



전략품목 현황분석

반도체 증착 장비

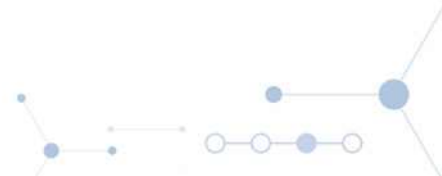


CONTENTS

■ 전략품목

■ 반도체 증착 장비

1. 개요	6
2. 동향 조사 분석	13
3. 특허 동향	29
4. 전략품목 기술로드맵	39



반도체 증착 장비

전략품목 정의 및 범위

- 반도체 증착 장비는 반도체 칩 내부에 아주 작은 소자를 만들기 위해서는 얇은 박막을 증착 후, 불필요한 부분들을 식각하는 공정을 여러 번 반복하여 트랜지스터나 메모리 셀 뿐 아니라 다른 개별 장치를 분리 및 유지할 수 있는 재료들을 쌓아야 하는데, 이러한 얇은 박막을 웨이퍼 위에 원하는 분자, 혹은 원자 단위의 산화막, 절연막 등의 박막을 입히는 장비를 말함
- 대표적인 증착장비는 화학기상증착장비(CVD, Chemical Vapor Deposition), 물리기상증착장비(PVD, Physical Vapor Deposition), 원자층 증착장비(ALD, Atomic Layer Deposition)를 지칭함

전략품목 관련 동향

◎ 시장전망 및 제품 동향

- (시장전망) 2021년 143억 달러였던 증착 장비 세계시장 규모는 2026년 221억 1,400만 달러로 증가할 것으로 전망됨
- (제품동향) 반도체 증착 장비는 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 추세이고, 소자 Scaling에 대한 어려움을 극복하기 위한 대안으로 초저전력 3D 반도체 소자 및 적층 공정 기술개발에 관심이 증가했으며, 차세대메모리인 DRAM, MRAM, ReRAM, PRAM 등의 소자개발에 활용할 수 있는 고정밀, 고균일, 고종횡비 증착 장비 기술이 개발 또는 양산 판매가 진행 중

◎ 기술개발 및 플레이어 동향

- (기술동향) 파운드리 에코시스템이 점차 확대되고 있으며 반도체 IP의 확보가 매우 중요해지고, 공정 미세화와 반도체 복잡도 증가에 따라 NPU, GPU, ISP, 코덱, 인터커넥트, 프로세서 코어 등 전문 IP가 활성화되고 매출 규모도 커짐
- (플레이어) AMAT(미) LAM(미) TEL(일) ASM(네) 등
- (중소기업) 테스, 원익IPS, 유진테크, 주성엔지니어링 등

◎ 핵심기술

- 반도체 원자층박막증착장비
- SiC 대면적 에피택시 성장 기술
- 반도체 대면적 박막 균일도 향상기술
- 반도체 히터 온도 균일도 향상기술
- 레이저 열처리 기술

중소기업 기술개발 전략

- ➔ 차량용 반도체의 수요가 급격히 증가하고 있고, Si기반의 전력반도체보다 SiC 기반의 전력반도체는 고온에서도 내구성이 뛰어나 차세대 전력반도체용으로 수요가 급격히 증가하고 있어, 대면적 SiC 기반에 Epi를 증착할 수 있는 장비의 개발 필요
- ➔ 패턴의 미세화 및 고집적 소자의 수율에 큰 영향을 미치는 히터 온도의 균일도 향상을 위해 고정밀, 고균일 온도제어가 가능한 세라믹 멀티존 Heater 개발이 필요함

1. 개요

가. 정의 및 필요성

(1) 정의

- 반도체 증착 장비는 반도체 소자를 구동하기 위해 필요한 다양한 물질을 통상 $1\mu\text{m}$ 이하의 얇은 막을 Wafer위에 다양한 Film을 화학적, 물리적 방법으로, 절연체, 전도체 등의 증착하는데 사용하는 장비
- 증착(deposition)은 기판 위에 고체 또는 박막의 물질을 생성하는 과정임. 증착 공정은 반도체를 만드는 데 사용되는 유전체(절연)와 금속(전도) 재료의 층을 형성하는 공정임. 재료의 종류와 구조에 따라 다양한 증착 기법이 사용됨. 증착은 수 나노미터에서 100 마이크로미터에 이르는 박막을 생산하는 데 사용되기 때문에 프론트엔드 반도체 제조 공정에서 핵심 기술임
- 박막을 증착하는 방법에 따라 물리적 기상증착법(PVD, Physical Vapor Deposition)과 화학적 기상증착법(CVD, Chemical Vapor Deposition), 원자층증착법(ALD, Atomic Layer Deposition), 에피증착(Epitaxial Deposition) 장비의 군으로 나눌 수 있음
 - 원자층 증착장비는 원자층 한층씩 증착하는 방식으로 Self Limiting Film Growth Mechanism을 적용하여, 20nm 이하의 DRAM 등의 미세공정과 3D NAND 제조 공정에서의 Oxide나 Nitride 절연막 등에 적용하는 증착(ALD) 장비
 - PVD 장비중 스퍼터링은 플라즈마 안의 이온을 타겟 물질에 입사시키는 방식으로, 진공 챔버 내에 Ar 기체를 주입하여 강한 전압을 가하여 자유전자와 Ar 기체가 충돌하여 그로 인해서 Ar 양이온이 형성되고 이 양이온이 음전하 방향인 타겟으로 이동하여 충돌, 타겟 물질은 운동에너지에 의해 반대편에 위치한 웨이퍼로 이동하여 증착
 - 증착 척도는 품질(Quality), 두께 균일도(Thickness Uniformity), 단차(Step coverage), 갭필(Filling), Stress 등이 있으며, 이는 증착장비에 따라 다른 결과를 제시함
 - CVD 증착장비는 반응에너지원에 따라 Thermal CVD, PECVD, HDP CVD, Photon CVD로 분류하며, 공정압력에 따라 APCVD, SACVD, LPCVD등으로 분류한다. 최근에는 PVD 공정으로 증착시 단차의 한계를 극복하기 위해 MOCVD등이 CVD 증착장비로 분류
 - ASD(Area Selective Deposition, 선택적 증착)는 패터닝을 위해 노광 공정을 최소화하면서 기판의 원하는 영역에만 균일한 증착을 하는 차세대 프로세스임. ASD를 도입하면 노광, 증착, CMP 등과 같은 프로세서의 단계를 줄일 수 있음

- 반도체 증착 장비는 반도체·디스플레이 장비 분야에서 장비(부품) 국산화 및 첨단화를 위한 전략품목으로, 초미세화 및 고집적 기술개발을 통해 반도체 장비 고도화가 가능할 것으로 전망됨

[반도체·디스플레이 품목로드맵 내 반도체 증착 장비]



* 출처: 자체작성

(2) 필요성

- 반도체 증착 장비는 반도체 산업 생태계를 지원하는 역할을 수행하고 있으며, 형태를 갖춘 하나의 산업으로서 존재하기보다는 반도체 제조 생태계에서 8대 공정의 연결에 있어서 다양한 증착 기술군의 특성을 가지고 있음
- 반도체 증착 장비를 하나의 산업으로 본다면 그다지 큰 규모는 아니지만 반도체 증착 장비는 반도체 산업 전반의 기술 성숙도를 좌우하는 기반 기술이기 때문에 반도체 제조에 있어서 중요성은 매우 높음
- 반도체 산업의 규모가 급속하게 커지고 주요기업이 막대한 투자를 통해 경쟁자와 기술 격차를 최대한 벌리고 앞서나가는 전략을 취하고 있기 때문에 기술격차의 근본이 되는 반도체 증착 장비는 반도체 산업의 기술 자립을 위한 핵심 무기의 성격을 가짐
- 4차 산업의 현장에서 수집된 빅데이터의 분석, 판단, 추론을 하기 위한 반도체의 경우 전력소비량을 줄이고, 많은 데이터의 저장과, 안정성에 부합되는 방법의 하나인 반도체 공정의 미세화와 3D 반도체의 추구로 인하여 다양한 문제점이 발생하고 있는데 이는 다양한 반도체 증착 장비로 해결할 수 있음
 - 반도체 소자의 미세공정이 확대되면서 증착공정의 난이도가 커지고 있음 즉, 3D 낸드플래시의 단수가 증가하고, Logic은 FinFET 구조를 적용하고, DRAM도 3D로 진행하는 매우 복잡하고 어려운 공정을 사용하게 되면서 증착 장비 및 부품의 친환경, 고정밀, 고균일, 고중형비 제어 기술 매우 중요해짐
 - 식각공정장비, 증착공정 장비, CMP/세정 공정 장비, MI 장비군으로 초전력화, 초미세화, 고집적화 메모리 제조에 필수
 - 에너지 효율성 개선을 위한 공정 미세화 및 소자들의 3D 반도체 제작하기 위한 반도체 공정장비 기술에 대한 관심이 고조되고 있음, 특히 증착 장비에 대한 관심이 매우 높음
 - 3D 메모리 반도체 및 차세대 메모리 소자 양산을 위한 핵심 기술, 즉 3D 낸드플래시, MRAM, RRAM, PRAM 등 차세대 메모리 소자의 특성 확보를 위한 핵심 기술인 친환경, 고정밀, 고균일, 고중형비 증착 장비 기술의 선점이 필요
 - 소자 Scaling Down에 대한 어려움을 극복하기 위한 대안으로 초저전력 3D 반도체 소자 및 적층 공정 기술 개발에 대한 관심이 매우 증가하고 있으며 현재 낸드플래시의 경우 최고 238단까지 개발이 되어 있고, 232단은 양산에 적용중임
 - 반도체증착장비의 기술은 디스플레이, 태양광, LED등의 유사 관련 산업으로 그 기술이 전파되어 기술의 활용도가 매우 높음
- GAA 등 고난이도 구조 채용에 따른 Si/SiGe 박막 Epitaxy 장비의 수요의 증가
 - 고난도 구조의 채용에 따라 소재의 측면에서 Si/SiGe 박막 Epitaxy에 사용되는 Si과 Ge 프리커서의 수요 또한 증가할 것으로 예상

나. 범위 및 분류

(1) 가치사슬

- 반도체 제조 장비의 가치사슬(Value chain)은 연구 및 개발, 설계, 원부자재, 반도체 제조장비, 마케팅 및 판매, 고객으로 구성됨
- 반도체 증착 장비는 반도체 생산시 반도체에 결정적인 영향을 미치는 박막 성장 및 증착 공정, 그리고 절연막층 및 금속배선을 위한 금속막층을 형성시키는 공정 진행하는 장비
- 반도체 증착 장비의 전방산업은 다양한 반도체를 만드는 산업으로 메모리 반도체 산업, 시스템 반도체 산업, 파워 반도체 산업 등을 들 수 있음
- 반도체 증착 장비의 후방산업은 장비를 구성하는 Wafer Transfer, Heating, Gas Box, Process Chamber, Pump, Scrubber 등의 소재 부품 산업 등을 들 수 있음
- 반도체 공정의 미세화에 따른 부품의 코팅-세정 수요의 구조적 성장이 진행되고 있으며, 특히 NAND의 고단화, System IC/ DRAM의 점진적인 EUV 공정 채택 비중 증가가 부품의 내마모, 내플라즈마 성질 강화와 파티클 제어를 위한 특수 코팅 수요 증가
- 반도체 공정의 미세화/고단화에 따른 특수가스 수요가 구조적으로 증가가 예상되며, 특히 NAND 고단화에 사용되는 특수가스의 수요는 증가가 예상됨
- 반도체 공정의 고단화 즉 3D NAND의 단수가 증가하면서 CVD SiC 코팅부품의 수요가 증가

