반도체 미세화를 위한 반도체 공정장비 기술

| 저자 | **손광준 PD** / KEIT 지능형반도체PD실
권기청 교수 / 광운대학교
신태호 교수 / 성균관대학교
강상우 실장 / 한국표준과학연구원
김준철 센터장 / 전자부품연구원
고정관 전임 / KEIT 전자전기평가팀

SUMMARY

목적

★ 인터넷에 연결된 사물의 수가 폭발적으로 증가함에 따라 수집된 빅데이터의 분석, 판단, 추론을 하기 위한 프로세서 및 저장 장치의 성능 및 에너지 효율을 개선 요구가 커지고 있는 시점에 전력소비량을 줄이기 위한 방법의 하나인 미세화 및 3D 반도체를 제작하기 위한 반도체 공정장비 기술 관련 최근 동향을 검토하고 관련 산업의 육성을 위한 정부 차원의 연구개발 필요 분야를 조망해 보고자 함

주요 현황

★ (식각 장비) 10nm 이하 반도체소자, 3D 낸드플래시, FinFET, MRAM 등의 제조에 필요한 식각 공정의 난이도가 점점 높아지고 있어, 이를 위한 미세패턴 식각 등의 기술 개발이 활발히 이루어지고 있음

★ (CMP 장비) 반도체 소자의 미세화 및 다층화로 인하여 CMP 공정 기술이 차지하는 비중이 전체 디바이스 제조공정 내에서도 높아지는 추세이며, 미국의 AMAT와 일본의 EBARA가 시장 및 기술을 선도하고 있음

★ (증착 장비) 3D 낸드플래시, FinFET 등 3D 구조를 적용하는 매우 복잡하고 어려운 공정을 사용하게 되면서 증착 장비 및 부품의 친환경, 고정밀, 고균일, 고종횡비 제어 기술에 대해 활발히 연구개발이 진행되고 있는 추세

★ (MI 기술) MI 기술과 공정 장비 기술의 융합화 지속 확대 추세

★ (패키징) 삼성전자와 TSMC는 3D 제품의 경우는 자체 첨단 패키징 공정을 적용하고 있으며, 특히 TSMC는 Fan-out 패키징까지 내재화하여 향후 치열한 경쟁이 예상

시사점 및 정책 제언

★ 메모리 반도체의 기술 주도 및 시장 점유율을 지속적인 유지하기 위해 기술 경쟁력을 선도할 수 있는 기술 개발이 필요한 상황에서, 미래의 먹거리로 부각되고 있는 4차 산업혁명의 근간이 되는 빅데이터용 하드웨어 저장 솔루션 기술 구현을 위한 초저전력 3D 반도체 공정 장비 및 부품, 소재 중심으로 경쟁력이 있는 기술이 지속적으로 개발 필요함

1. 초저전력 3D 반도체 공정장비 개념 및 필요성

인터넷에 연결된 사물의 수가 폭발적으로 증가함에 따라 수집된 빅데이터의 분석, 판단, 추론을 하기 위한 프로세서 및 저장 장치의 성능 및 에너지 효율을 개선이 절실히 요구되고 있음

★ 빅데이터를 처리하는 데이터 센터에서는 성능은 유지하면서 전력 소모를 줄여 유지 보수 비용을 최소화하는 추세가 있으며, 이를 위한 메모리 반도체의 미세화 및 차세대 메모리 소자의 개발이 필요

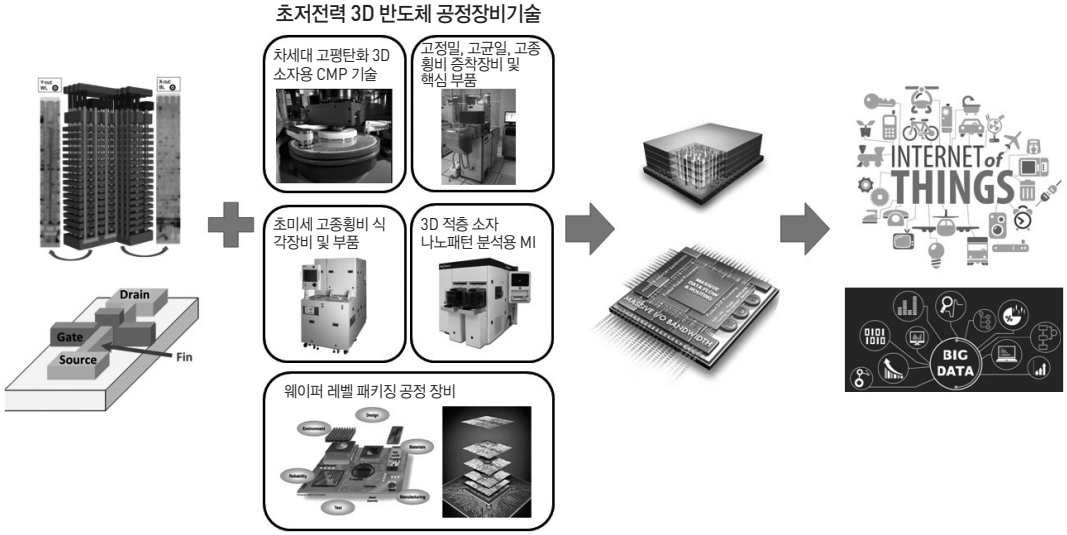
※ 미세화 공정 기술, 저전력 스위칭 및 메모리 소자, 광전집적 배선 기술 등

※ 삼성전자 18nm DRAM의 경우 기존 메모리 대비 약 30%의 소비전력 감소

★ 또한 미세화의 한계에 점차 다가감에 따라 3D 형태의 적층형 반도체를 상용화하고 있는 추세이며 삼성전자, SK하이닉스 등이 시장을 주도하고 있음

★ 에너지 효율성 개선을 위한 미세화 및 3D 반도체를 제작하기 위한 반도체 공정장비 기술에 대한 관심이 고조되고 있음

초저전력 3D 반도체 공정장비 기술은 빅데이터 저장 솔루션향 인공지능, VR/AR, IoT, 웨이러블, 스마트 이동체 등 차세대 IT 융합기술 구현을 위한 센서 및 반도체 부품을 제작하기 위한 공정장비 기술을 말함



| 그림 1. 초저전력 3D 반도체 공정장비 기술 개요 |

주요 공정장비 기술로는 다음과 같은 기술이 있음

★ 초미세 고종횡비 식각 장비 및 부품 기술

★ 고정밀, 고종횡비 증착장비 및 핵심 부품 기술

★ 차세대 고평탄화 3D 소장용 CMP[1], 세정 장비 및 핵심 부품 기술

★ 3D 적층 소자 나노 패턴 분석용 MI[2] 기술

★ 웨이퍼 레벨 패키징 공정 장비 기술 등

3D 메모리 반도체 및 차세대 메모리 소자 양산을 위한 핵심 기술

★ 3D 낸드플래시, MRAM[3], RRAM[4], PRAM[5] 등 차세대 메모리 소자의 특성 확보를 위한 핵심 기술인 친환경, 고정밀, 고균일, 고종횡비 증착 장비 기술의 선점 필요

★ 스마트 APC[6]/AEC[7] 구현을 위한 실시간 공정진단 센서 및 제어기술 개발을 통해 3D 반도체 생산 효율 극대화

★ 초미세, 고집적, 3D 적층형 소자 제작을 위한 나노패턴의 측정 및 검사용 다모드 융복합 MI 장비기술 개발을 통해 반도체 생산 불량률 및 수율 관리의 최적화를 가능하게 함

빅데이터의 저장 및 처리의 핵심 부품인 메모리 반도체의 대용량화 및 초미세화를 통한 소비 전력 절감을 위한 핵심 기술

★ 최근 빅데이터, 인공지능, AR/VR, IoT, 웨어러블 등의 신규 응용은 고속 대용량 저장 솔루션용 데이터 처리를 요구하고 있어, 데이터 센터에서 소비되는 전력량이 급격히 증가하고 있어 이를 감소시키기 위한 빅데이터 저장 솔루션용 초저전력 3D 반도체 소자 공정장비 기술 개발이 필요

※ 데이터 센터는 전력 공급, 냉각 등에서 많은 비용이 발생하며, IoT, 웨어러블은 배터리 전원을 사용하고 있어 제품 사용시간에 직접적 영향이 발생

★ 낸드플래시 저장 솔루션 등의 결합을 통하여 엔터프라이즈 스토리지, SSD, eMMC 등 고부가 제품의 경쟁력 제고에 크게 기여

1) Chemical Mechanical Polishing
2) Metrology and Inspection
3) Magnetoresistive Random Access Memory
4) Resistive Random Access Memory, also called ReRAM
5) Phase–change RAM, also called PC–RAM
6) Advanced Process Control
7) Advanced Equipment Control

★ DRAM과 낸드플래시를 융합한 메모리시스템 등 저장 솔루션 개발에 필수적이며, 이를 통해 차세대 신제품 개발이 가능하게 함

빅데이터 저장 및 처리용 메모리 반도체의 초전력 초미세 성능 구현에 필수적인 공정 장비군 제품 개발을 위한 핵심기술로서, 빅데이터용 저장 솔루션용 반도체와 공정 장비/부품의 지속적인 기술 선도 및 부가가치 향상에 필수적임

★ 식각공정장비, 증착공정 장비, CMP/세정 공정 장비, MI 장비군으로 초전력화, 초미세화, 고집적화 메모리 제조에 필수

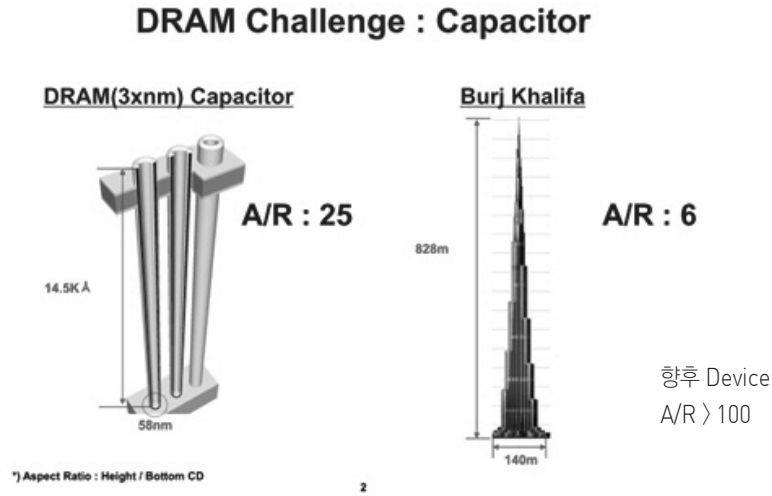
소자 scaling에 대한 어려움을 극복하기 위한 대안으로 초저전력 3D 반도체 소자 및 적층 공정 기술 개발에 관심이 증가

★ 1xnm급 이하 초미세 고집적화가 가능한 메모리 반도체 기술 선도를 위한 초전력, 초미세, 고집적화 공정 장비 핵심 기술 개발이 필요

★ Monolithic 3D 기술은 50%의 평균 배선 길이를 줄일 수 있어, 평균 50% 전력을 감소

※ 인텔, 퀄컴 등 선도국에서도 활발하게 연구되고 있음

3D 반도체 소자(낸드 플래시, FinFET 등)와 10nm 이하 소자 제작에는 현재 식각기술이 갖는 물리적 한계와 습식 식각(Wet Etch)을 대체하는 건식 식각(Dry Etch) 기술이 필요



| 그림 2. 고종횡비 기술의 장애 요소: Capacitor |

★ 3D 낸드 플래시 공정에서는 식각 종횡비(Aspect Ratio)가 향후 100 이상이 필요하며 이를 위해서는 필요한 많은 ion들이 hole 하부 식각 전면부까지 도달해야 하지만, 현재의 Dielectric 식각 기술인 CCP 기술로는 Etch Stop이나 Bowing등의 문제로 인하여 ion들이 충분히 hole 안으로 유입되지 못하고 식각 부산물 등이 hole 밖으로 원활히 배출되지 못하는 물리적인 한계 봉착하고 있어 기술 개발이 필요한 상황

(신성장 동력) 반도체 장비 시장은 '15년 373억불 규모로 국내 중소 · 중견기업의 성장 동력이 될 뿐만 아니라 반도체 무역 수지 개선을 위해 핵심 분야임

★ 최근 신규팹 투자 정체로 성장세가 주춤한 상태, '17년 이후 각 사별 경쟁력 확보를 위한 미세공정 투자가 증대될 전망

※ 반도체장비시장(KSIA,2016): ('15) 373억불 → ('17) 390억불 → ('19) 450억불

★ '15년 반도체 무역수지는 +246억불(수출 628억불, 수입 382억불)이나, 반도체장비는 -42억불(수출 25억불, 수입 67억불)로 반도체 장비의 국산화를 통한 무역 수지 개선이 필요

※ 예: 반도체용 식각장비의 국내시장은 약 1.5조~2조원이며, 90%이상이 외산 장비

★ 또한 국내시장(세계시장의 약 20%) 뿐만 아니라 중화권 시장(세계시장의 약 50%) 진입을 하여 국내 중소 · 중견기업의 성장에 기여할 수 있음

