

미국 반도체 장비 기업의 성장과 시사점

강광욱, 연구전략실

- ❶ 반도체 장비산업과 시장
- ❷ 미국 반도체 장비 기업의 탄생과 성장
- ❸ 미국 반도체 장비 산업 육성의 시사점

미국 반도체 장비 기업의 성장과 시사점

강광욱*, 연구전략실

- ❶ 반도체 장비산업과 시장 / 1
- ❷ 미국 반도체 장비 기업의 탄생과 성장 / 4
- ❸ 미국 반도체 장비 산업 육성의 시사점 / 12

※ 본고는 강광욱 교수(미국 Salisbury University, Franklin P. Perdue School of Business)의
원고를 기반으로 작성

기계기술정책 원문 찾아보기

❶ 한국기계연구원 홈페이지-기술지원 탭-기계기술정책

❷ 웹페이지 : https://www.kimm.re.kr/pr_policy

※ 웹페이지에서 다운로드 시, 정기구독을 신청하시면 이메일로 받아보실 수 있습니다.

1. 반도체 장비산업과 시장

- 반도체 장비는 반도체 생산을 위해 준비하는 웨이퍼 가공을 포함해서, 칩 생산, 조립·검사에 활용되는 모든 장비를 총칭함
- 반도체 장비는 원재료인 웨이퍼를 개별 칩으로 분리하기 전 단계까지 웨이퍼를 가공하는 전공정, 최종 칩 형상을 만드는 조립공정과 불량률 검출/보완하는 검사공정을 포함한 후공정으로 구분
- 일반적으로 반도체 장비의 비중은 전공정 70%, 후공정 30%로 구성되며, 상대적으로 전공정 분야의 기술진입 장벽이 높음



<그림 1> 반도체 제조공정 및 공정별 대표 사용 장비

- 반도체 장비산업은 첨단기술의 집합체이며, 선진국이 주도하는 산업
- 반도체 장비는 기술집약적 산업이면서 기술수명 주기가 짧아 지속적인 연구개발과 신제품 개발이 필요하며, 수요량의 변동 폭이 큰 산업
 - 장비 기술수명은 3~5년, 글로벌 Top 5 장비기업 매출 대비 R&D 비중('18) 12%¹⁾
- 반도체 장비의 공급 시장은 선진국 소수 업체들이 주도
 - 미국, 일본 업체들로 구성된 글로벌 Top5 업체가 장비 공급 시장('18 기준 645억 달러)의 70% 이상 점유
- 중국은 반도체 굴기('14) 이후 글로벌 반도체 및 장비 업체 인수 강화

1) 한국수출입은행 해외경제연구소(2019.5) 이슈보고서 참고

- 반도체 장비산업은 선진국 소수의 글로벌 기업이 주도하는 전공정 장비와 반도체 생산국 등 다양한 기업들이 경쟁하는 후공정 장비 분야로 구분

세부 공정	전공정							후공정	
	감광액 도포	노광/현상	식각	이온주입 열처리	증착	CMP	세정	측정/분석	패키징
주요 해외 기업	TEL(일)	ASML(네) Nikon(일)	AMAT(미) TEL(일) Screen(일) LRCX(미)	AMAT(미) AMAT(미) TEL(일) LRCX(미) AMAT(미) TEL(일)	AMAT(미)	LRCX(미) TEL(일)	KLA(미) AMAT(미)	Hitachi(일)	Advantest(일) Teradyne(미)
주요 국내 기업	케이씨텍	세메스	세메스 APTC	주성 원익IPS 유진테크 테스 테라세미콘 AP시스템	케이씨텍	세메스 PSK 케이씨텍	오로스 Tech. SNU 프리시전	세메스 한미반도체 이오테크닉스 ***	엑시콘 유니테스트 *** "대부분 국내기업 포진"

<그림 2> 반도체 제조공정별 국내외 주요 기업

- 글로벌 반도체 장비 산업은 상위 10대 기업이 시장의 80% 점유
- 미국의 Applied Materials, Lam Research, KLA-Tencor 등이 42%, 일본의 Tokyo Electron Limited, Screen Semiconductor 등 22% 점유

<표 1> 반도체 장비기업의 글로벌 시장점유율

순위	업체명	국가	시장점유율 (2017년 매출)	'17 매출액 (US\$ Million)
1	Applied Materials	미국	20.9%	10,696
2	Lam Research	미국	15.9%	8,140
3	Tokyo Electron Limited	일본	14.1%	7,203
4	ASML	네덜란드	14.1%	7,186
5	KLA-Tencor	미국	5.5%	2,817
6	Screen Semiconductor	일본	2.7%	2,390
7	SEMES	한국	2.1%	1,049
8	Hitachi High-Technologies	일본	2.0%	1,031
9	Hitachi Kokusai Electric	일본	1.9%	972
10	Daifuku	일본	1.3%	690
	기타	-	19.5%	-
	합계		100.0%	-

* 자료: 가트너, 한국수출입은행 해외경제연구소(2019.5.) 재인용
2017년 매출액, <https://www.vlsiresearch.com>