[반도체 증착 장비 품목 산업구조]

후방산업	반도체 증착 장비	전방산업
반도체 소재산업 반도체 부품산업,	반도체장비 기구설계 기술 반도체장비 SW 설계 기술 반도체장비 전장 기술 반도체장비 관리 기술	메모리 반도체 산업, 시스템 반도체 산업, 전력 반도체 산업, 파운드리 산업 등

* 출처: 자체작성

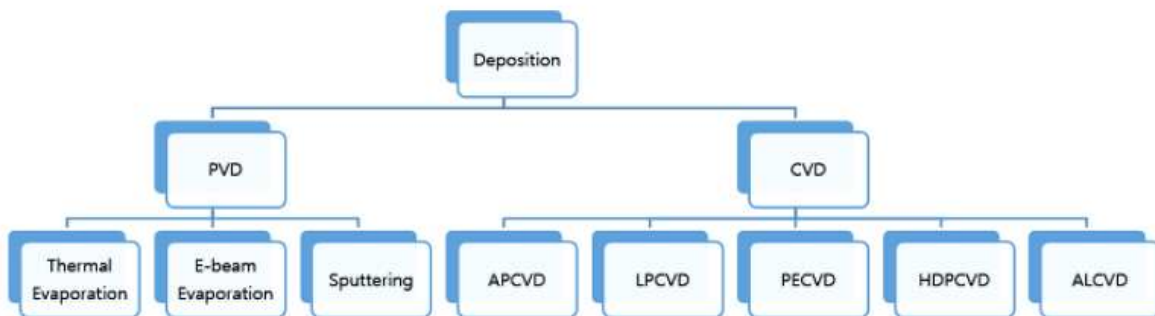
(2) 용도별 분류

- 반도체 증착장비는 서로 다르지만 상호 협력하는 다양한 기반기술의 집합으로, 전체적으로는 다음과 같이 분류할 수 있음
 - 반도체장비 기구설계
 - 장비 컨셉기술, 진공플라즈마장비 기구설계, 박막장비 기구설계
 - 반도체장비 SW설계
 - 시스템 소프트웨어 개발, 유틸리티 소프트웨어 개발, 통신 소프트웨어 개발, 감지제어 소프트웨어 개발
 - 반도체장비 전장기술
 - 반도체장비 보드설계, 반도체장비 보드 로직설계, 반도체장비 전장설계, 반도체장비 전장 조립
 - 반도체장비 관리기술
 - 반도체장비 생산관리, 반도체장비 기구조립, 반도체장비 성능평가, 반도체장비 공정 성능평가, 반도체장비 품질관리, 반도체장비 품질보증, 반도체장비 안전관리

◎ 기술적 분류

- 박막을 증착 방법에 따라 물리적 기상증착법(PVD, Physical Vapor Deposition)과 화학적 기상증착법(CVD, Chemical Vapor Deposition)으로 나눌 수 있음

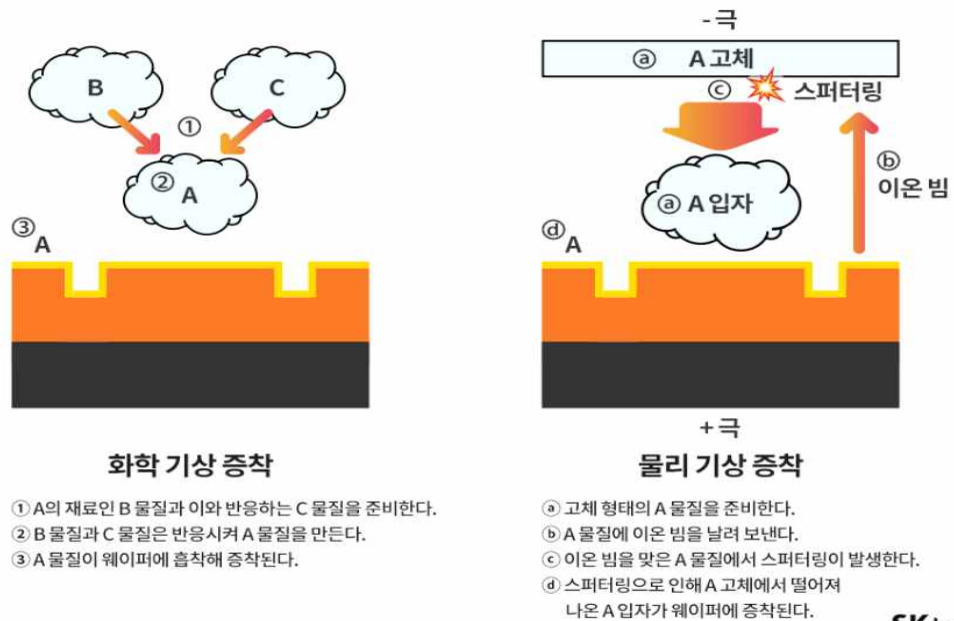
[증착의 종류]



* 출처 : SK Careers Journal 반도체? 이 정도는 알고 가야지: (6) 박막증착 공정, (SK Careers Journal, 2017)

- (PVD) 웨이퍼 표면에 증착하고 싶은 물질을 직접 날려 보내 붙게 하는 방법. 증착하고 싶은 물질을 그대로 기화시켜 웨이퍼에 달라붙게 하는 방법으로, 주로 사용되는 방식은 스퍼터링(Sputtering)임. 증착하려는 물질의 덩어리인 표적에 가속된 이온(주로 불활성 기체)을 날려 보냄으로써 증착하려는 물질의 입자가 떨어져 나오게 하는 방법으로 떨어져 나온 입자는 반대 방향으로 가속돼 웨이퍼에 증착하게 됨
 - (장점) 부산물에 기체가 없으므로 물질의 순도가 매우 높음. 또한 순수한 텅스텐, 코발트 등 반응성이 없는 순수한 물질들도 증착할 수 있음
 - (단점) 필름의 품질이 CVD에 비해 낮은 수준으로 높은 저항률과 결함이 생길 수 있음
 - (주용도) 순수한 물질이 많이 사용되는 금속 배선을 만들 때 주로 사용됨
- (CVD) 웨이퍼 표면에 화학적 방법을 통해 물질을 씌우는 것을 포괄하는 방법. 가장 흔한 방식은 혼합기체에 에너지를 가해주는 방식임. 표면물질에 증착을 한다고 가정하면, 표면물질을 생성할 수 있는 두 기체를 주입한 뒤, 반응을 일으키기 위해 에너지 등 반응을 촉발하는 원리임
 - (장점) 공정 속도가 빠르며, 웨이퍼 위에 반응이 일어나기 때문에 스텝 커버리지가 우수함
 - (단점) 부산물 기체가 계속 발생하며, 이를 공정 진행 과정에서 완벽하게 제거할 방법이 없기 때문에 각종 불순물이 섞일 수 있음
 - (주용도) 특성 제어가 매우 세밀해야 하는 영역 보다는 각종 소모성 막질이나 두꺼운 차단막 생성에 사용됨

[화학 기상 증착과 물리 기상 증착 방법]



SK hynix
NEWSROOM

* 출처: [반도체 전공정 5편] “더 작게, 더 많이” 미세화를 위한 핵심 ‘증착 공정’ (5/6), (SK hynix 뉴스룸, 2022.12.23.)

[반도체 증착 방법의 기술적 분류]

	물리적 기상증착기법(PVD)	화학적 기상증착기법(CVD)
장점	<ul style="list-style-type: none"> • 저온공정 • 진공상태 • 순도가 높음 • 순수물질 증착 가능 	<ul style="list-style-type: none"> • 접합성 및 박막 품질 우수 • 스텝 커버리지 우수
단점	<ul style="list-style-type: none"> • 증착속도 느림 • 박막 접합성 떨어짐 • 저항률이 높음 	<ul style="list-style-type: none"> • 고온공정으로 인한 재료 선택 문제 • 두께 조절 컨트롤 어려움 존재 • 불순물이 섞일 우려가 있음
방법	<ul style="list-style-type: none"> • Sputtering • E-beam Evaporation • Thermal Evaporation 	<ul style="list-style-type: none"> • APCVD • LPCVD • PECVD • HDPCVD • ALCVD

* 출처 : SK Careers Journal 반도체? 이 정도는 알고 가야지: (6) 박막증착 공정, (SK Careers Journal, 2017) 웹스 재구성

2. 동향 조사 분석

가. 시장 분석

◎ 반도체 증착 장비 국산화율

- 전 공정 장비 중 증착 일부 세정·열처리 장비는 경쟁 가능한 수준이나, 노광장비, 이온주입 장비 및 측정 장비는 기술 기반이 매우 취약

[반도체 주요 공정장비 제조사 및 기술 수준 국산화율]

공정단계	해외기업	국내기업	국내 기술수준	국산화	
전공정	노광	ASML, 니콘	세메스	10%	0%
	식각	Lam Research, TEL, AMAT	세메스, APTC	25%	50%
	세정	TEL, DNS	세메스, PSK, KE-Tech	85%	65%
후공정	평판(CMP)	AMAT	KC-Tech	75%	60%
	이온주입	AMAT, Axcelis	-	20%	0%
	증착(CVD)	AMAT, TEL	JEL, W-IPS, 유진테크, 테스	90%	65%
	열처리	AMAT, TEL	W-IPS, AP시스템	90%	70%
	측정·분석	KLA-Tencor, AMAT	세메스 한미반도체, 이오테크닉스	90%	60%
	패키지	테스코, 히타치하이텍, ASM Pacific	세메스, 한미반도체, 이오테크닉스	90%	60%
	테스트	Advantest, Teradyne	엑시콘, 유니테스트	80%	60%

