기술패권 경쟁 시대, 기술유출 방지를 위한 특허정보망 구축 방안 연구

2024년 2월

특 허 청
박 종 희

<목 차>

제1장 서론

제1절 연구의 배경
제2절 연구의 목적

제2장 특허청 특허 빅데이터 현황 및 가치

제3장. 반도체 특허 현황 및 주요 이슈

제1절. 반도체를 둘러싼 기술 패권 경쟁 속에서 특허 확보 경쟁 치열
제2절. 미의 대중 제재 후 반도체 글로벌 社의 특허 신청 전략 변화

제4장 특허 빅데이터로 본 반도체 특허 현황 및 주요 이슈

제1절 반도체 인력 현황
제2절 반도체 고급 인력 현황
제3절 경쟁기업과의 반도체 인력과 비교 분석
제4절 반도체를 둘러싼 각국의 입장 비교
제5절 반도체 기업의 변화와 대응
제6절 자동차용 반도체 공급부족
제7절 반도체 대호황 사이클의 시작

제5장 마무리 및 시사점

국외교육 개요

1. 파견 국가 : 미국

2. 교육기관명 : 하우프트만 함 로펌(Hauptman Ham, LLP)

3. 교육분야 : 지식재산권

4. 교육기관 : ’23.08.22~’24.02.12

훈련기관 개요

기관명	(미국) Hauptman Ham, LLP
교육기관 성격	지식재산 전문로펌(민간기관)
기관 소재지	2318 Mill Road, Suite 1400 Alexandria, Virginia 22314 United States of America
홈페이지	http://ipfirm.com
설립목적	지식재산 전문 로펌으로 지식재산 관련 법률서비스 제공 · 50년 이상의 역사 보유 · 현재 숙련된 지식재산 전문가로 구성되어 있으며, 바이오, 화학, 전기, 소프트웨어, 항공우주산업, 농업 등의 분야에서 업무 수행
주요기능 및 수행업무	· 지식재산권 소송·심판 및 특허·상표·디자인에 대한 대리 · 특허 포트폴리오 관리, 지식재산 금융·거래 · 전반적인 특허전략에 대한 자문 서비스 · 저작권, 영업비밀, 식물품종 보호 등
교섭창구	(담당) Yoon S. Ham (전화) 703-535-7340 (e-메일) yham@ipfirm.com

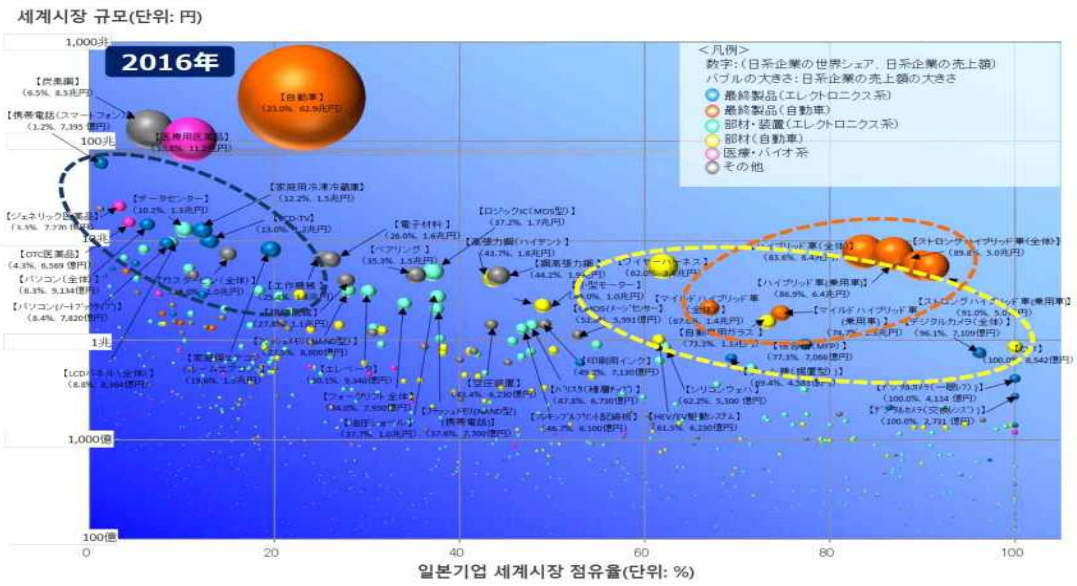
제1장. 서론

제1절. 연구배경

최근 기술패권경쟁이 심화되는 과정에서 기술선진국 간의 기술불록화를 통해 기술독점이 심화되고 있으며 기술블록화는 국가 안보와도 직결되고 있다. 해당 기술 블록에 들어가지 못하면, 글로벌 시장에서 낙오될 가능성이 크다. 국가 핵심 산업의 위협을 대비하기 위한 산업기술에 대한 체계적인 정보분석이 필요하다. 산업별로 장단점을 정확히 파악할 수 있어야 기술블록화에 대비할 수 있다.

일본은 최근 5G, 인공지능 등 중요기술 유출 방지를 위한 기술안보 조직[1]을 확대하고 글로벌 기술동향 및 서플라이 체인을 분석[2]하고 완성품을 구성하는 부품/소자/소재/재료 등 각 부분별 세계시장규모와 각국의 시장점유율, 핵심기업의 정보를 수집하고 지속 관찰[3]을 하고 있다. (출처 株式会社富士キメラ総研, 2017)

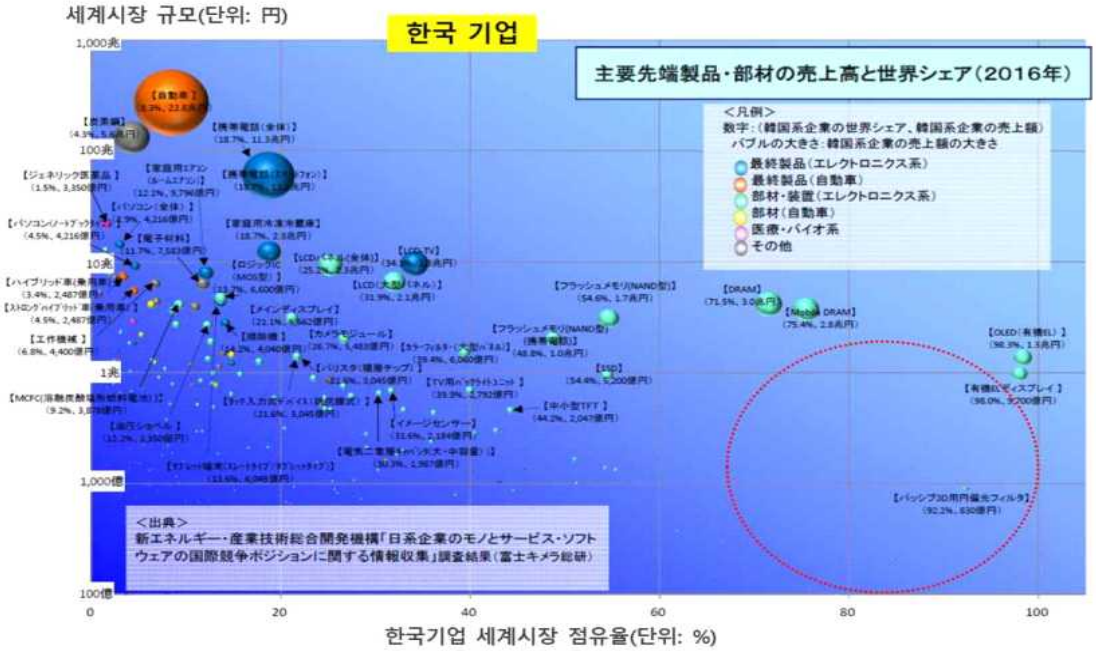
[그림1] 일본의 산업 경쟁력 분석 포지셔닝 맵(2016년)자료:



1) 국가안전보장국 경제반('20)
2) 경제산업성 기술조사실('19)
3) 산업기술안보 관점의 국가 전략목적기술(CPT) 도입과 정책방향(STEPI)

株式會社富士キメラ總研(2017) 편집 인용 (X-Axis: 일본계기업의 세계시장 점유율, Y-Axis: 세계시장규모)

[그림 2] 한국의 산업 경쟁력 분석 포지셔닝 맵(2016년)자료



株式會社富士キメラ總研(2017) 편집 인용 (X-Axis: 한국계기업의 세계시장 점유율, Y-Axis: 세계시장규모)

2019년 일본은 우리기업의 대일 의존도가 높은 3개 소재(불화수소, 불화폴리아미드, EUV 레지스트)에 대하여 수출규제 조치를 단행하였다. 그 배경에는 일본의 해당분야 세계시장 점유율 및 우리기업의 대일 수입의존도 분석 등을 통해 우리 산업이 기술블록화에서 구조적으로 매우 취약하고 특허 출원건수 등 객관적 기술역량도 일본이 상대적으로 우월하다고 판단하였을 것이다. 또한 소재분야 공정조건, 조성비 등 기술은 단기간에 극복할 수 없는 분야로 우리가 수출규제에 제대로 대응하지 못할 것이라는 확신이 있었을 것이다.

1998년 삼성전자와 LG반도체 직원이 64MB D램 반도체기술을 대만으로 빼돌리는 사건[4]이 발생한다. 이를 계기로 기술유출에 대한 경각심이 높아지고 처벌이 강화되기 시작했다. 국정원에 따르면 산업 기술 해외 유출은 최근 5년간 99건, 약 22조원의 경제적 피해가 발생[5]했다

4) '98.2. 한국 경제 "문단속 비상 .. 반도체기술 대만유출...산업스파이 충격"

고 한다. 특히 반도체와 디스플레이 등 최첨단 기술이 53건으로 절반 이상을 차지하는 등 우리 핵심 기술 유출 위험성이 커지고 있어 국가 경제에 대한 실질적 위협을 받고 있다. 과거와 달리 경제와 안보가 일체화되고 자국 중심의 글로벌 가치사슬이 형성되고 있어 특허정보 분석을 통한 노하우 기술 획득과 위기관리 대응이 시급하다.

제2절. 연구 목적

특허청이 보유한 5억1천만건의 특허빅데이터는 기술정보의 보고이다. 특허에는 세상에 존재하는 기술 정보의 90% 이상이 담겨 있는 것[6]으로 알려져 있고, 신지식의 75%는 특허로만 공개한다는 독일의 막스플랑크 연구 보고가 있다. 이처럼 기술정보, 인용정보, 인적정보, 권리관계정보 등 기술영향도 분석에 필수적인 정보가 포함되어 있어 객관성·구체성을 부여할 수 있는 유일한 정보로 산업분석에 반드시 필요하다.

반도체는 우리가 세계를 선도하는 분야로서, 최근 미국이 기술안보를 강화하는 측면에서 자극 내 생산기지를 마련하는 움직임을 보이고 있는 등 각국에서 전략산업으로 인식하고 있다. 우리나라는 반도체 분야 중 특히 공정기술(증착, 발광다이오드)에서 특허경쟁력이 다른 기업에 비해 매우 강점을 보이고 있다. 우리나라가 기술적 우위를 가지고 있는 반도체 분야에 대한 기술유출 방지를 위한 특허정보망 구축방안을 집중적으로 연구해 보고자 한다.

각국은 반도체 인재 확보 전쟁 중으로 우리 반도체 인력양성 및 해외 유출 방지 등을 위해선 데이터 기반의 반도체 인력 DB가 필요하다 하지만 현재 반도체 인력 등에 대한 신뢰성 있는 DB가 없는 상황이다. 반도체 특허 발명자 정보 활용 시 신뢰도 있는 반도체 인력 DB 구축 가능하다. 특허청이 보유한 5억1천만건의 특허 빅데이터는 특허청의

---

5) 머니투데이 '22.4. "국정원 "5년간 22조 핵심기술 유출 시도 적발"
6) 디지털비즈온 '23.7. "특허 데이터 전략"… 디지털 전환 시대 활용"

핵심 자산이다. 특허 빅데이터로 도출 가능한 인력양성 필요분야, 분야별 고급 인력 현황 등을 살펴보고 향후 인력 DB 구축 방향을 설정하고자 한다.

우리는 무수히 많은 산업정보 분석자료를 보고 있다 그리고 그 분석내용이 다 맞았는지 틀렸는지 확인 할 수 없다. 하지만 한 가지 산업정보 분석의 객관성을 담보하고 도출전략의 신뢰성을 높이기 위해서는 반드시 특허정보를 결합한 분석 방법 도출이 필요하다. 반도체 산업은 실제로 1980~90년대 특허건수가 급증[7]하였다고 한다. 이 말은 무수히 많은 반도체 특허정보로 향후 산업정보에 특허정보를 통한 구체화가 가능하다. 일례로 OLED 기술 중 챔버분야에 대해 기술난이도가 낮지만 제품 가격이 높아 자국에서 생산을 위한 국가적 투자에 대해 특허분석을 시행했다. 이결과는 산업정보 분석보다 상당히 구체적이였다. 산업정보 분석결과는 국내개발에 대한 투자 대상 기업이나 R&D 개발에 대한 전략 부재로 검토되었지만 특허분석을 한 결과 일본은 출원량과 특허영향력 지수가 높아 상당한 기술경쟁력을 보유하고 있지만 국내중소기업 육성이 필요하다고 분석 되었다. 특히 국내출원 분석을 통해 국내기업의 꾸준히 특허출원을 하고 있으나 해외출원이 전무한 부분을 확인하고 일정수준의 기술력을 확보한 중소기업을 선정하여 대기업과 중소기업의 기술 연계 및 해외출원 필요하다는 분석을 하였다.

7) 특허정책의 변화와 특허의 활용에 관한 연구 참조(박규호 교수)

제2장. 특허청 특허 빅데이터 현황 및 가치

특허정보는 기업·연구소·대학 등이 만들어 내고 있는 고급 정보의 산물로 그 양이 실로 엄청 나다. 매년 전세계 특허청은 약5.1억 건의 특허 빅데이터를 생산하고 있다. 2019년 4.4억건 이었던 특허 정보는 2020년 4.8억건으로 약 9% 이상 증가 했으며 2021년도 5.1억건으로 그 양이 지속 증가 할 예정이다.

빅데이터 분석에 활용 가능한 주요 특허 정보에는 분류정보, 일자정보, 인적정보, 기술정보, 권리정보, 인용정보, 우선권정보, 패밀리정보, 심사정보로 크게 9가지에 해당 된다고 본다. 분류정보는 CPC, IPC, FI/F-term으로 특허분석을 위한 기술분야 구분이 가능하다. 국내에서 콤파스, 키프리스에서도 그 분류정보를 확인할 수 있으며 해외에서는 더웬트 통한 확인이 가능하다.

일자정보에는 출원일, 등록일, 심사청구일, 우선일 등 기술의 등장시점, 특허권의 효력 발생 시기 등 분석이 가능하다. 인적정보에는 출원인·발명자 명칭 및 국적을 통해 기술별 주요 출원국·출원인 분석이 가능하다. 다만 이 정보는 국내에서 확인이 어려우며 더웬트를 통해 정보 수집이 필요하다. 여기서 주목해야 할 분야는 바로 기술정보이다. 기술정보는 발명의 명칭과 요약, 청구항으로 발명의 주요내용 및 구성요소 분석할 수 있으며 빅데이터를 신규성, 용도, 기술분야로 재가공한 정보를 경쟁기업을 기술 개발 전략을 예측할 수 있다.

권리정보에는 권리자 변동과 실시권자 현황을 알 수 있으며 이로 인해 주요 기업의 특허 포트폴리오 구성 현황 및 경향을 분석하고 해당 특허의 사업화 여부 판단이 가능하다. 특허 인용정보(특허의 영향력 지표)에는 피인용횟수, 피인용국가를 통해 특허의 국가별 영향력을 확인해 볼 수 있다. 그밖에 우선권, 패밀리 정보, 그리고 최종 심사 정보를 통해서는 기술의 최초 등장 국가를 분석하고 해외 시장 진출 여부를 파악이 가능하다. 발명에 대한 국가별 심사경향, 국가별 특허권 존재,

부재 분석이 가능하다.

