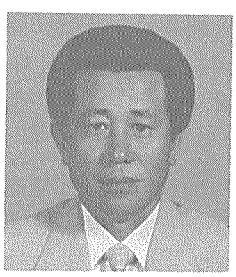
세계 반도체시장 전망



김 치 락
한국반도체장비협회 회장

반도체 제조장비의
시장도 반도체/DRAM
산업의 신장과 더불어 1983년
부터 급신장하기 시작했으며 금후에도
계속 급신장되리라고 판단된다.
반도체 제조장비 시장의 확대
즉 반도체 장비투자 규모의
거대화에는 두가지
요인이 있다.

1. 세계 반도체 제조장비 시장의 신장추세

VLSI사가 예측한 반도체 제조장비 시장추이에 의하면, 1989년에는 전년에 비해 17.1% 증가의 9,589백만불로 대단히 호조였으나, '90년의 시장은 전년에 비해 110,175백만불로서 성장률은 6.1%였다. '90년도는 제조장비 업계에 있어서 가장 적은 성장률을 보였으나, '91년 이후는 다시 시장의 고성장이 이루어질 것으로 기대된다.

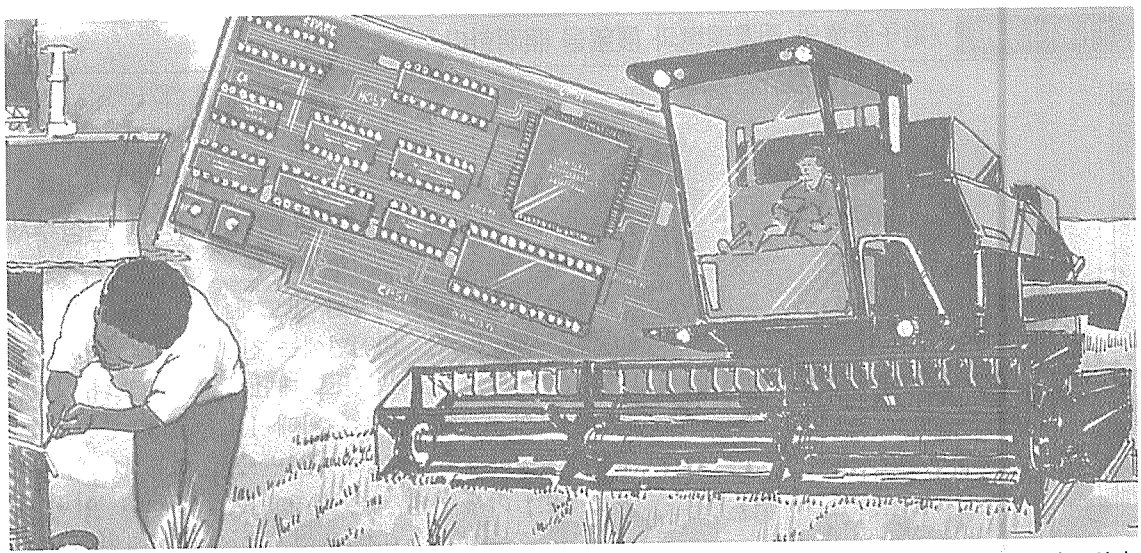
'92년도의 시장규모는 14,429백만불로서 호황을 맞을 것으로 예상되며, 특히 전공분야의 소요가 55.1% 증가에 이어 '92년도에는 59.6%의 증가를 나타내고 있으며, '94년도까지는 계속 신장할 것으로 예견되고 있다.

세계적인 무역 마찰을 해소하기 위해 외국의 현지 user대한 service강화로 각 반도체 업체는 외국의 현지 생산에 치중함으로서 해외투자(장비구매)가 증가할 것이다.

상기와 같은 사항에서 보면, 반도체 생산은 2년전부터 투자하여야 한다는 통념으로 생각하면 '90년~'91년에 대형 투자가 이루어질 것으로 간주되나 근래에는 세계 경제환경이 불투명해서 예측하기가 곤란하여 아직은 설비투자가 과감히 이루어지고 있지 않다.