(선진국형 산업) 반도체 장비산업은 선진국형 산업으로 반도체 산업구조 선진화에 필수 분야임

★ 기계, 전자, 물리, 화학이론이 복합되는 첨단 융복합 기술 기반 선진국형 산업으로 원천기술 뿐만 아니라 산업기술의 발전이 동시에 가능

★ 미국, 일본, 유럽은 지속적인 시장지배력 강화를 위해 선행개발 및 투자를 진행

(높은 기술 파급 효과) 반도체 장비산업은 대 · 중 · 소 협력형 산업으로 산업생태계의 선순환 구조가 조성되면 유사 관련 산업으로의 파급효과가 매우 큼

★ 반도체장비기술은 디스플레이, 태양광, LED 등의 유사 관련 산업으로 그 기술이 전파되어 기술의 활용도가 매우 높음

반도체장비는 반도체산업 후발국 견제의 무기로 활용됨과 동시에 후발국의 핵심 투자분야임

★ 미국, 일본, 유럽 등 반도체 경쟁국들은 반도체장비 기술력으로 국내 반도체산업을 견제하고 있음

– 해외 선진업체들은 반도체 장비, 부품/소재 산업무기화, 특허 공세 등을 진행

★ 최근, 중국정부의 강력한 반도체 육성정책에 의해 반도체분야에 2015년부터 약 180조원을 향후 10년간 투자 중임

– 중국정부는 반도체 제조의 경쟁력은 설계/공정 경쟁력과 결국 핵심 반도체 장비와 소재의 경쟁력에서 만들어지는 것으로 이해하고, 장비 산업육성에도 막대한 지원. 특히 국유기업인 칭화유니그룹은 반도체회사 뿐만 아니라 장비회사 인수에도 큰 관심

2. 국내외 기술개발 동향

(식각 장비) 10nm 이하 반도체소자, 3D 낸드플래시, FinFET, MRAM 등의 제조에 필요한 식각 공정의 난이도가 점점 높아지고 있어, 이를 위한 미세패턴 식각 등의 기술 개발이 활발히 이루어지고 있음

★ 정밀 식각을 위한 ALE[8] 기술, 생산성 향상을 위한 새로운 플라즈마 소스 개발, 기존 CCP[9]와 ICP[10] 기반 기술을 결합한 플라즈마 소스 개발 등의 기술 개발이 진행 중

★ 탄소저감을 위한 새로운 화학반응 공정 기체, 중성 빔(Beam) 같은 무손상(Damage-free) 플라즈마 소스 개발 등과 기존 공정의 개선 기술 개발 등의 방향으로 연구 개발이 진행 중

★ 향후 반도체 소자의 물리적인 축소는 한계에 도달하며 이에 따른 공정기술 난이도가 점점 높아짐에 따라 소재 부분의 R&D에 집중하는 경향이 있으며, 이에 따라 새로운 소재의 식각 기술 개발과 필요한 물질만 선택 식각할 수 있는 무한대 선택비 식각 기술의 중요성이 증대

※ MRAM 등의 차세대 비휘발성 메모리 분야에서 새로운 박막 재료를 식각할 수 있는 플라즈마 소스 및 화학 반응 공정 기술 요구

★ 10nm 이하 및 3D 반도체 소자 구조 제조에서 중요한 CD[11]제어와, 양산 산포를 줄이기 위한 식각 재현성 확보를 위한 진단, RF, 온도 등의 정밀 제어 기술 개발이 필요

★ 미국의 Lam, AMAT은 삼성전자, SK하이닉스, 인텔, TSMC 등의 제조사를 위한 기술 개발 프로그램을 개별적으로 운영하고 있으며, 소자에 따라 각각 다른 방식의 식각 기술로 대응하고 있음. 또한 최근 고종횡비 식각 기술 등의 대응을 위해서는 반도체 제조사와 공동으로 기술 개발을 진행 중

8) Atomic Layer Etch
9) Capacitively Coupled Plasma
10) Inductively Coupled Plasma
11) Critical Dimension

★ 일본의 TEL은 Dielectric 식각 분야에서 전통적인 시장 강세를 유지하고 있으며, 기술 수준은 미국 Lam 의 95% 수준이며, Hitachi는 독특한 ECR[12] 플라즈마 소스를 지속 개량하여 건식 식각 시장의 일부분을 유지해왔으며 저압공정의 수요가 증가함에 따라 저압 특성이 좋은 ECR 소스에 다른 플라즈마 기술을 접목하여 기술 개발 중

★ 중국 제일의 건식 식각 장비 업체인 AMEC은 막강한 자본력을 바탕으로 주 고객인 TSMC와 기술 개발을 하고 있으며, 이외에 NMC 등의 중소 건식 식각 장비 업체가 있음

★ 국내에서는 세메스와 APTC에서 제품을 개발하여 양산 진입에 성공하였으나, 국내 업체의 자본력은 해외 선진업체 대비 열악하여 지속적 개발비 투입과 인력 확보가 힘든 실정임

(CMP 장비) 반도체 소자의 미세화 및 다층화로 인하여 CMP 공정 기술이 차지하는 비중이 전체 디바이스 제조공정 내에서도 높아지는 추세이며, 미국의 AMAT와 일본의 EBARA가 시장 및 기술을 선도하고 있음

★ 시스템반도체 뿐만 아니라, 메모리 분야에서도 제품의 성능 향상을 위한 3D 구조의 다층화가 이루어지고 있으며, 배선 선폭 역시 10nm 이하의 수준으로 미세화 추세

★ 디바이스 성능 개선을 위한 BEOL[13] 에서의 Cu 배선, FEOL[14]에서의 High-K metal gate 등과 같은 적용 재질의 급변화가 이루어지고 있어 이에 대한 디바이스 공정 기술에 대한 개선 및 급변화가 요구되고 있음

– 연마 균일도, 설비 가동율 향상, 관련 소모재(Pad·conditioner, PVA brush)의 수명 향상 등 기능적 다변화가 요구됨

(증착 장비) 3D 낸드플래시, FinFET 등 3D 구조를 적용하는 매우 복잡하고 어려운 공정을 사용하게 되면서 증착 장비 및 부품의 친환경, 고정밀, 고균일, 고종횡비 제어 기술에 대해 활발히 연구개발이 진행되고 있는 추세

★ 고온 증착, 고밀도 플라즈마 증착 기술은 박막 및 소자 신뢰성 저하의 원인이 되기 때문에, 3D 반도체 제조를 위한 고품질, 고성능 박막을 증착하기 위한 저온 증착 공정 및 장비 개발이 활발히 진행

★ 3D 낸드플래시는 64층 이상 적층 트랜지스터 제작을 위한 고균일 PECVD[15] 증착 기술 관련 공정 장비 및 부품 개발을 미국의 AMAT가 선도하고 있으며, 유진테크, 원익 IPS, TES 등의 국내 기업들이 시장 진입을 위한 장비 개발을 진행 중

12) Electron Cyclotron Resonance
13) Back-end of Line
14) Front-end of Line
15) Plasma-enhanced Chemical Vapor Deposition

★ 패턴의 미세화 및 고집적 소자의 수율에 큰 영향을 미치는 히터 온도의 균형을 맞추기 위한 고정밀, 고균일 온도제어가 가능한 세라믹 멀티존 히터 부품은 일본의 NGK가 기술을 선도하고 있으며, 보부 하이테크, 미코 등의 국내 기업들이 기술을 개발하여 삼성전자, SK하이닉스에 납품하기 위한 양산 평가를 진행 중

★ 고정밀 증착을 위하여 CVD 증착 공정 재료 가스의 초정밀 유량 제어 기술에 대한 연구를 국내외에서 활발히 연구 개발 중임

(MI 기술) MI 기술과 공정 장비 기술의 융합화 지속 확대 추세

★ 미세화기술은 반도체 소자의 특성 향상 및 제조원가 절감의 핵심기술로서 최신의 미세화 기술을 확보하지 못한 회사들은 경쟁에서 도태되고 있음

★ 공정의 미세화, 3D 적층화된 소자구조 활용, 복잡한 나노패턴 설계 등으로 인해 APC/AEC가 적용된 효율적 공정관리 기술개발을 위해 프로세스 장비와 MI 장비가 융복합된 IM(Integrated Metrology) 기술 개발을 진행

★ 공정진단 센서의 소형화, 직접화, 지능화를 통해 신 공정 및 장비 상태를 실시간으로 정밀하게 측정 및 분석하는 공정진단 센서의 필요성이 강조되고 있으며, 웨이퍼형태 센서 및 외부 툴박스와 실시간 통신이 가능한 공정진단 센서를 개발하는 추세로 진행 (TEL, KLA–Tencor 주도)

(패키징) 삼성전자와 TSMC는 3D 제품의 경우는 자체 첨단 패키징 공정을 적용하고 있으며, 특히 TSMC는 Fanout 패키징까지 내재화하여 향후 치열한 경쟁이 예상

★ TSMC의 Fanout 패키징 시장 진입과 더불어 삼성전기도 패키징 시장에 직접 진입하기로 결정하고 기술 개발 진행 중

★ 또한 OSAT 진영에서는 가격 경쟁력 제고를 위하여 600mm 이상의 패널 레벨 Fanout 기술의 도입을 앞당기려고 시도하고 있음

★ 패널 레벨 Fanout 기술의 경우 독일의 프라운호퍼가 기술을 선도하고 있으며, 일본 APIC YAMADA 사와 공동으로 패널 기반 몰딩 공정 장비 개발

★ 웨이퍼 레벨 Fanout 제품은 JCET, STATSchipPAC, Nanium 그리고 국내의 Nepes에서 생산하고 있으며,, 최근 합병된 대만의 ASE/SIPIL, 그리고 Amkor에 인수된 일본 J–Device 등이 패널 레벨 Fanout 기술로 시장 진입을 준비 중

★ 2.5D/3D 적층 또는 외부 부품까지 패키지 내부로 집적하여, 패키지 연결 부위를 최소화하는 동시에 내부 연결의 모든 공정을 반도체 공정으로 미세화하는 방향으로 기술 진화 중

※ 고속 대용량 데이터 전송을 위해서는 회로(IC) 간 짧은 연결 및 연결 부분에서의 기생 성분에 의한 손실 최소화가 필수적임

★ 패키지 내부에서의 데이터 대용량화 및 고속화는 2.5D/3D 기술로 해결 가능한 반면, 패키지 외부로의 대용량화 및 고속화는 interconnection 기생 성분 특성이 우수한 Fanout 기술로 해결 가능

★ 웨이퍼 단위를 기반으로 하는 2.5D/3D 및 Fanout 패키징 증가로, 반도체 전공정과 후공정 간 경계가 허물어지고 있으며, MoL[16] 공정이라는 새로운 분류가 생겼으며, 그 중요성 및 시장 비중이 계속적으로 높아지고 있는 추세임

★ 또한 비용 효율성면에서 가장 많은 압박을 받고 있는 패키징 분야에서는 가장 최근 기술인 웨이퍼 레벨 Fanout 공정에서도 비용 절감을 위하여 면적 효율이 제일 우수한 사각형태의 panel level 공정 도입을 계획 중이며 이렇게 될 경우 많은 공정과 관련 장비의 변화가 예상

3. 국내 기술 수준

국내 공정장비 업체는 높은 기술진입 장벽, 핵심부품의 낮은 국산화율, 원천기술 확보 미비 등으로, 세계시장을 선도하는 국내 소자 업체와 비교하여 세계시장 점유율이 매우 낮은 실정임

★ (식각 장비) 국내 기업(SEMES, APTC)의 점유율은 약 5% 내외, 해외 선진사 대비 80%(RF Generator, Matcher, ESC[17] 등 관련 부품은 90%) 기술 수준을 보유하고 있으나, 핵심기술 및 노하우 축적이 요구되어 신규업체의 시장진입 장벽이 비교적 높은 분야임

※ 매출: SEMES ('15) 약 1,800억원, ('16) 약 2,500억원, APTC ('16) 약 400억원

– 플라즈마 소스 정밀 제어, ESC 등의 지속적인 개선 기술 개발 중이며, 장치 간의 유의차 및 가동시간에 따른 공정변화 최소화 등 성능 안정화 기술이 요구

– 해외 선진사 대비 열악한 자본력으로 지속적 개발 투자 및 인력 확보에 어려움

★ (CMP 장비) 케이씨텍이 기술 난이도가 낮은 제품을 일부 양산 공급 중으로 해외 선진사 대비 75% 기술 수준을 보유, 세계시장 본격 진입을 위해서는 다년간의 기술 개발 및 기술 노하우 축적 필요

– 반도체소자의 미세화, 다층화 추세로 전체 공정 내 CMP 장비의 중요도가 높아지는 상황이나, 현재 대부분 수입에 의존

★ (증착 장비) 테스, 원익 IPS, 유진테크, 주성엔지니어링 등이 해외 선진사 대비 90% 기술 수준으로 세계시장 경쟁력 보유

– 3D 낸드 플래시 제조를 위해서 ONO[18] 증착 장비, ARC[19] 증착 장비, ACL[20] 증착 장비가 필수적이며, 소자의 미세화, 다층화로 ALD[21] 장비 시장 증가 추세

16) Middle of Line
17) Electro Static Chuck
18) Oxide–Nitride–Oxide
19) Anti–Reflective Coating
20) Amorphous Carbon Layer
21) Atomic Layer Deposition

– 기존 CVD 공정이 ALD로 대체되고 있으며, 증착 난이도가 높아질수록 비중은 더욱 증가할 전망

– 외산장비와 경쟁이 가능한 수준이나, ALD 등 기술 트렌드를 따라잡기 위한 지속적인 장비개발 필요하며, 관련 공정분석 비용이 지속 증가, 양산성 검증을 위한 Marathon 테스트가 필수적