특허정보 주요데이터 조합(예시 특허분류 * 발명자 * 발명내용)으로 우리는 국가별·기업별로 이루어지고 있는 특허경쟁을 분석하고 특허 신청 전략 변화를 확인하고 시사점을 도출해 볼 수 있다. 기술별·연령별 분석을 통행 기술별 핵심 인력 현황을 파악하고 해외 이적 현황과 최근 연구 활동을 통해 핵심인력을 모니터링과 경쟁기업의 인력을 분석해 볼 수 있다. 특히 국정원에 따르면 해외기술 유출로 최근 5년간 최소 20조원의 경제적 피해가 발생했다. 반도체와 같은 우리의 주력 산업이 인력유출에 따른 기술 유출 위험성이 커질 전망이다.

제3장. 반도체 특허 현황 및 주요 이슈

제1절. 반도체를 둘러싼 기술 패권 경쟁 속에서 특허 확보 경쟁 치열

반도체의 경우 한국·미국·대만은 각기 서로 다른 분야에서 반도체 시장을 장악하고 있다. 반도체 강국은 우리나라는 RAM 제조를 미국은 반도체 장비와 설계를 대만은 반도체 제조, 조립을 중심으로 점점 반도체 분야를 넓히고 있다. 그 뒤를 이어 중국과 일본간의 특허 확보 경쟁이 치열하다. 여기서 잠시 각 국가별 반도체에 경쟁을 집고 넘어가고자 한다.

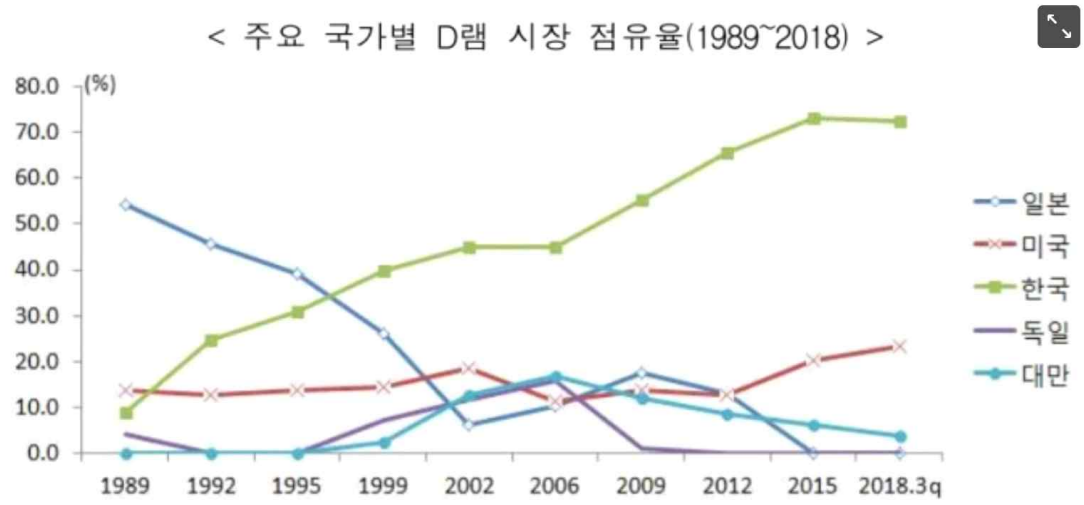
반도체 설계 회사들이 반도체를 직접 제조하고 싶어 한다. 왜냐면 반도체 생산 설비 비용이 너무 크고 다양한 고객 요구를 맞추기 위해 설계를 잘 해야 한다. 현재 반도체 설계를 가장 많이 하는 데는 미국(56.5%), 대만(9.7%), 중국(6.4%)[8]이다. 한국은 대만, 중국 보다 월등히 낮다. 이 말은 한국은 시스템반도체 역량이 낮다는 이야기이다. 중국은 반도체설계를 한국보다 잘 하지만 생산을 못한다. 국가별 반도체웨이퍼 생산 비중은 대만(61.2%), 미국(9.5%), 한국(7.6%), 중국(7.1%) 이다.

미국과 중국의 반도체 전쟁에서 미국이 중국의 반도체를 제재하는 것은 생산을 못하게 하는 것이다. 그래서 미국은 TSMC에 중국에 반도체를 만들어 주지 말라고 한 것이고 SMIC에 반도체 장비를 공급을 막고 있다. 현재 인텔은 미국 애리조나 주 오코틸로에 2024년 반도체 공장을 설립하려고 한다. 반도체를 기술을 가지고 직접 생산하여 중국과의 기술력 차이를 더 벌리려고 하는 것 같다.

D램을 보면, 한국이 90년대에 일본을 제치고 지금의 70% 점유율을 가져왔다. 파운드리에서 TSMC와 삼성이 70% 정도[9]로, 지금 D램 시장에서 한국의 점유율과 비슷한 수준이다. D램 시장에서 그동안 대만, 중

8) 2018. 8월 소비대국 中 vs 생산대국 美, 미래 반도체 패권 누가 쥐나
9) 2023. 6월 삼성 파운드리 점유율 12%대 하락… TSMC와 격차 더 벌어져 : 정도로 파운드리 시장점유율은 TSMC(60.1%), 삼성전자(12.4%), 글로벌 파운드리(6.6%), UMC(6.4%), SMIC(5.3%) 임

국, 유럽 업체들이 D램에 들어오려고 했지만 다 실패했다. 아마도 이미 과점체가 형성되어 있어 후발주자가 따라잡기 쉽지 않을 거 같다. 이번 인텔의 파운드리 진출 계획은 반도의 계기로 볼 수 있으며 경쟁기업에 대한 기술 캐치업과 사업성은 좀 더 두고 지켜볼 필요가 있다.



자료: ('89~'02) 요시오카 히데미(2004), "한국반도체산업의 국제경쟁력 형성의 요인" ('06~'18) IHS
주: '89~'02 시장 점유율에는 해당 년도 매출 상위 10개 기업의 점유율만 포함

국가별 반도체 세계 특허 신청현황을 2015년 일본과 미국이 전세계 특허 신청에 각각 1위와 2위 였다면 2020년 현재 중국과 한국 일본으로 그 순위가 바뀌고 있다.

국내에선 2019년 39천건이였던 특허 신청이 2020년 39만건, 2021년 41만건으로 연평균 3.2% 증가했으며 2021년 반도체 출원건수의 37%가 외국인 출원건으로 외국기업의 반도체 특허 신청이 증가하고 있다. 특히 최근 TSMC와 중국의 국내 특허 신청은 2016년 각각 264건, 3,231건에서 2021년 546건, 6,452건으로 00%, 00% 급증하였다.

제2절. 미의 대중 제재 후 반도체 글로벌 社의 특허 신청 전략 변화

미국 대통령 바이든은 "반도체. 웨이퍼가 바로 인프라" 라며 "우리는 과거의 인프라를 수리하는 게 아니라 오늘의 인프라를 구축해야 한다" 고 했다. 미국은 안정적인 공급망 확보를 위해 4대 품목 생산동맹(반도체, 배터리, 희토류, 의약품)을 외치며 TSMC 공장 유치, 대만과 반도체/5G MOU, 그리고 일본/호주에 중국 제외 공급망을 강조하고 있다. 반도체 생산은 작고, 배터리는 미국에 없어 반도체 주 생산국인 아이사의 협조가 필요한 상황이다. 그럼 미국이 ROE 중시전략(R&D와 유통중심)을 강조하는 이유는 초기 시설투자 비용이 크고 부가가치는 낮은 생산보다 R&D와 부가가치 비중이 높은 설계에 집중하기 때문이다. 미국의 반도체 생산 점유율은 '00년 24%에서 '20년 12%로 50%가 감소[10]되었으며 반도체 투자액 또한 한국, 대만, 일본에 비해서 매우 작다.

TSMC사의 미국의 대중 제재 후 중국의 특허 출원 현황은 '19년 18%에서 14%으로 4%p 감소한 반면 미국의 특허 출원 현황은 '19년 50%에서 '20년 55%로 5%p 올랐다. 삼성 역시 미중 제재 후 중국의 특허 출원 현황은 '19년 23%에서 15%으로 8%p 감소한 반면 미국의 특허 출원 현황은 '19년 36%에서 '20년 48%로 12%p 올랐다. TSMC와 삼성의 중국 특허 신청은 감소한 반면 미국 내에서 양사간 치열한 경쟁이 예상 된다.

TSMC와 삼성의 반도체 기술개발 동향을 3가지 측면에서 살펴보면 차세대 트랜지스터(GAA)는 AI, 자율 주행 등 최첨단 기술의 집약체로 3nm 시스템 반도체는 삼성이 최초 양산 중이나 최근 TSMC가 특허를 대폭 늘리고 있어 향후 상황 역전이 가능하다. '07년부터 '20년 GAA 주요기업 세계 특허신청은 TSMC(31%), 인텔(24%), IBM(19%), 삼성(18%), GF(8%)순이다. 반도체 양산의 경우 삼성이 2016년 14nm, TSMC가 16nm 시스템반도체를 생산하였으나 TSMC가 2018년 삼성보다 먼저 7nm 시스템반도체를 먼저 생산하였다 두 기업은 치열한 반도

10) 2021.4월 www.semi.org

체 경쟁을 하며 2020년 각각 5nm 시스템 반도체를 생산하였다. 2022년 상반기 삼성은 3nm시스템 반도체를 TSMC 보다 먼저 양산하며 세계최고의 기술력을 갖게 되었다. 하지만 최근 TSMC는 삼성보다 2배 많은 특허신청을 대폭 늘리고 있어 향후 그 상황을 언제든 역전이 될 수 있다.

제4장 특허 빅데이터로 본 반도체 특허 현황 및 주요 이슈

제1절 반도체 인력 현황

반도체 산업의 산업기술 인력은 2020년 9월 기준, 10인 이상 반도체 산업 사업체에 종사하는 전체 근로자는 17만 7명이며 이 중 산업기술 인력의 수는 9만4천명으로 조사되었다. 우리는 여기서 특허 DB로 특허 출원 시 작성한 발명자 생년월일로부터 기술별, 연령별로 좀 더 구체적인 인력 현황을 살펴보자. '10~'21년, 특허 DB에서 제조(H01L21), 조립(H01L22~25, 27), 소재(G03F7)의 조건으로 특허정보를 추출하면 '10년부터 '21년까지 특허 DB 중 제조공정(H01L 21) 분야 발명자는 24,185명이며 연령별로 20대이하 701명(2.9%), 30대 6,116명(25.3%), 40대 10,491명(43.4%), 50대 5,518명(22.8%), 60대 이상 1,359명(5.6%) 이다. 조립검사(H01L22~25, 27) 분야 발명자는 20,892명이며 연령별로 20대이하 683명(3.3%), 30대 6,128명(29.3%), 40대 9,421명(45.1%), 50대 3,993명(19.1%), 60대 이상 667명(3.2%) 이다. 마지막으로 소재(G03F7) 분야 발명자는 2,328명이며 연령별로 20대이하 57명(2.4%), 30대 759명(32.6%), 40대 1,104명(47.4%), 50대 346명(14.9%), 60대 이상 62명(2.7%) 이다.

반도체 시장은 향후 10년 후를 전망하면 현재보다 두배이상 성장한다고 전망하고 있다. 이러한 성장세에 한국의 반도체 산업의 점유율이 그대로라고 해도 한국의 반도체 산업은 지금보다 규모가 2배 이상 되어야 하고 따라서 인력의 수요도 2배 이상이 될 것이다. 이러한 수요에 따라 인력 공급이 되지 않으면 한국의 반도체 산업은 후퇴할 수밖에 없다.

최근 10년간 발명자 연령대별 추세를 분석하여 본다면 2011년도 반도체 기술 분야별 평균연령은 제조·공정분야 37.5세, 조립·검사분야 36.8세, 소재분야 34.6세 인데 반해 2020년도에는 제조·공정분야 39.6세, 조립·검사 분야 39.4세, 소재분야 38.6세로 제조·공정분야와 조립·

검사분야에서는 고령화 심각 분야로 파악되며 또한 반도체 인력이 가장 많은 조립·공정에서 지금의 2배 이상의 인력이 필요할 것으로 예상된다.

< 인재 양성 필요분야 도출('11→'20년) **>**

최근 10년간 발명자 연령대별 추세를 분석하여 본다면 2011년도 반도체 기술 분야별 평균연령은 제조·공정분야 37.5세, 조립·검사분야 36.8세, 소재분야 34.6세 인데 반해 2020년도에는 제조·공정분야 39.6세, 조립·검사 분야 39.4세, 소재분야 38.6세로 제조·공정분야와 조립·검사분야에서는 고령화 심각 분야로 파악되며 또한 반도체 인력이 가장 많은 조립·공정에서 지금의 2배 이상의 인력이 필요할 것으로 예상된다.

아울러 반도체산업은 미국, 유럽, 일본과 경쟁하여야 한다. 이에 인력의 질 또한 매우 중요하다. 특히 특허의 경쟁력은 매우 중요한데 피인용도를 활용하여 반도체 고급 인력 분석도 가능할 것으로 보인다. 피인용도란 먼저 출원된 핵심 특허를 인용하여 후속 특허에서 선행기술로 인용된 횟수를 나타내는 표현으로 피인용도가 많을수록 중요 특허이다. 우선 특허 피인용도를 분석하여 기술별 핵심 특허를 선별하는 과정이 필요하다.

해당 특허의 영향력 지표인 피인용도 분석을 통해, 후속 연구에 큰 파급력을 미치는 반도체 분야 핵심특허 도출해 보자. 일례로 USPTO(美특허청)에서 많이 인용된 우리나라 상위 1%를 핵심특허에는 2010년 삼성전자에서 출원(특허 제10-1658492호)으로 미세패턴 형성방법이다.

이 특허의 경우 2011년부터 2018년까지 총 297회 피인용되었으며 특히 후속특허로 2015년 (美 특허 8962411호) NANYA 인용, 2016년 (美 특허 9548269호) 인텔 인용, 2017년(美 10157965호, 美 10325811호) 마이크론, GF), 2018년(美 10290737호) 등 2011년부터 2018년까지 인용횟수는 297회이며 특히 2017~2018년 총 139회가 인용되었다.

그 밖에 반도체 분야별 핵심특허를 살펴보면 제조공정 분야 핵심특허에는 반도체 패키지 제조 방법으로 2012년 삼성전자에서 출원(특허 제10-1970291호)으로 발명자는 김OO외 5명이다. 이 특허의 경우 식각면에 패시베이션막을 형성하는 제조방법으로 피인용 횟수는 456회이다. 또한 조립검사 분야 핵심특허는 2012년 삼성전자에서 출원(특허 제10-1918608호)으로 더미TSV와 테스트패드를 겹친 반도체 패키지로 456회의 피인용 횟수를 기록하였으며 발명자는 민OO 외 5명이다. 설계 분야 핵심특허는 2013년 삼성전자에서 출원(특허 제10-2143501호)으로 프로세서에 배치 모듈, 생성모듈 및 저장부를 레이아웃 디자인 시스템으로 디자인 요구 조건과 집 디자인으로 설계하였으며 68회 인용되었으며 발명자 김OO 이다. 마지막으로 소재 분야 핵심 특허에는 2010년 삼성전자(특허 제10-1742815호)로 DUV 필터링용 코팅 조성물로 코팅용 폴리머에 있어서, R^1은 H, C1~C6 알킬기, C1~C6 알콕시기 등으로 발명자는 나OO 외 5명 이다.

세부 기술별 핵심 특허(피인용 특허 상위 1%) 창출 횟수가 많은 발명자를 해당 분야 반도체 고급 인력으로 봐도 무방하다. 미국 특허청에서 핵심 특허(피인용된 특허 횟수가 많은 상위1%)의 한국 발명자에 대한 정보를 추출하여 반도체 고급인력 리스트가 확보 가능하다. 예로 제조공정 분야 핵심 특허295건에 대한 발명자 정보로 10명 정보 추출이 가능하며 그중 최OO의 경우 핵심 특허를 10건 정도 가지고 있는 고급 인력으로 관리가 가능하다. 조립검사 분야 역시 핵심 특허 127건의 발명자 정보를 통해 10중 4명의 발명자가 핵심 특허를 각각 7건씩 가지고 있었다. 소재 분야의 경우 핵심 특허 37건의 발명자 정보로부터 10명 중 6명이 핵심 특허를 각각 4건씩 가지고 있었다. 신뢰도 확보를

위해 공동발명인 경우 제 1 등재한 발명자에 대한 가점을 부여하였다. 해당 분야별 핵심 특허를 가장 많이 창출한 발명자 선별하고 분류하여 고급 인력 DB를 구성할 수 있다.