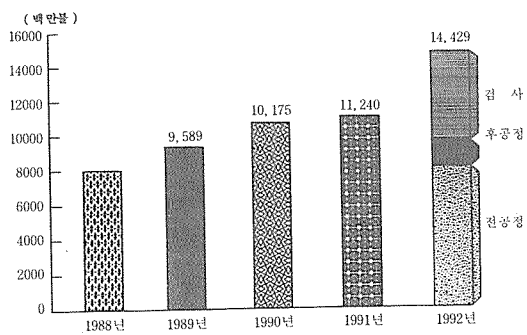
Device의 세대교체 시기를 살펴보면 1M DRAM은 이미 최저 상황에서 벗어나서 '92년까지 계속 생산될 것이며, 4M DRAM도 '90년 3/4 분기부터 본격적 양상단계에 돌입하고 있으나, 시장의 조성이 아직 미미한 단계이며 '91년도에는 시장이 조성될 것으로 기대하고 있다.

4M DRAM의 차기 Device인 16M DRAM도 순조로이 기술 이행이 시작되어 '90년에 Sample이 나왔으며, '92년에는 64M DRAM의 Sample이 나올 전망이다. 이러한 이유에서 '91년에는 Device의 세대교체(16M DRAM)가 이



반도체의 계속적인 기술의 발전은 기술의 혁신을 요구하고 있다.

세계 반도체 제조장비 시장의 추이



(자료 : VLSI Report. '90. 3)

루어지기 때문에 '91~'92년에는 과감한 설비투자가 필요하다. 특히 16M DRAM line에서는 Half Micron의 미세 가공기술과 고수준 및 고가의 설비가 필요하게 되어 투자규모가 상당히 증대될 것이다. 더우기 8인치 Wafer의 사용(대구경화)의 동향이 확실시되어 장비 가격의 상승요인으로 되고 있다.

2. '90년대의 설비투자 동향
(반도체산업의 Silicon Cycle)

반도체 산업에는 실리콘사이클이라는 경험적 경기등락 곡선이 있어 매 4년마다 주기적으로 호, 불황이 반복되고 있다. 반도체 설비투자도 이와 비슷한 패턴을 보이고 있으나, 진폭은 실리콘사이클보다 더 크고, 큰 불황은 매10년마다 오고 있다.

(1975년과 1985년, 1995년 추정)

최근에는 이에 대한 대응책으로 실리콘사이클의 호황시에 설비투자를 조절하여 불황의 골을 줄이기 위한 국제적 협력의 분위기가 확산되고 있다.