- 국내 반도체 장비 시장은 38.5억 달러('17 기준)로 글로벌 시장의 9.2%²⁾를 차지하고 있으며, 대표적 기업으로 세메스 등 약 300개³⁾ 기업 존재
 - 국내 반도체 장비 기업은 상대적으로 진입장벽이 낮은 후공정 장비 분야와 증착 및 열처리 등 일부 전공정 장비 분야에서 기술경쟁력을 확보
 - * 노광장비, 측정분석장비 분야는 기술경쟁력 부족으로 시장진입 어려움
 - 반면, 연간 매출 5천억 원 이상 기업은 3곳에 불과하며, 경기 변동성이 큰 반도체 산업의 특성을 고려하여 디스플레이, LED, 태양전지 제조장비 사업을 함께 영위

<표 2> 국내 반도체 장비기업의 매출 규모

기업명	매출액 ('17, 억원)	비고	기업명	매출액 ('17, 억원)	비고
세메스(주)	20,251	5천억 원 이상 업체 (3개 기업)	(주)미래컴퍼니	1,753	1천억 원 이상 업체 (12개 기업)
AP시스템(주)	9,624		(주)유니테스트	1,638	
(주)원익IPS	6,309		(주)싸이맥스	1,623	
(주)이오테크닉스	3,762	2천억 원 이상 업체 (6개 기업)	(주)글로벌스탠다드테크놀로지	1,548	
(주)에스티아이	2,829		(주)에스티	1,504	
(주)테스	2,752		(주)프로텍	1,457	
주성엔지니어링(주)	2,725		(주)케이씨	1,232	
피에스케이(주)	2,515		(주)유진테크	1,188	
유니셈(주)	2,053		(주)디바이스이엔지	1,153	
(주)엘오티베콤	1,931		(주)뉴파워프라즈마	1,045	
(주)테크윙	1,852		(주)기가레인	956	-

주1) 한국반도체산업협회 등록사 중 세메스(주)를 제외한 유가증권, 코스닥 상장 기업 기준

주2) (주)에스티아이, (주)케이씨, (주)유진테크는 연결재무제표 매출 기준

- ☐ 본 보고서에서는 국내 반도체 장비 업체 육성 방안을 마련하기 위해 미국의 글로벌 업체 탄생과 성장 스토리를 정리하고 시사점을 제시함
 - 기존 연구에서는 국내 반도체 장비기업의 당면한 문제로 기술격차, 장비 업체의 영세성, 신규 장비 개발 경험과 납품 이력 부족 등을 제시
 - 본고에서는 미국의 글로벌 반도체 장비업체의 탄생과 성장과정을 정리·분석하고, 국내 반도체 장비산업 육성의 시사점 도출을 목표로 설정

2) marketsandmarkets, Semiconductor Manufacturing Equipment Market(2017), 연구개발특구진흥재단(2018.3.), 반도체 제조장비 시장 재인용

3) 자산 120억 원 이상 또는 자산·부채 각각 70억 원 이상인 외감기업 및 상장기업(2018 기준)

2. 미국 반도체 장비 기업의 탄생과 성장

가. 미국의 반도체 산업과 장비산업

□ 미국 반도체 산업의 시작

- 1874년 AC-DC Converter인 정류기(Rectifier)를 개발하면서 태동되었으며, 미국의 Bell Lab.에서 point-contact transistor(1947)*, Junction transistor(1948)**를 개발하면서 본격적인 트랜지스터 시대 시작

* John Bardeen, Walter H. Brattain가 개발, ** William Shockley가 개발

- 1959년 Texas Instrument는 기존 제안 기술을 통합한 최초의 Bipolar integrated circuit(IC)를 개발·상용화하였고, Robert Noyce*가 IC를 연결하는 방법을 발명하여 IC시대를 개척

* 1957년에 설립된 Fairchild Semiconductor 설립자

- 1967년 Texas Instrument는 IC를 활용한 전자계산기를 개발하여 IC산업 육성

□ 미국 반도체 업체의 탄생

- 트랜지스터 발명가인 Shockley는 1956년에 Shockley Semiconductor를 설립하였고, 여기서 근무하던 '8명의 배신자들(Traitorous 8)⁴⁾'은 당시 발명가이자 창업가였던 Sherman M. Fairchild와 함께 1957년에 Fairchild Semiconductor 설립⁵⁾
- Fairchild Semiconductor 출신의 Gordon Moore, Robert Noyce, Andy Grove가 1968년 Intel을 설립하였으며, 또한 Fairchild 출신의 Jerry Sanders외 8명이 Advanced Micro Devices (AMD)를 설립
- Fairchild Semiconductor 출신 그리고 이후 기업의 출신들이 지속적으로 분사(Spin-off)하여 새로운 반도체 제조 혹은 장비 업체를 만듦

4) William Shockley의 독단적인 의사결정에 반발하여 Shockley Semiconductor에서 나간 8명의 과학자를 의미하는 것으로 Shockley는 이들이 Shockley semiconductor를 나와 Fairchild semiconductor를 설립한 것을 못마땅하게 여기며 '8명의 배신자들 (Traitorous eight)' - Julius Bank, Victor Grinich, Jean Hoerni, Eugene Kleiner, Jay Last, Sheldon Roberts, Gordon Moore, Robert Noyce - 이라고 불렀다고 함.

