가동일수	100	91.4
장비가동률(DUV)	100	91.0
장비가동률(i선)	100	95.4
C/R 생산능력 (per 1m ²)	100	58.3

출처 : 中馬 宏之 2003, 半導体生産方式におけるUMCJの強さを分析 : トヨタ生産方式の半導体版?

(3) 향후 발전 전략 : TSMC의 일본 서플라이어 활용

□ TSMC는 일본 서플라이어를 첨단 반도체 패키징 기술 개발에 활용하기 위해 연구소 설립하기로 결정

- 일본 반도체 부흥을 위해 일본 정부는 TSMC에게 일본 국내에 전공정 또는 후공정의 팹 설치를 강력히 요구하였으나, 연구소 설립을 하는 것으로 최종 확정
- TSMC는 입장에서는 일본에서 수익을 내기 힘든 팹설치보다는 일본의 높은 반도체 재료/패키징 기술을 활용하기로 결정하고 전략적으로 3D-IC라는 패키징 공정 연구개발을 일본에서 진행하기로 결정
- TSMC는 일본 요코하마에 디자인 센터가 있고, 동경대학에게 설계 리소스를 제공하면서 반도체 시스템에 대한 공동 연구를 추진하여 지속적으로 일본과 협력적 관계를 유지

□ 무어의 법칙이 한계점에 도달한 상태에서 패키징 기술은 반도체 산업 미래를 결정할 중요한 터닝 포인트가 될 가능성이 높으며 대만의 TSMC와 일본의 전략적 협력 관계가 형성되었다고 판단 가능

- TSMC가 이사회에서 밝힌 내용의 원문은 "Approved the establishment of a wholly-owned subsidiary in Japan to expand our **3DIC** material research, with a paid-in capital of not more than US\$186 million

□ 일본은 반도체의 고집적도 분야에서 경쟁 능력을 잃어 버렸지만, 반도체 공정에서 반드시 필요한 높은 수준의 재료 개발 기술을 보유

- 3D IC 개발에는 패키징 재료가 특히 중요하며 그 중 가장 중요한 부품은 조미료 회사 '아지노모토' 그룹이 만든 ABF (Ajinomoto Build-up Film)으로 반도체 칩을 전자기기의 기판에 연결할 때 사용하는 재료로 현재 품귀현상에 직면

<도표28> 반도체 공정별 일본 재료 및 장비 회사

	공정	재료 회사	장비 회사
설계	• 포토마스크 작성	• 대일본인쇄 • 츠인쇄	• NuFlare 테크날리지 : 전자빔 Mask Writer 세계 90% • 일본전자 • 레이저테크
	• 실리콘 웨이퍼 증착	• 신에츠화학공업 : 실리콘 웨이퍼 세계1위 • SUMCO : 세계 2위	• SCREENHD
전공정	• 성막		• 도쿄일렉트로닉스
	• 포토레지스트 도포	• JSR • 도쿄응화공업 • 신에츠화학공업	• 도쿄일렉트로닉스
	• 노광, 현상		• 도쿄일렉트로닉스 • 니콘
	• 에칭, 세정	• 스테라 케미파 • 모리다 화학공업 • 쇼와전공	• 도쿄일렉트로닉스 • SCREENHD
	• 소자형성	• 일본산소HD	
	• 평탄화		• 에바라제작소
	• 다이싱		• DISCO
후공정	• 패키징	• 스미토모 Bakelite • 아지노모토	
	• 검사		• Advantest

- 반도체 제조 공정의 상위 단계인 실리콘 웨이퍼가 2023년부터 공급 부족이 될 가능성이 있으며, 현재 TSMC는 실리콘 웨이퍼 세계 2위업체인 일본의 SUMCO에 증산 요청 중