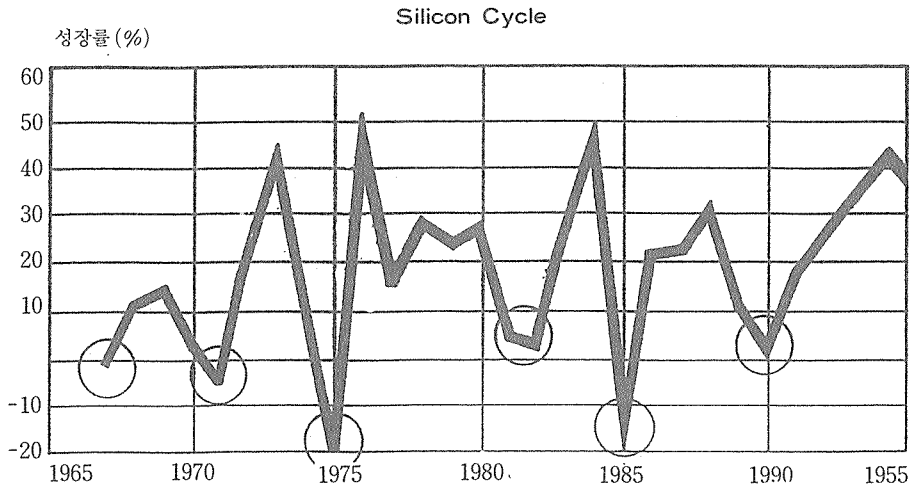
• 반도체산업의 설비투자의 동향 변경

과거의 Scale-merit추구형 "양적경영" 전략에서 적정투자→적정생산→가격조절→적정투자라는 질적경영으로 전환을 모색

이유

- 시장점유율 제고, 우선 지향적인 대대적 투자에 따른 국제적 무역마찰 심화(미, 일 반도체협정 등)
- 기업의 설비투자 리스크 증대,
  - ○ 반도체 고집적화에 따라 단위 생산라인 건설소요 비용이 급격히 증대
- 기업의 설비투자 전략 변경이 반도체장비 시장에 미치는 영향
  - ○ 실리콘 사이클을 능가하는 시장규모의 변동진폭 축소
  - ○ 향후 반도체장비 시장은 과거에 비해 지속적, 안정적 성장을 보일 전망

(실리콘 사이클의 기본 패턴은 유지)



자료 : Dataquest

세계의 설비투자 추이(지역별)

(단위 : 백만불)

구 분	'86	'87	'88	'89	연평균	'90	'91	'92	연평균
세계전체	5,039	6,136	9,319	10,466	1.3%	10,377	13,709	17,649	17.0%
북미(미국)	2,066	2,474	3,338	3,672	2.3%	3,759	4,693	6,118	16.4%
일 본	1,851	2,439	4,587	5,183	4.1%	4,820	6,700	8,711	17.4%
유 럽	823	843	926	1,066	2.4%	1,143	1,416	1,724	16.8%
기 타	299	380	468	545	1.9%	655	900	1,096	23.7%

(자료 : Dataquest)

※ 연평균 17.3 %의 고성장 전망('90~'93)

- 세계 반도체 시장의 고성장에 따른 투자 규모 지속 증대
- 일본의 투자 강세
  - —'92년 세계 전체투자의 49.4%(87억불) 점유 예상
- 아시아 신흥 공업국의 투자 급증
  - —연평균 23.7% 증가 전망
  - —DRAM을 중심으로 한 한국의 투자 급증
    ('89년 세계투자의 20%점유)

3. '90년대의 설비투자 증대의 요인

※차세대 Device의 생산요소 장비의 투자규모의 증대

- 단위 생산라인 건설에 소요되는 투자규모의 절대액 급증

Device별 생산 Line의 투자규모 증가
(월 3백만개 Chip 생산기준)

구 분	256K DRAM	1M DRAM	4M DRAM	16M DRAM
투자현황	2 억불	3 억불	4 억불	10억불 이상

(자료 : 노무라 연구소)

- 16M DRAM이후 투자규모의 급증으로 소규모 DRAM 생산업체는 감소전망
  - —대규모 그룹사가 아니면 탈락
  - —중견기업의 경우 대기업으로 합병 또는 설계 전문업체 등으로 전업
  - —장비제조업체는 중견 중소기업으로 형성
- 지역별 설비투자와 추이

세계 반도체 설비투자의 주역은 미국 일변도에서 '80년대에는 일본으로 이전되고 있으며, '90년도의 세계 반도체 산업은 일본의 Memory 산업에 의하여 선도되고 있다.

미국 : '80년대 초반까지 세계 반도체 설비투자 주도

일본 : '80년대 초반이후 세계 반도체 설비투자를 주도하며 세계 최대 반도체 장비시장 형성('89년 현재, 세계 50% 수준)

유럽 : '84년~'88기간 중 년평균 2.4%의 증가율을 보이고 있으나 전체적으로 정체된 시장임.