제조공정 분야의 피인용 특허 상위 1%가 되는 핵심 특허는 295건이다. 핵심특허 295건 중 약10%(29건)으 특허가 3명의 발명자에게 귀속되어있다. 이렇게 3명의 발명자를 고급인력DB로 관리하며 향후 반도체 분야 초빙 교수나 겸임 교수 등의 인재풀로 활용할 수 있을 것이다.

제2절 반도체 고급 인력 현황

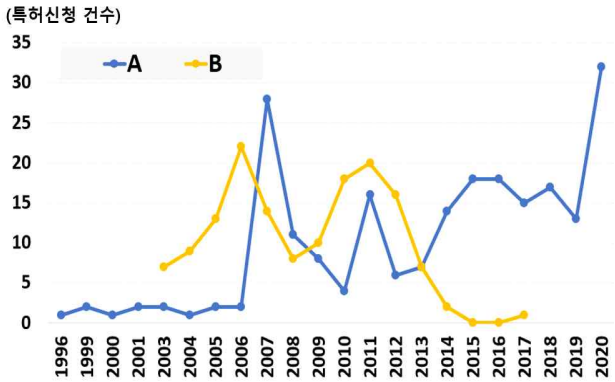
삼성전자 등 국내 굴지의 반도체 기업에서 근무했던 인력이 미국 마이크론으로 이적된 사실을 알 수 있을까. 지금은 반도체 패권 기술전쟁 시대! 인력이 곧 기술력이라는 말이 현실에 와 닿듯이 국가간 보이지 않은 인력전쟁을 하고 있다. 미래 산업의 먹거리인 반도체분야를 중심으로 외국 경쟁기업이 한국의 고급 두뇌를 집중공략하고 있다. 동아일보 2023. 6. 13. 연재된 "중국이 다 빼간다 공허한 비판...'기술 인재' 떠나는 이유" 기사에서도 해외에서 기존 연봉의 2~10배를 제시하며 노골적인 '인재 사냥'을 감행하고 있다고 한다. 우리는 앞으로 더 심화되는 한국의 연구인력 유출에 대한 집중 모니터링이 필요할 수 있다.

국내외 기업의 발명자 등재 정보를 시계열로 분석하여 우리나라 반도체 연구인력의 해외 이직 현황 정보를 통해 과거-현재의 일터 정보 확인이 가능하다. 발명자 K는 1995년부터 국내 굴지의 기업의 발명자로 반도체 기술을 지속적으로 특허 등록하였다. 아마 그의 입사가 1995년도라고 생각이 된다. 1995년부터 2014년까지 모기업의 이름으로 등록된 특허 수는 26개이다. 그리고 2018년부터 2020년까지 해외기업으로 발명자로 등재된 특허 신청 수는 18개이다. OOOO 기업의 세계특허 신청 건수 중 한국 발명자가 포함된 건수는 2010년 5건, 2011년 5건, 2012년 2건, 2013년 5건, 2014년 7건, 2015년 8건, 2016년 5건, 2017년 5건, 2018년 19건, 2019년 33건, 2020년 71건으로 국내기업의 반도

체 인력이 미국, 중국기업의 발명자로 등재되는 사례가 급증하고 있다고 봐도 무방하다.

발명자 등재 횟수 등의 정보로, 반도체 핵심 인력의 과거부터 현재까지 연구활동, 연구분야 및 퇴직 등의 현 상황 파악이 가능하다. 기술별 특허 신청 건수 추세분석으로 특허 집중도를 살 펴 볼 때 발명자의 활동 현황 뿐 아니라 연구 현황도 알 수 있다. 특허 신청 건수 추세분석은 발명자의 전주기 세부기술별 특허신청 건수를 살펴보는 것이다. 일례로 반도체 기술의 경우 미세공정, 트랜지스터, 패키징, 적층 등 다양한 기술 분야에 대한 특허 활동을 나누어 보는 것이다. 발명자의 활동 기간을 언제부터 언제까지 활동을 하였는지 또한 어떤 기술에 연구활동이 집중 되었는지 알 수 있으며 우리는 해당 발명가를 고급 인력 DB로 만들 수 있을 것이다. 아래는 반도체 고급 인력으로 볼 수 있는 발명자 A, B의 특허 활동 현황이다. 발명자B의 특허 집중도를 볼 때 미세공정 전문가이고, '17년 이후 발명 활동이 중단된 것으로 보아, 퇴직한 것으로 추정된다.

< 반도체 고급 인력 **A와 B의 발명자 활동** >



특허신청 기술('96~'20)	A	B
미세공정	37	**76**
트랜지스터	29	18
패키징	9	22
적층 구조	7	13
기타	149	18
총합계	231	147

특정 기업의 연구 역량 분석과 퇴직 인력 파악 등 자료도 활용해 볼 수 있을 것이다. 실제 사례로 2021년도 독일의 배터리 재료 기업 A는 국내 배터리 B사를 합병하기 위해 인수를 제안했다. 국내 B사는 배터리 재료 관련 강소기업 A사 인수가 필요한 상황에서 A사 특허와 발명 추세 분석을 수행한 결과 A사 핵심 특허 존속 기간 만료될 뿐 아니라

더 이상 특허 활동을 수행하지 않고 있다는 사실이 검토 되었다. 그리고 핵심 특허에 등재된 발명자들이 더 이상 A사에 근무하지 않고 있다는 사실이 분석되었고 최종 A사 인수 제안을 거절하였다. 만약 특허 추세 분석을 하지 않고 덜컥 인수 절차가 진행이 되었다면 회생 불가능한 회사를 떠 앉아 국내 B사의 운영에 큰 차질이 있었을 것이다. 결국 A사는 폐업을 결정하게 된 것이다.

제3절 경쟁기업과의 반도체 인력과 비교 분석

(1) 반도체 글로벌 밸류체인(GVC)과 경쟁 구도

현재 반도체 설계, 제조, 장비, 소재, SW 등은 분업화된 구도가 형성되어 있다. 미국의 퀄컴과 대만의 미디어텍은 반도체 설계 소프트웨어와 CORE IP로 반도체 설계하고 미국의 23개 식각, 공정제어 장비와 일본의 12개 장비와 일본과 대만의 소재를 가지고 대만과 한국을 통해 제조 후 외주 조립 및 검사가 이루어진다. 각 국 정부는 반도체의 자국 내 생산능력 확대를 위해 경쟁 중에 있으며 향후 기술 장벽이 높은 설계, 장비, 소재 보다 제조, 생산 분야를 중심으로 반도체 밸류체인이 변화될 가능성이 높다. 현재 TSMC, 삼성, 인텔 등은 미국 내 반도체 생산 시설 확충 계획을 발표하였으며 이는 미국의 대중을 겨냥한 반도체 수출통제, 투자 제한 등 반도체 산업 육성 정책을 발표하였기 때문이다. 이에 제조 능력[11]이 세계 1, 2위인 TSMC와 삼성간 경쟁이 가속화될 전망이다.

(2) TSMC의 對美, 對日 전략

미국의 대중 제재 후 TSMC와 삼성의 중국 특허신청은 감소한 반면, 미국에서의 신청이 증가되어 미국에서 양사간 경쟁이 치열해질 전망이다. TSMC는 최초 특허 신청을 자국 대신 미국에 99%를 하는 미국 중심 전략을 사용하고 있다. TSMC의 미국 1위 GF와 특허 제휴 추진으로

11) 10nm 이하 첨단 반도체 제조사는 전 세계에서 TSMC와 삼성 2곳 뿐임

미국 시장에서 우리 기업의 커다란 부담으로 작용될 수 있다. 여기서 잠시 TSMC와 GF의 관계를 살펴보면 2019년 8월 GF가 TSMC를 대상으로 특허침해소송을 제기하며 분쟁이 촉발 되었으나 그해 10월 양사는 라이선스 합의를 맺고 협력을 추진하였다. 기존 특허 뿐 아니라 향후 10년간 신청될 특허까지 포함된 포괄적 크로스-라이센스로 미국 파운드리 1위 기업인 GF와 강력한 협력체계를 구축한 것이다. 현재 삼성이 미국 내 건설 중인 신규 파운드리에서 반도체를 양산시 TSMC의 NPE(특허전문회사)를 통한 우회 공격할 가능성이 높다. 이건 2020년 TSMC기업이 상성에 경고장과 소제기를 한 것으로 보아 향후에도 이와 같은 공격으로 삼성에 제제를 가할 것으로 보인다.

최근 TSMC와 일본의 협력[12]을 눈여겨봐야 할 것으로 보인다. TSMC는 일본과 협력하여 초집적화를 위한 차세대 패키징 기술력의 경쟁력을 유지하고 기술개발을 추진 중이다. 삼성보다 특허 경쟁력을 우위를 점할 수 있는 부분이 차세대 패키징으로 보인다. 일본은 소재, 장비 납품을 통해 반도체 관련 소부장 산업을 육성하여 수익과 반도체 공급망을 확보하기 위해 노력 중이다. 특허 측면에서 보면, 조립, 검사, 소재 분야를 중심으로 TSMC-일본 기업의 연합으로 특허 경쟁력 강화 효과가 뚜렷해지고 있으며 TSMC의 미 특허신청 중 일본 발명자의 이름이 포함된 것이 2013년 4건에서 2019년 30건으로 증가하는 등 양국 간 반도체 R&D 협력도 강화되는 추세이다. TSMC 중심으로 미국 - 대만 - 일반 간 연합전선이 형성되는 경우 제조, 생산에 특화된 우리 기업에게 커다란 위협으로 작용이 예상된다.

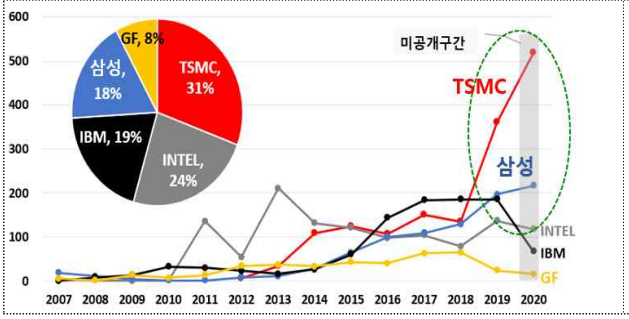
(3) TSMC와 삼성의 첨단 반도체 기술개발 동향

TSMC와 삼성은 차세대 트랜지스터(GAA), 차세대 패키징(TSV), 차세대 메모리(MRAM)에서 경쟁을 하고 있으며 AI, 자율주행 등에 수요가 많은 3nm 시스템 반도체의 핵심 기술인 차세대 트랜지스터는 삼성이 올 상반기 최조 양산 예정이나, 최근 TSMC가 특허를 대폭 늘리고 있어

12) 최근 일본 기업들 이비덴, JSR, 스미토모 등 반도체 소재 중심 기업과 키엔스, 시마즈, 도레이 등 반도체 장비 기업들은 TSMC와 패키징 기술을 공동개발 중임

향후 상황 역전이 가능하다. 2019년에서 2021년까지 TSMC는 차세대 메모리 MRAM 169건의 특허를 집중 매입하였다. MRAM이란 고속특성을 가진 DRAM과 비휘발성 플래시 메모리의 장점과 저전력까지 갖춘 신개념의 메모리이다. TSMC는 2019년 차세대 메모리 분야의 특허신청 건은 76건으로 집중 된 점을 비추어 TSMC에서 자체 개발 중이라고 본다.

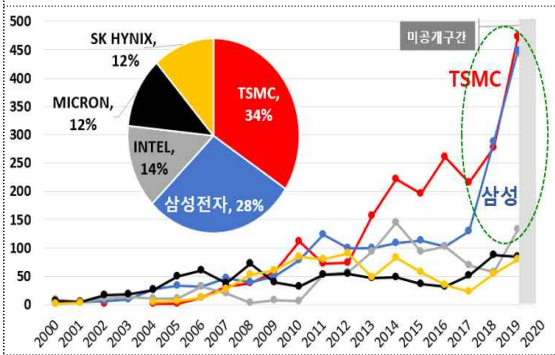
<GAA 주요기업 세계특허신청('07~'20)>



<양산 로드맵>

TSMC와 삼성간 최근 특허 신청량은 비슷하나, 특허 경쟁력에서는 TSMC가 앞서는 상황이다. 특허 인용에서도 삼성이 TSMC 특허를 더 많이 인용한 상황이다. 2011년에서 2020년 삼성의 TSMC 특허 인용은 1.6회 그리고 TSMC는 삼성 특허를 0.9회 인용한 것을 알수 있다. 이 자료는 미국등록특허 기준으로 2013년부터 2020년까지 출원건을 살펴본 자료이다.

<TSV 주요기업 세계특허신청('00~'20)>



<TSV분야 기업별 특허경쟁력('13~'20)>

초집적 구현을 위한 차세대 패키징(TSV) 2000년에서 2020년 주요기

업 세계특허신청에서 TSMC 34%, 삼성전자 28%, INTEL 14%, MICRON 12%, SK HYNIX 12%이다. 미공개구간의 특허를 아직 확인 할 수 없지만 그래도 TSMC는 다른 주요 기업보다 차세대 패키징에서 상당한 특허경쟁력을 갖추었다. 여기서 이야기는 하는 특허 경쟁력은 특허영향력(인용횟수)와 특허집중도(특허건수)를 종합적으로 비교한 자료이다. 향후 우리의 강점분야인 메모리 반도체에서 경쟁자로 부상할 가능성이 높다. 우리를 둘러싼 시스템 반도체의 경쟁 구도상 미국와 긴밀한 협력이 중요한 상황이다. 미국 주도의 반도체 체제 변화에 적극적인 참여가 필요하다.

제4절 반도체를 둘러싼 각국의 입장 비교

(1) 미국의 반도체 정책과 대중 정책

바이든 대통령은 백악관에서 화상으로 열린 반도체 및 공급망 복원에 관한 최고경영자 회의에 참석하였으며 반도체 웨이퍼를 들어 보이며 "이 반도체, 이 웨이퍼가 바로 인프라"라며 "우리는 과정의 인프라를 수리하는 게 아니라 오늘의 인프라를 구축해야 한다"고 했다. 과거 오바마 정권에서 반도체는 전략경쟁 - 동맹공격을 트럼프 정권에서는 인권외교를 이제 바이튼 정권에서는 기술전쟁을 강조하고 있다. 즉 트럼프 정권에서는 미국 우선 강육양식의 경쟁이었다면 바이든 정권에서는 그물 동맹 우선주의를 실행하고 있다.

바이든의 반도체, 배터리, 희토류, 의약품 4대 품목 생산동맹으로 반도체의 미국내 생산기지 재구축하기를 바라고 있다. 현재 미국은 반도체 생산은 작고 배터리는 미국에 없다. 이로 인해 미국의 반도체동맹은 생산을 못하기 때문에 생산국인 아시아의 협조가 필요하기 때문에 아시아를 구슬리게 되는 상황이다. 반도체의 설계는 R&D와 부가가치 비중이 높은 특징이다. 생산에 해당하는 전 후반은 시설투자 비용이 크고 부가가치가 낮기 때문에 미국이 직접적으로 생산에 뛰어들 가능성이 낮다. 이건 미국의 반도체 생산 점유율이 2000년 24%에서 2020년 12%로 약12%p 낮은 수치로 확인 가능하다. 아마도 미국은 원가절감 때문에 생산을 안하게 된 것으로 보인다. 반도체 국가별 투자 금액으로 보더라도 2022년 미국의 투자액은 한국, 대만, 일본에 비해서 매우 미미하다. 이건 자국 내 생산시설이 없다는 것을 의미 한다.

미국은 시설투자(CAPEX) 비중은 2022년 고작 7%에 불과하다. 즉 반도체 생산은 아시아로 넘어왔다고 바도 무방할 것으로 생각된다. 중국은 시설투자(CAPEX) 비중은 2022년 16%이며 2년 뒤 그 비중은 21%로 더 높아질 것으로 예상된다. 미국은 한국, 중국에 비해 시설투자비용은 매우 미미하며 앞으로도 그 생산투자비중이 더 커지지 않을 것으로 생

각된다.

2011년부터 2020년까지 반도체 관련 신규 사업자 등록 건수를 보면 중국은 2020년 '신시기 반도체 산업과 소프트웨어의 고품질 발전을 촉진하기 위한 정책'을 발표한다. 반도체 산업 육성 의지를 강하게 보여주고 있다. 28나노 이항의 제조공정 기업 중 15년 이상 영업한 기업에게 10년 동안 법인세를 전액 면제해주고 있으며 중점 반도체 설계기업과 소프트웨어 기업도 5년 동안 법인세를 면제해주고 있는 등 반도체 스타트업 주자 자금에 대해 최단 시일 내 넉넉한 수익 확보 및 회수 지원을 의미한다. 이로 인해 반도체 산업으로 자금이 몰릴 수밖에 없다. 중국이 세계반도체의 80% 수입했으며 전세계 노트북, 핸드폰, TV에 60~90%를 생산하고 있다.