5) Shockley에서 나온 8명은 당시 기업가였던 Fairchild와 함께 Fairchild semiconductor를 설립함

나. 미국 주요 반도체 장비 기업의 탄생과 성장

□ Applied Materials

- Michael A. McNeilly는 Applied Materials를 설립하기 전에 Union Carbide⁶⁾의 실리콘 관련 부서에서 근무하였으며, 3염화 실란(trichlorosilane⁷⁾)의 품질 검사⁸⁾를 하면서 실리콘의 화학적 공정과 향후 미래를 예상
- 1965년에는 Apogee Chemical을 설립하여 3염화 실란과 사염화실리콘(Silicon tetrachloride)를 생산
 - Apogee Chemical 초기에는 IC 기술의 정점이었던 Fairchild Semiconductor 회사와 관계를 가질 수 있었으며, Gordon Moore와 Bob Noyce(Intel의 창업자)를 비롯한 생산라인에서 근무하는 사람들의 친분을 쌓음. 이를 통해 직접 생산한 샘플을 뒷문을 통해 들여서 사람들에게 시험해보게 하고 괜찮은 성능이 나오면 바로 구매로 이어졌다고 함
- McNeilly는 Apogee Chemical를 떠나 1967년에 Applied Materials를 창업하게 되었으며, 초기 SiH₄⁹⁾라고 불리는 실란(silane) 제조 장비를 제작하여 Fairchild Semiconductor에 납품
 - Applied Materials을 설립할 당시 Gordon Moore(Intel, Fairchild 창업자)¹⁰⁾와 많은 이야기를 나누고 교류를 하며 도움을 얻음
 - Applied Materials의 설립 시에 Gordon Moore, Andy Grove, Bob Noyce, Jean Hoerini 등 Fairchild의 설립자 대부분이 Applied Materials에 투자
 - 당시 기존 반도체 제조업체들이 이미 반도체 제조 공정을 내재화하여 그들에게 판매가 쉽지 않았으나, Fairchild 등 다양한 반도체 제조업체들의 등장으로 제조장비의 시장에 진입할 수 있었음
- Applied Materials의 초기 인력들은 Fairchild, GE, 등에서 영입

6) Union Carbide는 Polysilicon의 대량 생산에 쓰이는 trichlorosilane을 공급하는 회사로, 차후 Fairchild의 창업중 한명이기도 한 Jean Hoerni가 Union Carbide Electronics에서 분사하여 만든 회사임

7) 반도체 부품의 소재인 규소를 만들기 위한 중간 원료(분자식 SiHCl₃)

8) 당시 Union Carbide는 trichlorosilane은 Texas Instrument를 비롯하여 GE, Dow, Monsanto 등으로 납품을 하고 있었으나 불량이 많아서 그것을 사전에 품질평가를 위한 공정을 개발함

9) SiH₄는 많은 CVD Film의 저온도 deposition을 하게하는 주요 물질임

10) Intel의 창업자 중의 하나로 Fairchild Semiconductor의 창업자였음. Applied Materials을 설립한 Michael McNeilly와 같은 화학자로 둘 간에는 상당한 학문적 관심이 있었을 것으로 추측됨

○ 기업의 성장 과정

년도	전략적 결정	세부내용
1967	설립	설립
1972	기업공개(IPO)	기업 공개
1984	일본과 중국시장 진입	일본에 기술센터를 개소한 미국의 첫 번째 반도체장비 제조사
1984		중국에 반도체 제조장비 서비스 센터를 운영한 첫 번째 회사
1987	제품 출시	CVD machine, Precision 5000
1996	이스라엘 회사 2개 인수	Opal technology - 175 million dollars - IC 생산과정에서 이용되는 초고속 계측시스템 개발 및 제조
		Orbot instruments - 110 million dollars - 패턴화된 실리콘 웨이퍼와 패터닝 공정의 마스크를 검사하는 시스템
2000	인수	Etec Systems Inc. - 전자 빔 리소 툴 제조
2001	인수	Oramir Semiconductor Equipment Ltd. - 21 million dollars - 반도체 웨이퍼 레이저 세정기술 공급자
2008	인수	Baccini - 솔라셀 제작에 활용되는 툴 설계
2009	신사업 추가	Solar Tech.: 세계에서 가장 규모가 큰 상업용 태양에너지 연구개발 시설을 중국에 설립
2009	인수	Semitool Inc. - 364 million dollars - 세정장비 기업
2011	인수	Varian Semiconductor - 이온 주입장치 제작
2013	인수 실패	Tokyo Electron (2013년에 인수 선언을 하였으나, 인수실패(2015))

□ Lam Research

- 1980년 David K. Lam이 자동화된 폴리실리콘 플라즈마 에칭장비로 Lam Research (California)를 설립
 - David K. Lam은 MIT에서 박사학위 이후, 1974년 Texas Instrument에 입사하여 Fab.과 플라즈마 에칭장비 프로젝트를 수행하고 이후 HP로 이직
 - 창업팀을 구성할 때 Applied Materials, HP출신 인력을 활용
 - 초기 사업모델을 구상할 때 Bob Noyce(Intel, Fairchild 창업자)로부터 도움을 받았으며 그의 지원으로 창업을 확신하였다고 함