* 출처 : 미국, 유럽, 일본 대비 국내기술수준, (한국산업기술평가원, 2019.02) 웹스 재구성

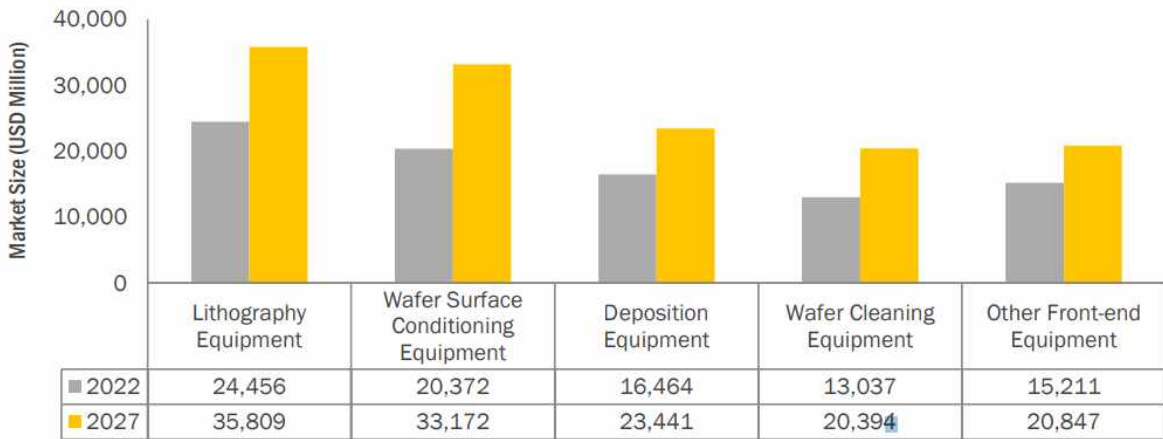
◎ 세계 반도체 수요·공급 현황

- 최근 각국의 반도체 자급화 노력으로 팹 건설과 함께 반도체장비 수요가 급증하여 적시에 반도체장비를 조달하기 어려운 상황
- 코로나 사태 이후 반도체 수요가 급증하고 코로나 봉쇄와 러시아·우크라이나 전쟁으로 물류난이 일어난 상황에서 노광·식각·증착 등 핵심 공정에 필요한 반도체 장비들의 공급난마저 가중
- 반도체장비 리드타임은 코로나19 이전 3~6개월, 2021.6월 기준 최대 12~18개월에 이어 2022.6월 기준 18~30개월로 늘어남
- 공급난이 가장 심각한 장비군은 노광(Photo)공정의 DUV장비로 알려졌고, 이어서 증착 (deposition) 장비군과 식각(etching) 장비군 순으로 리드타임이 긴 것으로 파악

◎ 반도체 장비 시장에서 증착 장비 시장의 점유율

- 2022년 전체 반도체 시장에서 반도체 증착 장비가 갖는 시장 점유율은 약 18.39%임
- 2027년 전체 반도체 시장에서 반도체 증착 장비가 갖는 시장 점유율은 약 17.54%로 예상됨

[2027년 반도체 장비 시장 점유율 예상]



* 출처 : MarketsandMarkets, Semiconductor Manufacturing Equipment Market with COVID-19 impact analysis (MarketsandMarkets, 2022)

◎ 국내의 반도체 증착 기술 수준

- 테스, 원익 IPS, 유진테크, 주성엔지니어링 등이 해외 선진사 대비 90% 기술 수준으로 세계시장 경쟁력 보유
 - 3D 낸드 플래시 제조를 위해서 ONO 증착 장비, ARC 증착 장비, ACL 증착 장비가 필수적이며, 소자의 미세화, 다층화로 ALD 장비 시장 증가 추세
 - 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

[국내 반도체 기술수준]

공정	주요장비	기능설명	장비기업(국외/국내)	비고
증착	CVD, ALD, PVD	웨이퍼 위에 특정 용도막 (산화막, 절연막 등)을 증착하는 장비	AMAT, TEL / 주성, 원익IPS, 유진테크, 테스 등	- 세계시장: 67억불 - 국내 기술수준: 90% - 부품국산화: 65%

* 출처 : 반도체 미세화를 위한 반도체 공정장비 기술, (한국산업기술평가관리원, 2017.04)

- 우리나라 반도체 장비 제조업체는 상당수 후공정에 집중되어 있음. 국내 반도체 장비업체들은 고부가가치 생산이 가능한 노광이나 식각 등에 관련된 장비가 아니라 상대적으로 진입장벽이 낮은 본딩과 몰딩 장비 등에 집중
- 가트너에 따르면 전세계 반도체 장비업체 순위에서 한국기업은 10위 내 한곳도 이름을 올리지 못함. 삼성전자 자회사인 세메스가 16위, 원익IPS가 18위를 차지해 20위를 차지하는 낮은 수준임

(1) 세계시장

- 2021년 143억 달러였던 증착 장비 세계시장 규모는 2026년 221억 1,400만 달러로 증가할 것으로 전망됨
 - 2020년부터 2026년까지의 연평균 성장률은 7.30%로 전망

[반도체 후공정 증착 장비 세계 시장규모 및 전망]

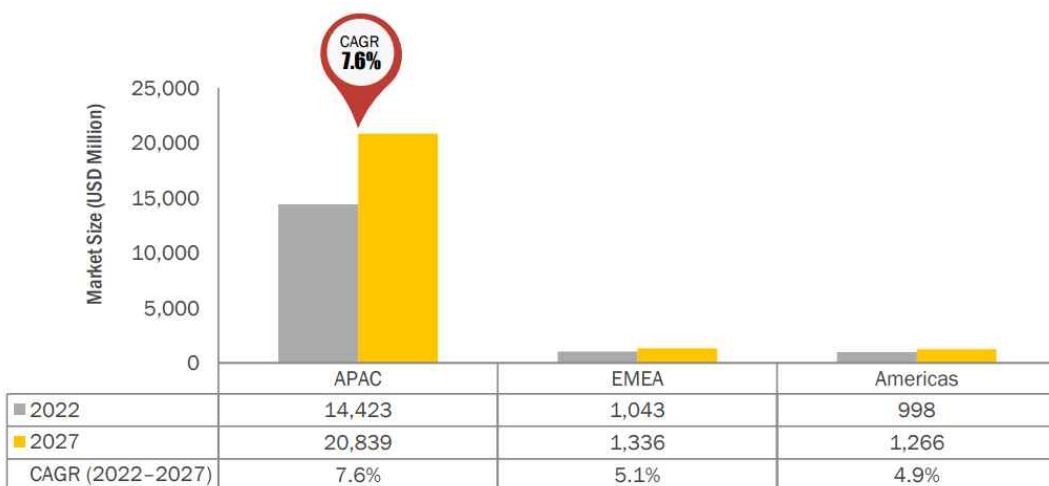
(단위 : 백만 달러, %)

구분	'20	'21	'22	'23	'24	'25	'26	CAGR
증착장비 세계시장	14,300	15,344	16,464	17,941	19,368	20,739	22,114	7.30

* 출처 : MarketsandMarkets, Semiconductor Manufacturing Equipment Market with COVID-19 impact analysis (MarketsandMarkets, 2022)

- 반도체 증착장비 시장에 있어서 아시아 태평양 지역은 예측 기간 동안 증착 장비 시장에서 가장 큰 점유율을 차지함

[반도체 증착장비 지역별 시장 점유율]



* 출처 : MarketsandMarkets, Semiconductor Manufacturing Equipment Market with COVID-19 impact analysis (MarketsandMarkets, 2022)

(2) 국내시장

- 2021년 5조 752억 원이던 증착 장비 국내시장 규모는 2026년 8조 2,355억 원으로 증가할 것으로 전망됨
 - 2020년부터 2026년까지의 연평균 성장률은 7.10%로 전망

[반도체 후공정 증착 장비 국내 시장규모 및 전망]

(단위 : 억 원, %)

구분	'20	'21	'22	'23	'24	'25	'26	CAGR
증착장비 국내시장	50,752	54,457	58,435	64,207	68,770	73,060	82,355	7.10

* 출처 : MarketsandMarkets, Semiconductor Manufacturing Equipment Market with COVID-19 impact analysis (MarketsandMarkets, 2022)

* 1달러 환율 1,275.96원(2022.12월 기준)으로 계산하여 재가공

나. 기술개발 동향 분석

기술경쟁력

- 반도체 증착 장비는 미국이 최고기술국으로 평가되었으며, 우리나라는 최고기술국 대비 90.1%의 기술수준을 보유하고 있으며, 최고기술국과의 기술격차는 0.8년으로 분석
- 중소기업의 기술경쟁력은 최고기술국 대비 71.4%, 기술격차는 2.0년으로 평가
- 일본(94.7%)>EU(90.4%)>한국(90.1%)>중국(77.2%)의 순으로 평가

기술수명주기(TCT)¹⁾

- 반도체 증착 장비는 6.22의 기술수명주기를 지닌 것으로 파악

(1) 기술개발 이슈

◎ 반도체 Device별 공정의 난이도

Logic/Foundry

- GAA Nano Wire에 Step Coverage 높은 박막 증착 수요 증가로 ALD 장비 수요 증가
- Logic 반도체는 MOSFET 구조의 변화로 인하여 GAA 구조 채용에 따라 Si/SiGe 박막 Epitaxy 장비의 수요가 늘어날 것으로 전망
- Si/SiGe 박막 Epitaxy 장비에 사용되는 Si와 GE 프리커서의 수요 또한 증가할 것으로 전망
- 박막 증착 이후, SiGe를 선택적으로 제거하는 공정이 추가될 수 있음

DRAM

- 횡방향 Capacitor 박막 증착의 수요가 증가하면서 Capacitor 용 ALD 장비 수요가 증가함
- 메모리 소자 고도화에 따른 ILD, IMD 저온 증착 수요가 증대, PECVD는 저온 공정이 가능하기 때문에 하부 금속층에 미치는 부작용이 적어 ILD, IMD 등 수요가 증가함
- High-k 유전막 증착을 위한 ALD 수요 증가
- Capacitor구조에서 정전용량을 증가 시키기 위해 현재의 ZAZ 유전막에 TiN 전극을 사용하고 있는데 이를 TiO₂ 유전막과 동시에 전극도 Ru(Ruthenium)으로 변경함
- DRAM의 구조가 2D에서 3D로의 검토가 구체적으로 제시되면서 개발이 진행중이며, 적층의 방식이 Si/SiGe Epitaxy등을 이용한 단결정 적층 방식의 적용 가능성 높음
- Si/SiGe Selective Etching은 HF/H₂O₂/CH₃COOH를 이용한 Wet Etching 방식이 유력하며, 3D DRAM의 횡방향 Capacitor 표면의 유전체 증착을 위한 ALD 수요 또한 증가할 것으로 예상

1) 기술수명주기(TCT, Technical Cycle Time): 특허 출원연도와 인용한 특허들의 출원연도 차이의 중앙값을 통해 기술 변화속도 및 기술의 경제적 수명을 예측

□ NAND Flash

- Deck 수 증가(Double Stacking)으로 Hardmask ACL 증착이 가능한 PECVD 장비의 수요가 증가함
- ONON 공정 즉 Oxide-Nitride Stack 수 증가로 ON Stacking 용 PE CVD 수요가 증가함
- Stack간 Layer Vertical Pitch 감소로 W(텅스텐) ALD 장비수요가 증가함
- 3D NAND 고적층화의 속도 증가와 더불어 피치 축소와 셀 소재 변경에 기술 집중됨. 피쳐 스케일링은 레이어 개수를 늘리지 않고도 더 많은 수의 셀을 적층할 수 있어 집적도의 향상이 예상됨
- Stack 수의 증가로 인하여 증착된 Wafer상에 Stress의 유발로 이를 완화하기 위한 장비인 Back Side Deposition 장비의 수요가 증가가 예상됨