앞으로 AI가 중요할 것인데, 미국이 중국을 넘어뜨리려면 AI를 못하게 해야 한다. AI의 핵심은 빅데이터가 중요하지만 빅데이터를 처리할 수 있는 반도체 칩이 중요하다. 그래서 AI칩을 못 만들게 해야 하며, 그러려면 DUV(노광기)를 수출하지 못하게 해야 한다. 반도체 DUV 기술은 일본, 네델란드, 미국이 가지고 있다. AI 위원회는 미국이 압력을 넣어서 일본, 네델란드의 DUV 장비 수출을 막아야 한다고 권고하고 있다. 네덜란드, 일본 정부 협력으로 고급 SME(EUV, ArF DVU)리소 장비에 대한 수출 허가 프로세스를 대중국 라이선스 거부 정책에 맞게 조정이 필요하며 이를 통해 중국의 5, 7nm 칩의 대규모 국내 생산 노력을 늦추고 16nm이하 모든 침에서 중국 반도체 생산 능력을 제한하게 될 것이라고 생각한다. 또 기존 장비 수리나 교체하려는 중국 기업 능력을 제한하여 중국의 AI칩 생산과 개발을 제한하게 될 것이다.

여기서 잠시만 DUV가 무엇인지 알 필요가 있다. 반도체는 와이퍼 제조공정 - 산화공정 - 포토공정 - 식각 공정 - 박막, 증착 공정 - 금속배선 공정 - EDS - 패키징으로 이루어져 있다. DUV는 포토공정에 감광액 도료, 노광 등에 속한다. 노광공정의 종류에서는 g(436nm), i(365nm), KrF(248nm), ArF(193nm), F2(157nm), EUV(<13.5nm) 이다. 세

계 반도체 포토레지스트 시장 규모에서 ArF/ArFi(액침불화아르곤) DUV가 가장 크다. 노광기는 전투기 보다 비싼 1500억원, 10만 개 부품, 24개월 이상 제작기간이 소요된다. 5, 7nm는 A14, A12 핸드폰의 고사양 통신칩에만 사용되었다. 즉 14nm 이상 칩에 대해서는 EUV가 필요 없다. 90~130nm 정도면 차량용 MCU는 충분히 만들 수 있다. EUV 없이 DUV 면 충분하며 인텔도 차량 반도체를 금방 생산할 수 있다고 하는 게 아마 이 이야기이지 않나 생각된다. TSMC도 5nm비중은 20%가 안 되고 나머지 7nm~45nm까지가 전체 반도체 60%를 차지하고 있다. EUV가 중요하지만 최첨단 제품에 필요하고 보통의 제품은 DUV면 충분하다는 것이다. AI 칩을 만들때도 DUV면 가능하며 결국 중국의 AI 칩을 막을려면 DUV를 막아야 한다.

미국의 대중 반도체 장비 공급 제재가 중국에 있는 삼성, 하이닉스 공장에도 적용되는 것은 아니다. 미국의 반도체 제재는 지역이 아닌 기업을 대상으로 한다. 기 기업은 중국 인민해방국에 기술이 이용되거나 장비 또는 부품이 제공되는 경우이다. 또한 193nm(ArF) 레이저로 10nm까지는 가능하고 미국이 중국 SMIC로 들어가는 기술을 중단시킨 것은 10nm이하이고 14, 28nm급은 제재한 것은 아니다. 즉 기술수준이 떨어지는 것은 지금도 허용하고 있다.

현재 중국의 상해마이크로전자(SMEE)와 중전과기 제45연구소가 DUV 장비 개발 중에 있다. 중국 노광장비 회사의 수준은 2021년 제45연구소에서 선폭 65nm짜리를 개발하였으며 2021년말에 선폭28nm 장비를 개발할 예정이다. 아마 2018년 90nm 노광기 개발한 경험과 지식의 축적 결과이다. 제조 공정 기술에 있어서는 중국이 삼성보다 10년 이상 뒤쳐진 수준이고 삼성이 2011년 28nm 노광기를 개발하였다면 중국은 2021년에 도달할 것으로 보인다. 중국은 2016년 90nm DUV 노광기는 액침 DUV 노광기로 193nm ArF 레이저를 장착하였지만 인텔, TSMC 등은 2004년부터 액침 DUV 노광기를 사용해 왔다.

90nm DUV시스템 개발에 10년이 걸린 이유는 해외 업체로부터 필요

한 부품(렌즈)를 얻을 수 없었기 때문이다. DUV 리소그래피 공식 해상도는 38nm 내이며, 실제 공정은 10nm 까지도 가능하다. TSMC의 1세대 7nm 공정도 DUV 기반으로 만들어 졌다. 중국의 상해마이크로전자(SMEE)는 2021~2022년에 28nm 리소그래피를 개발할 예정이다. 곧 중국 자체 기술로 AI 칩을 제작할 수 있다는 의미이다. 미국의 대중 반도체 장비 제재는 오히려 중국의 국산화 의욕을 일으켰다고 볼 수 있다.

1980년대 후반 일본 반도체는 세계 시장 점유율 50%를 넘겼다. 미국은 '덤핑 방지'라는 명목으로 일본 제품 가격인하를 막고 1986년, 1991년, 1996년 3차례에 걸쳐 '미·일 반도체 협정을 맺었다. 이후 일본 반도체 산업은 경쟁력을 잃게 된다. 이 시기에 한국 반도체는 성장할 기회를 잡게 된다. 현재 반도체 공급 부족 상황은 제조 부분에 대한 미국의 경각심이 고조되고 다시 미·중 간의 기술 패권 경쟁을 열게 된 계기가 된다.

2010년 이후 반도체 최대 투자가는 삼성과 TSMC이다. 두 기업의 투자액은 최근 43%로 집중화 되었다. 2020년 기준 글로벌 반도체 시장은 $440 Billion 이며 이중 32%가 PC/Computer, 31.2% Communications. 12% Industrial, 12% Consumer, 11.4% Automotive 이다. 반도체 수용의 11.4%에 불과한 차량에서 반도체 부족이 발생하였다. 미국은 반도체 생산 업체를 압박하여 생산을 독려하고 있으며 한국, 대만의 동맹이 필요하지만, 새로운 생산까지 최소 6개월이 걸려 반도체 부족 현상을 지속 될 듯싶다.

(2) 미국과 대만의 반도체 정책

반도체 파운드리 시장 규모는 2023년 약 80억 달러 이상이다. 파운드리 기술난이도가 14nm, 7nm, 5nm에서 이제 3nm로 정밀해 지고 있다. 이에 따라 식각공정은 14nm일 때 60번 하던 것 5nm일때는 160번으로 기하급수적으로 증가되고 있을 뿐 아니라 투자규모 역시 10nm,

7nm이하면 설비투자가 150억$로 너무 커서 아무회사나 들어올 수 없다. 앞으로 반도체 파운드리 시장은 계속 늘어날 전망이다. 특히 5nm 이하는 기술 보다 장비문제가 크다. 로직라인 하나 만드는데 EUV 10~20대, DRAM은 2~10대나 필요하다. ASML의 EUV 장비 연간 생산 대수는 2021년 45~50대 뿐이며 이정도 공급량은 1년 1~2개 라인을 만들 수 있는 정도에 불과하다.

최근 TSMC는 7~3nm 파운드리를 출시하였지만 미중전쟁으로 인한 화웨이의 매출이 줄었기 때문에 매출증가율이 줄어들고 있다. TSMC의 21년 1분기 반도체 매출은 5nm 14%, 7nm 35%, 16nm ~ 90nm 51%이다. 5nm 파운드리는 고성능 애플 핸드폰 정도에 사용되고 있어 실제 돈을 버는 것은 7nm 이상의 파운드리이다. TSMC의 2021년 매출액의 62%는 미국이고 중국은 17%에 불과하다. 이로 인해 TSMC는 미국에 공장을 짓는 것은 확실하나 순이익과 감각상각까지 고려하면 3년간 가용현금이 13조원(128B$)정도임을 고려할 때, 한 개에 20조원인 첨단 반도체 라인을 1년에 2개씩 총 6개[13]를 3년 안에 짓는 것을 무리일 것이다.

(3) 글로벌 반도체 회복

2020년 이후 중국반도체 지수는 줄곧 낙관적으로 진행되었으나 미중 반도체 전쟁의 영향으로 2021년 3월 이후 마이너스로 진입되었다. 하지만 미국의 기술제재는 최첨단반도체(10nm이하)에 관한 것으로 14nm 이상의 일반반도체는 제재 대상이 아니라 반도체 기업의 1/3 정도는 주가 반등을 했고 나머지는 아직 반등을 하고 있는 추세이다. 반도체 경기를 수요 기기로 진단해보면 스마트폰의 경우 작년 1/4 분기에 비교해서는 플러스이고 5G 비중도 지속적으로 높아지고 있다. 휴대전화 출하량을 보더라도 2020년 1분기 약 300백만대에서 2021년 1분기 370백만대로 15%이상 성자하고 있고 컴퓨터(PC)의 경우 2021년 1분기 증가율이 전년동기 대비 50%가 넘었다. 서버의 경우에도 데이터

13) TSMC는 3년간 1000억$을 미국에 투자하고 6개 라인을 짓는다고 발표(00일보)

량이 늘어나고 있어 증가폭이 작지 않다. 플랫폼 기업의 투자를 보면, 전 세계적으로 증가폭은 떨어지지만, 여전히 플랫폼 기업들은 자본 지출이 2021년도 1분기 전년동기 대비 80%까지 증가했다.

파운드리 재고가 늘어난 것은 팹리스가 과잉 주문을 했다고 볼 수 있는데 아마도 반도체 부족사태와 미국 제재 가능성 때문에 선 발주로 많이 쌓아둔 것으로 보인다. 중국외 해외 주요 IDM은 재고가 줄어들었지만, TSMC 등 파운드리 재고가 늘었났다. 중국의 경우도 팹리스의 재고가 올라가는 반면, IDM의 경우 재고가 줄어들고 있다. 기술적으로 보면 팹리스가 5, 7nm를 애기하지만 TSMC의 경우에도 5nm 비중이 10% 안된다. 나머지는 전부 40, 16, 10nm인데 선발주 때문에 재고부담이 늘은 것이다. 재고에 대한 부담은 있지만 미국이 공급망을 검토하고 반도체 부족 때문에 설비투자를 늘리는 상황 속에서 파운드리는 역대 최대이다.

미국 반도체 장비 출하금액도 2021년 4분기 전년동기 대비 50%늘어 역대 최대이며 반도체 제조 회사 재고 과잉과 부족이 발생하지만 장비 회사는 반도체 부족 때문에 설비투자를 늘리는 상황에서 파운드리는 역대 최대이다. 반도체 장비 회사 TOP5(AMAT, ASML, LAM, TEL, KLA)의 매출을 보면, 2020년 59억달러에서 2021년 77억달러로 계속 최고치를 경신하고 있다. 이러다보니 실리콘 웨이퍼 등 반도체 재료 쪽도 시장이 좋다. 2021년 3분기 전년동기 대비 100%이상 증가하고 있고 실리콘 웨이퍼 자체의 재고는 줄어들고 있다. 반도체 가격은 1단계 상승했다가 2단계 상승 후 조정 중에 있다. 반도체 공장은 하나 짓는데 1년, 설비 투자 후 기계 정상화시키는 데 1년이 소요되어 최소 물건이 나오기까지 2~3년정도 소요가 된다. 한 번의 반도체 부족사태는 최소 2~3년 정도 시간이 필요하다는 이야기이다.

반도체 판매는 전체적으로 상승측면에 있다. 예측 기관은 처음에 플랫하게 봤다가 10~15% 이상 올라가는 것으로 예측이 바뀌고 있다. 이로 인해 반도체 패키징도 특수를 맞고 있다. 2020년 9월을 저점으로 계속

상승할 것으로 예상된다. 최근 중국 반도체 주가의 증가는 외국인의 매수와 반도체 관련 ETF가 같이 움직임 때문이다. 중국이 2021년도 1/4분기 긴축 이후 늦춘 것이 있고 가상화폐 조정으로 갈곳 잃은 돈이 다시 중국으로 들어오는 것이라 생각된다.

(4) 미국의 반도체 지원 정책

미국의 전세계 반도체 제조능력은 1990년 37%에서 2020년 12%로 지속 감소하였다. 이에 따라 수십 년 간 미국의 전세계 반도체 제조능력이 감소함에 따라 반도체 제조능력 확보를 통해 경제 및 국가 안보를 실현하고 2032년 미국의 전세계 반도체 제조능력을 24%로 끌어올리기 위해 반도체산업지원법 : CHIPS(Creating Helpful Incentives to Produce Semiconductors) Act 하였다.

총 5개의 부분에 2026년까지 총 $52.7Billion(한화 69조원)을 펀드기금을 마련하여 투자할 계획이다. 첫번째는 미국 내 상업용 반도체 제조, 조립, 테스트, 고급 패키징 및 R&D 시설의 구축, 확장 또는 현대화하기 위해 incentive program 공제 및 직접 대출을 통한 경제, 국가 안보와 이익 증진을 위한 자동차, 군사 중요 산업용 반도체 생산을 활용할 예정이다.

두 번째 첨단 반도체 기술 연구, 프로토타이핑, 인력 교육 지원을 위한 미국 상무부 R&D 지원을 위한 commerce R&D program이다. 여기에는 NSTC[14](美 반도체 기술센터), NAPMP[15](美 고급패키징제조프로그램) 기타 R&D비용을 지원한다. 세 번째 Defense fund는 국방부 및 학계가 요구하는 민간부분, 대학 및 기타 연방 기관 협력 R&D, 테스트 및 평가, 인력 개발 및 기타 관련 활용 지원 펀드이다. 네 번째는 ITSI 펀드[16]는 안전하고 신뢰할 수 있는 통신기술의 개발과 적용, 반도체, 기타 신흥 기술에 대한 외국 정부 파트너와의 협력을 지원하는 자금이

14) NSTC : Nation Semiconductor Technology Center
15) NAPMP : Nation Advanced Packaging Manufacturing Program
16) ITSI Fund : Internation Technology Security and Innovation Fund

며 마지막으로 Workforce and Education Fund는 반도체 인력 양성을 위해 Nation Science Foundation에 제공되는 자금이다.

미국 내 반도체증진법(FABS Act)에는 첨단 반도체 제조 투자 관련 세액공제 수혜 기업의 중국 제한 내용이다. ITS는 반도체 제조에 대한 투자에 대해 25%의 투자 세액 공제를 제공하고 여기에는 제조 장비와 반도체 제조 시설 건설을 모두 포함하고 있다. ITC는 외국 보조금 제도와의 차이를 지우고, CHIPS보조금과 짝을 이루면 최첨단 반도체 생산의 40%의 비용 차이를 완전히 지울 것이다. ITC는 칩 제조를 위한 기본 인센티브를 제공하고 CHIPS보조금이 미국의 경제와 국가안보에 특히 중요한 최첨단 반도체 기술에 집중할 수 있도록 하였다. 여기에 수혜자가 중국 등 보안 문제를 제기하는 국가에 반도체 생산 시설을 건설 할 수 없도록 하였다.

반도체 투자 시 미국의 세제 지원을 50%를 주고 있다. 연방정부에서 25%, 주정부 10%, 캐시인센티브 15%이다. 또한 반도체 인력 양성 관련 미국 정부는 2022년에서 2026년까지 5년간 약105억 달러(약 11.9조원)을 투입할 계획이다.

(5) 중국의 반도체 정책

중국정부는 2014년부터 반도체 산업지원을 시작으로 2025년에 반도체 제조의 국산화 등을 본격화하기 위한 반도체 육성정책을 공포하였다. 이에 미국은 중국의 정부보조금 정책 등이 불공정행위로 WTO위반으로 제소하여 압박을 가하고 있지만 중국정부는 중국제조 2025 목표를 형식적으로 폐기하고 내부적으로 계속 강행하고 있다. 일례로 2017년, 2018년에 반도체 법인세를 2년 동안 내렸으며 반도체 S/W법인세로 내렸다.