- 당시 플라즈마 에칭장비는 많은 회사에서 개발을 하고 있었으나 대부분 R&D용으로 국한하여 사용함. 에칭기술 자체가 떠오르는 기술로 외부 노출을 꺼렸기 때문에 회사 밖으로 상용 판매하지 않음
- 최초의 제품은 창업 1년 후인 1981년에 출시하였으며(AutoEtch 480), 그때 실리콘밸리에는 많은 팹이 들어서 제품을 판매할 수 있었음. 첫번째 고객은 Trilogy였으며, 이후 Intel, AMD와 National에 판매
- 1981년 당시 미국과 일본이 반도체 시장을 양분하고 있었기 때문에 자연스럽게 일본 시장으로 진출을 꾀했고, Tokyo Electron과 50-50 joint-venture를 구성
 - Tokyo Electron에서는 당시 반도체 제조 공정의 신뢰성을 걱정하고 있었으며, 그들이 Lam Research의 산타클라라 공장을 방문하고, 장비사용 고객사를 만나 Lam Research 장비의 신뢰성과 재현성을 확인
- 기업의 성장 과정

년도	전략적 결정	세부내용
1980	설립	설립
1981	신제품 출시	AutoEtch 480, 자동 폴리실리콘 플라즈마 에칭장비
1984	기업공개	IPO on NASDAQ
Mid-80s	시장진입	대만-유럽, 미국, 일본의 고객지원센터 설립
Ear-90s	시장진입	중국, 한국, 싱가포르 시장 진입
1997	인수	OnTrack Systems Inc., CMP 세정에 특화된 칩 제조장비
2006	인수	Bullen Semiconductor(고순도 실리콘 잉곳 및 반도체 조립 장비 제조업체), 현재 Silfex Inc
2008	인수	SEZ AG(반도체 습식 세정 장비 제조회사), 현재 Lam Research AG
2011	인수	Novellus Systems(CVD 등 증착장비 제조)를 \$3.3B 인수 완료(2012)
2015		KLS-Tencor 인수(\$10.6B)를 시도했으나 실패
2017	인수	Coventor 노스캐롤라이나 거점의 반도체 및 MEMS 다바이스 설계와 제조공정을 시뮬레이션, 최적화 기술/툴 개발

□ KLA-Tencor

- 1975년 Ken Levy와 Bob Anderson이 결점조사장비 업체인 KLA를 설립 (California)한 후, 1997년에 KLA와 Tencor Instruments 업체 합병
 - Ken Levy는 전기공학을 전공하면서 Bell Labs에서 기술보조(Technical aid)로 근무
 - 대학 졸업 후 비행시뮬레이터를 만드는 Link Aviation에 입사하여 경험 축적
 - * 아폴로 시뮬레이터, 달탐험 모듈, 그리고 F4의 이륙 및 착륙 시뮬레이터 작업에 참여하면서 시스템, 디지털화, 광학 등의 다양한 분야 경험
- Ken Levy는 Link Aviation에서 퇴사한 선배들이 설립한 컴퓨터 주변기기 업체 Computervision에서 반도체 장비 사업을 이끌게 됨
 - 당시 첫 제품은 자동 포토마스크 조정장치로 현재 노광장치(stepper)의 전신이 되는 제품이었음. 기존 반도체 제조업체들이 현미경으로 웨이퍼를 정렬시키려 하였던 것에 반해 해당 공정을 자동화하는 장비 개발
 - 웨이퍼 마스크 장비기술을 보유한 Cobilt를 인수하고, 회사 운영을 위해 서부로 이주하면서 Intel 창업자인 Bob Noyce, Gordon Moore, Andy Grove와 친분 형성
 - 당시 미국에는 IBM과 Texas Instrument가 반도체 제조업체였는데, 그들의 경우 이미 반도체 장비를 만들 수 있는 기술과 노하우 그리고 인력을 충분히 갖추고 있어 외부 도움은 거의 필요 없었음. National Semiconductor가 새롭게 설립되면서 이 기업에 제품을 납품
- 미국 경제가 오일쇼크로 휘청거리면서 Computervision은 컴퓨터 보조공학 (Computer aided engineering) 분야에 집중하기로 함에 따라 Cobilt¹¹⁾를 이끌고 있었던 Ken은 반도체 산업의 미래를 예측하고 KLA를 설립
- KLA은 회사의 제품군 확장과 고객들에게 다양한 솔루션을 제공할 기회를 찾기 위해 Karel Urbanek이 설립한 Tencor Instruments와 합병
- 주요 연혁

년도	전략적 결정	세부 내용
1975	설립	KLA Instruments 설립(by Ken Levy and Bob Anderson)
1977	설립	Tencor Instruments 설립(by Karel Urbanek and John Schwabacher)
1997	합병	KLA와 Tencor Instruments 합병