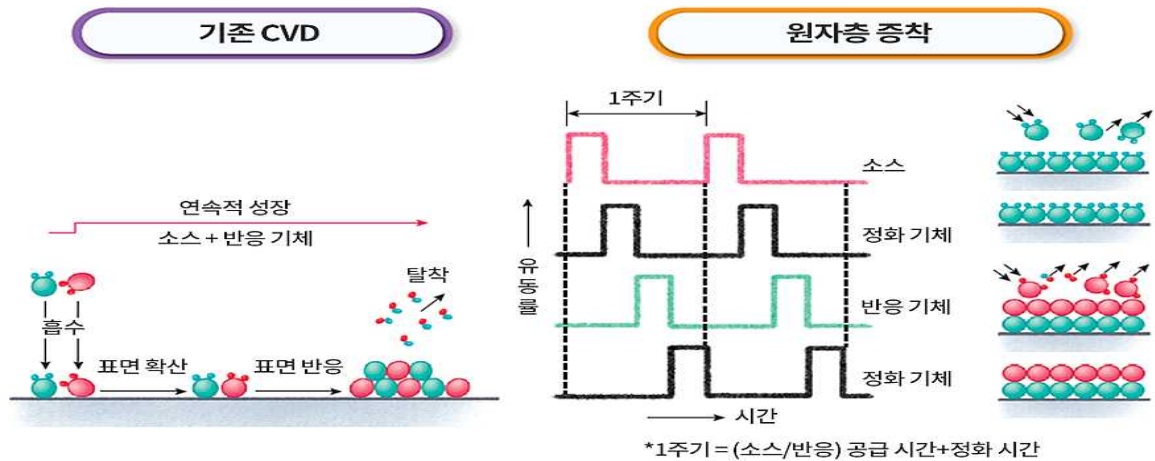
□ 3D 낸드플래시, 3D Logic의 FinFET 구조 적용으로 매우 복잡하고 어려운 공정을 사용하게 되면서 증착 장비 및 부품의 친환경, 고정밀, 고균일, 고종횡비 제어 기술이 매우 중요

- 고온증착, 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 238층 이상 적층 트랜지스터 제작을 위한 고균일 PECVD 증착 기술 관련 공정 장비 및 부품 개발을 미국 AMAT가 선도하고 있으며, 국내 기업은 원익IPS, 테스 등의 기업들이 시장진입을 위한 장비 개발을 진행중
- 패턴의 미세화 및 디바이스의 고집적화로 제품의 수율에 큰 영향을 미치는 히터 온도의 균형을 맞추기 위한 고정밀, 고균일 온도제어가 가능한 세라믹 멀티존 히터 부품은 일본의 NGK가 기술을 선도하고 있으며, 국내 기업은 보부 하이테크, 미코 등의 기업들이 개발을 통하여 삼성전자, SK하이닉스에 납품하기 위한 양산 평가를 진행중
- 고정밀 증착을 위하여 CVD 증착 공정 재료, 가스의 초정밀 유량 제어 기술에 대한 연구를 국내외에서 활발히 연구 개발 중임
- 공정의 미세화 및 3D 적층화된 소자구조 활용, 복잡한 나노패턴 설계 등으로 인해 APC/AEC가 적용된 효율적 공정관리 기술개발을 위해 증착장비와 다양한 센스가 융합된 기술 개발을 진행
- 공정진단 센서의 소형화, 직접화, 지능화를 통해 차세대 디바이스의 새로운 공정 및 장비 상태를 실시간으로 정밀하게 측정 및 분석하는 공정 진단 센서의 필요성이 강조되고 있으며, 웨이퍼형태의 센서 및 튜브스와 실시간 통신이 가능한 공정 진단 센서의 개발중

◎ 원자층 증착기술 (Atomic Layer Deposition: ALD)

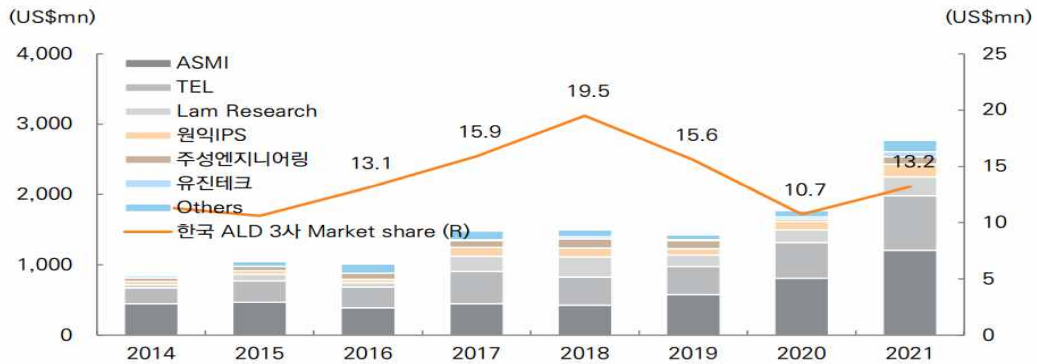
- CVD, PVD처럼 기체를 웨이퍼 표면에 화학적으로 붙이거나, 이온을 강하게 가속해 붙이는 방법과는 다르게 ALD 공정은 증착하고 싶은 물질을 위한 두 가지 재료 반응물질들(웨이퍼 표면에 흡착성이 높은 물질과 반응성이 높은 물질)을 이용함
- 웨이퍼 표면에 흡착이 잘 되는 물질을 흡착시킴. 이 물질이 같은 물질끼리 잘 달라붙지 않는 특성이 있다면, 이 물질은 원자 1개 층만 웨이퍼 표면에 남을 것임
- 잔여 기체를 제거하고 반응성이 높은 물질을 투입하면 흡착된 물질과 반응성이 높은 물질이 반응해 기대했던 물질의 박막과 부산물이 발생함
- 부산물 가스를 제거하며, ALD 공정을 반복하면 원하는 막의 두께를 원자 단위로 제어할 수 있음
- 메모리 소자 고도화에 따른 ILD, IMD 저온 증착 수요 증대로 저온 증착이 가능한 PECVD와 저온 유전체용 Si 프리커서의 수요 확대가 기대됨. ALD의 수요는 소자와 공정의 구조적 방향성에 따라 증가할 것으로 예상됨. 특히, 근본적 약점인 Through put 개선에 대한 관심도가 높으며 공간분할을 통해 ALD 리드타임을 최소화 시키는 SD-ALD장비의 수요가 강할 것으로 전망

[ALD 증착의 개념]



* 출처 : [반도체 전공정 5편] “더 작게, 더 많이” 미세화를 위한 핵심 ‘증착 공정’ (5/6), (SK hynix 뉴스룸, 2022.12.23.)

[국내 업체별 ALD 시장 규모 추이]



자료: Gartner, 미래에셋증권 리서치센터

* 출처 : 반도체[비중확대] - 김경건: Promising Wafer: 전략 자원에 대한 기술적 접근, (미래에셋증권, 2022.06.8)

◎ 분자선 에피택시 (molecular Beam epitaxy, MBE)

- 에피택시는 결정 기판 위에 방향성을 가진 결정막이 자라는 현상. 소자의 응용을 위한 결정성장 방법으로. 호환성이 있는 결정으로 이루어진 웨이퍼상에 얇은 결정을 성장시키는 개념임
- 에피층 성장에 가장 유연성을 갖는 기술로서 고진공 상태($<10^{-9}$ Pa)에 고정된 기판에 원자 또는 분자선을 충돌(impingement) 시켜 에피층을 성장시키는 기술
- 분자선 소스는 분리된 원통형 셀 안에 포함된 재료를 가열하여 형성되며 각 셀에 부착된 셔터에 의해 증착을 조정할 수 있음
- 셔터 조정을 통해 성장되는 박막의 조성 변화를 다양하게 해줄 수 있음. MBE의 장점은 분자선을 고진공에서 이용하므로 고순도의 결정을 얻을 수 있으며 상대적으로 저온의 기판(예를 들어 GaAs의 경우 580°C)을 사용할 수 있으며 정밀한 제어가 가능함
- 고진공 상태에서 전자선 회절장치 (RHEED: reflection high energy electron diffraction)과 같은 추가적인 분석설비를 부착하여 실시간 두께를 관찰하여 단일원자층의 성장도 가능함

◎ 펄스 레이저 증착기술 (Pulsed laser deposition PLD)

- 일반적으로 펄스 레이저 증착 방법은 증착타겟 재료에 집광조사하는 레이저의 출력을 변화시켜, 증착층의 성분을 변화시키는 방법으로 이루어짐. 최근 들어 박막의 원자층 두께를 정밀하게 제어하는 여러 가지 박막 성장 방법에 관한 관심이 높음. 그 중에서 원자층 두께를 조절할 수 있는 펄스레이저증착방법(PLD)은 매우 폭넓은 관심을 받고 있음
- PLD는 진공 챔버 내부의 원 표적에 초점을 맞춘 고출력 펄스 레이저 빔을 활용하는 또 다른 물리적 기상 증착(PVD) 기법임
- 고출력 레이저 빔을 통해 증발된 물질은 표적을 마주하는 기판(실리콘 웨이퍼 등)에 박막으로 증착되며, 이 과정은 초고진공 또는 산소와 같은 배경 가스가 있는 상태에서 발생할 수 있으며, 산화 물질을 증착할 때 일반적으로 사용됨

(2) 생태계 기술동향

◎ 해외 플레이어 동향

기술장벽이 높은 전공정장비 공급시장은 선진국(미국,일본,네덜란드)기업에 의해 주도되는 독과점 구조

- 2021년 기준 상위 5대 반도체장비업체가 세계 반도체장비시자의 79.55 점유

AMAT(미국)

- 반도체 제조 공정에 사용되는 식각·증착 장비 부문에서 독보적 규모를 보유
- 반도체 제조 장비 시장의 핵심 기업 중 하나이며, 새로운 칩과 첨단 디스플레이를 생산하는데 사용되는 엔지니어링 솔루션을 제공하는 글로벌 기업임
- 차세대 Logic를 위한 Low k(~2.2) 장비를 개발 양산 판매중
- 차세대 메모리 3종 M램, Re램, PC램등 대량 생산에 적합한 새로운 시스템 출시
- M램용 '엔듀라 클로버 PVD 플랫폼, PC램 및 Re램용 엔듀라 임펄스 PCVD 플랫폼 출시
- PVD 플랫폼은 진공상태로 구성된 9개의 공정 챔버로 구성되며, 온보드 계측이 내장되어 정밀한 측정을 통한 우수한 생산 수율을 실현
- 2021년 전세계 반도체 장비 약 22%의 글로벌 시장점유율을 가지고 있는 반도체장비 회사임
- 새로운 PPACT 플레이북을 가속화하는 광범위한 제품 및 기술 포트폴리오 보유 (PPACT = 전력, 성능, 칩크기-비용, 출시소요시간)

ASM International(네덜란드)

- 반도체 증착장비 부문에서 경쟁력을 갖춘 네덜란드의 대표기업
- 3D Device에 강한 순수 Thermal ALD 장비 기술을 보유하고 있음
- ALD 장비 특히 플라즈마 기반 ALD 장비는 차세대 반도체 제조시 메탈막 및 증착막을 형성할 때 활용되는 장비로 증착시 기포나 공극 없이 막을 형성하는 장비를 보유함
- Thermal 과 PEALD를 이용하여 High-K 증착, Metal Gate, Metal Nitride 등의 증착 기술 보유하고 있음
- 에피택시 증착 공정장비는 웨이퍼 표면에 실리콘(Si), 실리콘-저마늄(SiGe), 실리콘인광(SiP)등 실리콘 기반 화합물 증착하는 장비
- 2021년 전세계 반도체 장비회사 매출에서 10위 2%의 점유율을 차지함