2020년 미중 전쟁이 시작되면서, 반도체 산업 우대 정책 등 육성정책이 본격화되고 28nm 이상 기술 정도만 되도 10년 동안 법인세를 면제

해주었으며 R&D 비용 세액공제를 200% 적용하였으며 반도체 부품, 소재 수입시 관세를 철폐하여 실질적인 정부의 보조금을 혜택을 주고 있는 상황이다. 이로 인해 2018년, 2019년 중국 반도체 투자가 유럽, 일본을 넘어섰으며 2019년 반도체 생산능력은 미국보다 우위에 있다. 또한 중국의 반도체 팹리스는 한국을 월등히 넘고 있으며 설계의 국산화 비중은 40% 된다. 단 중국은 생산 비중이 낮고, 어셈블리에 강점이 있다.

일본의 소부장 제재로 인해 우리나라가 국산화를 했듯이 중국도 미국 제재로 국산화를 강력하게 추진하고 있으며 중국의 설비 업체들이 수혜를 보고 있다. 특히 중심국제반도체(SMIC), 화홍반도체 등 중국 반도체 상장 기업들의 설비 가동률은 매우 높지만, 미국 기술제재를 직접 받다 보니 외국인 투자가 적다. 조립가공(어셈블리, 후공정) 분야의 상장기업은 지속적으로 호황일 것으로 보인다.

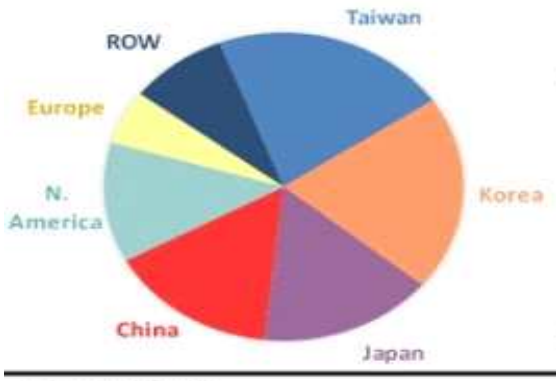
미국의 반도체 공급망 정책의 주요 내용은 반도체는 미국에서 다 만드는 것이 아니다 기술은 실리콘 밸리에서 나오지만 제조는 아시아다! 미국의 반도체 생산 취약점을 알고 있는 중국은 반도체 국산화에 집중을 하고 있다. 근본적으로 반도체 공급 부족이 문제라고 인식하고 제3세대 반도체 개발에 총력을 기술이고 있다. 지금 미국이 반도체 생산에 목을 매는 이유는 중국과 아시아가 미국의 하청으로 만족하지 않고 갑과 을을 바꾸기 위한 몸부림 때문이다.

미국에서 사용하는 반도체 웨이퍼의 수를 보면 그 수가 확연히 줄어들고 있는데 이 결과로 미국의 반도체 생산캐퍼가 상당이 적다는 걸 알 수 있다. 바로 생산 장악력이 없어진다는 것이다. 특히 인텔, 마이크론, TI의 반도체 팹수가 몇 개 되지 않는다. wafer제조에 10nm이하 첨단 제품에서는 미국이 만드는 것은 없고 메모리는 5%밖에 안된다. 어셈블리는 미국 28%, 대만 29%, 중국 14%, 한국이 13% 순이다. 장비는 미국이 42%, 일본이 31%, 유럽이 19% 순이다. 설계-가공-조립에서 미국은 39% 부가가치 차지하고 생산은 12% 이고 생산의 나머지 60%는

실질적으로 아시아 국가에서 차지하고 있다. 중국정부는 노광기를 제외한 모든 분야에 국산화를 위한 연구를 진행 중에 있으며 특히 류허 부총리 개발TF팀은 제3세대 반도체 개발을 시장성과 상관없이 무조건 진행하고 있다.

중국은 3세대 반도체(GaN, SiC) 관련 IDM, 파운드리, 팹리스 분야 기업 육성을 대외 공개하였다. SiC는 고출력을 요구하는 데 사용되는 반도체로 EV/HEV, 산업용 인버터, 고속철도, 풍력터빈 등에 사용이 되며 GaN은 높은 속도를 요구하는 반도체로 PC, 데이터 센터 서버 등에 사용이 된다.

Wafer Capacity at Dec-2020 – by Geographic Region
(Monthly Installed Capacity in 200mm-equivalents)



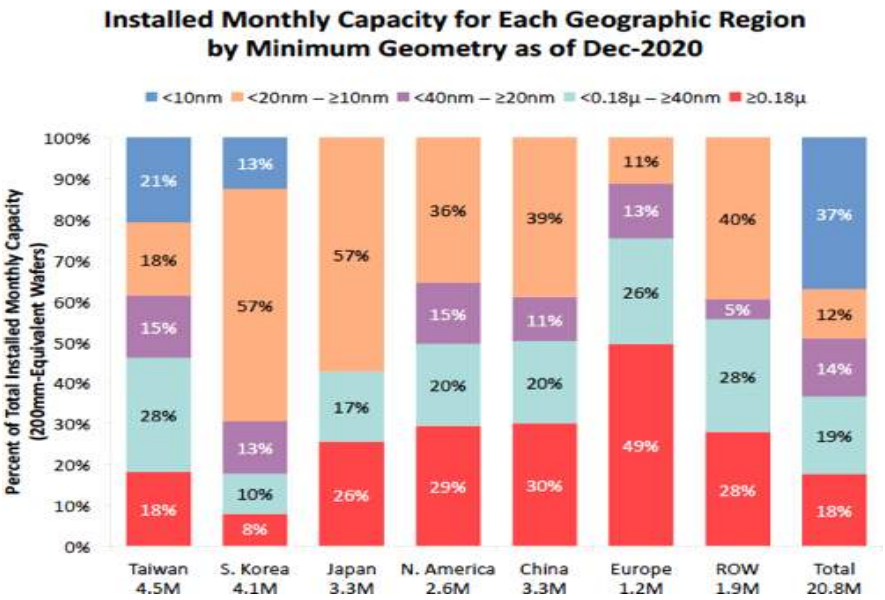
Region	Installed Capacity (K w/m)	% of Worldwide Total
Taiwan	4,448	21.4%
Korea	4,253	20.4%
Japan	3,281	15.8%
China	3,184	15.3%
N. America	2,623	12.6%
Europe	1,177	5.7%
ROW	1,847	8.9%
TOTAL	20,814	100%

Source: IC Insights

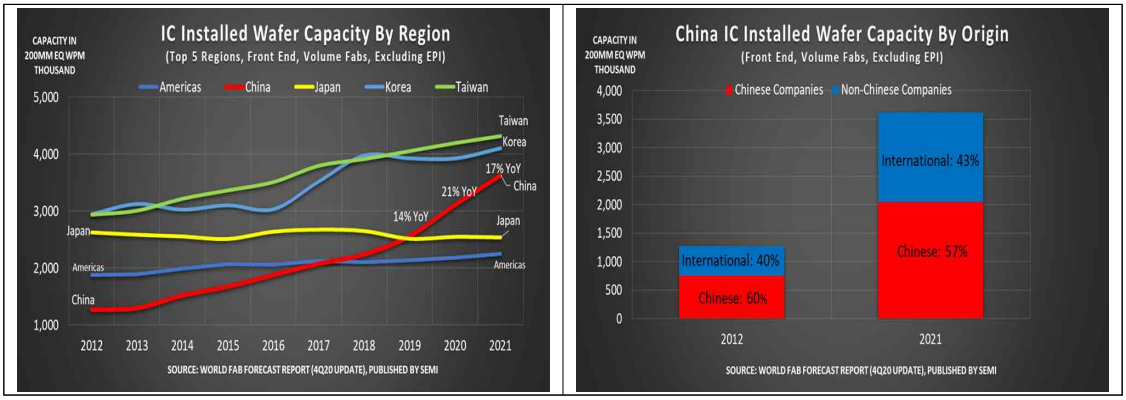
중국의 14.5 계획은 인공지능, 양자통신, 반도체, 뇌과학 분야에 집중하고 있다. 즉 중국 제3세대 반도체 개발을 양탄일성, 핵폭탄/수소폭탄, 인공위성 개발 방식으로 진행하겠다는 것이다. 미국이 중국을 제재하면 주춤할 거라고 생각하지만 중국은 앞으로 밀고 나갈 것이라고 생각된다. 미국은 10nm이하 첨단제품만 제재하고 그 이상 범용제품은 제재 대상이 아니다. 만일 제재하면 미국으로 수출되는 전자, 통신, 컴퓨터 제품을 못 만들기 때문에 제재할 수 없다. 중국은 범용제품에서는 충분한 기술력을 가지고 있고 돈을 벌어 추가적으로 투자할 수 있다. 예를 들어 삼원계 배터리가 성능이 좋고 리튬인사철이 성능적으로 떨어지지만, CATL이 장착함으로써 세계 1위가 되었다. 성능면에서 떨어져도 가격 싸고 안정성이 높은 걸 시장이 선택하면 시장에서 주류가 된다는 것을 인식했다. 주가도 CATL이 크게 올라가고 한국 기업의 주가가 떨

어지는 것은 시장이 기술을 이기기 때문이다.

중국은 10nm이하의 첨단라인만 투자를 못하는 것이고 나머지 범용제품은 투자를 계속할 수 있다. 중국지역에서 IC웨이퍼 공장이 크게 늘어나는 중인데 중국/외국기업 모두 웨이퍼 공장이 크게 증가하고 있는 것을 알 수 있다.



미국이 중국을 제재하면서도 두려워하는 건 중국의 막대한 생산 능력이다. 미국은 10nm이하 첨단 제품만 제재하고 그 이상 범용제품은 제재 대상이 아니다. 만일 제재하면 미국으로 수출되는 전자, 통신, 컴퓨터 제품을 못 만들기 때문에 제재를 할 수 없다. 중국은 범용제품에서 돈을 벌어 추가적으로 투자할 수 있다. 아래 그림은 중국 지역에서 IC 웨이퍼 공장 증가 현황이다. IC 웨이퍼 공장이 크게 늘어나는 중인데, 중국/ 외국기업 모두 웨이퍼 공장이 크게 증가로 장비회사에 막대한 이익이 돌아갈 것으로 생각된다.



중국의 반도체 국산화 비율은 15% 정도이며 향후 10년 후 25% 정도 국산화 비용이 증가 될 것으로 전망된다. 하지만 중국은 미국에 의해 완전히 고립되어 국산화 비율이 더 상향 될 수 있다.

(6) 중국의 반도체업체의 현실

중국반도체펀드 투자비중(1기)는 제조에 67%, 설계 17%, 테스트/패키징 10%, 제조장비/소재 6%이다. 투자비중(2기)은 제조보다는 소재, 부품, 장비에 많이 투자를 하였다. 파운드리 5위, 6위인 중심국제반도체(SMIC), 화홍반도체의 21년 세계시장 점유율은 2020년 대비 상승하고 있다. 중국은 전세계 노트북, 핸드폰을 50~60%를 만들고 있기 때문에 내부 수요로 충분한 상황이다.

중국은 반도체 장비, 파운드리가 약하다. ASML이 노광장비를 TSMC, 삼성에 공급할 뿐 다른 회사에 공급할 여력이 없다. 중국은 이러한 장비를 제대로 국산화를 못하고 있는 상황이다. 미국은 이런 약점을 발목을 잡고 있다. 중국이 DRAM, NAND가 약한점, 반도체 장비가 약한 점 그리고 첨단 반도체 디자인 쪽에서 ARM 회사가 중국에 장비를 팔지 않을 경우 화웨이의 위기가 온다고 미국이 알고 있다. 다만 중국은 5G, 스마트폰에 세계시장 수요를 바탕으로 반도체 회사가 2020년 13,000개로 급격히 증가하고 있다. 전세계 실리콘 공급의 68%를 중국이 담당하고 있으며 차세대 반도체(갈륨비소, SIC)의 갈륨 생산을 중국이 97%를 차지 할 만큼 중국은 반도체 소재 강국이다.

중국의 메모리 제품 등에서 전세계 빅테크 기업이 다 중국에 있다. 삼성도 시안에 공장을 가동 중이며 확장을 시도했지만 첨단 장비 반입이 어려워 중도 포기 했다. 하이닉스는 우시에 공장이 있으며 생산 능력을 늘리기를 원하고 있다. TSMC도 레거시 제품은 상해에 짓겠다고 했으나 미국의 반대에 부딪어 결국 이루어지지 못하였다. 중국은 최대의 반도체 시장을 갖고 있기 때문에 외국의 빅테크 기업들은 중국에서 생산을 늘리기 원하고 있다. 앞으로 반도체는 시장에 따라 기술이 움직일 가능성이 높다. 미국도 테슬라 기업이 상해에 세계 최고 공장 건립과 신장 우르무치에 테슬라 대리점을 개설하는 것을 막지 못하였다. 특히 전기차 시장의 60%가 중국에 있기 때문에 세계 1등을 위해서는 중국의 민간 시장을 뚫을 수밖에 없기 때문이다.

반도체 완성품을 만들기 위해서는 미국에서 설계하고 아시아에서 생산 후 동남아에서 검사/테스트 후 최종 제품을 중국과 유럽에서 소비를 한다. 즉 2만 5천 마일을 여행하고 제품 완성에만 100일이 걸린다. 핸드폰, LCD, 노트북/테블릿의 70%를 중국이 시장을 차지하고 있다. 스마트폰 시장은 2017년부터 점점 줄어들고 있지만 앞으로 전기차 시장은 늘어나고 관련 전자제품도 늘어날 전망이다. 최대 시장은 당연 중국이 될 것으로 예상된다. 반도체 전쟁은 미국 중심의 그룹과 중국 그룹 그리고 양다리 그룹이 있다.

중국은 메모리 0.4%, 설비/장비 5%, 재료 13%, 제조 16%, 어셈블리 38%로 앞으로 반도체 국산화 시 커질 수 있는 시장은 장비 시장이다. 레거시 제품에서 중국 반도체 장비 회사들이 최대 수혜 가능성이 크다 반도체 재료는 상대적으로 제재가 약한데 레거시 제품에서 생산을 많이 하고 전세계 회사가 들어오기 때문에 재료(소재, 가스 등) 관련 회사가 스타회사가 될 가능성이 높다.

최근 3조원 반도체에 투입한 중국, 이생망이라는 기사를 본적이 있는가 반도체 제조에 실패한 중국 반도체 기업 6곳의 투자규모를 올렸다.