기타 : 동지역 설비투자의 주역은 한국
'88년 국내 투자규모는 세계 전체투자의 7.7% 점유
(Dataquest 자료는 기타지역 전체로서 5% 수준으로 조사)

동지역 반도체 장비시장은 '90년대 중반 이후 유럽을 능가하여 세계 3대 시장을 형성할 전망(*국내 설비투자 규모 및 세부내역은 국내산업 현황에 기술)

4. 거대화되는 반도체산업의 장비투자

반도체 제조장비의 시장도 반도체/DRAM 산업의 신장과 더불어 1983년도부터 급신장하기 시작하였으며, 금후에도 계속 급신장되리라고 판단된다. 반도체 제조장비 시장의 확대 즉, 반도체 장비투자 규모의 거대화에는 두가지 요인으로 요약된다.

그 하나는 Memory 양산시설의 양적확장(시설확장)이며, 또 하나는 DRAM생산 Line의 세대교체시의 시설(장비)투자 규모가 거대화되고 있다는 사실이다.

반도체 산업은 장치산업인데다가, DRAM의 기술개발 속도가 빠르기 때문에 설비의 교체 및 신규장비 투입의 주기가 상당히 짧다. 반도체 산업의 핵심인 DRAM의 세대교체가 일반적으로 4년 주기로 오고 있어서 장비의 교체 및 신규장비 투입도 4년 주기로 이루어지고 있다.

차세대 Device 개발과 장비의 기술추이

선 폭	0.5μ	0.6μ	0.35μ	0.25μ	0.15μ
생산업체 적용시기	1989	1991	1994	1997	2000
Stepper Technology	G-Line	G, I-Line	DUV	DUV, X-Ray	X-Ray
DRAM 용량	4Mb	16Mb	64Mb	256Mb	1,024Mb

(자료 : TI)

일본의 "Market Forcus Equip & Mat"에 의하면 1981~1984년에 생산규모 월간 400~500만개의 256K의 생산 Line에 소요된 장비소요액이 약 355백만불이었으나, 1985~1988년도 생산규모 월간 400만개의 1M DRAM에 투자된 장비액수는 약 30%가 증가되었다.

1989~1990년도에 설치된 생산규모 400~500만개의 1M DRAM Line에 소요된 장비투자액은 약 500만불이상 이었으며, 생산규모 월간 500만개의 16M DRAM(0.25mm, Wafer Size 8 inch, Chip Size 200mm)을 생산시, 소요되는 장비투자액은 약 20%가 1M DRAM 생산 Line에 비해 증가할 것으로 추산하고 있으며, 64M DRAM을 월간 500만개 생산시에 소요되는 장비의 투자액은 약 2.5배의 투자규모로 추산하고 있는 물론 향후 1995년대의 반도체 제조장비 생산비의 절감방안이 생기리라고 믿지만, 앞으로 Memory 생산 Line에 투자되는 장비소요액은 거대하다는 것은 틀림없는 사실이다.

세대별 Wafer Fab. Line별 Cost의 증가

Device 별	256K DRAM	1M DRAM	4M DRAM
총 투 자	250억엔 (355만불)	450억엔 (400만불)	600억엔 (500만불)

(참고 : 월3백만개 Chip 생산기준) (자료 : 노무라연구소)

• 차세대 Memory 생산용 장비투자 규모의 증대

일본의 반도체 산업이 설비 즉, 제조장비 분야에 투자된 추세를 보면, 1981~1984년 256K DRAM 생산의 제조장비 분야에 투자된 총액수는 9063억원이며, 1985~1988년 4개년에 투자된 1M DRAM용 제조장비의 투자액은 1조 3129억엔으로 33%가 증가되었으며, 4M DRAM의 투자기간은 1989~1992으로 산정하여 약 1조 9951억원으로 추산하고 있으며, 1993~1996년 4개년에 16M DRAM 생산이 총 투자는 약 3조엔, 64M DRAM 생산시 총투자는 약 4조 5000엔에 도달할 것으로 추산된다.