□ LAM Research (미국)

- 반도체 제조 장비의 선두 기업중 하나임
- ALD, CVD, HDP-CVD, PECVD, ECD, UVPT 등 다양한 증착장비를 보유하고 있음
- 최근 개발된 제품 센스아이는 컴팩트한 장비로 공간 절감을 50% 이상 줄이며, 장비의 고도화를 통한 특정 부품의 교환 시기를 자동으로 알려주는 장비를 출시 판매함
- 차세대 Device는 2D에서 3D로 진화를 하고 있으며 이에 대응하기 위한 ALD 기술에 집중하면서 스페이스, 캡필, 메탈 증착 등에 다양한 기술을 선보이고 있음
- 식각 장비, 증착 장비, 세정 장비를 공급하며, 식각 장비 시장에서 50% 넘는 시장 점유
- 2021년 전세계 반도체 장비회사 매출에서 3위 16%의 점유율을 차지함

□ Tokyo Electron (일본)

- 반도체 장비 3~4 위를 다투는 기업. 특히, 트랙 설비 분야에서는 점유율 87%로 1 위를 차지하고 있음. 그 외 식각(27%), 증착(38%), 세정(20%), 테스트(45%) 등 여러 분야에서 높은 점유율을 갖고 있는 반도체 장비 종합 솔루션 업체
- 주요 고객은 삼성전자(18.3%), 인텔(13.8%), TSMC(11.7%) 등 주요 반도체 기업이 총 망라되어 있음
- 반도체 제조장비 시장의 핵심업체이며, 반도체 생산장비(SPE)와 평면 디스플레이(FPD) 생산 장비 등 2개의 제품군을 보유하고 있음
- 다양한 장비를 보유하고 있으며, 특히 증착 장비 관련하여 Batch, Semi Batch, Single Type를 보유하여 Oxidation/CVD/ALD/PVD 공정이 가능함
- 반도체 디바이스가 2D에서 3D로 전환이 되면서 High Aspect ratio 적용이 가능한 ALD 장비를 보유하고 있음
- 2021년 전세계 반도체 장비회사 매출에서 3위 16%의 점유율을 차지함

◎ 국내 플레이어 동향

- 국내 공정장비 업체는 높은 기술진입 장벽, 핵심부품의 낮은 국산화율, 원천기술 확보 미비 등으로, 세계시장을 선도하는 국내소자업체와 비교하여 세계시장 점유율이 낮은 실정임
 - 국내 증착장비를 개발하여 판매하고 있는 업체는 테스, 원익IPS, 유진테크, 주성엔지니어링 등이 해외 선진사 대비 80% 기술 수준으로 세계시장 경쟁력을 보유
 - 3D 낸드 플래시 제조를 위해서 ONO 증착장비, ARC 증착장비, ACL 증착 장비가 필수적이며, 소자의 미세화 다층화로 ALD 장비 시장이 증가하는 추세로 테스, 원익IPS, 유진테크, 주성엔지니어링 등의 기업에서 제조 판매
 - 공정의 미세화와 3D 구조로 변경되면서 기존의 CVD공정에서 ALD 공정으로 대체하는 분위기이며, 증착 난이도가 높아질수록 ALD 비중은 더욱 증가할 전망
 - 외산장비(AMAT, LAM, TEL)와의 경쟁이 가능한 수준이나, ALD등의 기술 트렌드를 따라잡기 위한 지속적인 장비개발을 하고 있음

- (주)테스
 - 테스는 반도체 제조에 필요한 전공정 장비를 생산하는 장비제조업 뿐만 아니라 디스플레이, UVC LED등 장비 제조업을 영위
 - 주요 매출 구성은 반도체 장비(PECVD, GPE)와 디스플레이 장비(UVC LED 장비 등)으로 약 88%를 차지함
 - 주력제품은 PE CVD 증착장비, GPE 및 클리닝 장비 등이 주력제품임
 - 3D NAND 공정용 Hardmask 증착 장비를 국내 소자업체에 납품하고 있으며 향후 메모리 업체향 PECVD 장비 공급이 예상됨
 - 3D NAND 공정용 Hardmask 증착 장비의 고도화를 통한 시스템 최적화 및 차세대 전구체를 적용 통한 하드마스크 밀도를 높여 내식가성을 향상시킨 PEAXCL 장비 개발중
 - 시스템반도체용 Low-k 스마트 PECVD 증착장비 개발중
 - 200단급 이상 3D NAND용 Oxide 및 Nitride 증착장비 개발중
 - 차세대 3D NAND Flash 제조용 Warpage Control Layer 증착장비 개발중

□ 원익IPS

- 2019년 2월 원익테라세미콘 합병으로 국내 대형 장비 기업으로 도약
- 7세대 V-NAND 양상 NAND 단수 증가가 본격화되면서 Oxide-Nitride 공정에 대응할 수 있는 PECVD 장비를 보유하고 있음
- ALD 장비를 세계 최초로 양산화하여 ALD 장비의 라인업 또는 보유하고 있어 3D NAND 공정 적용 확대에 따른 장비 수요 점차 증가 전망
- DRAM구조에서 수평구조상의 변경의 한계로 3D DRAM의 도입이 예상되면, 횡방향 Capacitor 표면의 유전체 증착을 위한 ALD 수요 증가가 예상됨
- 원익IPS는 반도체, 디스플레이, Solar Cell 장비 사업 부문을 영위하며, 2021년 기준 매출액은 1조232억원이며 제품품 매출 비중은 반도체 장비 약 75%, 디스플레이 장비 약 25%로 구성, 반도체 장비중 PECVD 분야 경쟁력이 확보됨
- 매출구성은 제품(반도체/Display/Solar Cell 제조 장비) 93.7%, 기타(장비 및 장치 유지보수에 필요한 부품, 기술용역 등) 6.3%로 구성됨
- 삼성전자/삼성디스플레이가 7%대 지분을 보유

□ 유진테크

- LPCVD 장비의 국내 독보적 경쟁력을 보유하고 있으며, 반도체 공정의 미세화에 따라 Step Coverage가 우수하게 박막을 증착시키는 난이도가 상승하면서 LP CVD 장비의 채택이 확대 되면서 글로벌 6% 수준의 유의미한 점유율 확보
- LPCVD 장비의 개선으로 Large Batch 타입 장비로 개발하여 생산성 향상으로 효율성을 극대화함
- 최근에 개발된 Batch Type ALD 개발을 통하여 TEL 100% 독점하는 시장이었지만, 유진테크가 ALD 장비 개발에 성공하며 소자업체 납품 시작
- Large-Batch Type ALD 개발에 성공, 메모리 공정의 미세화, 고단화에 따른 ALD적용이 증가하면서 삼성전자향 납품을 시작
- 비메모리형 Mini Batch Type ALD, NAND 고단화를 겨냥한 메탈 QXP 장비 등 포트폴리오 확대에 따른 적용처 다각화 또한 기대
- 반도체용 산업가스 충전, 제조 정제 및 판매를 사업으로 하는 유진테크머티리얼즈를 종속회사로 두고 있음. 삼성전자, SK하이닉스, 마이크론 등 유수의 글로벌 반도체 회사들과 제조장비 공급계약을 체결
- 매출 구성은 LPCVD 장비 외 91.89%, 상품 및 기타 4.81% 등으로 구성

◎ 국내 중소·중견기업

□ 주성엔지니어링

- DRAM Capacitor 유전막 공정, 소자의 구조 발전에 따른 ALD의 적용분야 확대와 더불어 공간분할 ALD 등 소자와 공정의 혁신 측면에서 주도함
- 현재 DRAM Capacitor의 High-k 물질 증착이 지르코늄에서 하프늄으로 전환되는 추세 속에서 하프늄 기반 High-K 증착 ALD 장비를 개발해 SK하이닉스 향 독점적으로 공급 중
- NAND 고단화 추세 속 ALD 수요가 증가함으로 수요가 많을 것으로 예상됨
- 비메모리 증착 기술 또한 확보된 상태로 전장용 반도체 및 글로벌 파운드리 업체에 납품 진행중, 비메모리 어플리케이션의 다각화 기대
- 중국의 반도체 회사에 ALD 증착장비 사용이 늘어남. 중국 매출 비중은 21년 기준 52% 수준으로 다수의 중화권 고객사를 확보함
- DRAM Capacitor 유전막 공정 등 본업이 건조한 가운데, 소자의 구조 발전에 따른 ALD의 적용분야 확대와 더불어 공간분할 ALD 등 소자와 공정의 혁신 측면에서 공히 주도
- 단일 사업부문은 생산되는 제품을 산업 및 고객, 제조공정의 특징 등을 고려하여 총 3개의 부문으로 나누어 그 현황을 기재함
- 하프늄 기반 High-K 증착 ALD 장비를 개발해 SK하이닉스에 독점적으로 공급

□ 씨미시스코

- 플라즈마 진단장비의 경우 높은 점유율을 유지하고 있으며, 동 제품과 관련된 기술에 대한 특허를 보유하고 있어 후발업체의 진입 장벽은 높음
- 매출은 전기차사업부 59.98%, 반도체/디스플레이 40.02% 정도로 구성됨

□ AP시스템

- 다양한 AMOLED용 공정장비를 개발하여 양산용 공정장비를 공급
- 개발하여 공급하고 있는 ELA, LLO, Encapsulation 장비는 삼성디스플레이(SDC)사뿐만 아니라 중국을 포함한 다수의 해외 디스플레이 패널 제조사로 공급영역을 확대

□ 솔브레인

- 삼성전자, SK하이닉스, LG디스플레이 등 국내 유수의 반도체 및 디스플레이 기업을 고객사로 두고 공정에 필요한 화학 재료를 공급
- 반도체 재료사업 부문에서는 SiO₂ 박막 증착용 화합물인 TEOS를 국내 최초로 국산화함

다. 국내 연구개발 기관 및 동향

(1) 연구개발 기관

[반도체 증착 장비 주요 연구조직 현황]

기관	소속	연구분야
고려대학교	기계공학부	<ul style="list-style-type: none"> 원자층 증착 장비 개발 양자 구조의 산화물 반도체
한국생산기술연구원	한국생산기술연구원(본부)	<ul style="list-style-type: none"> 고생산성 semi-batch ALD 공정 마이크로갭 제어의 대구경 마그네틱실링 플랫폼
울산과학기술원	신소재공학부	<ul style="list-style-type: none"> 2차원 텔루륨 화합물의 적층성장
전주비전대학교	전기공학과	<ul style="list-style-type: none"> 무분진 반도체, 디스플레이 증착공정용 고정밀 자기부상물류이송시스템
한양대학교	융합전자공학부	<ul style="list-style-type: none"> 시뮬레이션 기반 원자층증착법 산화물 반도체 소재 미세구조 제어 3차원 소자 집적 연구
제주대학교	메카트로닉스공학과	<ul style="list-style-type: none"> 스마트 박막 소자 제조를 위한 롤투롤 연속공정 기반 저온-상압 패턴 증착 장비
연세대학교	전기전자공학부	<ul style="list-style-type: none"> 롤투롤 원자층 증착 공정 유연 소자용 고성능 투명 산화막