11) Ken의 창업이후 Computervision은 반도체 장비 분야를 팔기로 하고 전체를 Tokyo Electron에 매각함

년도	전략적 결정	세부 내용
1998	인수	Amray Inc. - SEM(scanning electron microscope) 시스템 제작 Nanopro GmbH - 반도체 측정에 사용되는 첨단 간섭계 기술 Keithley Instruments, Inc.의 Quantox product line 인수 VARS Uniphase의 자회사인 Ultrapointe-
1999	인수	ACME Systems Inc.(대만) - 웨이퍼 정렬 수율 분석 S/W
2000	인수	ObjectSpace Inc.로부터 Fab Solutions 사업부문을 인수: 반도체 제조공정에서 공정제어 S/W 솔루션 개발 부문 FINLE Technologies, Inc. - 리소그래피 모델링과 분석 S/W
2001	인수	Phase Metrics - 검사 및 계측 S/W
2004	인수	Candela Instruments - 광학 표면 검사 시스템 제조 InspeX, Inc.로부터 웨이퍼 검사시스템 부문 인수
2006	인수	ADE Corporation - 측정 및 검사 시스템 제조
2007	인수	OnWafer Technologies - 리소그래피 및 플라즈마 기술 제품 SensArray Corporation - 온도 측정시스템 개발 Therma-Wave Corporation - 반도체 공정 제어 및 측정시스템
2008	인수	ICOS Vision Systems Corporation NV - 패키징 및 인터커넥트 검사 솔루션 개발 Vistec Semiconductor Systems의 마이크로전자 검사장비 부문
2010	인수	Ambios Instruments - 웨이퍼 표면 측정 및 분석 장비
2014	인수	Luminescent Technologies - 리소그래피 개발과 검사 솔루션
2017	인수	Zeta Technologies - 계측시스템, 결함 검사시스템
2018	인수	Keysight Technologies로부터 Nano Indenter product line 인수 Nanomechanics Inc., MicroVision 등 인수
2019	인수	Orbotech, Ltd., - 자동광학검사시스템과 PCB 생산용 이미지 솔루션 설계 CAPRES A/S, - 반도체 생산공정 모니터링을 위한 프로브 기술 MicroSense - 반도체 웨이퍼 측정 장비 Filmetrics Inc. - 박막 측정장비 및 시스템 Goniac GmbH - 리소그래피 및 패터닝을 위한 공정 및 제어 최적화 기술

□ Teradyne

- 1960년 MIT 출신의 Alex d'Arbeloff와 Nick Dewolf가 Test 장비기술로 Boston 다운타운에 Teradyne을 설립하고, 이후 실리콘밸리로 진출
 - Alex d'Arbeloff와 Nick Dewolf은 1940년대 후반 MIT에서 함께 ROTC 과정을 통해 알게 됨
 - Nick은 GE와 Transitron이라는 반도체 업체에서 근무를 하였으며, Alex는 필름 처리장비 회사에서 근무하면서 장비 산업에 관심을 가짐

- 이들은 전자장비의 대량생산시 testing 과정에서 병목 현상이 일어날 것으로 예상하고 자동화 설비를 개발함. 최초의 제품은 로직 제어 다이오드 테스터로 Raytheon에 납품
 - 당시 6개 정도의 테스트 장비 업체가 있었으며, 심지어 Fairchild와 Texas Instrument의 경우는 내부적으로 테스트 장비를 생산·활용하거나 직접 판매를 하는 상황이라 기존 기업보다는 새로운 반도체 업체들에게 검사장비 제공
- 1967년 부터 일본 시장에 진입하기 위해 노력 하였으나 법규 등으로 인해 한정적인 부분(생산은 할 수 없고 제품의 판매와 서비스)에 한해 비즈니스 전개
 - 일본 시장에 진입하여 일본 내에서 경쟁을 가져간 이유는 1) 일본 시장에 진입할 수준의 시장 규모였고 2) 일본 기업들과 일본 내에서 경쟁함으로써 일본 기업들이 국제시장에 대한 관심을 두지 않게 하려는 전략이었음
- Teradyne의 경우 타 제조업체에 비해 상대적으로 빠른 선도전략(First mover) 전략을 전개하여 유럽시장, 일본시장 등에서 경쟁 우위를 확보하려는 전략을 추진
- 2000년 이후 경쟁이 심화되자 새로운 기술을 빠르게 도입하기 위해 기업을 인수하는 전략을 적극적으로 전개
- 기업의 성장 과정

년도	전략적 결정	세부내용
1960	설립	보스톤 MA
1963		유럽 시장 진출
1967		일본 시장 진출
1969	인수	디지털 반도체 검사시스템 개발을 위한 Triangle Systems 인수 Teradyne Dynamic Systems 출시
1970	기업공개	IPO
2008	인수	Eagle Test and Nextest Systems - 검사 솔루션 제조
2011	인수	LitePoint: 무선 디바이스 개발 및 제조를 위한 첨단 검사 솔루션
2015	인수	Universal Robots 인수
2018	인수	Mobile Industrial Robots (MiR) and Energid 인수를 하여 자율 모바일 로봇과 모션 제어 및 시뮬레이션 소프트웨어를 포함하여 산업자동화 사업 확장

□ Kulicke and Soffa

- Fred Kulicke와 Albert Soffa는 엔지니어로써 기존 회사 시스템에서 벗어나 수요자가 원하는 제품을 만들어 판매하고자 1951년에 Kulicke & Soffa 설립
 - 두 명의 설립자는 Proctor Electric¹²⁾에서 함께 근무하며 케이크 믹서, 전기다리미 같은 제품 디자인을 하면서 친분을 쌓음
- 동 회사는 1956년 Bell Labs출신으로 노벨상을 받은 3명의 연구자로부터 초기 반도체 칩의 제조장비 제작을 의뢰받아 반도체 장비 분야에 처음으로 뛰어 들었으며, 세계 최초의 와이어 본더(Wire bonder)를 제작
- 반도체 산업이 급성장하면서 제품군을 와이어 본더에서 수동/반자동 웨이퍼 제조 장비, 웨이퍼 제조, 다이본딩을 비롯한 기타 다른 소형 도구로 확장
- 1960년대부터 지속적으로 연구개발에 매진해 왔으며, 펜실베이니아로 회사를 옮겨 제품 판매/서비스 부분을 함께 개소하게 됨. 또한 1960년대에 홍콩, 스위스, 이스라엘에 사무실을 개소하여 국가별 판매망을 갖추
- 1970년대 경제공황을 맞이하면서 반도체 제조를 제외하고 나머지 제품 분야를 정리하게 되며, 지속적인 연구개발로 업계 최초로 디지털 제어 자동 와이어본더를 1976년에 개발하면서 두각을 나타냄
- 1981년에 일본에 진출하여 도쿄에 Kulicke and Soffa (Japan) Ltd.를 설립하며, 1984년에 최고의 매출을 기록
- 1990년대에 들어서면서 지속적으로 회사를 확장하였으며, 2014년에 Lemelson Capital에서 인수