- 반도체 메이커는 20년대 초 300밀리 웨이퍼의 재고를 1.6개월분 보유하고 있으나, '21년 2월의 재고량은 1.3개월분으로 축소,
- 특히 CPU(중앙연산처리장치)와 기기제어에 사용되는 기기제어용 로직 반도체의 수요 확대로 반도체의 서플라이 체인의 가장 상위단에서부터 공급부족에 직면 할 가능성 증대
- 특히 스마트폰에 사용되는 300밀리 웨이퍼의 24년 수요는 20년대비 30% 증가할 것으로 예상되며 생산 설비를 늘리지 않으면 10~20%의 공급 부족에 직면할 가능성 제기

- 자동차 반도체의 경우 안정성과 내구성을 위해 패키징 기술이 타 반도체 보다 더욱 중요하며 ABF 와 같은 패키징용 재료의 수급이 뒤따르지 않는다면 아무리 차량용 반도체 생산 시설을 늘려도 공장 가동할 수 없는 상황에 직면

VI. 제언

1. 자동차 반도체 발전을 위한 한일 협력 관계 구축 필요

□ ① 양손잡이 엔지니어 활용 (자동차-반도체) : 서로 상이한 두 개의 생산시스템(에코시스템)이 서로 연동(Coupling)하기 시작하는 지금, 자동차와 반도체의 양쪽 조직 문화와 생산시스템/부품공급망을 이해할 수 있는 엔지니어를 발굴 필요

- 향후 자동차의 생산 방식에서 가장 중요한 과제는 반도체/배터리/소프트웨어 개발과 같은 새로운 부품/컨셉을 자동차 생산방식에 어떻게 연결할 것인가이며, 이는 자동차와 반도체 생산시스템을 정확히 이해 한 상태에서 가능

□ ② 일본 산업계-학계와의 인맥 형성 : 향후 반도체 산업의 발전에는 높은 일본의 재료 기술이 필요로 하며, 이를 위해 한국과 일본과의 학계 및 산업계 전반에서 깊은 협력관계 구축 및 인맥 형성 필요

- 향후 자동차의 생산 방식에서 가장 중요한 과제는 반도체/배터리/소프트웨어 개발과 같은 새로운 부품/컨셉을 자동차 생산방식에 부드럽게 연결시키는 방법을 강구하는 것이며, 이것 자동차와 반도체 생산시스템을 정확히 이해의 바탕에서 가능