반도체 5nm 생산에 150억불, 7nm에 130억불, 40nm에 40억불정도 들어간다고 한다. 중국은 총 6곳의 반도체 기업이 총 23억불 투자했으나 40nm 못 짓는 금액이라고 중국 반도체 굴기 좌초라는 것은 엉터리 이야기라고 본다. 중국의 반도체 굴기는 파운드리 5위 SMIC, 6위 화홍, 이런곳이 하는 것이다. 중국 정부는 550억불 펀드 조성으로 반도체 회사에 투자 중이다. 즉 중국 정부의 빅펀드 투자를 받은 회사가 반도체 굴기를 주도하는 것이다. 여기서 망했다는 기업은 지방은 조그만한 업체라는 생각이 든다

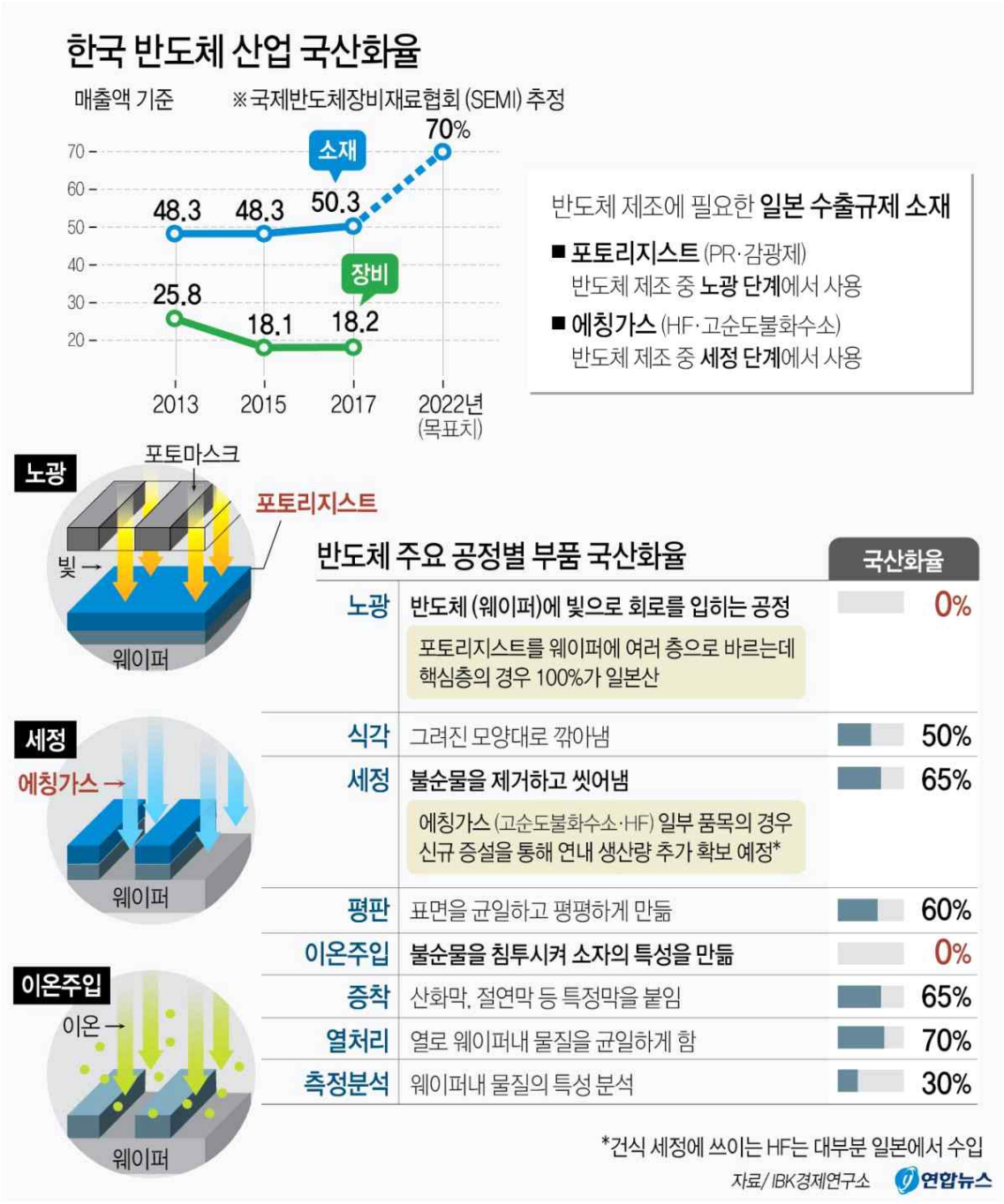
중국의 반도체 생산 비중은 16%로 13%인 미국보다 큰 상황이다. 중국은 로직에서 12nm 정도의 기술을 보유하고 있다. 우리나라를 비롯한 반도체 선진국은 5nm보유하고 있다. 중국은 2019년 14nm, 2021년 12nm 와 있고 10nm 진입하려는 찰라 미국이 그 부분에 제재를 가하고 있다. 이정도의 기술은 삼성의 2016년도 기술수준이라고 생각하면 될 것이다. 중국은 망한 것이 아니라 삼성의 2016년 까지 따라왔다고 생각 하는게 맞을 것이다. 2025년 중국의 국산화 목표는 20%이고 SMIC가 14nm 기술을 확보 했고 향후 5년 동안 기술수준은 10nm 이하로 갈 예정이다.

(7) 우리나라의 반도체 정책

반도체는 우리나라 총 수출의 20%를 차지하는 최대 수출품목이고 우리가 세계를 선도하는 분야이다. 특히 AI, IoT 등 4차 산업혁명의 핵심부품인 반도체의 수요가 증가하며, 우리나라 반도체는 5개년(2020년~2025년) 연평균으로 메모리는 9.7%, 시스템은 3.4% 성장 전망이 예상된다. 미국이 기술안보를 강화하는 측면에서 자국 내 생산기지를 마련하는 움직임을 보이고 있는 등 각국에서 전략무기로 보고, 기술, 제조기반 확보를 위해 신공급망을 구축 중이다.

우리나라는 반도체 분야 중 특히 공정기술의 일부(증착, 발광다이오드)에서 특허경쟁력이 다른 기업에 비해 매우 강점을 보이고 있다. 삼

성전자에서는 H01L33. H01L51분야는 특허영향력과, 특허집중도가 타국에 비해 큰 차이를 보이고 있다. 다만 이를 뒷받침하는 기반기술은 소재, 부품, 장비, 설계, 패키징을 키울 필요가 있다. 시스템반도체 설계 분야는 고급인력의 부족하고 핵심 IP 부재로 팹리스 시장 점유율은 2020년 1.5%로 상당히 낮은 상태이다.



장예진 기자 / 20190703 트위터 @yonhap_graphics 페이스북 tuney.kr/LeYN1

반도체 주요 공정별 부품 중 국산화율이 아직 0%는 노광, 이온주입니다. 노광은 반도체에 빛으로 회로를 입히는 공정이고 이온주입은 불순물을 침투시켜 소자의 특성을 만드는 것으로 아직까지 다른 주요 공정별 부품에 대한 국산화율이 0%이다. 우리나라는 2030년 세계 최고의 반도체 공급망 구축을 위해 K-반도체 전략 4가지를 세웠다. 반도체 전략은 공급망 안정화, 반도체 제조 중심지 도약, 반도체 인력·시장·기술 확보 그리고 반도체 국내 산업 생태계 보호이다. 여기서 주목해야 할 부분은 인력양성 및 핵심인력 유출 방지라는 생각이 든다. 국가 안보와도 직결된 반도체 핵심기술 보호를 위한 국내 기업의 기술, 인력 해외 유출 방지를 위한 제도적 장치 마련이 필요하다. 또한 국가핵심기술 보유 대상기관의 기술 인력 이직 관리 등 인력관리 실태 조사가 필요하며 그 중에서 특허정보망을 구축이 한가지 방법이라고 생각된다.

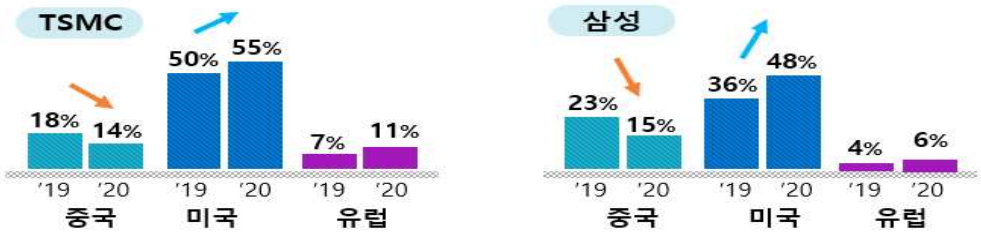
반도체 기술별 핵심특허의 발명자 정보 파악 후 국적 정보 등을 활용하면 발명자 선별이 가능하며 유출 가능한 인재로 파악하고 관리가 가능하다. 반대로 우리에게 필요한 영입 대상 인재도 파악 후 적합한 발병자 선별도 가능하다. 반도체 인력 DB는 발명자 개인정보의 활용이 전제되어야 가능하며 이에 대한 명확한 법적 근거도 필요한 것으로 보인다.

우리는 반도체 분야의 공정기술을 지렛대로 삼아 선진국의 기술블록화 적극 참여해야 한다.

제5절 반도체 기업의 변화와 대응

(1) TSMC의 미국, 일본간 전략

미국의 대중 반도체 제재 후 TSMC와 삼성의 중국 특허신청은 감소한 반면, 미국에서의 특허신청 건수는 증가하였다. TSMC는 최초 특허 신청을 자국 대신 미국에 99%를 신청하는 등 미국을 중요시 하고 있다.



TSMC와 GF와 특허 제휴 추진으로 미국 반도체 시장에서 우리에 커다란 부담으로 작용이 된다. 향후 미국에서는 TSMC, GF와 삼성간의 경쟁 구도가 형성될 것으로 본다. 2019년 GF가 TSMC를 대상으로 특허침해소송을 제기하며 분쟁이 촉발되었으나, 곧이어 크로스 - 라이선스[17]로 분쟁이 해소 되었다. TSMC와 GF는 기존 특허에다, 향후 10년간 신청될 특허까지 포함된 포괄적 크로스-라이선스로 미국 반도체 파운드리 1위인 GF와 강력한 협력체계가 구축되었다고 생각한다. 삼성이 미국내 건설 추진 중인 신규 파운드리에서 양산을 성공한다는 TSMC의 NPE(특허전문회사)를 통한 삼성에 특허공격이 우려된다.

TSMC는 일본과 협력하여 차세대 패키징 기술력을 키우고 일본은 장비, 소재 납품을 통해 반도체 관련 소부장 산업을 육성하고 있다. 차세대 패키징 기술은 초집적화를 위한 차세대 핵심기술로 특허경쟁력에서 TSMC가 삼성보다 우위에 있다. TSMC은 일본의 장비, 소재 업체의 우수기술을 활용하여 차세대 패키징 기술의 경쟁력을 유지하고 기술개발을 추진하고 일본은 TSMC에 공장을 건설시 장비, 소재 납품을 통해 수익을 창출하고 미래자동차용 반도체 공급망을 확보할 수 윈윈 전략이 될 수 있다. 특허 측면에서 보면, 조립, 검사, 소재 분야를 중심으로

17) 상호 간의 특허를 사용할 수 있는 특허 공유 계약

TSMC와 일본 기업의 연합에 따른 특허경쟁력 강화 효과가 두드러졌다.

<기술 분야별 세계 특허경쟁력 변화('10~'20)>

< 국가별 특허경쟁력 변화('10~'20)>

TSMC의 미 특허신청 중 일 발명자 포함되는 건이 2013년도 4건에서 2019년 30건으로 증가된 점으로 미루어 TSMC 기술개발에 일본 발명자의 참여도 증가했다고 알 수 있다. 아마도 양국 간 반도체 R&D 협력도 강화되는 추세에서 미국 - 대만 - 일본 간 연합은 우리기업에게 커다란 위협으로 작용이 예상된다.

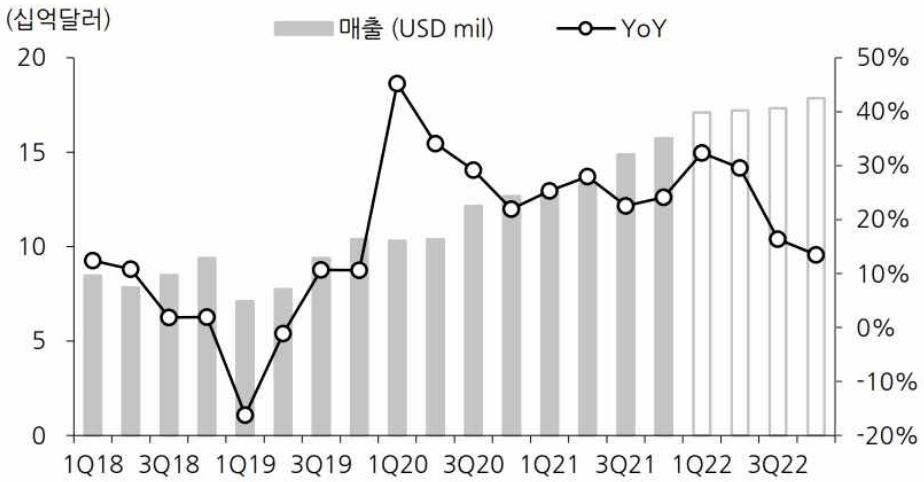
(2) TSMC의 반도체 영업실적

2021년도는 트랜드로 볼 때 코로나로 주춤했던 경기가 회복 단계로 변환되는 시기라고 생각이 된다. TSMC의 2021년 4분기 실적은 Gross Margin[18]이 52.7%로 제조업인데 엄청 높은 것을 볼 수 있다. 매출액은 사상최고 +21%로 전년 동기 이후 지속 증가세를 보이고 있다. 영업이익[19]은 16%로 매출액 증가율(21%)에 비해 영업이익 증가율(16%)로 적다는 것은 이시가 TSMC가 투자를 많이 했다는 것을 보여 준다.

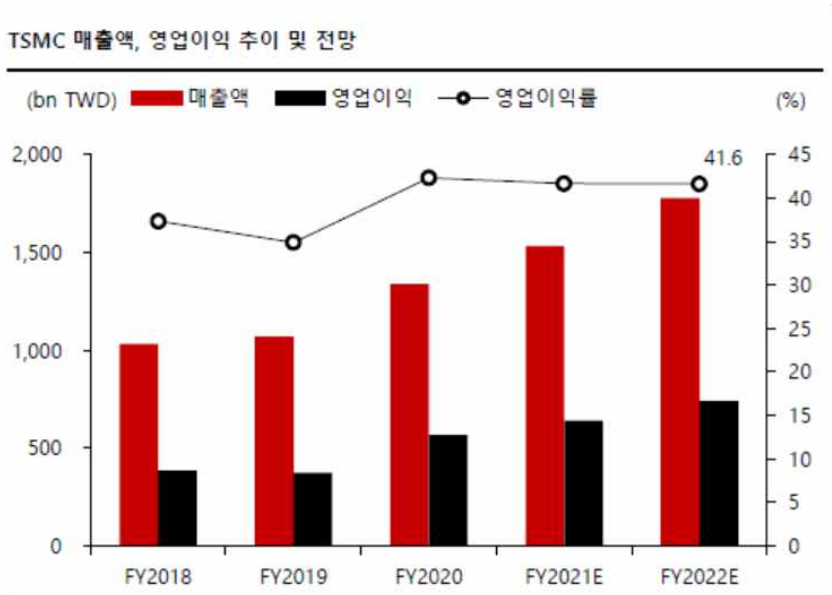
<TSMC 매출액과 순이익율>

18) 매출마진(GROSS MARGIN) = 매출총이익/매출액, 매출총이익(GROSS PROFIT) = 매출액 - 매출원가

19) 영업이익 = 매출액 - 매출원가 - 판매관리비



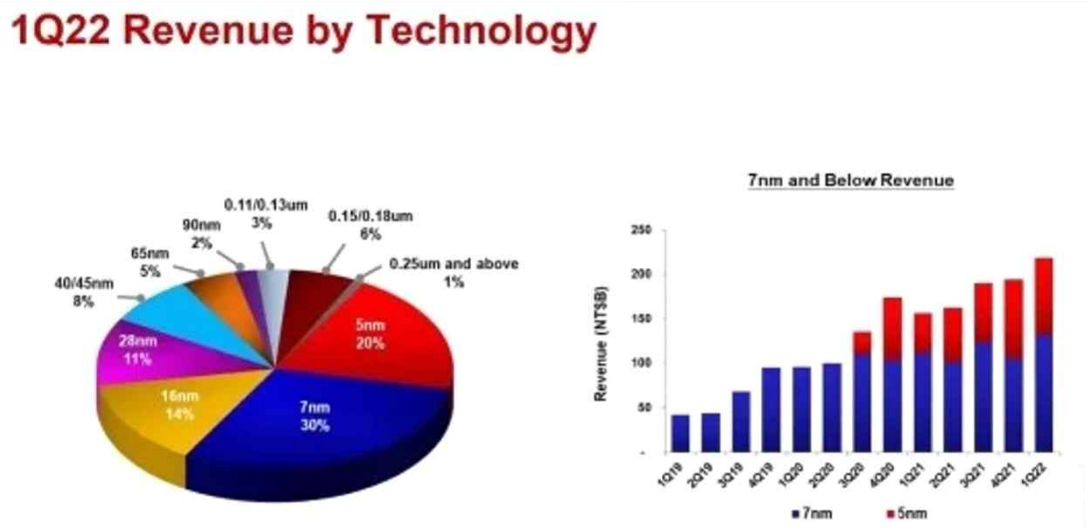
2021년 4분기, 그리고 2022년 1분기 순이익[20]은 역대 최고를 기록하였다. 아마도 TSMC에 대한 정부의 법인세 감면 때문인거 같다. 매출 증가율이 약간 떨어지고 순이익율도 약간 떨어졌는데 이는 투자가 많았기 때문이다. 영업이익율은 투자(CAPEX)가 증가로 인한 영업이익율은 횡보할 것으로 예상이 된다. 대신 법인세율은 우리나라25%에 비해 매우 낮은 4%로 기업의 국제경쟁력에 크게 기여할 것으로 보인다. 정책적으로 반도체 육성을 위해 낮은 법인세율을 당분간 유지하는게 필요해 보인다.