★ (MI 장비) 오로스테크놀로지, 넥스틴 등 국내 기업은 일부 장비는 개발되어 시장 진입을 하고 있으나 3D 반도체 관련 장비는 상용화 실적이 없음

※ ㈜오로스테크놀로지: '12년 오정렬 측정장비 국산화 성공(국내시장 점유율 10% 미만)
넥스틴: '16년 중급성능의 패턴결함 검사장비 국산화 성공, 판로 개척 중

– MI 장비산업 분야는 독과점 폐해가 심각하며 국내 소자 업체의 기술유출 우려 상존, 장비 국산화를 통한 경쟁체제 유도 필요

※ 해외 업체의 평균 Gross Margin이 60%에 달함

– 3D 낸드 플래시 등 국내 소자업체가 선도하는 3차원 반도체 공정에 적합한 계측/검사 장비가 상용화 되어있지 않아 차세대 공정 기술 개발과 양산 수율 확보에 어려움을 겪고 있음

– 해외 주요 장비들은 업체별로 특화 영역을 가지고 시장을 거의 독점하고 있음

※ 막질특성 계측장비: KLA–Tencor(美), Nanometrics(美) 95% 이상 점유
임계선폭 계측장비: Hitachi(日) 90% 이상, AMAT(美) 10%
오정렬 측정장비: KLA–Tencor(美) 거의 100% 독점
패턴결함 검사장비: KLA–Tencor(美) 80% 이상, AMAT(美) 20% 정도

– 3차원 반도체 공정에 적합한 3차원 프로파일 계측 장비와 패턴 결함 검사장비는 아직 상용화된 제품이 없음

· KLA–Tencor와 넥스틴에서 3차원 공정용 패턴 결함 검사장비 개발 중에 있음

· 3차원 공정에 적합한 광학임계선폭(Optical Critical Dimension; OCD) 계측 장비의 개발이 시급하나, 국내에 확보된 기술은 미흡한 실정

공정(주요부분품)		주요장비 (또는 장비군)	기능설명	장비기업 〈국외/국내〉	비 고
중분류	세분류				
전공정	노광	Stepper/ Scanner Track	빛을 사용하여 웨이퍼 위에 회로모양을 그리는 장비	ASML / 세메스 등	– 세계시장: 60억불 – 국내기술 수준: 10% – 부품국산화: 0%
	식각	Oxide, Poly, metal Etcher	노광에서 그려진 대로 식각을 통하여 모양을 만드는 장비	Lam, TEL, AMAT / APTC, 세메스 등	– 세계시장: 62억불 – 국내기술 수준: 85% – 부품국산화: 50%
	세정	Cleaner, Asher	불순물을 깨끗하게 제거하고, 씻어내는 장비	TEL, DNS / 세메스, PSK, 케이씨텍 등	– 세계시장: 13억불 – 국내기술 수준: 85% – 부품국산화: 65%
	CMP	CMP	박막표면을 균일하게 평탄화하는 장비	AMAT / 케이씨텍	– 세계시장: 10억불 – 국내기술 수준: 75% – 부품국산화: 60%
	이온주입	Ion Implanter	미세한 가스입자 형태의 불순물을 침투시켜 전자소자의 특성을 만드는 장치	AMAT, Axcelis / –	– 세계시장: 10억불 – 국내기술 수준: 20% – 부품국산화: 0%
	증착	CVD, ALD, PVD	웨이퍼 위에 특정 용도막 (산화막, 절연막 등)을 증착하는 장비	AMAT, TEL / 주성, 원익IPS, 유진테크, 테스 등	– 세계시장: 67억불 – 국내기술 수준: 90% – 부품국산화: 65%
	열처리	Furnace, RTP	열을 이용하여 웨이퍼 내 물질을 균질하게 하거나, 증착하는 장비	AMAT, TEL / 테라세미콘, AP시스템 등	– 세계시장: 6억불 – 국내기술 수준: 90% – 부품국산화: 70%
	측정분석	Wafer Inspection, Metrology	웨이퍼내의 물질특성 (두께, 성분, 이물질 등)을 분석하는 장비	KLA, AMAT / 오로스테크놀로지, 에스앤유프리시젼	– 세계시장: 42억불 – 국내기술 수준: 35% – 부품국산화: 30%
후공정	**패키징**	TSV용 설비, Die Attacher, Wire Bonding, Molding 등	웨이퍼에 via 형성 등을 통하여 배선연결, 밀봉하는 장비	테스코, 히타치하이텍, ASM Pacific / 세메스, 한미반도체, 이오테크닉스 등	– 세계시장: 20억불 – 국내기술 수준: 90% – 부품국산화: 60%
	테스트	메모리 테스터, 시스템IC 테스터	칩의 불량여부를 판정하는 장비	Advantest, Teradyne/ 엑시콘, 유니테스트 등	– 세계시장: 20억불 – 국내기술 수준: 80% – 부품국산화: 60%

| 표 1. 주요 공정 장비 분석 (KSIA, Keit) |

★ (패키징) 첨단 패키징 관련 2.5D/3D 공정기술은 삼성전자와 SK 하이닉스가 세계 최고의 수준이라 할 수 있으나, 관련 장비 기술은 전무한 실정

– 2.5D/3D 관련 공정장비들은 노광, 식각, 및 증착과 같은 반도체 전공정 영역에 해당하는 기술로 구성되어 있기 때문에 전술한 반도체 전공정 관련 국내 기술력 수준은 비슷한 상황

– 웨이퍼 레벨 Fanout 공정의 경우 패널 기반으로 진행할 경우 대면적 기반의 PCB 또는 Display 공정 및 장비와 많은 부분에서 유사점이 존재하기 때문에 국내에서 접근하기에 비교적 기술적 장벽이 높지 않을 것으로 판단

현재 봉착한 난관을 극복하여 메모리 기술 격차 유지를 위한 기반 기술로서 국내 반도체 산업의 성장을 위해 매우 중요하며 개발 시급성이 매우 높음

★ 반도체 소자의 초미세화 및 3D 적층형 공정의 활용으로 현세대 공정장비의 기술로는 차세대 소자의 효율적 개발이 난관에 봉착하였음

★ 3D 낸드 플래시, DRAM, MRAM, RRAM, PRAM 등 차세대 메모리 소자 개발에 활용할 수 있는 고정밀, 고균일, 고종횡비 증착 장비 기술 개발이 중요함

★ 차세대 메모리 반도체 제조 수율 향상 및 산포도 최소화를 위해 스마트 APC/AEC용 실시간 공정진단 센서 기술 및 프로세스 장비 및 MI 장비가 융복합화된 IM 장비기술 개발이 시급함

★ 식각기술은 대표적인 반도체 제조공정 기술로서 반도체 산업 뿐만 아니라 향후 급격히 성장할 것으로 예상되는 나노산업 등의 첨단 산업에 필수적이며, 향후 중국 등으로 반도체 기술이 점진적 이전이 된다고 가정할 때 식각 장비 기술의 국산화는 반도체 기술 선두 유지를 위한 매우 중요한 첨단 기술임

웨이퍼 레벨 Fanout 패키징의 경우 다양한 응용분야에 적용 가능한 특징을 기반으로 급격한 시장 확대가 예상

★ 기생성분 특성이 우수하여 고속 대용량 데이터 전송이 가능하여, High-end 메모리 제품뿐 아니라, 사용 주파수대역이 높아지고 있는 차세대 이동통신 및 IoT와 같은 새로운 정보통신 서비스에 광범위하게 적용될 것으로 예상

★ Post 스마트폰 시장으로 인식되는 이러한 시장에서의 경쟁력 확보를 위해서는 관련 공정 및 장비 기술의 후방산업 기술력을 보강하여, 전자산업 및 서비스의 전방산업 경쟁력 확보 전략이 시급함

★ 패키징 산업이지만 패널을 기반으로 하는 PCB 또는 Display 산업의 공정 과 장비 면에서 많은 유사성이 존재하고, 산업 간 밀접한 관계를 형성하고 있어 기술개발 지원을 통한 시장 진입뿐 아니라 연계 시너지가 큰 분야 임

4. 시장 현황 및 향후 전망

반도체 장비 시장은 글로벌 업체들의 3D 낸드 플래시 및 파운드리 투자가 본격화되면서 '16년은 397억불, '17년은 434억불로 꾸준히 성장할 것으로 전망

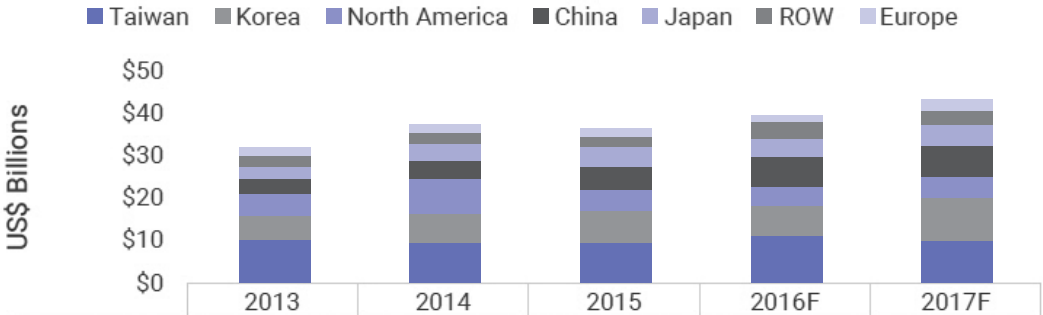
★ 품목별로는 웨이퍼 공정장비에서 가장 큰 매출 증가가 예상됨.

※ 웨이퍼 공정 장비 매출규모: ('15)288억불 → ('16)312억불 → ('17)347억불

	2015	2016	2017
SEMI Worldwide Equipment	$36.5 B	$39.7 B	$43.4 B
Equipment Change	-2.6%	8.7%	9.3%
WSTS Semiconductor Forecast	$335.2 B	$335.0 B	$346.1 B
Equipment Spending as % of Semiconductor Revenues	10.9%	11.8%	12.5%

Source: WSTS, November 2016, SEMI, December 2016

| 그림 3. 세계 반도체 시장 및 반도체 장비 시장 규모 |



	2013	2014	2015	2016F	2017F
Europe	1.92	2.38	1.94	1.75	2.75
ROW	2.08	2.15	1.97	3.70	2.97
Japan	3.38	4.18	5.49	4.78	5.34
China	3.38	4.37	4.90	6.70	6.99
North America	5.27	8.16	5.12	4.37	5.41
Korea	5.22	6.84	7.47	7.14	9.72
Taiwan	10.57	9.41	9.64	11.25	10.22

| 그림 4. 지역별 반도체 장비 시장 규모 |

★ 대만은 TSMC와 UMC를 중심으로 세계에서 가장 큰 장비시장 규모를 차지하고 있으며, '17년에도 가장 높은 점유율을 기록할 전망

– 품목별로는 '16년 조립 (Assembly) & 패키징 장비분야에서 '15년 기저 효과로 6억불을 기록하며 가장 높은 증가율을 기록

※ TSMC: 16nm Ramp-up 720억불 장비 투자('16)
10nm 생산준비 640억불 장비 투자 예정('17)

※ UMC: 8 inch fab 630억불 장비 투자('16), 580억불 장비 투자 예정('17)

★ 한국은 '16년도에는 71억불을 기록하며 전년 대비 약간 감소하였으나, '17년에는 36% 증가한 97억불 전망

※ 삼성전자: DRAM 18nm 전환, 3D 낸드 플래시 투자, 파운드리 10nm FinFET 양산

※ SK하이닉스: DRAM 및 3D 낸드플래시 등에 총 30억불 장비 투자 예정('17)

★ '16년 중국의 장비 시장 규모 증가율은 가장 높았으며, '17년에도 SMIC, SK하이닉스(우시), 인텔(다롄)을 중심으로 계속 성장세 유지할 것으로 예상

2016 SEMI YEAR-END WAFER PROCESSING EQUIPMENT FORECAST BY REGION, (US$ BILLION)

	Actual			Year-end Forecast	
Region	2013	2014	2015	2016F	2017F
Europe	1.51	1.87	1.49	1.35	2.29
Japan	2.60	3.30	4.58	3.73	4.35
North America	4.50	7.11	4.06	3.49	4.44
Korea	4.24	5.84	6.42	6.14	8.55
Taiwan	9.05	7.32	7.98	8.96	8.08
China	2.38	2.95	3.41	5.15	5.28
Rest of World	1.08	0.87	0.84	2.34	1.69
Total	25.36	29.26	28.80	31.16	34.68

Source: SEMI, December 2016

2016 SEMI YEAR-END OTHER FRONT END EQUIPMENT FORECAST BY REGION, (US$ BILLION)

	Actual			Year-end Forecast	
Region	2013	2014	2015	2016F	2017F
Europe	0.07	0.15	0.12	0.09	0.13
Japan	0.32	0.36	0.31	0.47	0.42
North America	0.35	0.45	0.53	0.41	0.50
Korea	0.33	0.28	0.32	0.34	0.40
Taiwan	0.23	0.22	0.41	0.28	0.25
China	0.08	0.11	0.16	0.13	0.17
Rest of World	0.04	0.05	0.05	0.08	0.05
Total	1.42	1.63	1.90	1.80	1.92