(2) 기관 기술개발 동향

고려대학교

- 다양한 종류의 기판에 단차피복성이 우수하며 원자단위 박막 두께 조절이 용이한 thermal 타입 원자층 증착 장비(Atomic layer deposition)를 구축
- 구축된 ALD 장비를 기반으로 반도체 산화물(ZnO, TiO₂, Al₂O₃, CeO₂ 등)의 증착 공정 조건을 확립하고, 제작된 반도체 산화물에 대한 최적화된 특성 파악(SEM, TEM, XRD, XPS, AFM 등)을 수행

한국생산기술연구원

- 고생산성 수직형 semi-batch ALD 공정 플랫폼의 요소기술 최적화 -대구경 챔버 magnet-sealing 진공기술 개발 -방착판 증착방지 표면 처리 기술 개발
- 고생산성 수직형 semi-batch ALD 공정 플랫폼의 완성 -Micro-gap 제어기술 개발 -100 mm 웨이퍼용 micro-gap 제어 방식의 대구경 마그네틱실(magnet seal) ALD공정 플랫폼 설계 및 제작, 검증 -300 mm 웨이퍼용 수직형 semi-batch ALD공정 플랫폼 설계 최적안 완성

울산과학기술원

- 화학기상증착법을 이용한 2차원 기판소재 위에서의 텔루륨 기반 나노구조화합물의 합성연구
- 합성된 텔루륨 기반 나노구조화합물의 특성분석 및 소자화

전주비전대학교

- 반도체, 디스플레이 증착공정용 자기부상이송시스템 핵심 기술 개발
- 머신러닝 기반의 자기부상시스템 성능 최적화 제어 및 HILS 기반 제어시스템 테스트베드 구축

한양대학교

- 공정시뮬레이션 활용하여 산화물 박막 증착, 결정화 및 식각 단위공정별 미세구조와 기대되는 전기적 특성을 예측하기 위해서는 열역학적, 속도론적 관점에서 다양한 공정변수 설정 및 산화물 반도체 조성 설계를 분석
- 조성, 열처리 온도, 식각 조건 변화에 따라 비정질, 다결정, 유사 단결정 미세구조 제어가 가능한 In 기반 삼성분계 혹은 사성분계 모델 시스템을 설계하고 공정시뮬레이션을 활용하여 고이동도, 고신뢰성을 갖는 차세대산화물 반도체 소재를 특정

제주대학교

- 롤투롤 연속공정 기반 저온·상압 원자층 선택적 박막 패턴 증착 시스템 개발
- 롤투롤 연속공정 기반 저온·상압 원자층 선택적 박막 패턴 증착 공정 기술 개발
- 마스크 제거 시스템에서의 참여기관간 마스크 패턴 제거 연계 공정 연구

연세대학교

- 기존의 스퍼터 방법과는 차별화된 공정법과 새로운 산화물 반도체 물질의 개발을 목표로함
- 롤투롤 방식의 신개념 원자층 박막 증착 공정법에 관한 기초 연구를 진행하여 획기적인 공정 효율의 상승 및 원가 절감을 이룬다. 이를 위해 기존의 원자층 박막 증착장비와는 다른 진보된 형태의 새로운 챔버 디자인과 외부 대기와 반응기체를 분리 및 접촉을 차단하는 고도의 공기막(air barrier)기술을 연구
- 새로운 증착방법을 이용하여 4족, 3족 원소, 또는 5족 원소와 이들 2~3개의 산화물을 첨가하는 방법으로 우수한 특성의 새로운 산화물 반도체를 개발



◎ 국내 반도체 증착 장비 관련 선행연구 사례

[국내 선행연구(정부/민간)]

수행기관	연구명(과제명)	연도	주요내용 및 성과
(주)비아트론	기존장비 대비 200%의 고 생산성을 갖는 5nm 이하의 반도체용 다층 SiSiGe 에피택시 장비 개발	2022 ~ 2024	<ul style="list-style-type: none"> • 에피 장비의 핵심 요소 기술 개발 • Si, SiGe 단일 에피 성장막 기초 평가 • VCSEL Drive용 Power Supply 모듈 개발 • Epitaxial Si과 SiGe의 strain, surface, defect, 계면 분석을 통한 단일 epitaxial 박막의 특성 평가
(주)테스	시스템반도체용 Low-k 스마트 PECVD 증착장비 및 공정개발	2021 ~ 2023	<ul style="list-style-type: none"> • Low-k ($k < 2.5$) 공정 및 장비 개발 로, 특히 비메모리(시스템 반도체)에서 필요로 하는 핵심 기술임 • 현재 시스템 반도체용 Low-k 증착 장비는 해외 장비기업이 독점적으로 점유하고 있으며, 국내 장비기업에서 개발 중이나, 아직 양산 적용은 성공하지 못함 • 개발을 통해 Low-k ($k < 2.5$) 핵심 기술을 확보하여 양산성 있는 공정 장비를 확보함. Low-k 증착 장비의 국산화 및 수입 대체 효과가 기대됨 • Quad System 적용을 통한 생산성 향상과 스마트 공정 제어를 통한 반도체 수율 개선으로 글로벌 시장에서의 경쟁력 강화로 이어질 수 있음
(주)테스	200단급 이상 3D NAND용 Oxide 및 Nitride 증착장비개발	2020 ~ 2023	<ul style="list-style-type: none"> • Stack Oxide / Nitride를 증착하는 장치로 세계 최고의 UPEH를 가지는 Quad Station 장비를 개발함 • 안정된 온도 구배를 위한 HTR 기술 국산화 개발 • 안정적인 Plasma 공급을 위한 RF 기술 국산화 개발
(주)테스	차세대 3D NAND Flash 제조용 Warpage control Layer 증착 공정 및 장비 개발	2019 ~ 2021	<ul style="list-style-type: none"> • warpage control이 가능한 backside 증착 장비 개발 • warpage control 장비의 양산성 향상을 위한 twin 챔버용 backbone 개발 • warpage control 장비용 히터 및 전극 개발
(주)에스티	차세대 디바이스용 다성분계 물질 증착을 위한 고생산성 Batch Type ALD 장비개발	2020 ~ 2023	<ul style="list-style-type: none"> • 복합막, 다성분계 유전막 증착 • 박막 기초 물성 평가 및 박막 분석 • Chamber 개조 개선 • 시작품 설계 및 제작
(주)실링크	반도체 증착장비용 R축 부품 양산화성능 평가 지원사업	2020 ~ 2021	<ul style="list-style-type: none"> • 반도체 증착 장비용 회전축 실링 유니트인 KE 나이트라이드 R축 유닛 및 폴리형 R축 유닛의 양산 성능평가를 통해 국산화로 인한 수입대체 및 일본 수출을 통해 소재부품의 선진화

* 출처 : 자체구성

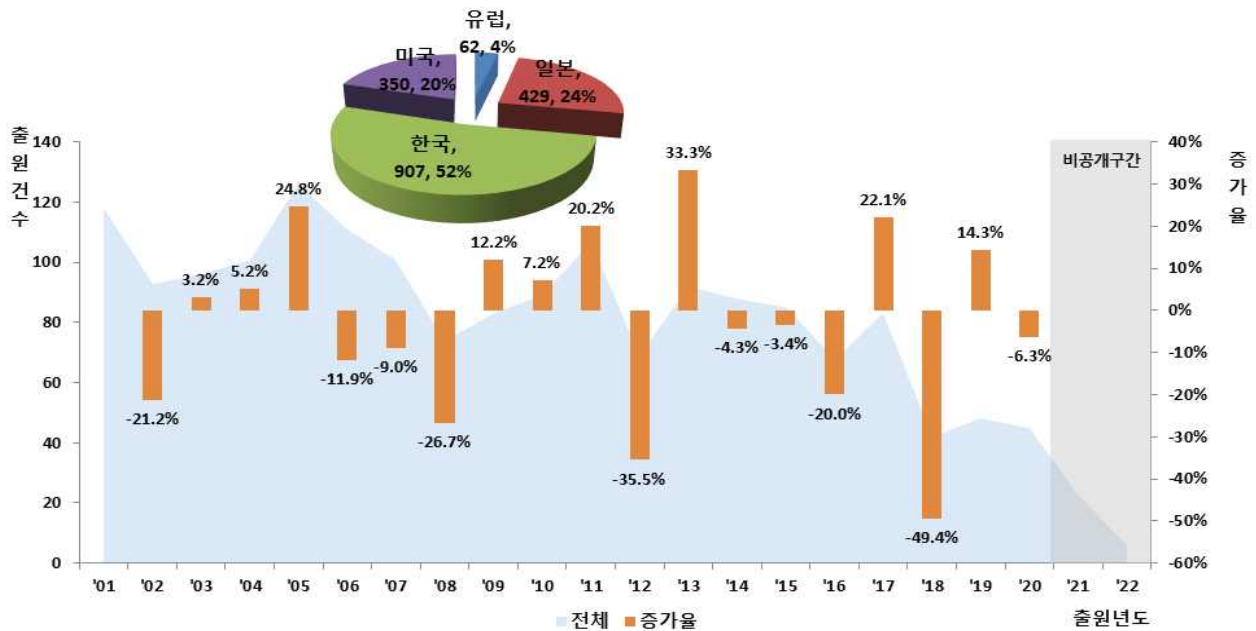
3. 특허 동향

가. 특허동향 분석

(1) 특허 증가율

- 과거부터 최근까지 해당품목에 대한 특허기술 출원의 양적 트렌드 분석을 통해 해당품목의 기술개발 동향 파악²⁾
- 한국(KIPO), 미국(USPTO), 일본(JPO), 유럽(EPO) 국가별 특허기술 출원 점유율 분석을 통해 해당품목을 선도하는 국가 파악

연도별 출원증가율

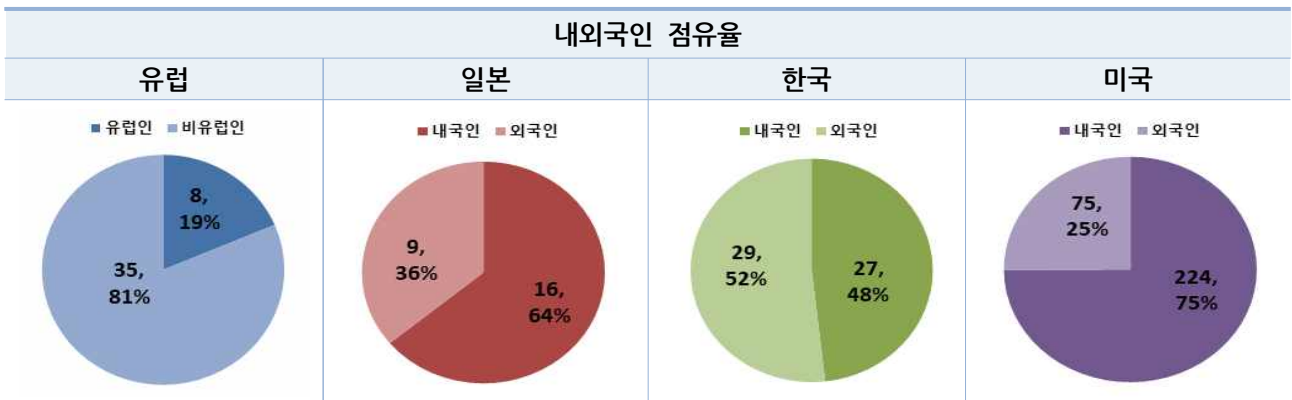


- 반도체 증착 장비 품목은 지난 20년(2001년~2020년) 간 꾸준히 출원 활동이 진행된 것으로 나타남
- 전년대비 증가율을 살펴볼 때 2013년 33%의 최대 증가율을 보인 이후로 꾸준히 증가율이 감소하고 있는 것으로 보임. 이는 양적 특허 중심에서 질적 특허를 중심으로 특허출원 양상이 전환되고 있다는 점에 기인한 것으로 판단됨
- 국가별 특허출원 점유율을 분석 시 반도체 증착 장비 품목은 일본이 기술 개발을 선도하는 것으로 판단됨