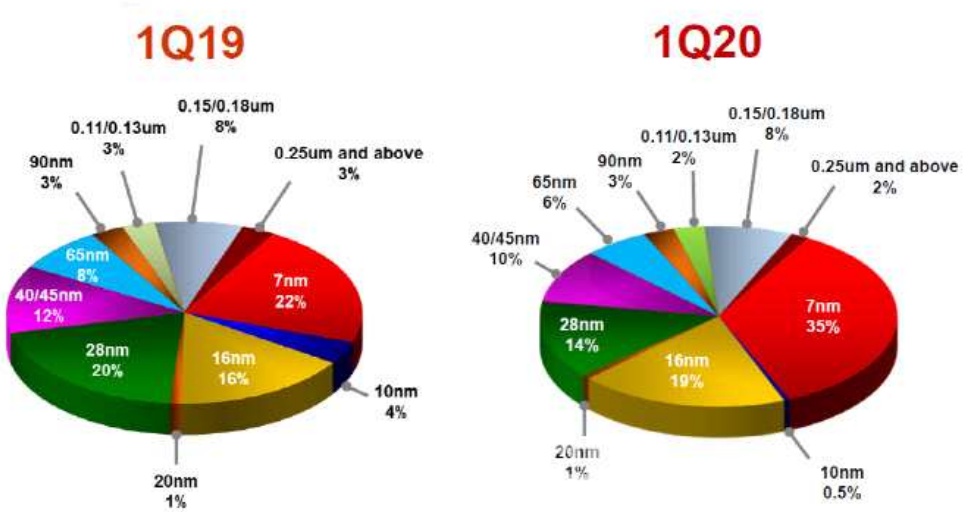
20) 순이익 = 영업이익 + (금융수익-금융비용) + (영업외수익-영업외비용)-법인세

(3) TSMC의 반도체 기술 및 개발 현황

TSMC매출에서 7nm, 5nm 비중이 50%이고, 추세로 보면 빠른 속도로 늘어나고 있다.



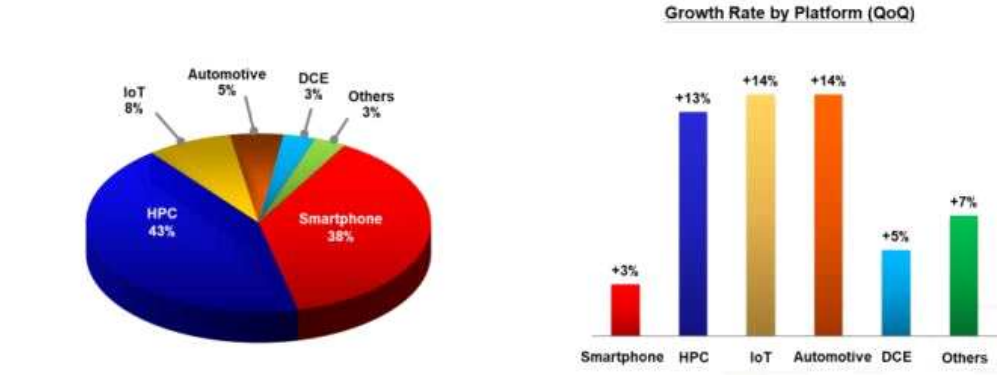
2019년 7nm 22% 밖에 안되었는데, 2020년에는 35%로 증가하였고 2020년 5nm 8%밖에 안되었는데, 2021년 19%로 11%p증가하였다. 전체적으로 7nm미만의 첨단 공정이 9%정도 비중이 늘어났다.



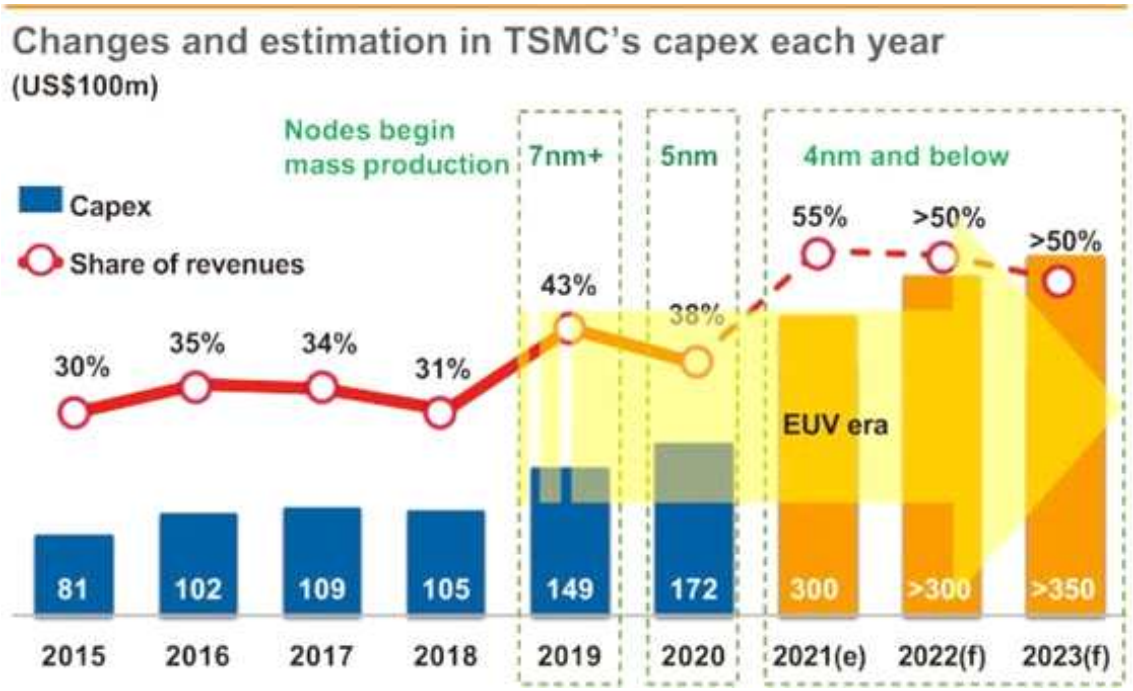
자동차용 반도체는 5% 불과하고 전통적으로 스마트폰의 비중이 높은

데 그 비중은 점점 떨어지고 컴퓨터용 반도체 비중이 높아지고 있다. 이것은 서버, 데이터 처리용 반도체 수요가 굉장히 크다는 것이고 4차 산업과 디지털시대가 도래되면서 비중이 높아지고 있다. 스마트폰은 보급이 100%되어 판매대수 감소됨에 따라 비중이 줄고 있는 것으로 보인다.

Fig. 2: 주요 Platform별 매출 비중



TSMC는 2021년 매출대비 약55%를 설비투자를 한다. 반도체는 매출액의 절반정도를 설비투자를 해야 기업이 유지될 수 있는 산업이다. 이건 아무나 못하고 삼성과 TSMC만 할 수 있는 상황이다. 남아 있는 자본이 2015년 이후 줄어들고 있다는 것을 설비 투자를 지속 한다는 뜻이다. 2022년 설비투자를 300억불 이상 하겠다고 발표하였다. 지금보다 20%이상 투자한다. 30조원 수준으로 이런 어마어마한 설비투자는 고수익성이 보장되기 때문에 하는 것이다. 결국 TSMC는 기술에서 가장 앞서가고 있고 설비투자도 삼성을 앞서갈 정도로 선제적으로 투자하여 최대한 이익을 가져가겠다는 것으로 보인다. 이건 선발자의 이익을 가장 누리겠다는 뜻이 명확하다.



반도체 장착율 관련 스마트폰 메모리에 16기가 반도체를 쓰다가 32기가 장착하면 판매대수는 똑같아도 반도체는 2배가 늘어난다. 테슬라 자율주행 기능 믿고 사고가 났다는 기사를 본적이 있다. 자동차에 반도체 장착이 아직 부족하다는 의미이다. TSMC매출의 절반이 7nm이하이고 현재 3nm로 진입 중에 있다. TSMC가 설비를 투자하면 삼성도 이에 뒤지지 않기 위해 투자를 할 것이고 결국 이 두기업에 장비를 파는 장비 회사가 수혜를 입을 것이다. 자동차용 반도체 매출 점유는 4%대이고 과거에도 4% 이며 현재와 비교하면 크게 늘리지 않았다. 자동차용 반도체 공급 부족은 지속되리라 생각된다.

TSMC가 5nm 생산 비중이 빠르게 증가하고 있다. 전세계 첨단 반도체 회사가 TSMC에 주문을 하고 있고 TSMC는 반도체 제품의 첨단화에 기여를 하고 있다. 과거에는 반도체 주 수요처가 스마트폰이였지만 2021년에는 HPC쪽에 반도체 수요가 전년대비 6%p 증가한 37%로 대폭 늘어났다. 아마도 서버용 반도체 증가 때문으로 분석된다. 스마트폰 비중은 줄고, 고성능 컴퓨팅 비중은 증가했다는 것은 자동차 반도체는 부가가치가 낮아 반도체 기업이 큰 비중을 두지 않는다는 것을 의미한다. 자동차 반도체 제조 회사는 캐퍼를 늘리지 않고 가격을 30~50%

올리면서 현 상황을 관망하고 있다. 가격을 100% 올리면 설비를 투자할 수 있을 정도로 마진이 맞게 될 수 있지만 또 하나 문제는 내연차보다 전기차 반도체 수요가 늘어나게 될 텐데 누가 시장을 선점 할 것이냐의 현재 지켜보고 있는 상황이다. 먼저 캐퍼를 늘려 전기차 반도체 1등을 하겠다고 하면 선제적으로 캐퍼를 늘릴 수도 있을 것이다. 2030년에는 전세계 자동차의 50% ~ 100%가 전기차가 되므로 선투자 기업이 나오게 될 것이다.

TSMC매출의 65%가 미국에서 발생했다. 이로 인해 반도체 기업은 "미국에 공장을 지으면 매출이 큰 폭으로 증가한다"고 생각해 미국에 공장을 짓겠다고 나서고 있다. 대만과 중국 관계, 미국과 대만 관계 때문에 미국에 공장을 짓는다는 것이 의미가 있다.

(4) 미중 전쟁에서 SMIC 전략

기술 전쟁의 중심에는 화웨이와 화웨이에 칩을 공급하는 SMIC기업이 있다. SMIC는 화웨이 반도체 위탁생산하는 중국 최대의 파운드리이자 세계 5위위 파운드리 회사이다. 화웨이는 2021년에 매출과 이익이 줄어드는 현상이 처음 나타났다. 지금 SMIC의 가장 두려운 것은 미국의 제재 리스트에 들어가는 것이다.

화웨이는 2021년에 매출과 이익이 줄어드는 현상이 처음 나타났다. SMIC는 화웨이 반도체 위탁생산하는 중국 최대 파운드리이자 세계 5위의 파운드리 회사이다.

<미국의 화웨이와 SMIC반도체 기술 제재>

중국이 수입한 전체 반도체를 전체 반도체 시장 규모로 나누면, 2020년 80%이다. 중국의 최대 수입 품목에서, 2015년 이후 반도체가 석유 수입을 초과하였다. 2020년 중국 반도체수입이 1500억불이 석유 수입보다 많다. 중국 무역 흑장 중에서 절반 정도 금액이 반도체 수입 금액

정도로 엄청나다.

중국이 미국 제재를 받으면 반도체 때문에 중국 IT업체가 죽는다고 생각하는데, 여기에 키는 애플이다. 즉 미국이 중국에 주문하면, 중국이 한국, 독일, 프랑스 등에서 부품을 사다가 조립해서 미국에 준다. 애플 전체 제품의 90%를 중국이 만들어 준다. 미국이 관련 부품을 중국에 못 들어가게 막으면 애플이 문제가 되는 상황이다. 스마일 커브[21]를 보면 기술전쟁, 통상전쟁은 양 끝단의 중국 약점을 노리지만, 문제는 가운데 있는 원가전쟁 즉 제조에서 중국과 손절할 수 없다는 것이다. 기술전쟁에서 미국의 약점이 원가이다. 반도체 공급망을 보면, 미국이 디자인, 장비 등에서 최고 기술을 갖는 것은 맞지만, 생산, 원재료 조달은 아시아가 우위에 있다. 반도체 공급망 자체가 아시아를 배제하고는 미국 반도체 산업이 존재할 수 없는 치명적 문제가 존재한다.

(5) SMIC 재정 현황

SMIC는 미국의 제재에도 2021년도 사상 최대의 매출액(54억불)을 기록하였다. 작년 매출액(38억불) 39%가 증가했다. 순이익율은 31%로 최근 10년 동안 가장 높았다. 미국 제재가 SMIC을 실제적으로 좌초시켰다고 볼 수 없다. 2019년 이후 웨이퍼 생산 캐퍼 및 ASP(웨이퍼 한 장당 매출)가 계속 증가했다. 21년 4분기 매출 총이익율[22]이 35%, 작년 동기는 18%로 두 배 이상 늘었다. 매출액 대비 R&D 비중이 크게 감소하는데 이는 미국 제재가 원인인 듯하다. 14nm 이하의 첨단장비, 재료 등을 미국 제재로 구매하지 못했기 때문이다. 매출액이 크게 증가한 이유로 설비를 투자 했지만, 부채 구조가 안정적으로 현금 흐름도 계속 늘어날 것으로 보인다.

2021년 4분기 재정 수입의 중국 비중이 68%로 8%p 늘어남에 따라

21) Smile Curve상 “브랜드+기술” 차지한 미국, 중국의 “원가”를 무기로 “브랜드+기술” 진출, 양극단진출 억제는 필연

22) 매출총이익(Gross Profit) : 은 손익계산서 상의 항목으로서 제품 혹은 서비스를 생산할 때 얼마나 효율적으로 생산했는지, 즉 원가관리의 효율성을 나타내는 항목으로 회사가 제품을 만들고 판매하는데 드는 비용 또는 서비스 제공과 관련 비용을 공제한 후 얻은 이익

대미 수출은 20%대이고 다른 아시아 지역은 12%이다. 미국 등 비중이 줄어든 대신 중국 비중이 늘어났다. 미국으로부터 반도체 제재를 받아 SMIC에 주문을 몰아 주는 것으로 볼 수 있다. SMIC는 미국, 아시아 지역 주문이 줄어도 기업 경영에 지장이 없음을 알 수 있다.

SMIC는 스마트폰 31%, 가전 24%으로 TSMC에 비해 비중이 높다. TSMC는 통신 비중이 월등히 높지만 SMIC의 반도체 주력 분야가 어느 분야가 될지 예상이 가능하다. 생산 노드별 매출 비중은 가장 기술력이 앞선 양산 노드는 28nm/FinFET으로 2021년도 4분기 18.6%이고 가장 높은 비중은 55/65nm(26.8%), 0.15/0.18μm(28.6%)이다. 가동율은 99.4%으로 2021년 2~3분기는 100%를 초과하였다. 아마도 설비투자와 생산캐퍼를 계속 늘리고 있다고 볼 수 있다.

SMIC의 그로스 마진이 35%로 작년의 두배 좋아졌지만 TSMC, UMC, GF에 비해 낮다. 중국 기업 치고 수익성이 좋다는 것이지 글로벌한 입장에서는 아직 많이 부족하다. 가동율이 높아 파운드리 업계는 공급부족, 리드타임 증가 때문에 호황이지만 8인치 기준으로 ASP(웨이퍼 한 장당 매출)을 보면, TSMC의 기술 수준이 월등히 높다는 것을 알 수 있다. 향후 그로스 마진은 38%이상 좋아질 것으로 예상이 되고 매출은 2%이상 증가할 것으로 전망된다. 다만 미국 제재로 장기 성장 가능성이 낮아 주가가 크게 오르지 않을 것 같다. 만약 시설투자 마저 잘 이뤄지지 않으면 성장률은 떨어질 가능성이 높다.

제6절 자동차용 반도체 공급부족

세계적 회사도 하이그레이드 차는 6개월 ~ 1년 정도 대기해도 물건을 받을 수 있을지 불명확한 상황이다. 가장 큰 문제는 차량용 반도체로 NXP, 인피니언 등 회사들의 생산능력이 수요를 못 따라가고 있다. 세계 차량용 반도체 시장 점유율의 55%이상이 NXP, 인피니언, 르네시스가 차지하고 있다. 또한 차량용 반도체 및 자동차 생산 수출 점유율에 31.4%가 미국이 차지하고 있다.