Source: SEMI, December 2016

| 그림 5. 웨이퍼 공정 장비 수요 전망 |

2016 SEMI YEAR-END ASSEMBLY & PACKAGING EQUIPMENT FORECAST BY REGION, (US$ BILLION)

	Actual			Year-end Forecast	
Region	2013	2014	2015	2016F	2017F
Europe	0.11	0.12	0.14	0.11	0.11
Japan	0.19	0.25	0.24	0.21	0.21
North America	0.08	0.18	0.19	0.16	0.13
Korea	0.25	0.25	0.22	0.23	0.26
Taiwan	0.54	0.69	0.37	0.62	0.59
China	0.68	0.93	0.82	0.97	1.04
Rest of World	0.47	0.65	0.53	0.57	0.57
Total	2.32	3.06	2.50	2.87	2.91

Source: SEMI, December 2016

2016 SEMI YEAR-END TEST EQUIPMENT FORECAST BY REGION, (US$ BILLION)

	Actual			Year-end Forecast	
Region	2013	2014	2015	2016F	2017F
Europe	0.22	0.25	0.20	0.20	0.22
Japan	0.27	0.27	0.36	0.37	0.36
North America	0.34	0.42	0.34	0.31	0.34
Korea	0.41	0.48	0.50	0.43	0.51
Taiwan	0.75	1.18	0.87	1.39	1.30
China	0.24	0.38	0.51	0.45	0.50
Rest of World	0.49	0.58	0.55	0.71	0.66
Total	2.72	3.55	3.33	3.86	3.89

Source: SEMI, December 2016

| 그림 6. 패키지 및 테스트 장비 수요 전망 |

(세계) 반도체장비시장은 '15년 약 373억불로 신규팹 투자 정체에 따라 성장세가 주춤한 상태이나, '17년 이후에는 각사별 경쟁력 확보를 위한 미세공정 투자가 증대될 전망

★ 글로벌 장비기업들은 10나노 이하 장비 개발비의 급증 및 장비시장 정체에 따라 지속가능한 경영을 위한 M&A를 최우선 진행

※ AMAT(美, 세계 1위): Semitool(09년), Varian(11년) 인수, 13년 TEL(日)사 합병을 추진하였으나, '15년 5월 합병철회(각국 공정위에서 불인정)

※ LamResearch(美, 세계 2위): 세계 5위인 KLA-Tencor(美) 인수 추진 하였으나, '16년 10월 합병 취소(독점금지법)

★ 미세화의 핵심인 양산용 리소장비의 개발 · 적용이 지연됨에 따라 증착 · 식각장비 시장이 증가되고 있음

(국내) 국내 반도체장비시장은 약 81억불('15년)로 전세계 시장의 평균 20~25% 규모이며, 국산화는 약 20% 수준

★ 반도체 장비 수출은 20억불 이상이나, 중국 등 해외에 위치한 국내 기업(삼성, SK하이닉스)으로의 납품 실적이 대다수임

(단위: 억불, %)

구분	2012	2013	2014	2015	2016**	2017**	2018**	2019**	CAGR(%)
세계시장	378	335	389	373	360	390	400	450	2.5
국내시장 (내수)	87	52	68	81	80	85	90	100	2.0
국내생산액	27	33	35	36	39	45	50	55	10.7
수출액	12	18	22	25	27	30	35	38	17.9
수입액	79	53	67	67	70	75	75	80	0.2
세계시장 점유율	7.1	9.9	9.0	9.7	10.8	11.5	12.5	12.2	8.0

| 표 2. 세계 반도체 시장 규모(SEMI, KSIA, MTI) |

(단위: 백만불)

구분	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	CAGR(%) 2015~2020
식각장비	5,587.5	6,200.7	6,221.7	6,593.6	7,145.8	7,492.0	7,333.5	3.4%
증착	7,023.3	6,898.3	6,732.0	7,173.8	7,772.3	8,053.7	7,919.5	2.8%
CMP	811.9	896.0	952.5	1,026.4	1,091.1	1,121.4	1,143.4	5.0%
MI	4,148.7	4,043.5	4,223.1	4,542.4	4,851.2	5,137.4	5,092.4	4.7%

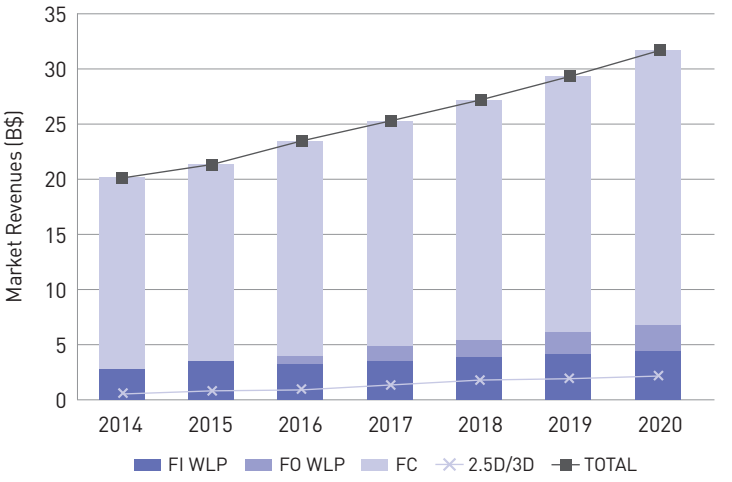
| 표 3. 장비별 시장 규모 |

첨단 패키징 시장은 '20년경 전체 반도체 패키징 시장의 44% 수준인 약 300억 달러 규모로 성장 전망

★ 첨단 패키징 시장은 '14년 기준 반도체 패키징 시장에서 38%(202억 달러 규모)정도의 비중을 차지하며, 기존의 Fan in , Flip chip 시장에 2.5D/3D 집적화 제품 및 최근 가장 많은 관심이 집중되고 있는 웨이퍼 레벨 Fanout 시장을 포함

★ Fan in 및 Flip chip 시장의 꾸준한 성장과 2.5D/3D 적층, 그리고 웨이퍼 레벨 Fanout 기술의 적용 확대로 연평균 7% 의 고성장이 전망

★ 고급 프리미엄 스마트폰에 웨이퍼레벨 패키지 적용 비중이 급성장하였으며, Fanout 기술은 아이폰7 적용 이후로 급격한 성장이 예상



| 그림 7. 첨단 패키징 시장 규모 (Yole, 2015) |

반도체 제조가 주로 아시아(일본 포함, 약 75%)에 이루어지고 있으며, 최근 중국의 공격적인 산업 육성 전략 구사에 따라 그 비중은 더욱 커질 전망

★ 지역별 반도체장비 투자는 미국 15~20%, EU 5~7%, 일본 8~12%, 아시아 55~65%(중국 10~15%, 대만 25~30%, 한국 20~25%) 정도

반도체 장비는 지속적으로 미국, 유럽, 일본 기업들이 독식하고 있음

★ '15년 기준으로 Top 15업체에 미국 4개, 유럽 3개, 일본 8개사로 대부분 차지

순위	업체명	매출(억불)	순위	업체명	매출(억불)
1	AMAT	84.4	9	히다찌 하이텍	9.2
2	ASML	67.3	10	히다찌 코쿠사이	8.7
3	Lam Research	59.0	11	Nicon	8.2
4	TEL	52.4	12	ASM Pacific	7.5
5	KLA Teccor	28.2	13	ASM International	7.4
6	Screen Group	13.6	14	Canon	5.6
7	Advantest	13.2	15	DISCO	5.
8	Teradyne	12.0			

| 표 4. 반도체 장비 업체 매출 순위 (VLSI Research, 2016) |

최근 중국의 메모리산업 진입 및 장비 · 재료산업 육성 본격화에 따라 중국기업의 추격이 거센 상황

★ 파운드리인 SMIC는 24나노 플래시 메모리분야, 메모리기업인 XMC는 플래시 및 3D 낸드 플래시에 집중할 예정으로 향후 3~4 이내에 국내 기업과 경쟁이 예상

★ 반도체 장비 업체는 식각 장비 기업인 AMEC 이외에 약 15개 공정별 핵심 장비기업을 선정하여 정부 차원의 자금을 지원

Company	Products
AMEC （中微）	Dielectric Etch, TSV, MOCVD
ACM （盛美）	Cleaning, CMP, Copper Plating
RSIC (Raintree 睿励）	OCD
SMEE(SH Micro-Electronics) （上微）	Lithography
NMC (Northern Micro-Electronics 北微）	Poly-Silicon Etch, PVD, LED Etch, MOCVD
Sevenstar Huachuang	Diffusion, CVD, Dry Etch, Cleaning
45 Inst	Stepper, Dicing, Wire Bonding
Zhongkexin （中科信）	Ion Implantation
PioTech（沈阳拓荆）	4-12inch PECVD, ALD
Siayuan	Spin Coater, Track system
Purification	Air Purification Equipment
Trinity	Assembly, Packaging, Wire Bonding
LZRapid	Wafer Polishing Equipment
2 Inst	Cleaning System
Grand	Packaging and Testing Equipment
48 Inst （48 所）	Ion implantation, Diffusion, Etch, CVD

| 그림 8. 중국 주요 반도체 장비 기업 |

국내 반도체 장비 기업은 반도체 산업(특히, 메모리)의 성장에 힘입어 매출 · 고용의 양적 성장이 있었으나, 여전히 매출 1조원 · 고용 1천명 미만으로 영세함

★ 해외 업체 대리점 및 가공 업체 형태로 시작한 장비 기업이 그간 정부의 국산화 정책, 업계의 노력으로 일부 대규모 매출 기업으로 성장

※ 세메스 1.1조원, 원익 IPS 0.5조원

★ 대부분의 장비기업의 평균 고용규모는 약 100여명 수준이며, 업체별로는 10~800명까지 다양하나, 글로벌 업체에 비해서는 매우 열악한 수준임(1/20)

– 제한된 매출 규모에 인한 규모 영세성에 따른 낮은 처우 수준으로 고급 인재의 확보가 매우 어려운 상황

증착 장비 시장은 약 7조원 규모로 AMAT(미국), Lam(미국), TEL(일본) 등 해외 업체가 시장을 주도

★ 반도체 장비 중에서 국내 업체의 경쟁력이 있는 분야로 주성, 유진테크, 원익 IPS, 테스 등 국내기업들이 증착 장비의 영역을 확장하면서 국산화와 함께 기술 내재화 등에 적극적임

★ 반도체 소자 미세공정의 난이도가 높아지면서 ALD의 중요도가 점차 올라가고 있으며, 3D 관련하여 ALD 장비시장은 점점 증가하는 경향을 보임

– 25nm DRAM의 경우 Capacitor 유전막의 두께는 3Å 수준으로 ALD 장비의 적용이 필수이며, 20nm 이하에서 일부 Oxide와 Nitride 절연막 등에도 ALD가 확대 적용되는 추세

– 3D 낸드 플래시의 고종횡비로 인하여 ALD를 이용한 박막 증착의 요구가 높아지고 있음

※ 48단 공정에는 기존에 CVD를 적용하던 공정이 ALD로 대체되고 있으며, 64단 이후 공정은 증착의 난이도가 더욱 증가해 ALD의 비중이 더 커질 것으로 예상

식각 장비는 약 7조원의 시장 규모로, Lam(美) · AMAT(美) · TEL(日) 등 해외 업체가 시장을 주도하고 있으며, 핵심기술 및 노하우 축적이 요구되어 신규업체의 시장진입 장벽이 비교적 높은 분야임

CMP 장비는 약 1조원의 시장 규모로, AMAT(美) · EBARA(美)가 세계시장 90% 이상 점유하고 있으며 반도체소자의 미세화, 다층화 추세로 전체 공정 내 CMP 장비 중요도가 높아지는 상황

세계 MI 시장 규모는 약 5조원이며, KLA–tencor(美), Nanometrics(美) 등이 시장을 주도

★ KLA–Tencor는 Lam과 합병을 추진하였으나 인텔 등 반도체 소자업체들의 반대로 최근 합병이 무산되었으나, 노광기 업체인 ASML도 2016년 대만 Hermes 사를 인수하는 등 공정장비 회사들이 개발 경쟁력 강화를 위하여 계측, 검사 장비 회사와의 인수, 합병을 추진하는 추세

웨이퍼 레벨을 기반으로 하는 첨단 패키징의 비중이 높아짐에 따라 반도체 전공정과 후공정 사이에 MoL 시장 개념이 확립되고 있으며, 관련 분야 장비시장 연평균 18% 수준으로 급성장

★ MoL 영역은 리소그라피(Lithography), 식각, 증착 등의 반도체 전공정과 CMP, Bonding 및 test 등의 후공정 분야가 혼재되어 있으나, 주로 반도체 전공정 장비 업체에게 진입 장벽이 낮은 상황

★ 공정 측면에서는 일부 파운드리 또는 IDM 기업의 시장 참여로 위협요소로 작용하지만, 전반적으로 OSAT 기업에게는 웨이퍼 레벨에서의 패키징 공정은 기존의 사업 영역을 넓히는 기회로 인식

★ 그러나 첨단 패키징 기반의 MoL 시장의 확대는 높은 R&D 및 인프라 투자비용을 감당할 수 있는 기업에게만 열려 있는 시장으로 기업 실적 양극화 현상 발생