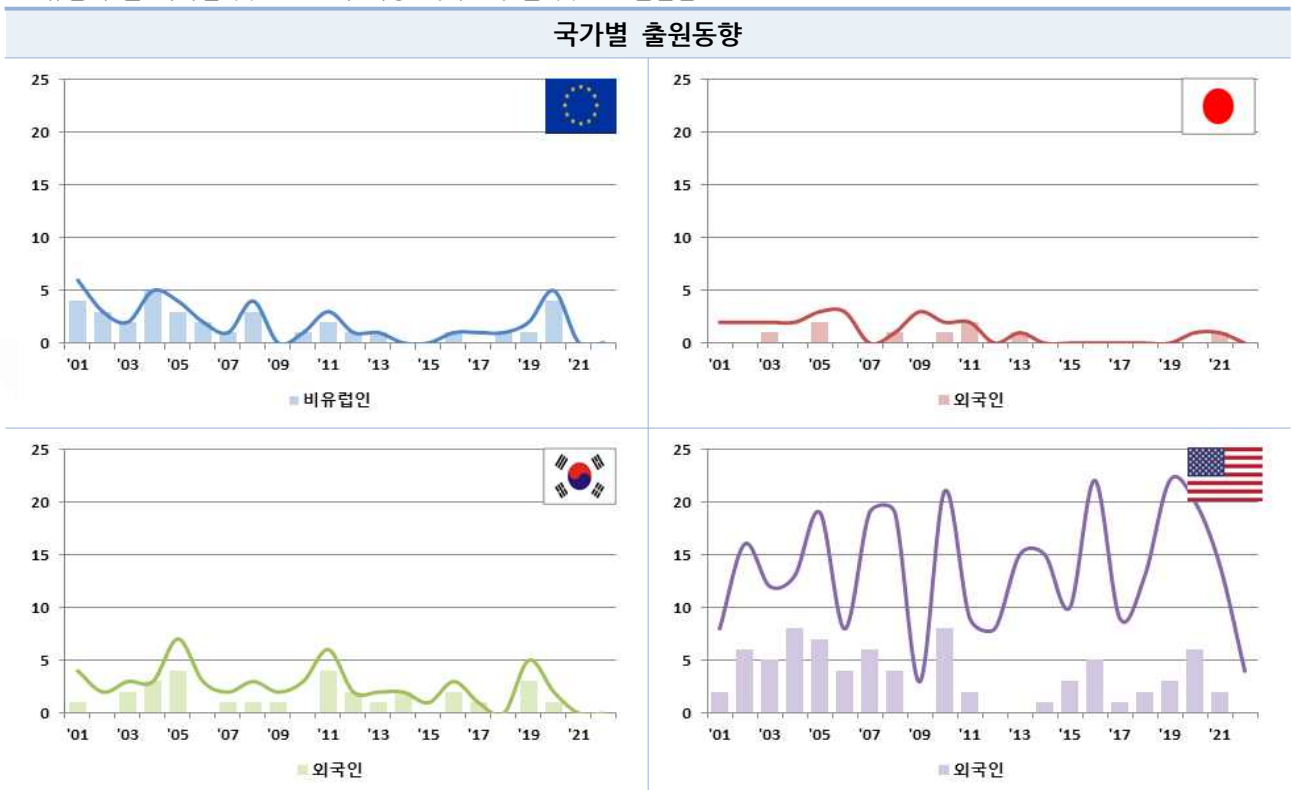
2) 특허출원 후 1년 6개월 경과 후 데이터가 공개되는 특허제도의 특성상, 2021년과 2022년에는 실제 출원이 이루어졌으나 아직 공개되지 않은 미공개데이터의 존재로 유효데이터가 적게 나타날 수 있음에 유의해야 함

(2) 특허 점유율

- 과거부터 최근까지의 국가별 특허기술 출원의 양적 트렌드를 비교하여 타 국가 대비 국내의 기술적 위치 파악
- 한국(KIPO), 미국(USPTO), 일본(JPO), 유럽(EPO) 국가별 내·외국인의 출원분포를 파악하여 해당 국가 내 국외기술의 유입상황 및 국외기술에 대한 의존도 여부, 자국 기술력 등을 유추



- 반도체 증착 장비 품목에 있어, 미국 및 일본은 내·외국인 비중이 각각 75%대 25%, 64%대 36%로 내국인의 출원점유율이 강세를 보이고 있으며, 한국 및 유럽의 경우 외국인의 출원 점유율이 더 높은 것으로 나타남
- 반도체 증착 장비 품목에 있어 미국은 기술 자립도가 가장 높은 것으로 평가되며, 반면에 한국과 유럽은 외국인의 유입이 큰 국가인 것으로 보아 시장 매력도가 큰 것으로 판단됨



- 지난 20년간 미국의 출원 활동이 가장 활발히 진행된 것으로 나타나며, 한국 및 유럽의 출원 활동은 대부분 외국인에 의해 진행된 것으로 나타남

(3) 특허 영향력

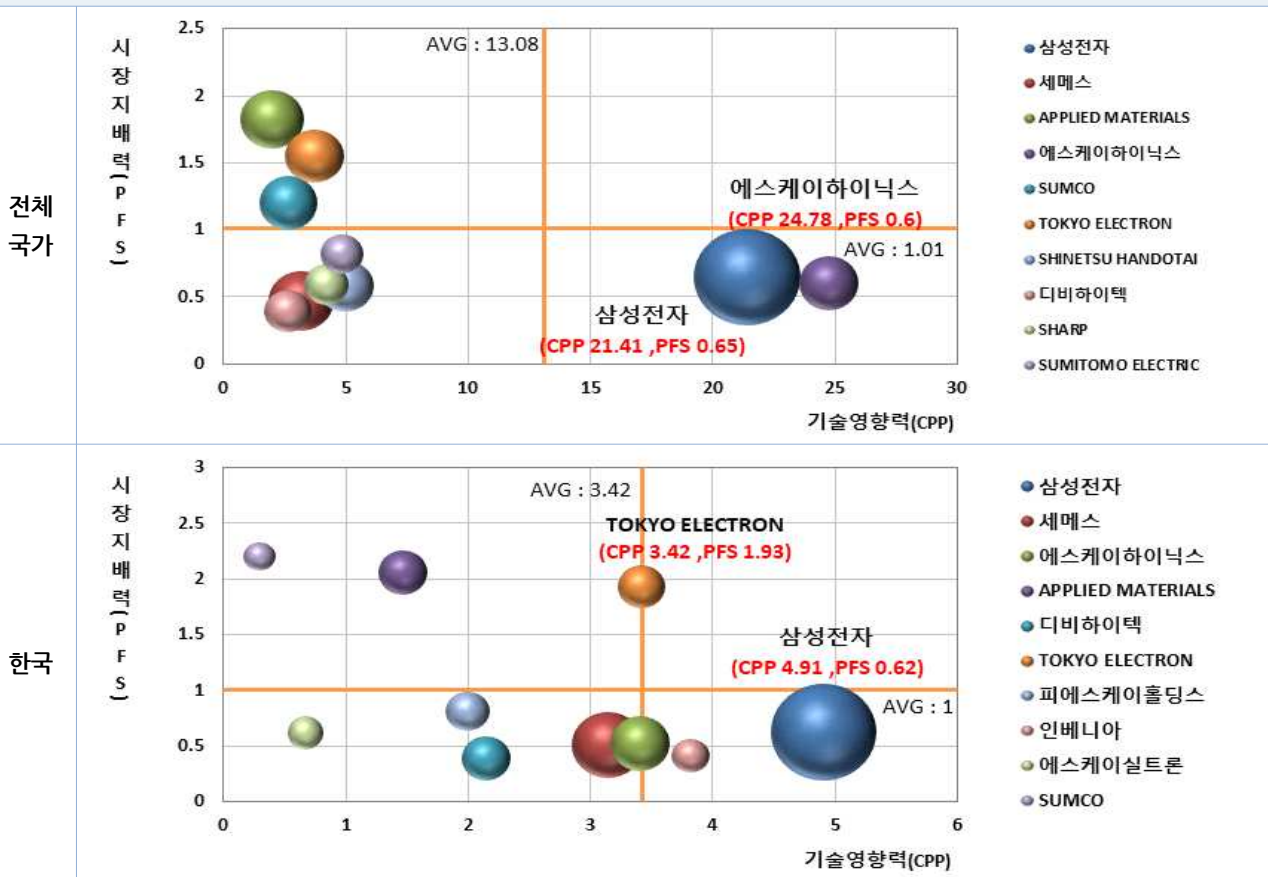
- 기술영향력(CPP) 지수는 특정 등록특허가 다른 특허들에 의해 인용된 횟수를 나타내며, 특허권자의 입장에서 이 값이 클수록 질적 수준이 높은 핵심특허 또는 원천특허를 많이 보유하고 있을 가능성이 높다고 판단

* CPP = 특정 주체의 등록특허의 피인용 횟수 / 해당 주체의 등록특허 수

- 시장지배력(PFS) 지수는 출원인 국적별 패밀리국가수를 분석하는 것으로, 해당품목에서 글로벌 시장을 타겟팅한 출원인이 누구인지 파악 가능

* PFS = 특정 주체의 평균 패밀리 국가수 / 전체평균 패밀리 국가수

주요출원인 IP 경쟁력(기술성 vs 시장성)



- 반도체 증착 장비 품목에 대한 주요출원인들의 IP 경쟁력 분석결과, 전체 국가에서는 에스케이하이닉스의 기술영향력이 가장 높은 것으로 나타났으며, 국내 출원인인 삼성전자 또한 높은 수준의 기술영향력을 보이는 것으로 나타남. 한국시장에서는 일본국적의 TOKYO ELECTRON의 특허가 시장확보력 및 질적 수준이 높아 기술적 파급력과 상업적 가치가 큰 것으로 평가됨.