따라서, 일본의 2001년부터 매년 1조 5000억

세대별 DRAM의 제조장비 투자의 증대
(4년간 합계)

생산설비	1M 투자	4M 투자	16M 투자	64M 투자
기 간	'85~'88	'89~'92	'93~'96	'97~2000
총투자액(억엔)	13,129	19,995	30,000	45,000
백 만 불	10,000	14,000	23,000	34,000

(자료 : Market Focus E & M. '90. 3)

16M DRAM/8인치 LINE의 주요장비별 투자소요

- 월간 2만매의 WAFER의 처리능력 기준
- 주요장치별 PROCESS 수 265개로 지정

주요장치	Step 수	200 MM Wafer	
		필요대수	투자금액
Stepper	24	20	50.0
Coater&Developer	34	24	16.8
Asher	34	28	8.4
Dry Etcher	24	21	36.75
평탄화 CVD	18	11	19.25
Metal CVD	2	3	5.4
LP CVD	10	9	7.2
DIF. Furnace(Oxide)	16	14	8.4
Med Ion Implanter	12	3	6.75
High Ion Implanter	6	6	21.6
Sputter	3	5	14.75
Wet Process	74	18	16.2
Total	265	162	211.5

(자료 : 일본전자공업협회/'90. 9월)

엔을 투자한다는 결론이다.

5. Intergrated Process장비시대

1) 자동화 생산장비(Automated Manufacturing Equipment/AME)

첨단 산업 중에서 가장 기술 Cycle이 빠른 Memory는 그 소요가 급격히 증대함에 따라 Mass Production이 필요하게 되며, 이에 소요되는 제조장비도 Semi Automated 장비에서 Full Automated Equipment으로 1985년도 전후하여 완전 전환되었다고 하여도 과언이 아니다. 일본은 1989년 7월부터 1990년 6월말까지 1년간 256K DRAM만 약 5천 2백만개를 생산하였다.

이러한 규모의 양산장비 즉, Automated Manufacturing Euqipment는 그 기본장비에 Auto Control 장치, Robotic 장치, Self Diagnostic 장치, Mini Computer, Auto Gas Suppling 장치 등 Software를 많이 요구하는 장치를 필요로 하였으며, 반도체 제조장비는 Automated Manufacturing Equipment의 개발생산을 유도하였다.

반도체 Device의 급속한 발전과 양산의 증가는 반도체장비의 자동화(Automated Manufacturing Equipment)에만 만족하지 못하고 있다.

2) Equipment Intergration(장비의 통합)/Cluster Tool

1990년도에 들어서면서 I. C. Maker들은 1M 시대에서 4M 시대를 맞이하기 위해 1M DRAM의 양산을 감소시키고, 4M 생산을 개시하고 있어, 생산 Process의 혁신적인 발전과 더불어 Multi Process을 할 수 있는 장비의 필요성이 생기게 되었으며, 이러한 요구로 Intergrated Process System장비를 개발 생산하게 되었다.

현재 CVD, PVD, Etcher, RTP 등의 Process을 Modul만 교환하여 한 장비에서 할 수 있는 제조장비가 개발생산 되었다. 이러한 장비는 물론 Particle Contamination문제 및 여러 Process를 할 수 있는 장점을 지니고 있지만 아직 장비가 크고, 고가인 단점도 갖고 있다. 앞으로 이러한 단점을 보완한다면, Intergrated Process System의 개발 생산을 가속화 할 것이다.

생산 Line의 Process Intergration은 장비의 Intergrated Process System과 병행하여 발전되어야 하며, 그래야 그 효과를 이룩할 수 있다. 1995년부터 Equipment Intergration과 Process Intergration 같이 발전하여 생산 Line System Intergration이 개발될 것으로 예견된다.

이렇게 되면 거의 완전 자동화된 생산 Line이 형성되는 것이나, 이러한 완전 자동화 Syst

em의 소요시기와 투자규모(경제성)가 과연 그 실효성이 얼마나 있는지 여부가 관심사항이다.

그러나 반도체 생산산업은 이러한 완전자동화 생산 Line을 필요로 하고 있으므로 실현 가능성도 높다고 판단된다.