★ 이러한 상황에서 반도체 전공정 업계에서 일어나고 있는 M&A를 통한 기업 몸집 불리기가 반도체 패키징 업계에서도 동일하게 일어나고 있음

※ 업계 1위인 ASE(대만)와 3위인 SPIL(대만)의 합병, 2위 Amkor(미국)의 6위 J-Device(일본) 인수 등

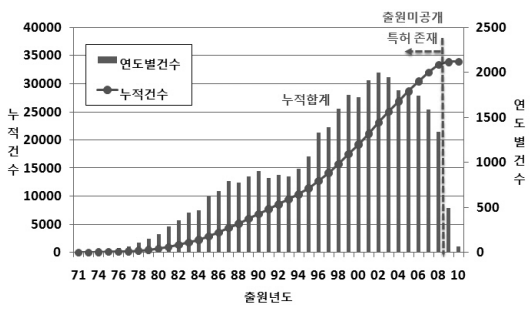
★ 국내의 패키징 기업의 경우 세계시장에 비하여 그 규모가 매우 영세하기에 매우 불리한 상황이며, 중국의 경우 막대한 자본의 뒷받침으로 규모뿐 아니라 기술적 우위에서도 경쟁력을 더 높여가고 있음

5. 특허 분석 및 표준화 동향

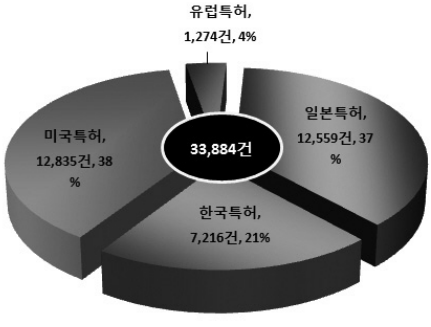
반도체 장비 기술(식각, 증착, 광학, CMP) 분야의 특허는 '70년대 초반부터 출원되기 시작하여, '08년까지 특허 출원건수는 총 33,884건에 달함

★ '71년부터 '02년까지는 증가하다가 '02년 이후에는 다소 감소

★ 국가별로는 미국 특허 출원건수가 총 12,835건(38%)으로 가장 비중이 높음



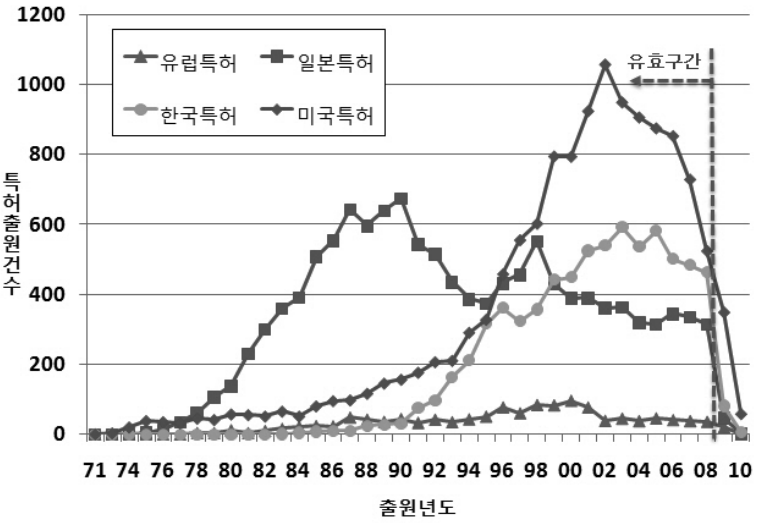
| 그림 9. 연도별 누적 특허 출원 동향 |



| 그림 10. 국가별 특허 출원 현황 |

★ 한국 특허는 '90년 이후에 급격히 증가하여 '03년을 정점으로 다소 감소

– 미국 특허는 '04년까지 급격히 증가하였으며, 일본 특허는 '90년을 정점으로 다소 감소하다가 2000년대에 하향 안정화하는 경향을 보였으며, 유럽 특허는 특허 출원수가 거의 증가하지 않은 채, 소수의 건만이 일정한 수준으로 꾸준히 출원



| 그림 11. 국가별 연도별 특헌 출원 현황 |

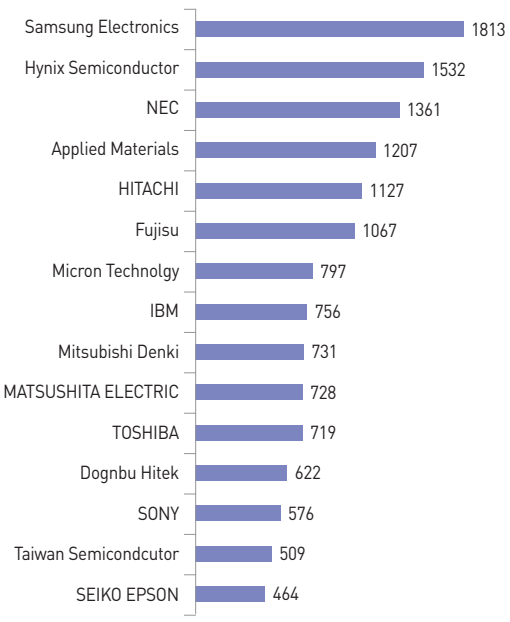
반도체 장비 기술(식각, 증착, 광학, CMP) 분야 특허는 국내 기업인 삼성전자(1위: 1,823건), SK하이닉스(2위: 1,532건)이 주요 출원인임

★ Top 15 출원인 중 일본 국적 기업이 8개에 달함(NEC 3위, 히다치 5위 등)

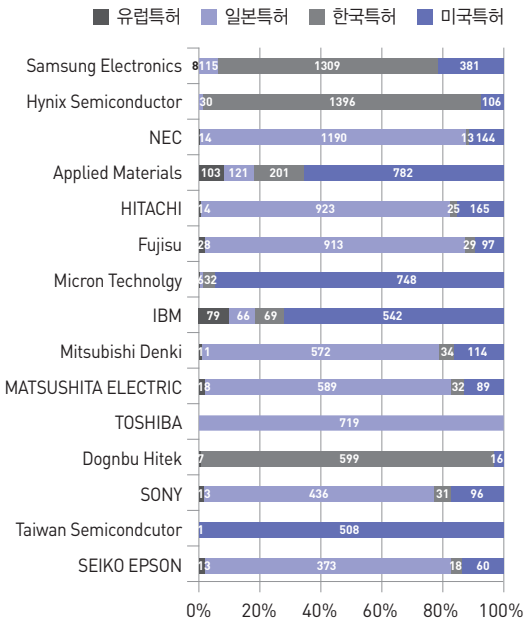
★ 대부분의 출원인이 자국 내 출원에 주력하고 있는 것으로 나타나며, 자국 출원건수 대비 해외 출원은 비중은 약 10~30%에 불과함

– 삼성전자의 해외 출원 비중은 약 28%, SK하이닉스는 약 9%

– 미국의 AMAT는 약 35%를 해외에 출원하며 전 세계적으로 고르게 보유

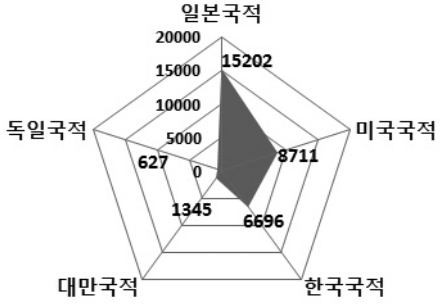


| 그림 12. Top15 출원인 랭킹 현황 |



| 그림 13. Top-15 국가별 특허점유 분포 |

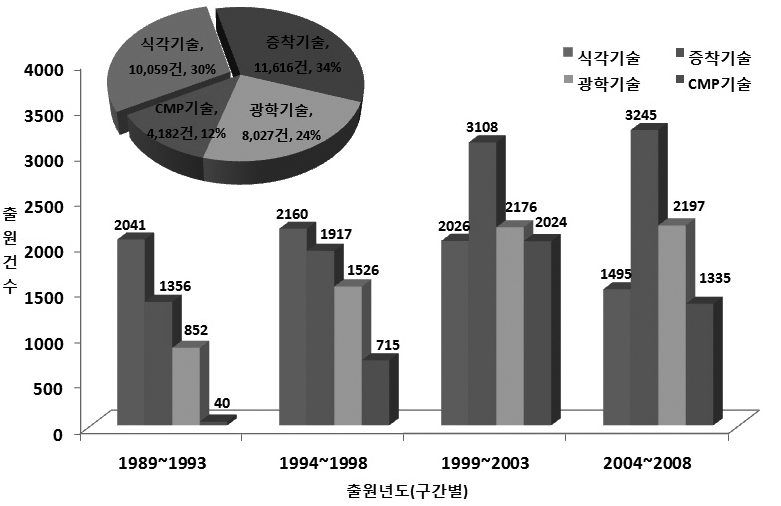
★ 출원인 국적별로는 일본 국적 출원인 활동이 15,202건으로 가장 활발하여, 특허 점유현황은 일본, 미국, 한국, 대만, 독일의 순임



| 그림 14. 출원인 국적별 특허 점유현황 |

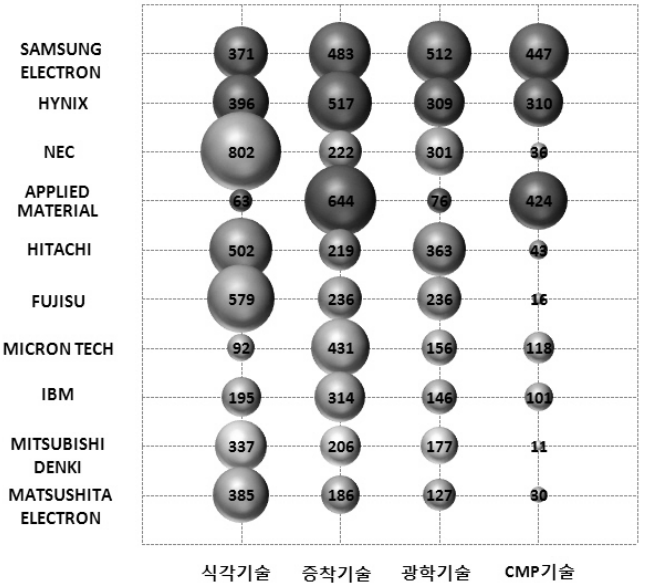
식각, 증착, 광학, CMP 분야 중에서는 증착 기술이 전체 특허의 34%로 가장 많음

★ 증착 및 광학 기술은 '89년부터 '08년까지 증가하는 경향을 보이는 반면, 식각 및 CMP 기술은 '89년부터 '08년까지 점차적으로 증가하다가 감소하는 경향



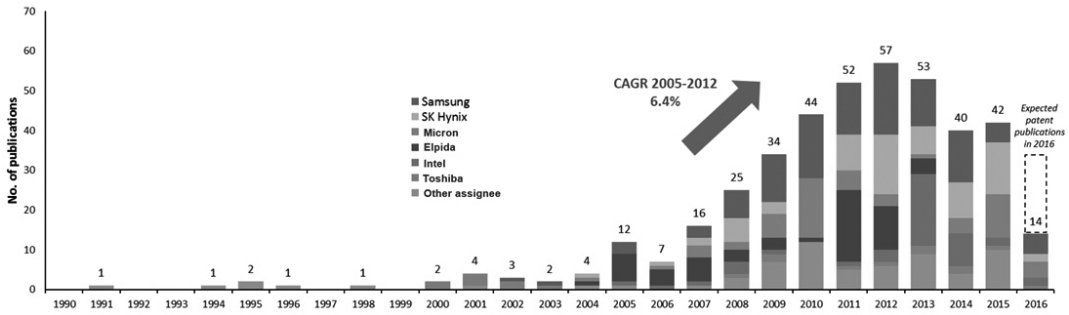
| 그림 15. 기술별 구간별 동향 |

★ 한국, 일본 및 미국 특허에서는 모두 건식 에칭 기술, 기판 제어 기술을 역점 분야로 하고 있으며, 한국 특허에서는 에피택시 기술, 일본 특허 및 미국 특허에서는 Pad 기술이 공백 기술인 것으로 조사됨



| 그림 16. 주요 출원인별 역점분야 및 공백기술 |

[패키징] 반도체 IC 미세화 추세에 따라 패키징 분야에서도 이러한 기술적 대응을 위하여 어셈블리 공정에 반도체 공정을 적극 도입하고 있는 3D 메모리 적층 또는 웨이퍼 레벨 Fanout 기술이 증가