12) Proctor Electric 은 펜실베이니아 주 필라델피아에 위치하며 소형 가전제품에 특화된 회사였음. 세계 2차 대전 이후 미국의 경제상황이 나아짐에 따라서 Proctor Electric과 같은 가전제품 회사에서 개인의 요구에 맞는 특화된 전자제품을 생산하여 판매하였음

3. 미국 반도체 장비 산업 육성의 시사점

□ 반도체 장비 기업은 반도체 산업형성 초기 단계에 시장 진입 유리

- 앞서 살펴본 5건의 창업자 인터뷰에서 알 수 있는 공통점은 기존의 반도체 제조업체들이 이미 제조공정 및 연구개발 인력을 갖추고 있는 상황에서는 장비 시장에 진입하는데 상당한 어려움을 겪었다는 점
 - 실제로 IBM, Texas Instrument, Fairchild, Intel 등 반도체 업체의 경우 제조공정 기술 분야 자원과 인력을 갖추고 있었지만, 신생 반도체 장비 업체의 경우는 신뢰성 등의 문제로 인해서 기존 반도체 기업들이 쉽게 장비를 도입하기 어려운 문제가 존재
- 반도체 산업 초기에는 반도체 제조 대기업 외에도 다수의 기업이 적극적으로 시장에 진입하였으며, 이들 기업 모두가 완벽한 제조공정이나 장비를 갖추고 있지 못했기 때문에 신생 장비 업체들에게는 기회로 작용
 - 사례로 미국의 IBM, Texas Instrument 이후 National Semiconductor가 새롭게 설립되면서 KLA-Tencor의 제품 납품 기회 형성
- Klepper and Simons (1997)과 Gang et al. (2018) 연구에서 산업이 진화함에 따라서 기업들의 시장 진입이 일정한 패턴을 보인다고 실증 연구를 제공하였고, 산업의 초기에 기업들이 다양한 제품을 통해서 적극적인 진입 전략을 추진한다고 하였음
- 특히 산업이 자본집약적 산업이고, 대규모의 제조 공정으로 구성되어 있다면 산업 성장의 중반 이후에 진입하기가 어려워지는데, 이는 각 제조 공정의 세부 공정의 파라미터가 오랜 시간의 노하우를 거쳐 최적화를 이루어 왔고, 세부 공정을 바꾸려면 전반적인 파라미터의 대규모 수정이 필요하기 때문

□ 반도체 기업의 클러스터화는 기술과 인력의 스퍼illover 효과(Spillover effect) 창출

- 대부분의 반도체 장비업체들이 반도체 생산업체와 함께 위치하는 집적현상을 보이고 있음. Applied Materials, Lam Research, KLA-Tencor, Novellus의 경우는 캘리포니아에 위치하고 있음

- Fairchild로부터 시작된 대부분의 반도체 제조기업들이 캘리포니아에 위치하고 있기 때문에 대부분의 반도체 장비업체는 서부에서 창업함
 - Teradyne, Varian Semiconductor Equipment의 경우는 메사추세츠에 위치하고 있으며, 이는 많은 반도체 관련 기술이 MIT를 중심으로 연구가 진행되고 있기 때문으로 보임
 - 위의 사례에서 살펴본 업체의 창업 멤버가 대부분 반도체 제조회사 (Fairchild) 출신이며, 그들의 과거 회사들로부터 인력을 영입할 수 있었음. 전형적인 집적효과(Agglomeration effect)로 인력과 기술은 공식적/비공식적 교류를 통해서 자연스럽게 이루어질 수 있었던 것으로 판단
 - 반도체 장비업체의 경우, 반도체 제조기업에 생산 장비를 납품해서 실제 공정에 적용해 보는 사례가 중요한데, 공식적/비공식적 채널 등을 통해서 쌓은 네트워크를 활용하여 개발 제품 및 기술을 적용해 보는 기회를 만듦
- 기존 반도체 제조업체들의 설립자들이 반도체 장비 신생기업에게 도움을 줌
- Teradyne의 경우, Fairchild와 Texas Instrument를 통해 그들의 장비를 납품하는 등의 연계를 가짐
 - Applied Materials의 경우, Michael이 설립할 당시 Fairchild Semiconductor의 8명 설립자 중 3명(Gordon Moore, Bob Noyce, Jean Hoerni)이 실제 회사 설립에 많은 조언 및 도움을 주는 동시에 직접 투자
 - KLA-Tencor의 경우, 회사 창업 당시 Gordon Moore, Bob Noyce, Andy Grove가 도움을 줌
 - Lam Research 역시 초기 사업 모델 설정시 Bob Noyce의 도움을 받아서 확신을 가지고 사업을 추진할 수 있었다고 함
- 기업의 성장방법으로 M&A(인수합병)를 적극 활용
- 반도체 산업이 시작되고, 그 응용분야가 급격히 늘어남에 따라서 반도체 관련 기업들도 자연스럽게 성장함. 기업의 규모나 범위가 늘어나는 동시에, 새로운 디자인의 제품을 통해서 다수의 새로운 기업들이 시장에 진입