□ ③ 한국과 일본에 반도체 패키징 공장을 둔 앰코테크놀로지(AmKor)는 한일간 반도체 산업의 연결고리로 역할 가능

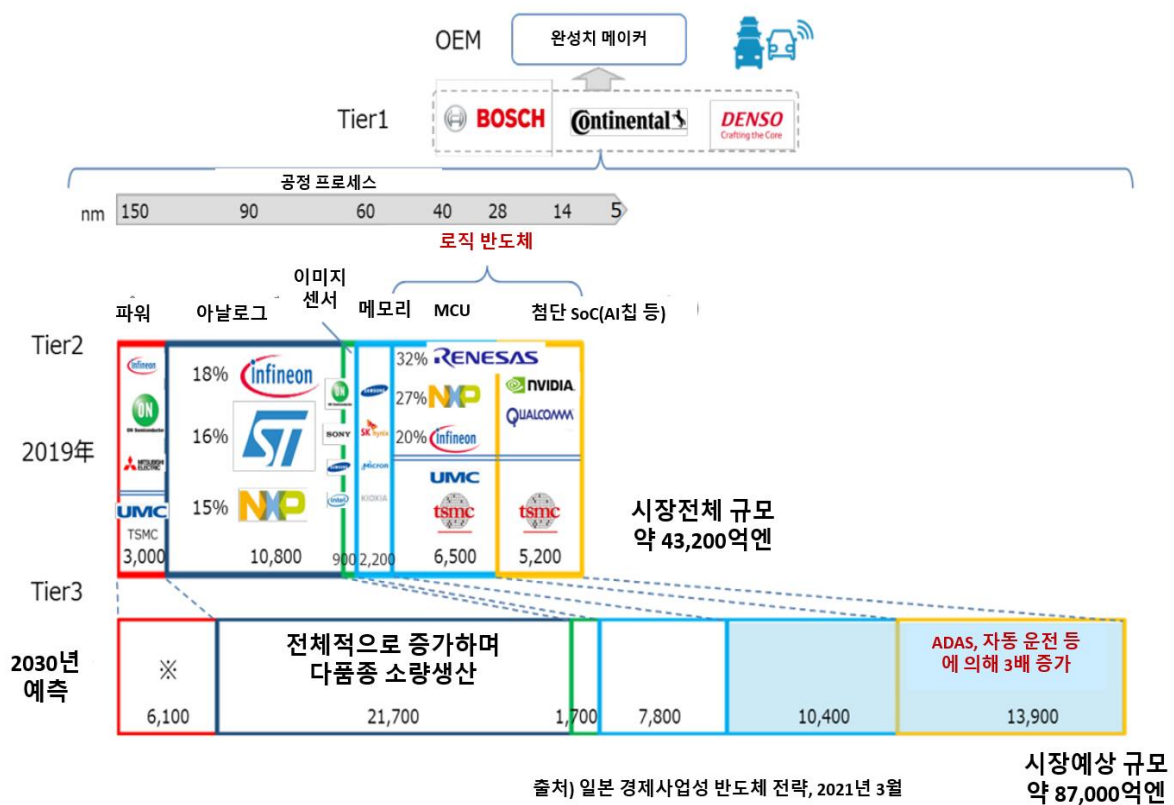
- 앰코의 전신은 아남반도체로 1968년 한국에서 설립된 최초의 반도체 회사로 한국을 비롯한 7개국에 20개의 생산기지를 둔 굴지의 반도체 패키지 회사
- 2009년 10월 앰코는 도시바와 함께 일본의 NMD라는 반도체 후공정 회사를 인수하고 사명 변경하여 재팬 디바이스 회사 설립
- 앰코는 2012년 2월, 후지쓰 반도체의 일본내 반도체 사업장 2개 인수했고, '13년 3월 르네사스의 일본내 반도체 사업장 3개 추가 인수하였으며, 2016년 앰코가 보유주식 비율을 65.7%에서 100%로 확대하여 완전자회사화

2. 완성차 메이커의 반도체 설계 능력 확보

□ 과거 완성차 메이커는 고성능 엔진과 주행 성능 등으로 자사 고유의 맛(Taste)를 실현했으나, 미래의 자동차(자율주행/전기자동차)는 반도체 설계를 통해 자사의 특색한 맛(느낌)을 실현시킬 수 있기에 완성차 메이커는 차량용 반도체 설계 능력을 확보 필요성 대두

- 차량용 반도체 부족이 장기화 되는 이유 중 하나는 CASE라고 불리는 자동차의 대변화에 기인하는 것으로, 이중 C(Connected)는 5G용 반도체에, A(Autonomous)는 인공지능 반도체에 직결하며 2030년 시장 규모는 2019년 대비 2.7배 증가 예상
- 아날로그 반도체의 전체적인 증가세도 예상되나, 전형적으로 다품종 소량 생산을 하는 반도체 생산 영역

<도표29> 차량용 반도체 종류별 증가 예상량



자동차용 반도체의 부족 원인과 대응 방안

- 한일 반도체 산업 협력을 위한 제언 -

홈페이지 등록 / 2021.05.

발행처 / 한일산업기술협력재단 경영기획실

주소 / (135-821) 서울 강남구 선릉로 131 길 18-4(논현동)

전화 (02)3014-9825 / 팩스 (02)3014-9807

<http://www.kjc.or.kr>

* 이 보고서의 내용은 한일산업·기술협력재단 자체 연구물로서 정부의 정책이나 견해와는 상관이 없습니다.

* 저작권법에 의해 한국 내에서 보호받는 저작물이므로 무단으로 전재와 복사를 금합니다.

Copyright©2021 by KJCF all rights reserved.