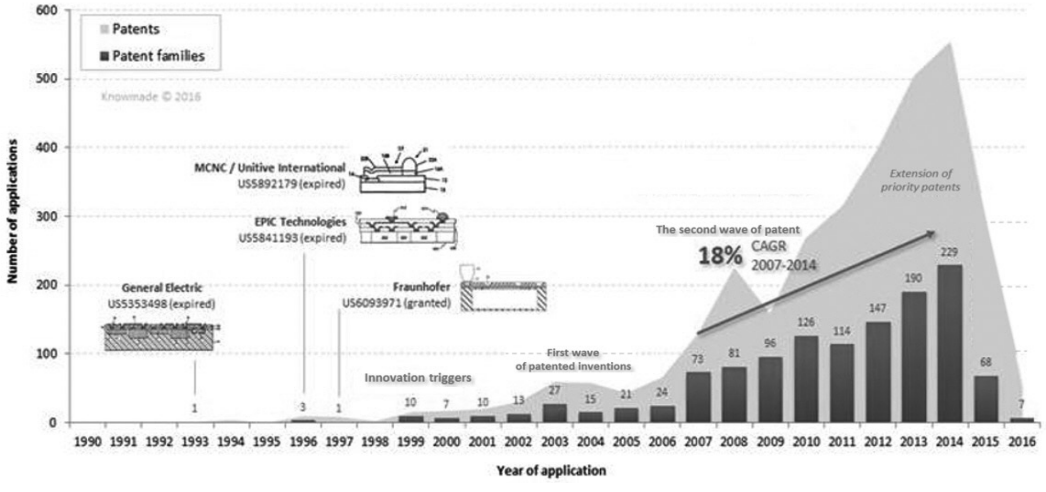


| 그림 17. 3D 메모리 적층 기술 연도별 출원 동향 (KnowMade, 2015) |

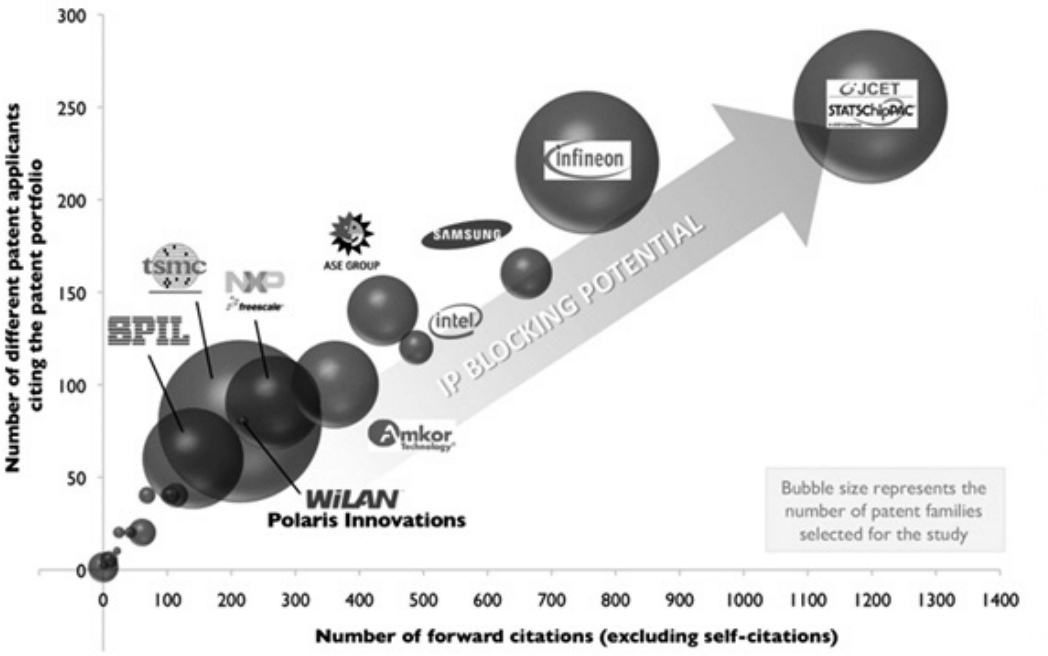
★ 3D 메모리 적층기술은 '05년을 기점으로 '12년 까지 연평균 6.4% 정도의 출원 증가하였으나, 제품화가 시작된 '14년 경 약간 감소하고 있으나,, 클라우드 컴퓨팅 및 IoT 적용 증가에 따라 다시 관련 기술의 출원이 증가할 것으로 예상

★ 관련 특허 보유 기업 중 상위 1~6위의 기업이 전체 특허의 80%를 차지하고 있으며, Micron과 삼성전자가 각각 1위, 2위로 3D 메모리 적층 기술 관련 특허를 보유하고 있는 것으로 나타남

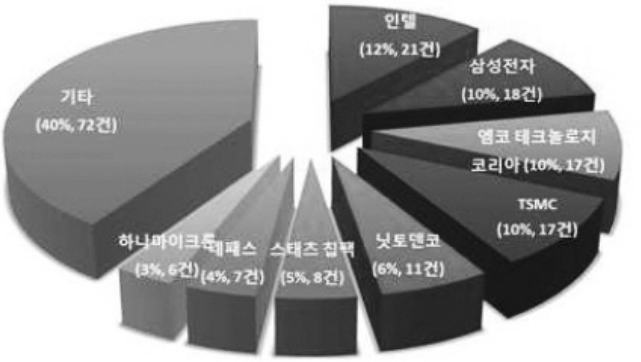
★ 특히 Micron은 '13년 일본 메모리 반도체 기업 Elpida를 인수하면서 가장 많은 특허 보유



| 그림 18. 웨이퍼 레벨 Fanout 기술 연도별 출원 동향 (KnowMade, 2016) |



| 그림 19. 웨이퍼 레벨 Fanout 기술, 주요기업별 특허 권리력 분석 (KnowMade, 2016) |



| 그림 20. 웨이퍼 레벨 Fanout 기술, 기업별 국내 특허 출원 현황 (2007~2014, 특허청, 2016년 자료) |

★ 반도체 IC의 지속적인 미세화에 따른 패키징 공정의 문제점 해결이 가능한 웨이퍼 레벨 Fanout 기술은 '07년을 기점으로 연평균 18% 수준의 급격한 성장세를 보이고 있으며, 세계적으로 평균 2년의 특허 출원 기간을 감안하면 계속적인 성장세를 보일 것으로 추측

★ 웨이퍼 레벨 Fanout 기술 분야에서는 JCET/STATS ChipPAC 과 TSMC 가 가장 왕성한 특허활동을 보이고 있음. 특히 TSMC의 경우 최근 2~3년간의 특허 출원이 가장 많은 기업임

★ TSMC가 출원수에서 앞서는 반면 JCET/STATS ChipPAC의 경우 가장 확고한 특허 포트폴리오를 구축하고 있어 기술적 장벽을 높이고 있음을 알 수 있음

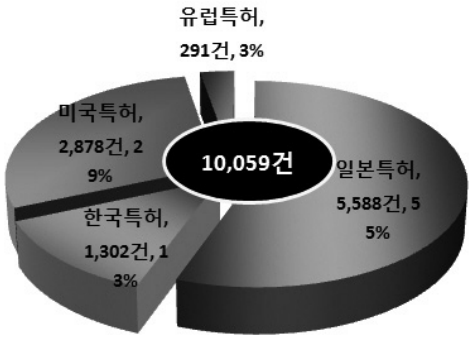
★ 관련 특허 권리력 분석 및 국내 출원 기업 동향에서, 삼성전자와 미국의 인텔의 경우, 현재 시장 진입에 확실한 모습을 보이고 있지는 않으나, 특허 활동이나 포트폴리오 구축에 제법 의미 있는 동향을 보이고 있음

★ 또한 급격한 시장 성장을 보이는 한편, Polaris innovation社의 infineon 원천 특허및 다수의 기반 특허 인수 활동으로, 관련 기술 시장에서 '특허공룡'의 탄생도 염려되고 있음

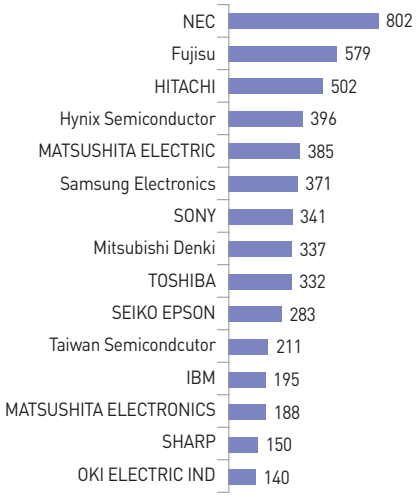
식각 기술 분야의 특허 출원건수는 총 10,059건으로 집계되었으며, 전체적으로 80년대 초반부터 본격적으로 출원되기 시작했고, 90년대에 가장 활발하게 출원되었으며, 최근에는 다소 감소하였으나 여전히 매년 약 300~400여건이 출원

– 10,059건 중, 일본 특허 출원건수가 총 5,588건으로 가장 비중이 높았으며, 다음으로 미국 특허가 2,878건으로 29%, 한국, EU 순으로 나타남

– Top15 출원인 중 11개의 출원인이 일본 국적의 기업으로 구성되어 있으며, FUJITSU 2위, HITACHI 3위, MATSUSHITA 5위로 나타남

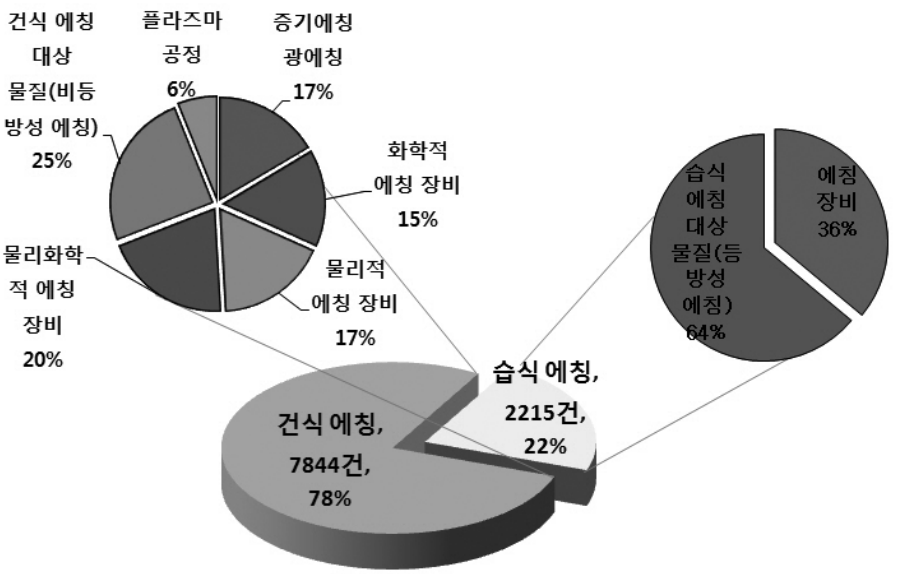


| 그림 21. 식각기술의 국가별 특허출원 점유현황 |



| 그림 22. 식각기술의 출원인 랭킹 현황 |

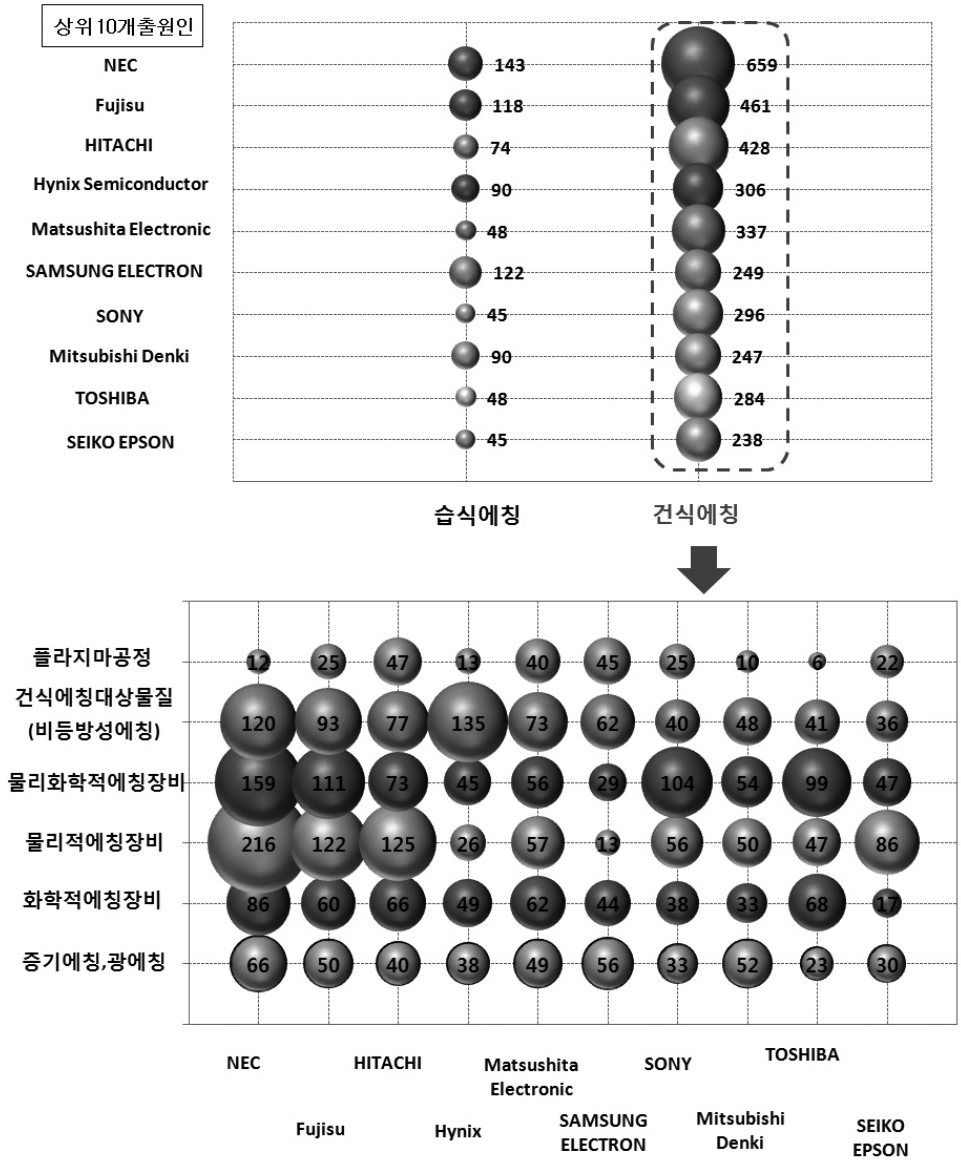
★ 식각 기술 분야의 기술별로 특허 점유율 살펴보면, 건식 식각이 기술이 7,844건으로 78%, 습식 식각 기술이 2,215건으로 22%를 차지함



| 그림 23. 식각의 세부기술별 점유분포 |

★ 식각기술 분야 중, 주요 출원인들은 모두 건식 식각 기술을 역점으로 하고 있음

– NEC, Fujisu 및 HITACHI가 가장 많은 특허를 보유하고 있고, 이들은 대부분 물리적 에칭장비 기술을 역점으로 하고 있고, 이어서 물리화학적 식각 장비 기술, 그리고 건식 식각 대상물질(비등방성 에칭) 기술에 대한 특허를 다수 보유