- 미국의 반도체 장비 업체의 주요 전략을 살펴보면, 시작은 기존 반도체 제조기업에서 기술의 잠재력을 보고 분사한 형태로 시작되었지만, 빠르게 변하는 반도체 제조기술을 따라 잡기 위해서 적극적인 인수 전략을 전개
 - 기업이 인수 전략을 추진할 경우 인수하려는 기업과 인수 당하는 기업 간에 정보의 비대칭성이 존재하게 되고, 인수 기업의 명확한 가치와 인수 후 두 기업의 시너지 효과를 높이기 위해 이러한 정보 비대칭성 극복 노력 필요
- 기업 연합조직(SEMATECH)을 설립하여 연구개발·제조공정 개선에 공동 대처
- 1980년대 일본의 반도체 업체들이 기술적·가격적 우위를 가지고 미국 시장에 진입하면서 이에 대해 미국 정부 및 반도체 기업들은 기업 연합조직을 통해 대응
 - 1986년 US-Japan Semiconductor Agreement를 통해 일본기업의 DRAM 미국 수출을 제한하였으며, 미국정부와 14개 미국 반도체 기업들의 컨소시엄인 SEMATECH (Semiconductor Manufacturing Technology)을 구성하고, 미국 반도체 생산공정의 효율성(생산원가 인하 및 생산수율 향상) 향상에 목적
 - 정부와 반도체 업체간의 컨소시엄을 구성하여 반도체 장비 기술을 개발토록 하였으며, 정부-산업계의 컨소시엄이 새로운 협력 모델이 됨
 - 최초 5년 간 미국정부 (US Department of Defense, Defense Advanced Research Projects Agency)로 부터 약 \$500 백만 달러를 지원받음. '경쟁력이 없는 모든 것들을 바꾸라'라며 모든 공정 상에서 효율성을 증가시킬 수 있도록 반도체 장비업체를 지원하였으며, 수평적이며 자율적 연구 환경을 조성
 - 처음에는 각 참여 업체들이 최고의 연구자들을 보내지 않아서 충분한 성과를 내지 못했다는 비판도 있었으나, Robert Noyce 이후에 새롭게 CEO가 된 Spencer (Xerox출신)가 각 업체들에게 최고의 연구자들이 모여 연구할 수 있게 하고 그들이 돌아갔을 때 각 업체들에게 최신의 기술을 전수할 수 있도록 노력함. 각 회원사 CEO의 전폭적인 지원을 받음
 - 이후 1990년대에 들어서면서 미국의 반도체 기업들이 시장에서 경쟁력을 갖추자 미국 정부의 지원을 더 이상 받지 않은 가운데 회원사들이 공동으로 연구개발을 부담하며, 해외에서 공급을 담당하는 주요 회사들의 참여를 허락함

- 최근 SEMATECH은 기업, 미국정부 (Department of Energy), 뉴욕주와 함께 The Photovoltaic Manufacturing Consortium을 새롭게 구성하여 태양광소자의 제조기술에 대한 연구를 진행하고 있음
 - 초기 기업들의 경쟁력이 약하거나 산업의 성장 초기에는 정부가 관련 생태계를 조성하는 역할을 맡음
- 미국 반도체 제조장비 업체의 성장 사례를 통해 본 국내 반도체 제조장비 업체 육성을 위한 제언
- 한국은 글로벌 반도체 제조업체를 보유하고 있으며, 반도체 생산 대기업에서 장비기술을 갖춘 인력이 쉽게 창업하고 도전할 수 있는 환경 마련과 지원 필요
 - 우리나라의 경우 반도체 생산기업 혹은 장비기업에서 분사한 창업기업을 과거에 몸담았던 기업에서 적극적으로 지원하는 문화 및 생태계 조성 필요
 - 미국의 SBDC (Small Business Development Centers)와 같은 형태의 정부지원 프로그램을 도입하여, 반도체 제조기업의 퇴직자/경험자를 멘토로 하여 창업시 기술적 도움을 주는 프로그램 운영 필요
 - 우리나라 인수합병 시장은 선진국에 비해 발달되지 못한 한계점이 있으나, 반도체 장비기업의 경쟁력 강화와 해외시장의 적극적인 기술 방어를 위해서는 인수합병(M&A)가 활성화되는 제도와 지원책 마련이 필요
 - 반도체 생산기업 및 장비기업의 직접 개발(in-house R&D) 전략에서 원천기술을 보유한 글로벌 기업을 인수하여 시너지를 높이는 전략 전개
 - 정부차원의 인수합병 전문 사모펀드 조성 등 인수합병 시장 활성화를 위한 제도적 장치 마련 필요
 - 초기 기업들의 경쟁력이 약하거나 산업의 성장 초기에 정부는 반도체 장비 기업들의 성장 생태계를 조성하는 역할 강화하고, 성장 후에는 정부주도에서 민간으로 전환하여 사용자 중심의 제품 및 서비스가 지속 창출될 수 있도록 환경 조성 필요
- * (예시) 한국 기업의 HDTV 시장 초기에 정부가 민간기업을 지원하여 LCD와 PDP를 활용한 Flat Panel Display 기술개발을 지원함과 동시에 HDTV의 사용자 확산을 위해서 정책적으로 방송 표준 정립 지원