Potential Technologies for Process and System Intergration

*Chemical Vapor Deposition
*Plasma Etch and Strip
*Physical Vapor Deposition
*Rapid Thermal Processing
*Electron Cyclotron Resonance
*Silicon Deposition/Epitaxy
*Wafer Cleaning
*Lithography
*High Pressure Oxidation
*In-Line Diagnostics/Metrology

6. 장비제조업체에 증가되는 개발비 부담

1) 생산 Process에 대한 지원

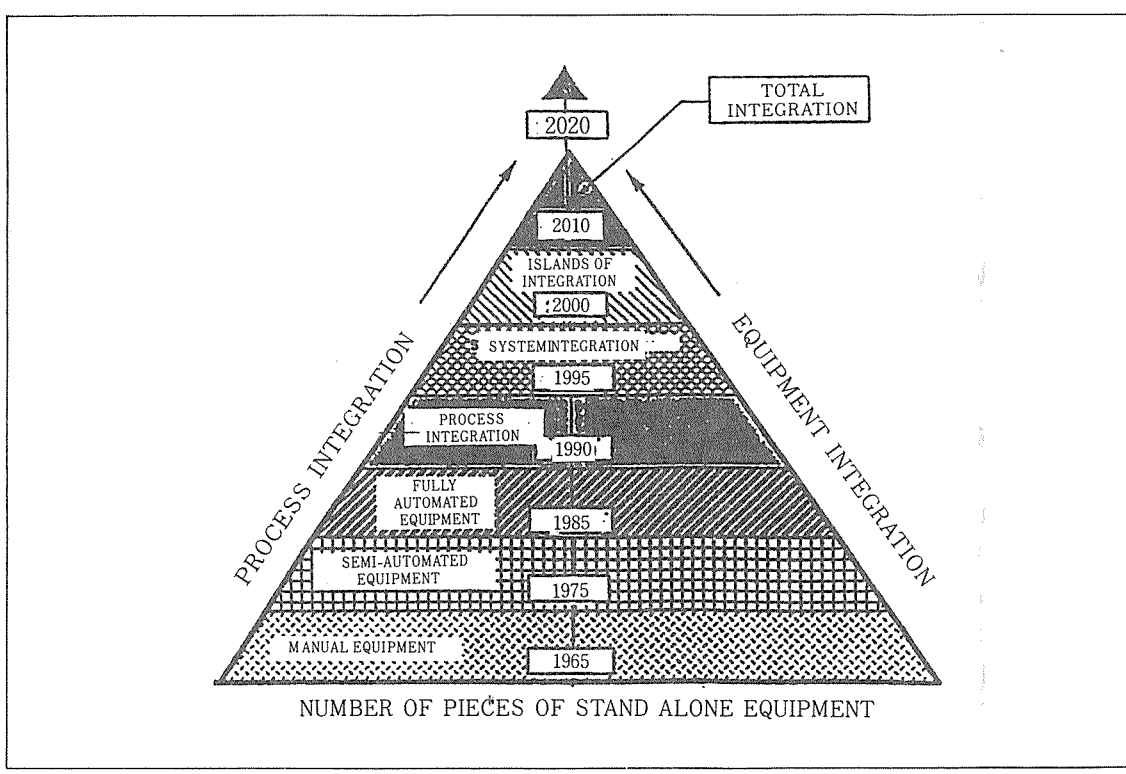
반도체의 계속적인 소요증가와 더불어 급속한 기술의 발전은 반도체장비의 소요를 계속 증가시키면서도 기술의 혁신을 요구하고 있다.

반도체 생산업체들은 제조장치에 대한 기대가 갈수록 커지며, Sub-Micron 시대를 맞아, 제조 Process기술의 난이도가 커지고, 최점단 기술을 개발하여 양산장비를 생산하는데 상당한 문제가 있다.