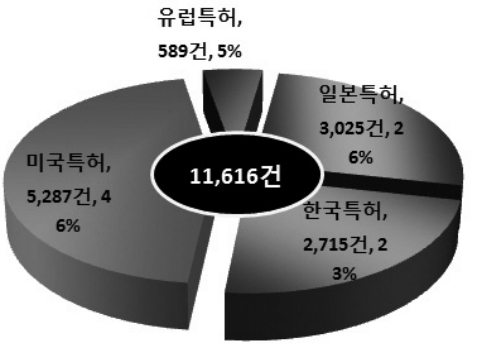


| 그림 24. 출원인별 식각 세부기술 역점분야 및 공백기술 |

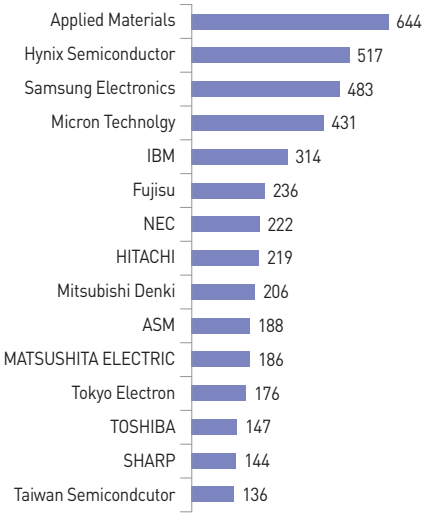
증착기술 분야에 관한 특허 총 11,616건 중, 미국특허 출원건수가 총 5,287건으로 가장 비중이 있었으며, 다음으로 일본특허가 3,025건으로 26%, 한국특허가 2,715건으로 23%, 마지막으로 유럽특허가 589건으로 5%를 나타내고 있음

– 미국의 APPLIED MATERIALS의 특허가 644건으로 가장 높게 나타났으며, 전체적으로 주요 출원인 중에는 미국과 일본 국적 출원인이 많은 것으로 조사됨

– Top15 출원인 중 8개의 출원인이 일본 국적의 기업으로 구성되어 있으며, FUSITSU 6위, NEC 7위, HITACHI 8위로 나타남



| 그림 25. 증착기술의 국가별 특허출원 점유현 |

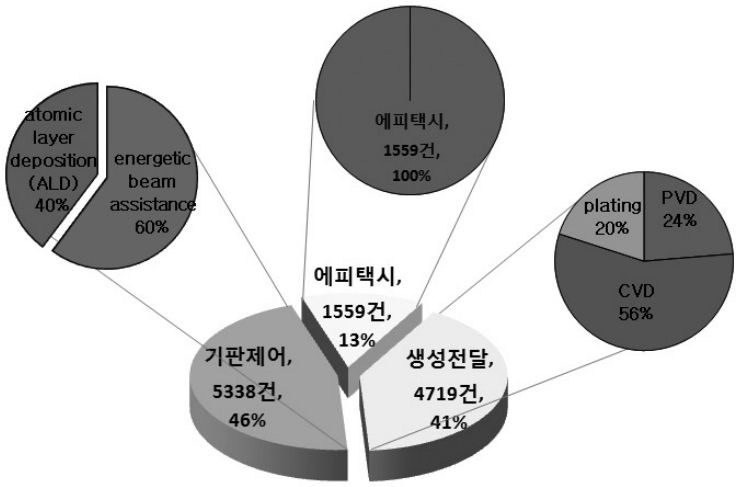


| 그림 26. 증착기술의 출원인 랭킹 현황 |

★ 기술별로 특허 점유율 살펴보면, 기판제어 기술이 5,338건으로 46%, 생성전달 기술이 4,719건으로 41%, 그리고 에피택시 기술이 1,559건, 13%를 차지함

– 생성전달 기술을 세부기술별로 살펴보면, CVD 기술이 2,666건으로 56%를 차지하였으며, PVD 기술이 24%, 도금 기술이 20%를 차지함

– 기판제어 기술에서는 보조 에너지빔 기술이 60%로 가장 높은 점유율을 차지하였으며, 이어서 원자층 증착 기술이 40%의 점유율을 차지

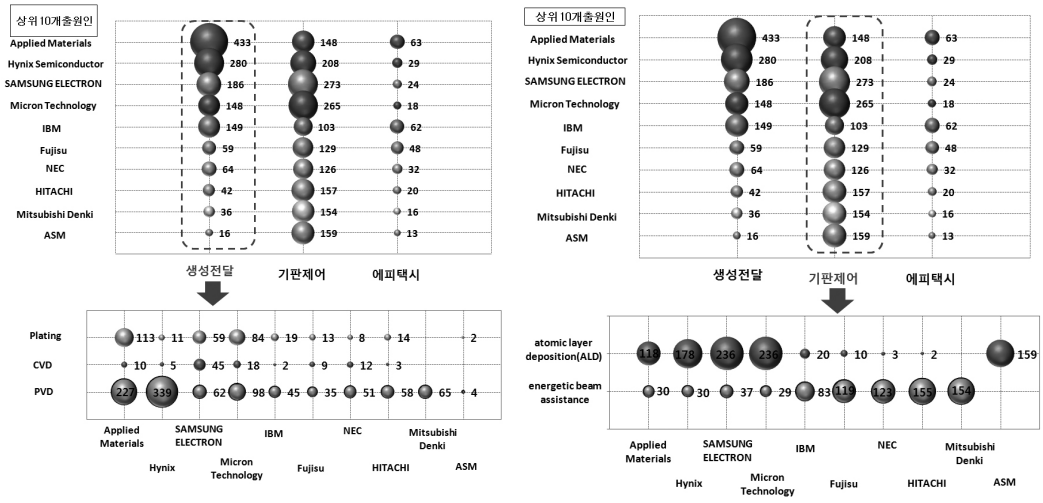


| 그림 27. 증착의 세부기술별 점유분포 |

★ 증착기술 분야 중, Samsung Electronics, Micron Technolgy 및 Fujisu 는 기판제어 기술을 역점으로 하고 있음

– Applied Materials, SK Hynix 및 IBM 은 모두 PVD 기술을 역점기술로 하고 있음. 특히, Mitsubishi Denki는 PVD 기술만을 보유하고 있을 뿐 도금(Plating)과 CVD 기술에서 큰 공백기술을 가지고 있음

– 삼성전자와 Micron Technology는 ALD를 역점으로 하고 있는데 반하여, Fujisu는 energetic beam assistance 기술을 역점으로 하고 있음

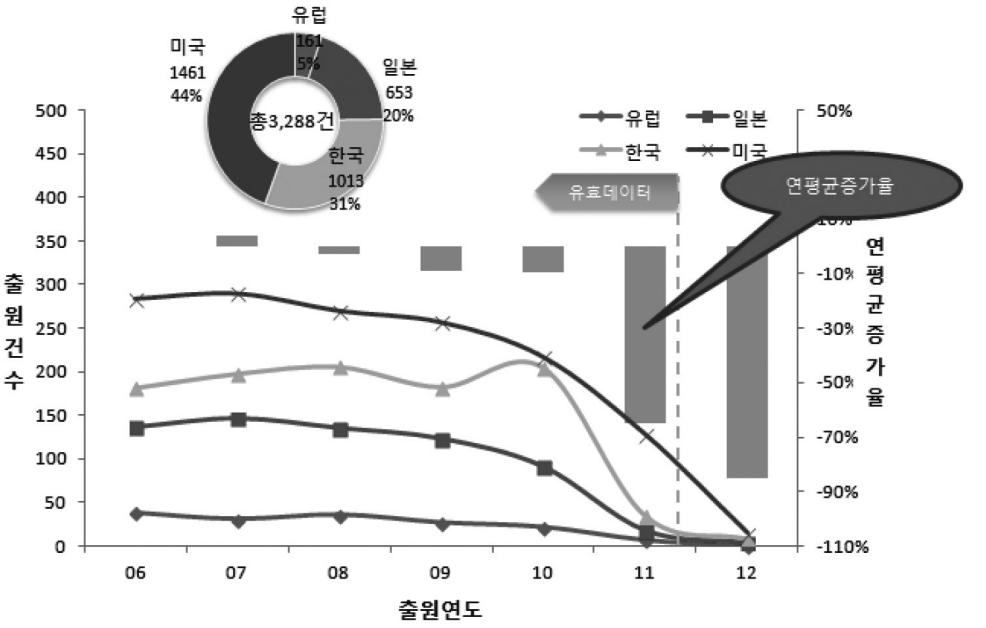


| 그림 28. 출원인별 증착 세부기술 역점분야 및 공백기술 |

SPM · 광융합 나노 측정 장비 제품의 대상특허 3,288건 전체에 대한 각 국가의 연도별 출원 동향을 살펴보면, 전반적으로 2008년까지 일정 수준의 출원이 이루어지면서 증가하는 양상을 보였으나, 이후 최근까지는 감소하는 추세

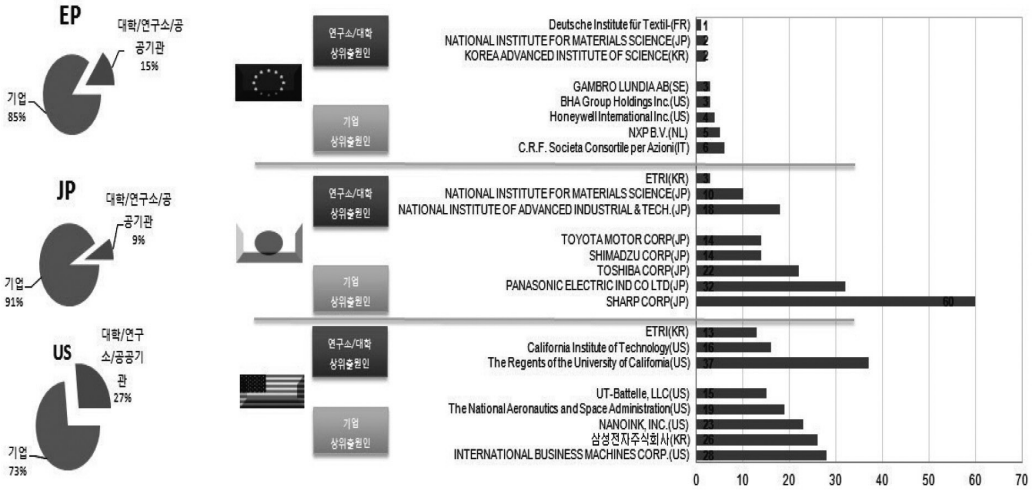
– 출원 규모에 있어서는 미국 1,461(44%)로 가장 높은 점유율을 보이고 있으며, 한국 1,013(31%), 일본 653(20%), 유럽 161(6%)의 특허점유율을 나타

– 전 세계 특허출원 건수를 대상으로 연평균 증가율을 보면, '07년부터 전세계적으로 증가율이 서서히 감소추세를 나타내고 있으며, 한국만 '10년부터 다시 증가하는 경향을 보임. '11년부터 급감하는 경향은 출원일로부터 18개월 후 공개한다는 특허 공개 제도에 의한 일시적인 현상으로 판단됨



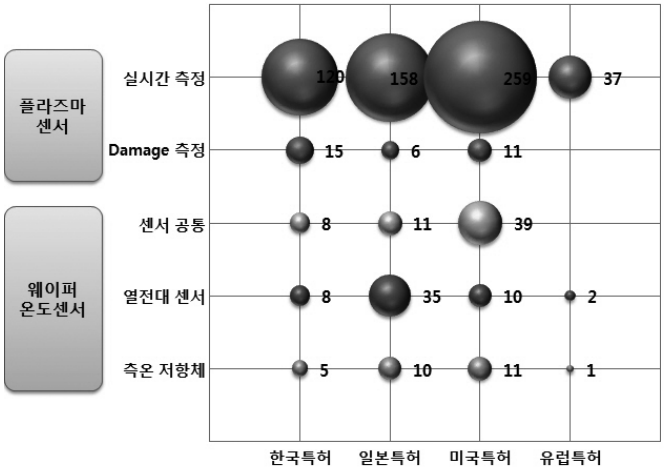
| 그림 29. SPM · 광융합 나노측정장비 제품의 국가 · 연도별 출원 동향 |

★ SPM · 광융합 나노 측정 장비 제품의 해외 특허 주요 출원인의 출원 현황을 살펴보면, 유럽과 일본에서 기업이 80% 이상을 출원하고 있어 연구소, 대학에 비해 많은 특허출원을 하고 있음. 미국은 기업이 73%의 높은 비율을 나타내고 있지만 일본과 유럽에 비해 기업의 출원이 다소 적고, 연구소, 대학의 출원이 활발한 것으로 나타남



| 그림 30. 해외특허 주요 출원인의 출원 현황 |

온웨이퍼 센서의 경우 세부기술별로 국가별 역점 기술과 공백 기술을 살펴보면, 한국, 일본, 미국 및 유럽 특허에서는 공통적으로 플라즈마 센서 기술 중 실시간 측정 기술에 대한 특허가 가장 많은 것으로 나타났으며, 이 외에 웨이퍼 온도센서 분야에서는 일본의 경우 열전대 센서 기술에 대한 특허가 다수 출원되었으며 미국의 경우 센서 공통 기술에 대한 특허가 다수 출원된 것으로 나타남