참고문헌

Company's 10K reports

- Applied Materials 10K reports 1994-2017
- Lam Research 10K reports 1995-2018
- KLA Tencor 10K reports 1994-2018
- Teradyne 10K reports 1994-2018
- Kulicke & Soffa Industries 10K reports 1994-2018

Website resources

- SEMI Oral History Interview, Alex d'Arbeloff
(<http://www.semi.org/en/About/P035275>)
- SEMI Oral History Interview, Nicholas DeWolf
(<http://www.semi.org/en/About/P036834>)
- SEMI Oral History Interview, Michael McNeilly
(<http://www.semi.org/en/About/P035091>)
- SEMI Oral History Interview, Kenneth Levy
(<http://www.semi.org/en/About/P034348>)
- SEMI Oral History Interview, David Lam
(<http://www.semi.org/en/About/P034568>)
- SEMI Oral History Interview, Stanley T. Myers
(<http://www.semi.org/en/About/P035091>)
- Lessons from Sematech
(<https://www.technologyreview.com/s/424786/lessons-from-sematech/>)
- Venture capitalist: A rise to riches
(<https://www.nytimes.com/1981/01/06/business/venture-capitalist-a-rise-to-riches.html>)
- The U.S.-Japan Semiconductor Agreement: Keeping Up the Managed Trade Agenda
(<https://www.heritage.org/asia/report/the-us-japan-semiconductor-agreement-keeping-the-managedtrade-agenda>)

Academic resources

- 한국수출입은행 해외경제연구소(2019), 반도체 장비·산업 동향, Vol.2019-이슈-12 (2019.5.)
- 한국기계연구원(2019), 중국의 제조업 부상 우리의 대응 전략 - 제조장비산업 경쟁력 강화 방안
- Klepper, S., and Simons, K.L. "Technological Extinctions of Industrial Firms: An Inquiry into their Nature and Causes," *Industrial and Corporate Change* 6(2) (1997), 379- 460.
- Gang, K.W., Jeong, M., and Park, M. "Industry shakeouts and product strategies: Lessons from the US laser printer industry," *Technology Analysis and Strategic Management* 30(10) (2018), 1182-1194.
- Moore, G. "Crossing the chasm: Marketing and selling disruptive products to mainstream customers, New York, NY, HarperBusiness (1991)
- Rothaermel, F.T. "Strategic Management 4th edition", McGrawHill (2018)

기계기술정책 발간 목록

제 목	작성 연월
70. 동남아시아 기계산업 동향 분석-베트남 편	2013.04.
71. 글로벌 3D 프린터 산업, 기술 동향 분석	2013.09.
72. 독일 기계산업 경쟁력 분석과 시사점	2013.11.
73. 기계산업 2013년 성과 및 2014년 전망	2013.12.
74. 2014년 기계산업이 주목해야 할 트렌드 분석과 시사점	2014.02.
75. 우리나라 기계산업 품목별 수출 시장 점유율 분석과 시사점	2014.04.
76. 우리나라의 TPP 참여에 대비한 기계산업 품목별 관세 전략 수립	2014.09.
77. 2014 미래기계기술포럼코리아 주요 내용과 시사점	2014.11.
78. 기계산업 2014년 성과 및 2015년 전망	2014.12.
79. 최근 기계산업 대일무역역조 개선의 원인과 시사점	2015.06.
80. 기계산업의 빅데이터 활용 동향 분석과 시사점	2015.10.
81. 우리나라 해양플랜트 산업의 문제점 진단과 경쟁력 강화 방안	2015.12.
82. 기계산업 2015년 성과와 2016년 전망	2016.01.
83. 건설기계산업의 문제점 진단과 경쟁력 강화 방안	2016.05.
84. 4차 산업혁명과 기계산업의 미래	2016.11.
85. 기계산업 2016년 성과와 2017년 전망	2017.02.
86. 신기후체제에 대응한 농촌 바이오가스플랜트 사업의 기회	2017.07.
87. 해외 선도 기관과의 기계기술 연구 분야 비교 분석	2017.11.
88. 산업용 로봇 시장 동향과 대응	2017.12.
89. 기계산업 2017년 성과와 2018년 전망	2018.01.
90. 새로운 시대 소통 역량: 4차 산업혁명 연계기술	2018.07.
91. 국방분야 생존성 향상 기술 동향	2018.08.
92. 차세대 디스플레이 마이크로 LED 기술의 부상과 시사점	2018.09.
93. 기계산업 2018년 성과와 2019년 전망	2019.02.
94. 중국제조 2025 주요 제조장비 개발 계획과 대응 전략	2019.06.
95. 한·중·일 공작기계 및 기계요소 수출경쟁력 분석 및 제언	2019.07.
96. 미국 반도체 장비 기업의 성장과 시사점	2019.12.

기계기술정책

Technology Policy for Mechanical Engineering

:: No. 96 미국 반도체 장비 기업의 성장과 시사점

| 발행인 | 박천홍

| 발행처 | 한국기계연구원

| 발행일 | 2019.12.

| 기획·편집 | 연구전략실

| 주소 | 대전광역시 유성구 가정북로 156

| 전화 | (042) 868-7682