일반 반도체, 고성능 반도체로 나누어지며, 일반 반도체는 인피니언, NXP, 르네사스 등으로 공급하고 통신 등 고성능 반도체는 삼성전자, TSMC가 공급하고 있다. 이번에 터진 자동차용 반도체 공급 부족 사태는 일반 반도체 회사들이 도요타, 폭스바겐, 현대차 등 수요기업의 반도체 수요를 따라가지 못하는 상황이다. 일반반도체 회사는 코로나에 의한 수요 감소를 예상하고 라인을 줄였지만, 실상은 혼자하는 생활 패턴의 변화로 자동차 수요가 증가하고, 전기차 등 신에너지차 출현에 따른 자동차 전장화로 반도체 칩 수요가 늘어났다. 일반 반도체 회사들은 8인치 등 구형 설비로 차량용 반도체를 생산하는데, 미래산업에는 도움이 안되므로 증설하지 않는 상태에서 반도체 칩 가격이 상승하는 상황을 즐기고 있다.

반도체 주문 후 받을 수 있는 기간을 리드타임이라고 한다. 2022년 반도체 리드타임은 25.8주로 최근 5년 동안 역대 최고 이었다. 이러면 가수요가 계속 발생하여 반도체 가격이 계속 상승하게 된다. 아마도 코로나19의 최대 수혜주가 반도체이지 않나 생각이 든다. 2010년 이후 최대 성장률 297% 을 기록한 반도체 시장은 계속 성장할 것이라 생각된다.

<글로벌 fab capa 전망>

웨이펑 생산량에서 중국 비중은 12%(2020년)에서 17%(2025년)까지

상승 전망이다. 여기에 한국은 16%에서 18%로 2% 늘어날 것으로 예측 된다. 중국의 반도체 생산 기지화 되는 것이 예측 되고 미중 기술 전쟁 상황에서 반도체 회사가 좌초되지는 않을 것이다.

2024년 성장은 최첨단 로직 및 파운드리, 생성AI 그리고 애플리케이션의 용량 증가, 반도체 칩에 대한 수요 회복이 주도 될 것이다. 다만 미국 제재로 장기 성장 가능성이 낮다. 중국은 전 세계 반도체 생산 점유율을 높일 것으로 보이고 대만은 2023년보다 생산량을 더 높일 것으로 보인다. 한국은 2023년 칩 생산능력에서 3위를 차지하였다. 2024년 한국은 FAB을 하나 더 증가 할 것이다. 일본은 생산능력이 꾸준히 따라와 준다면 생산능력은 2% 증가 할것으로 예상된다. 시설투자가 잘 이뤄지지 않으면 성장률은 2023년보다 떨어질 가능성이 있지만 순이익 증가율은 2024년 모멘텀이 줄어 들 수 있다.

<안드로이드 최강 AP>

놀랍게도 디멘시트를 만드는 미디어텍의 2021년 3분기 AP 점유율은 무려 40%로 육박했다. AP에는 코어텍스 X2빅코어 한 개와 A710미들코어 3개 A510리틀코어 4개로 구성되어있다. 미디어택과 스냅드랜곤 모두 ARM V9기반인데 CPU에서 두 사이의 성능차이가 크다.

삼성과 TSMC는 같은 EUV 장비로 제조를 한다. 그렇지만 ASML EUV 장비 등 초미세공정 제조장치를 다루는 기술과 노하우가 TSMC가 아직 뛰어나다고 볼 수 있다. EUV 개발 초기에 TSMC가 관여한 것을 고려해보면 그 분야 노하우가 삼성 파운드리보다는 뛰어나다. 그렇기에 삼성파운드리에서 제조한 AP보다 수율이 좋게 나온 것이다. 사실 삼성4nm와 TSMC 4nm 가 기술적으로 공정차이가 있다. 결국 같은 기반의 CPU인데도 성능 차이가 나는게 현실이다.

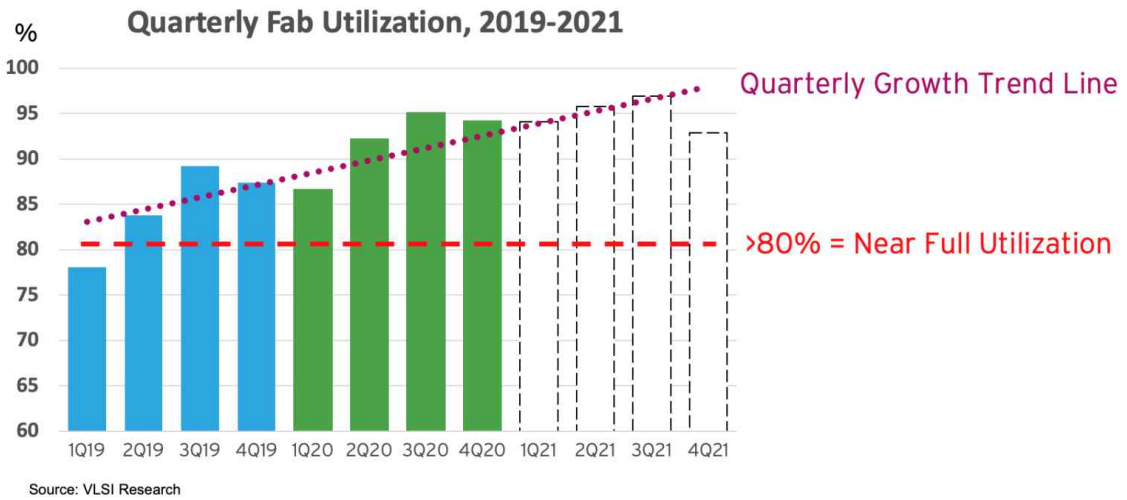
그럼에도 디멘시티가 현존 AP의 최정점은 아닌 이유는 GPU 문제가

있기 때문이다. 이번에 들어간 ARM G710는 생각보다 준수한 성능으로 보인다. 성능은 조금 낮지만 TSMC 제조역량으로 전력소모량은 퀠컴 아드레노(GPU)보다 낫고, 발열도 적다. 퀠컴 자체제작 아드레노 730은 삼성파운드리 4nm공정으로 생산된다. 한편 쿨링시스템이 미적용된 테스트용 제품으로 벤치마킹을 한 것 같다. 만일 쿨링시스템이 잘 적용된 폰에 들어가면 평균 프레임이 훨씬 잘 나올 가능성이 존재한다.

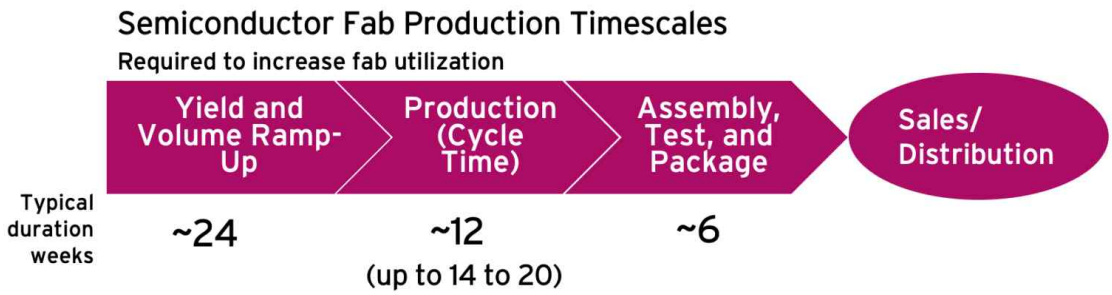
그럼 스냅드래곤은 생산을 TSMC에 맡기지 않고 삼성파운드리에 맡겼을까? 답은 간단하다. 스냅드래곤이 탑재된 비싼 안드로이드 폰은 삼성이 많이 판매하기 때문이다. 애플폰은 자체 제작한 AP를 사용하고 있는 것과 같다고 볼 수 있다.

제7절 반도체 대호황 사이클의 시작

보통 반도체 생산 가동률은 80%이나 2020년 코로나 펜데믹 부족 기간 동안 모든 분기 90%를 초과했습니다. 현재 추가적인 생산 여유가 전혀 없는 상황이다. 반도체 산업은 증가하는 수요를 충족하기 위해 단기적으로 최대 용량으로 팹을 운영하고 있습니다.

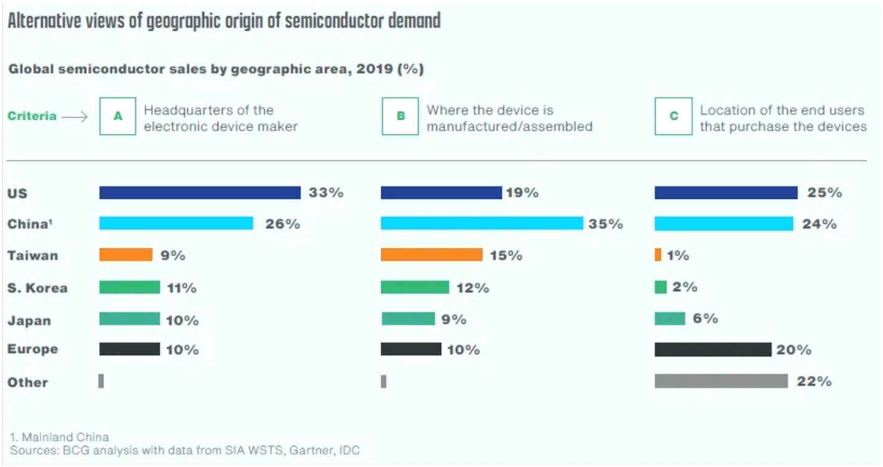


현재 최고 사양의 반도체 생산 기업은 5개 이하로 줄었고 반도체 생산 리드 타임이 최소 6개월이다. 이 말을 반도체 수요에 공급이 바로 될 수 없다. 아래 테이블은 고객이 주문한 시점부터 최종 반도체 제품을 받기까지의 리드타임은 최대 26주까지 소요된다는 이야기이다.

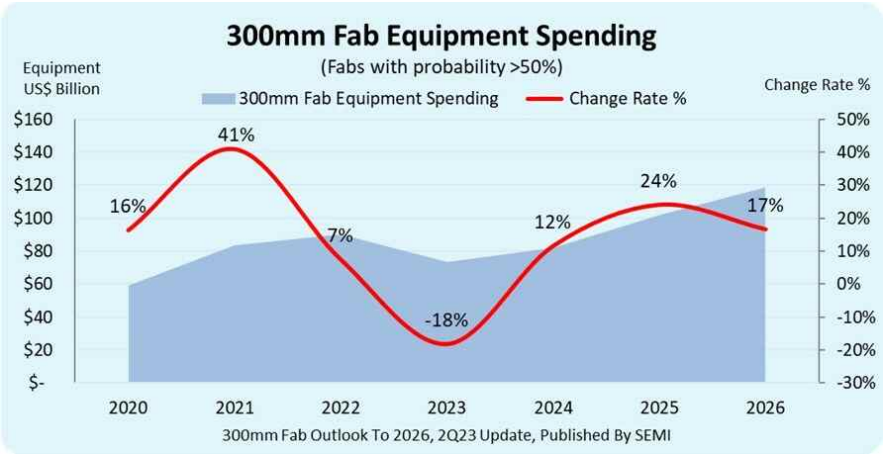


반도체 공장 가동률이 이미 90%를 넘었기 때문에, 추가 생산을 위해서는 공장을 신축해야 하는데 라인 공정에 필요한 장비가 50개 종류 이상이고, 여러 업체가 생산하기 때문에 이들을 모아서 설치하는데 시간이 많이 소요된다. 또한 재료도 굉장히 많이 필요하다.

반도체 제조에서 10nm 미만의 최첨단 비중이 5%도 안되는데, 이 제조를 할 수 있는 기업은 TSMC와 삼성뿐이다. 즉 10nm 반도체는 대량생산 자체가 불가능하다. 반도체 제조와 조립은 미국이 아닌 한국과 대만이 가능하다. 결국 이들 국가가 아니면 반도체를 공급할 수 없다. 반도체 제조/조립 지역은 미국이 19%이고 나머지는 아시아와 유럽이다. 반도체 구매는 아시아가 55% 정도이다. 반도체 생산과 소비에서 아시아는 중요한 시장이다. 미국이 전체를 감당할 수 없는 상황이다. 특히 10nm이하 첨단제품에서 미국은 아무것도 할 수 없다고 본다.



2021년 ~ 2022년 사이 중국은 8개, 대만이 8개 등 사상 최대 반도체 공장 건설 붐이 일고 있다. DRAM 평균판매 가격도 더 상승할 것이라고 생각된다. 전형적인 4년 주기 사이클에 따라 경기도 호황세이고 300nm의 첨단 반도체 투자도 상승할 것이라 예상된다. 파운드리와 메모리 부분은 광범위한 최종시장과 애플리케이션 전반에 걸쳐 수요가 강하게 나타날 것이라 생각된다. 이로 인해 아시아 한국과 대만은 팹장비에 대한 투자가 강하게 일어날 것이고 미국은 장비지출이 두배 가까이 증가할 것으로 본다.



반도체 설비 투자와 반도체 웨이퍼 투자 사이의 갭이 있는데, 반도체 웨이퍼 산업은 이제 상승 시작하였다.

제5장 마무리 및 시사점

우리를 지금까지 반도체 공급망 가치사슬에 따른 국가별, 기업별 경쟁 구도를 확인할 수 있었다. 반도체 팹리스(설계)에 경쟁우위를 바탕으로 미국기업이 시장을 선도하고 있으며 대만도 일부 상위 기업이 존재하고 있다. 반도체 설계 IP는 주로 영업비밀로 보호하고 있어, 매출과 특허신청량과의 상관관계는 낮다. 반도체 파운드리(제조)에서 경쟁하고 있는 대만과 우리나라는 초미세공정, 차세대트랜지스터 개발 차세대 패키징 개발에 그리고 조립과 테스트에 중국과 대만의 경쟁이 가속될 것으로 보인다.

우리를 둘러싼 시스템반도체의 경쟁 구도상 미국과 긴밀한 협력이 중요하다. 미국 주도의 반도체 작업반에 참여하여 미국과 협력은 매우 중요하며 더욱 강화될 필요가 있다. 미국은 반도체 장비, EDA(반도체 설계 소프트웨어) 등의 핵심 공급국이자, 중국을 견제를 위해 일본, 대만, 네델란드 등과 동맹을 추진하고 있다. 우리는 미국과 이들 동맹국으로부터 80% 이상 장비, 소재를 의존하고 있다. 우리를 견재하는 대만과 기술경쟁을 통한 상생전략을 펴고 소부장의 강점인 일본은 지속적인 교류를 통해 반도체 국산화를 지속 추진해야 한다.

미국의 대중 견제가 강화될수록 미국의 중요성은 더욱 증대된다. 우크라이나 사태로 미국이 동맹국과 러시아 반도체 수출통제 조치를 취함으로써 우리나라의 대 러시아 수출에 타격이 예상된다. 미국은 우리나라가 전략적 가치가 있다고 판단하고 있으며 지속 협력을 제안하고 있다. 10nm이하 첨단 시스템반도체를 생산할 수 있는 나라는 대만과 우리나라 뿐이다. 현재 미국은 대만에 첨대 시스템반도를 지나치게 의존하고 것을 우려한다. 시스템반도체는 군사, 경재 안보의 핵심으로 미국도 우리나라와 반도체협력에 긍정적인 반응을 보일 것이다.

미국-일본-대만 간 반도체 연합구도는 우리의 입지를 크게 축소시킬 가능성이 높다. 특히 2019년 일본의 반도체 수출규제는 언제든 재발할

가능성이 있어 대만, EU 등과의 협력관계를 최대한 유지해야 한다고 본다.

<참고자료>

CHIPS and Science Act of 2022 - section - by - section

CHIPS for America Act(2020) : 미국 반도체 법

2021 STATE OF THE U.S. SEMICONDUCTOR INDUSTRY

株式会社富士キメラ総研(2017)

특허정책의 변화와 특허의 활용에 관한 연구

산업기술안보 관점의 국가 전략목적기술(CPT) 도입과 정책방향

Global 300mm Fab Equipment Spending Forecast to Reach Record $119 Billion in 2026, SEMI Reports

특허정책의 변화와 특허의 활용에 관한 연구 참조(박규호 교수)

나노 공정을 향한 반도체 공정 기술 로드맵(IMEC)

WWW.SEMI.ORG/2021.4

중국반도체산업협회(CSIA)

www.semiconductors.org

KOTRA 도쿄무역관 및 WIKIPEDIA SEMICONDUCTOR INDUSTRY

미국 반도체 산업현황 분석 보고서: 2020 State of the U.S. Semiconductor Industry