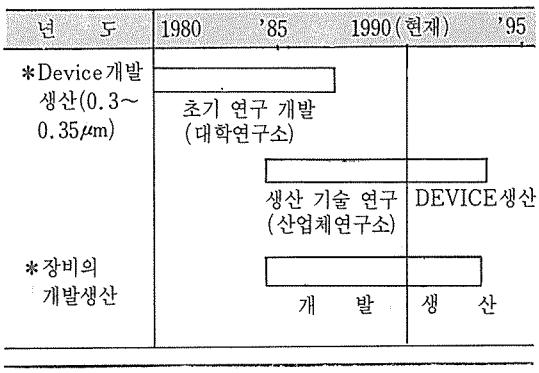
2) 장비 연구개발비의 증대

차세대의 Device를 생산하기 위하여 새로운 장비의 개발생산에 소요되는 총기간은 약 4년에서 6년으로 추산되고 있다. 이러한 장비개발 소요기간은 차세대 Device 생산기술의 개발초기부터 완전 양산단계까지 이르고 있다. 또한

Semiconductor Equipment Industry Evolotion (완전자동화 Process 및 장비)



차세대 Device(64M)와 장비의 개발생산의 소요기간(0.3~0.35㎛ Device 기준)



Device의 기술수준과 장비개발비의 규모에 의하여 개발기간은 단축될 수 있다.

3) 차세대 장비의 연구개발

차세대의 제조장비 CVD, Etcher, Ion Implanter 등 소요되는 개발비는 약 5천~8천만불이 소요되고 있다. 고로 장비의 연간 판매대수가 200대가 되어야만 사업성이 있다고 판단되며, 앞으로 차세대 장비의 개발비는 계속 증가할 추세이다.

차세대의 Lithography System 생산을 위한 X-Ray Beam Source(SOR)의 기초연구 개발비는 무려 연간 2억달러로 추산되고 있다. 이러한 X-Ray Beam Source(SOR)의 연구와 개발비(SOR:Synchrontrom Orbital Radiation)는 :

*Naval Research Lab에서 X-Ray Mask 기술연구-DARPA가 17백만달러 지원

*Brook Haven Lab에서 SOR Beam Device 제조용 X-Ray Lithography

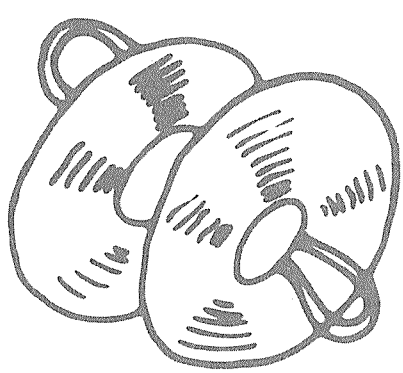
*Wisconsin대학에서 X-Ray Lithography 연구 1억~2억 달러 소요

*IBM X-Ray Lithography 기술개발-1990년까지 4억3천5백만달러 투자
X-Ray 기술기반으로 생산이 되기까지는 약 10억달러 소요

*SUMITOMO HEAVY IND.(일본)가 Compact한 SOR System(Aurora)을 1990년초에 생산개시
(SOR링의 반경 1meter에 전자를 150MeV로 가속). 현재 생산가격은 25억엔(2천만달러)

4) 장비개발비의 최소화 방안

반도체장비업체는 급속히 증가하는 개발비의 부담을 해소하기 위하여 상당한 노력을 하고 있으며, 그 대표적인 개발비의 축소화 방안은 다음과 같은 세가지 방안으로 집약할 수 있다.

종래 장비에 대한 개발투자를 축소하여 신장비개발투자의 전환이 신속한 결단이며 Intergrated 장비(Cluster 장비) 개발생산의 경우에 해당 전문기술분야의 장비제조업체와 기술제휴하에 개발비의 부담을 분산시킨다.

공통되는 기술은 장비제조업체가 상호 기술교환 또는 공동연구로 중대일로에 있는 장비개발비를 감소시키는 추세에 있다.