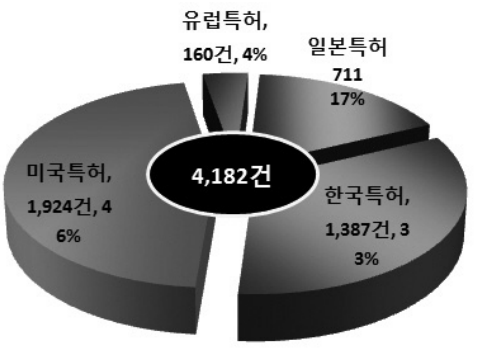


| 그림 31. 출원인별 MI/진단 세부기술 역점분야 |

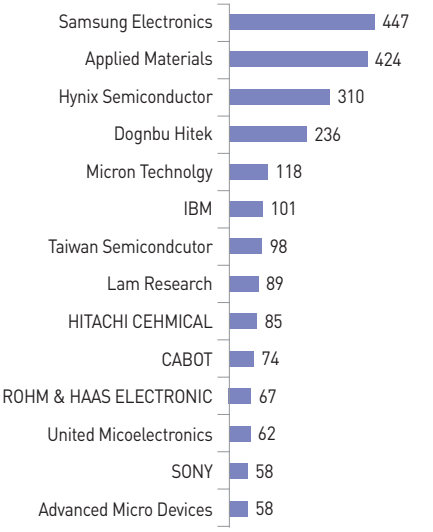
CMP 기술 분야의 특허 출원 건수는 총 4,182건으로 집계되었으며, 전체적으로 '90년을 전후하여 출원되기 시작하여 '90년대 중반부터 급증하였으며, '00년대 초반에 가장 활발한 출원 동향 이후에는 다소 감소하는 경향

– 총 4,182건 중 미국 특허 출원건수가 총 1,924건으로 가장 비중이 높았으며, 다음으로 한국 특허가 1,387건으로 33%, 일본, EU 순으로 나타남

– Top 1은 삼성전자(447건)이나 Top15 출원인 중 8개의 출원인이 미국 국적의 기업으로 구성되어 있음(AMAT 2위, MICRON 5위, IBM이 6위 등)



| 그림 32. CMP 기술의 국가별 특허출원 점유현황 |

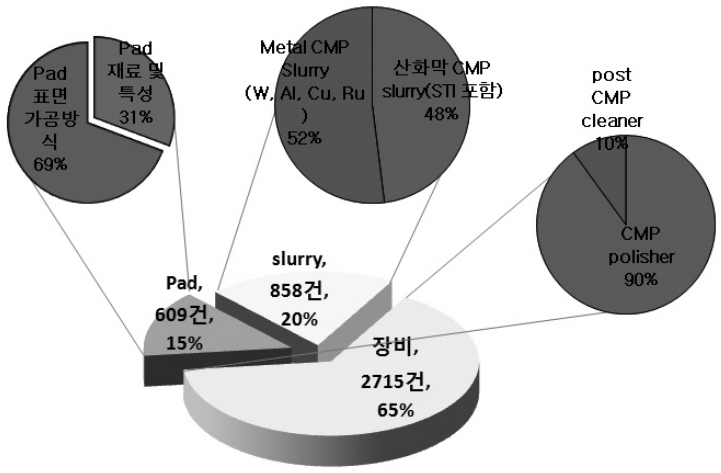


| 그림 33. CMP 기술의 출원인 랭킹 현황 |

★ CMP 기술 분야의 기술별로 특허 점유율 살펴보면, 장비 기술이 2,715건으로 65%, Slurry 기술이 20%, Pad 기술이 15%의 점유율을 차지함

– 장비 기술을 세부 기술별로 살펴보면, CMP polisher가 90%로 대다수를 점유

– Pad 기술을 세부 기술로 살펴보면, Pad 표면 가공 방식 기술이 69%, Pad 재료 특성 기술이 31%의 점유율을 차지함

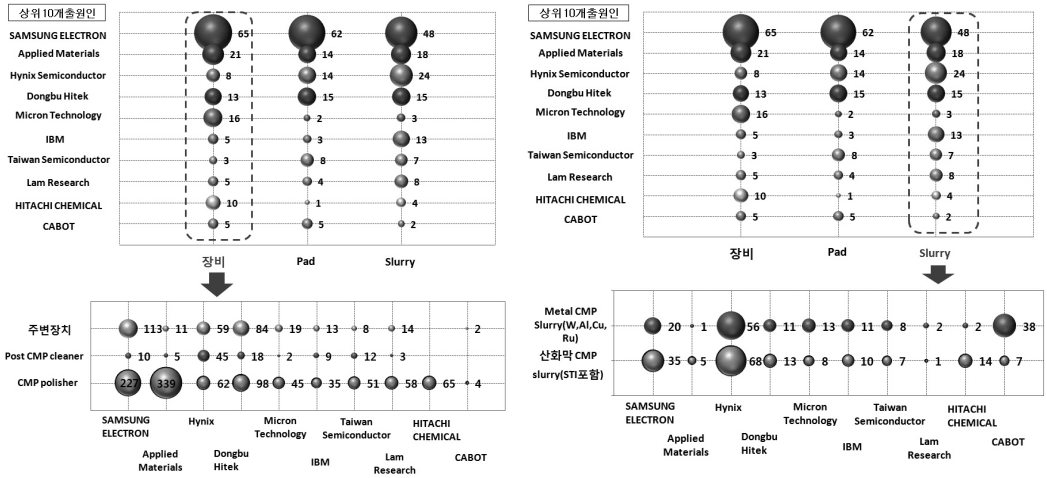


| 그림 34. CMP의 세부기술별 점유분포 |

★ CMP 기술 분야 중 삼성전자, Applied Materials 및 Micron Technology는 장비 기술을 역점으로 하고 있음

– 삼성전자, Applied Materials 및 Micron Technology는 또한 CMP polisher 기술을 역점기술로 하고 있음. 특히, HITACHI는 CMP polisher 기술 만을 출원하고 있고, 주변장치와 Post CMP cleaner에서 큰 공백 기술을 가지고 있음

– 삼성전자, SK하이닉스 및 IBM 은 모두 공통적으로 Metal CMP slurry 기술과 산화막 CMP slurry 기술을 비슷하게 출원하고 있음. 다만, CABOT은 Metal CMP slurry 기술에 집중하고 있는 것이 두드러짐



| 그림 35. 출원인별 CMP 세부기술 역점분야 및 공백기술 |

반도체 공정 장비의 경우 SEMI를 중심으로 제조 설비에 대한 안전 지침 및 재료 표준 등에 대한 표준화를 진행 중이며, 납품 시에는 SEMI 안전, 통신 등의 규격인증이 요구

★ 한국의 경우 SEMI Facility와 I&C 분야에서 일부 기업이 활동하고 있으며, 최근 국내 주도로 Advanced Back-end Factory 분야의 TF가 승인되어 향후 자동화분야의 표준 개발이 예상

❖ **반도체 장비통신 표준**

- SEMI E4, E5: SECS-I/II(SEMI Equipment Communication Standard I/II)
- SEMI E30: GEM(General Equipment Model)
- SEMI E37: HSMS(High-speed SECS Message Service)

❖ **반도체 장비안전 표준**

- SEMI S2: Environmental, Health, and Safety Guideline for Semiconductor Manufacturing Equipment
- SEMI S6: EHS Guideline for Exhaust Ventilation of Semiconductor Manufacturing Equipment
- SEMI S8: Safety Guideline for Ergonomics Engineering of Semiconductor Manufacturing Equipment

| 표 5. 주요 SEMI 표준 현황 |

국제표준화 활동에 기업의 적극적 참여가 필요하며, 특히 소자 대기업과 대학, 연구소 등의 협업을 통하여 국제 표준 기술 개발 활동을 통한 시장 선점이 필요

★ 기업 중심의 표준 수요를 지속적으로 발굴하고 국내 반도체 기업과 대학, 연구소 등의 협업을 통한 표준 기술 연구 개발 필요

★ 반도체 공정 자동화 및 패키징 기술과 같이 국내 보유 기술의 경우 국내 단체 표준으로 개발하고 단계적으로 국제 표준으로 연결될 필요

★ 또한, 표준화 대응 능력 제고를 위한 표준 전문 인력 양성 및 국내 산학연의 국제 표준 활동에 대한 정부 차원의 지원도 필요

6. 시사점

국내 메모리반도체 산업은 이미 세계적 경쟁력을 확보하고 있어, 저장 솔루션 관련 분야 연구를 진행 중인 대학 및 연구소의 협력관계를 구축한다면 기술 개발 성공 가능성은 매우 높을 것으로 판단

★ 저장 솔루션 기술은 현재 메모리반도체 제조사를 중심으로 개발이 이루어지고 있고, 이를 지원하는 저장 솔루션을 위한 반도체 공정 장비 기술은 증착 공정, 열처리, 패키징 분야에서 어느 정도 확보되고 있으나, 주로 대규모 시장이 형성되어 있는 서버 스토리지, 개인용 스토리지, 그리고, 모바일 스토리지 등의 빅데이터용 저장 솔루션을 위한 초저전력 3D 반도체 공정 장비 구축으로 기술 경쟁력 확보 및 사업화 가능성이 높음

★ 메모리 반도체의 기술 주도 및 시장 점유율을 지속적인 유지하기 위해선, 기술 경쟁력을 선도할 수 있는 기술 개발이 필요한 상황에서, 미래의 먹거리로 부각되고 있는 4차 산업혁명의 근간이 되는 빅데이터용 하드웨어 저장 솔루션 기술 구현을 위한 초저전력 3D 반도체 공정 장비 및 부품, 소재 중심으로 경쟁력이 있는 기술이 지속적으로 개발 필요

★ 4차 산업혁명시대의 초저전력, 고집적이 가능한 하드웨어 기반 구축을 위해 필수적으로 요구되고 있는 저장 솔루션인 메모리반도체는 초저전력 3D 반도체 공정장비 및 부품에 대한 기술 개발이 절대적으로 필요하며, 또한 저장 솔루션를 위한 반도체 공정 장비 및 부품, 소재 개발 인력에 대한 수요도 매우 높아, 국내 대학의 개발 기술 및 인력의 기업 연계를 통하여 차세대 메모리 반도체와 초저전력 3D 반도체 공정 장비 및 부품의 부가가치 향상에 기여할 것으로 보임

★ 4차 산업 혁명 시대의 근간을 대표하고 있는 빅데이터용 저장 솔루션 구현을 위한 초저전력 3D 반도체 공정장비/부품의 종류와 적용분야의 다양성으로 대기업 및 중소 · 중견기업, 대학, 연구소의 역할 분담 필요

기술의 파급성 및 타 산업제품 연계성이 매우 높음

★ 과거 메모리반도체는 PC, 스마트폰 등 그 용처가 매우 제한적이었으며, 솔루션 없이 단품 위주로 사용되었고, 4차 산업혁명 시대의 전자제어 및 저장 접근에 근간이 되고 있는 빅데이터용 반도체 공정 장비의 기술이 더욱 심화되고 있음

★ 최근 4차 산업혁명 시대에 부응하기 위해 초저전력 메모리 반도체의 미세화에 따라 저장 솔루션과의 결합이 필수적으로 요구되고 있으며, 메모리 반도체 단품 시장에서의 저장 솔루션 수요가 급증하고 있는 상황에 대응하여 초저전력 3D 반도체 공정 장비의 수요가 요구되고 있음

★ 반도체 공정 장비의 기술과 인프라는 차세대 디스플레이, 태양전지, IoT 등 분야의 소자 개발에 필요한 공정 장비 및 부품 기술의 파급력은 매우 큼

기술개발에 장기간이 소요되나, 기술 축적 수준에 따라 부가가치가 매우 높은 분야임

★ 저장 솔루션에 대응하는 초저전력 3D 반도체공정장비는 기계, 전자, 물리, 화학 등 바탕으로 설계, 공정 챔버 및 첨단 하드웨어 시스템 구비, 시스템 운영SW, 부품/소재의 신뢰성 및 양산성 확보 등을 위한 여러 분야의 첨단 복합 기술의 유기적인 결합을 통해 소자기업과 장비기업, 대학, 연구소의 유기적 소통이 필수적이며, 초저전력 3D 반도체 공정장비의 성능 최적화를 위해서는 이들의 상호작용에 대한 이해가 필수적임

★ 국내 기술은 시장의 흐름에 따라 반도체 공정장비 및 부품 분야의 증착 공정 장비, 열처리 공정 장비, 식각 공정 장비, 패키징 공정 장비 등 중심으로 개발되어 왔으나, 4차 산업혁명 시대의 시장 흐름에 부각되고 있는 빅데이터용 초저전력 3D 반도체 공정 장비 기술은 이미 축적된 기술의 흐름에 따른 국내 기술개발경험을 바탕으로 지속적으로 기술개발 지원으로 부가가치를 매우 높일 수 있는 분야임

★ 특히 반도체 공정 장비 및 부품, 소재, 소자 분야의 기술 축적과 축적된 기술인력 확충은 매우 오랜 시간이 소요되며, 향후 4차 산업혁명시대의 전자하드웨어 근간이 되는 저장 솔루션 기술의 중요성을 감안하면 시급히 기술개발과 인력 양성를 위한 노력이 필요한 상황