(전체) 에스케이하이닉스 : 기술영향력(CPP) 24.78 / 시장확보력(PFS) 0.6

(한국) TOKYO ELECTRON : 기술영향력(CPP) 3.42 / 시장확보력(PFS) 1.98

- 한국출원인 중에는 전체 국가에서는 에스케이하이닉스가 한국에서는 삼성전자의 기술영향력 및 시장확보력이 가장 높은 것으로 분석됨

(전체) 에스케이하이닉스 : 기술영향력(CPP) 24.78 / 시장확보력(PFS) 0.6

(한국) 삼성전자 : 기술영향력(CPP) 4.91 / 시장확보력(PFS) 0.62

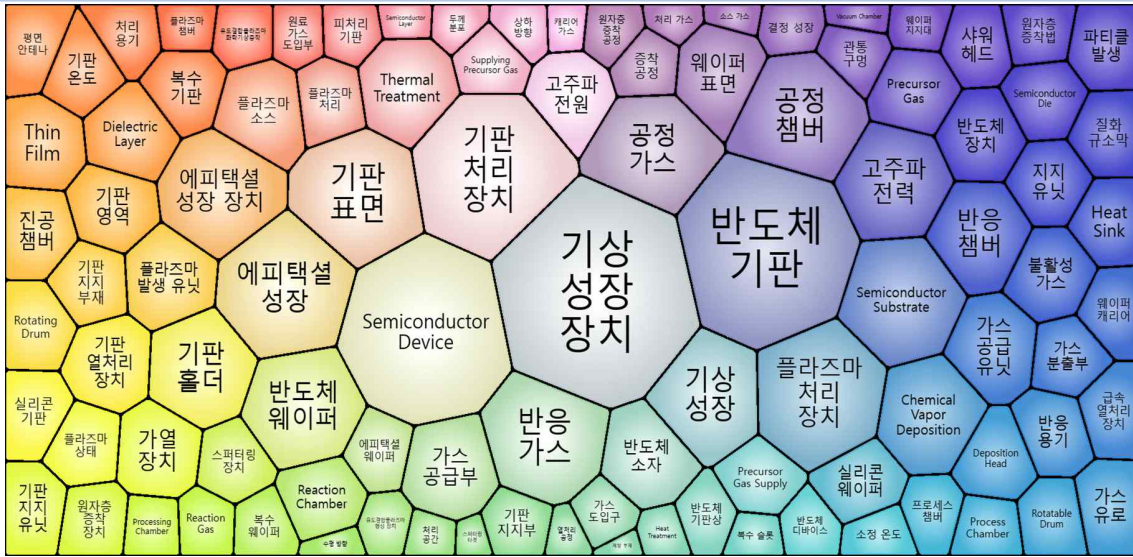
나. 주요 기술 키워드 분석

(1) 기술개발 동향 변화 분석

□ AI 알고리즘을 활용하여 해당품목의 분석구간의 특허 기술 키워드를 비주얼 차트로 나타낸 것으로, 키워드 확인을 통한 집중연구 분야를 파악할 수 있으며, 구간별 기술 키워드 확인을 통해 해당품목에 대한 구간별 연구 트렌드 변화를 유추

* 분석범위 : 요약, * 키워드 구성 : 구문, * 키워드 출력수 : 전체구간 100개, 최근구간 50개

전체구간(2001년~2022년) 특허 주요 기술 키워드

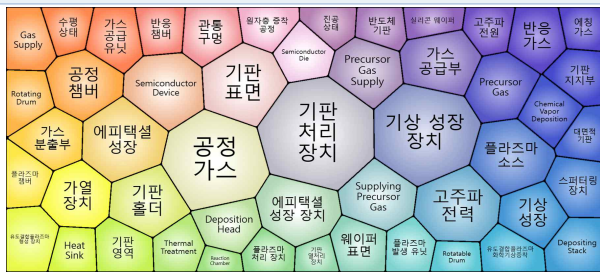


• 반도체 증착 장비 품목에 대한 지난 20년간의 특허 주요 기술 키워드 분석 결과, 증착 기본 기술 관련 키워드가 주요 도출되었으며, 증착기술 응용을 위한 '기상 성장 장치' 및 '반도체 기판' 키워드가 도출된 것으로 조사됨

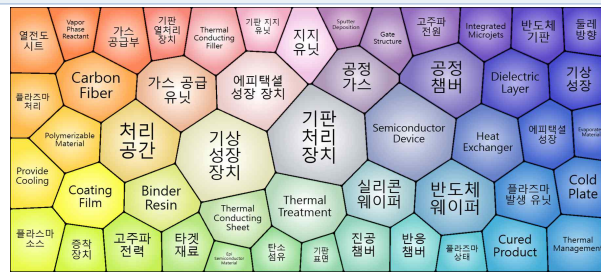
(전체구간 주요 키워드) 기상 성장 장치, 반도체 기판, Semiconductor Device, 기판 처리 장치, 공정 챔버, 플라즈마 처리 장치, 기판 표면, Semiconductor Substrate, 반도체 웨이퍼, 에피택셜 성장

최근구간(2011년~2022년) 특허 주요 기술 키워드

1구간(2011년~2015년)



2구간(2016년~2022년)



• 반도체 증착 장비 품목에 대한 최근 구간 특허 주요 기술 키워드 분석 결과, 1구간에는 '기상 성장 장치' 및 '공정 가스' 등 증착 장비 및 공정과 관련된 키워드가 주요 기술 키워드로 도출되었고, 2구간에서는 '반도체 웨이퍼' 및 '처리 공간' 등 증착 공정을 통한 반도체 웨이퍼 형성 및 증착 장치의 처리 공간에 관한 연구 등 반도체 증착과 관련된 키워드가 주요 기술 키워드로 도출됨

(1구간 주요 키워드) 기상 성장 장치, Semiconductor Die, 공정 가스, 기판 처리 장치, 기판 표면

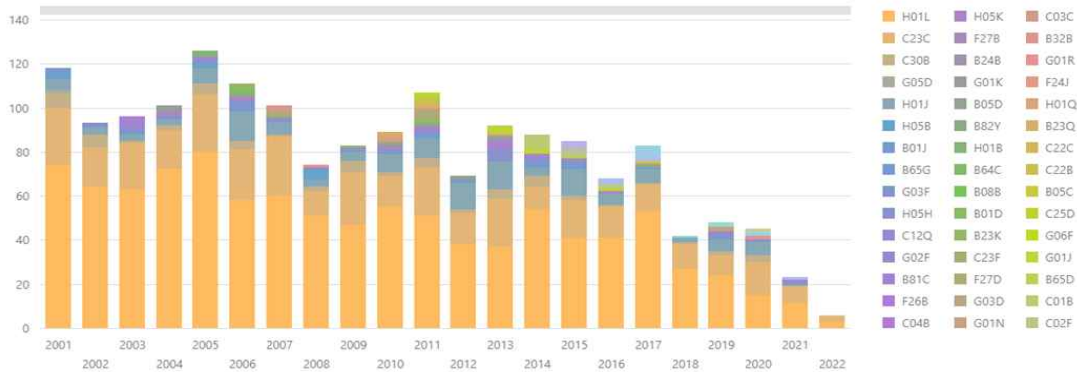
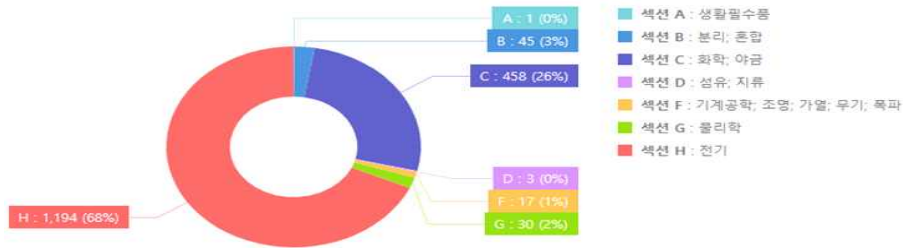
(2구간 주요 키워드) 반도체 웨이퍼, 처리 공간, Semiconductor Device, 기판 처리 장치, 기상 성장 장치

(2) 기술 현황 분석

- 전 세계적으로 통용되고 있는 국제특허분류를 통해 해당품목의 기술현황 및 집중기술 분야를 확인할 수 있으며, 연도별 기술현황 변화추이를 확인함으로써 해당품목에 대한 기술변화 트렌드 변화를 유추

* IPC(International Patent Classification) : 국제특허분류

IPC 특허분류별 출원건수



- 반도체 증착 장비 품목은 섹션 ‘H 전기’ 기술 분야의 비중이 가장 높은 것으로 나타났으며, 그중에서도 ‘반도체 장치; 다른 곳에 속하지 않는 전기적 고체 장치 (H01L) 기술 분야에서 집중 연구개발 되고 있는 것으로 분석됨
- 연도별 기술 현황 변화 추이를 보았을 때, 최근에는 (C23C) 기술 분야인 ‘코팅 금속물질’ 관련 분야와 (H01J) 기술분야인 ‘전자관 또는 방전램프’ 관련 분야에서 출원이 진행된 것으로 나타남

IPC - Sub Class	출원건수
• (H01L) 반도체 장치; 다른 곳에 속하지 않는 전기적 고체 장치	1,019
• (C23C) 코팅 금속물질; 금속물질을 포함하는 피복재료; 표면화산, 화학적 전환 또는 치환에 의한 금속 재료의 표면 처리; 진공증착, 스퍼터링, 이온 주입 또는 화학증착법에 코팅 일반	364
• (H01J) 전자관 또는 방전램프	129
• (C30B) 단결정성장; 공정물질의 일방향고체화 또는 공석정물질의 일방향석출; 물질의 존멜팅(Zone melting)에 의한 정제; 특정구조의 균질상의 다결정물질의 제조; 반도체장치 또는 그 부품을 제조하기 위한 것 H01L; 단결정 또는 특정구조의 균질상 다결정재료의 후처리; 그것을 위한 장치	60
• (H05H) 플라스마(Plasma) 기술	16

(3) 기술 집중력 분석

- 주요출원인에 의한 특허점유율을 분석하여 기술집중력(시장 독과점 수준)을 판단하는 것으로, 특허동향조사에서는 통상 CR4를 사용하며, CRn값이 0에 가까울수록 시장 독과점 수준이 낮은 것을 의미하고, CR4 값이 40에서 60일 경우(CR1 지수는 50 이상일 경우, CR2 또는 CR3 지수는 75 이상일 경우) 시장의 독과점 수준이 높은 것으로 해석됨

* CRn(집중률지수, Concentration Ratio n) = (1위 출원인의 특허점유율) + ... + (n위 출원인의 특허점유율)

주요 출원인 집중력	주요출원인	출원건수	특허점유율	CRn	n
	삼성전자	198	11.3%	11	
	AMAT	75	4.3%	16	
	세메스	74	4.2%	20	
	에스케이하이닉스	61	3.5%	23	4
	SUMCO	57	3.3%	27	
	SHIN ETSU HANDOTAI	57	3.3%	30	
	TOKYO ELECTRON	53	3.0%	33	
	SUMITOMO ELECTRIC	32	1.8%	35	
	동부일렉트로닉스	30	1.7%	36	
	SHARP	30	1.7%	38	
	전체	1748	100%	CR4 = 23	
국내시장 중소기업 집중력	출원인 구분	출원건수	특허점유율	CRn	n
	중소기업(개인)	237	26.1	26.13	중소기업
	대기업	358	39.5		
	연구기관/대학	54	6		
	기타(외국인)	258	28.4		
	전체	907	100.0%	CR중소기업 = 26.13	

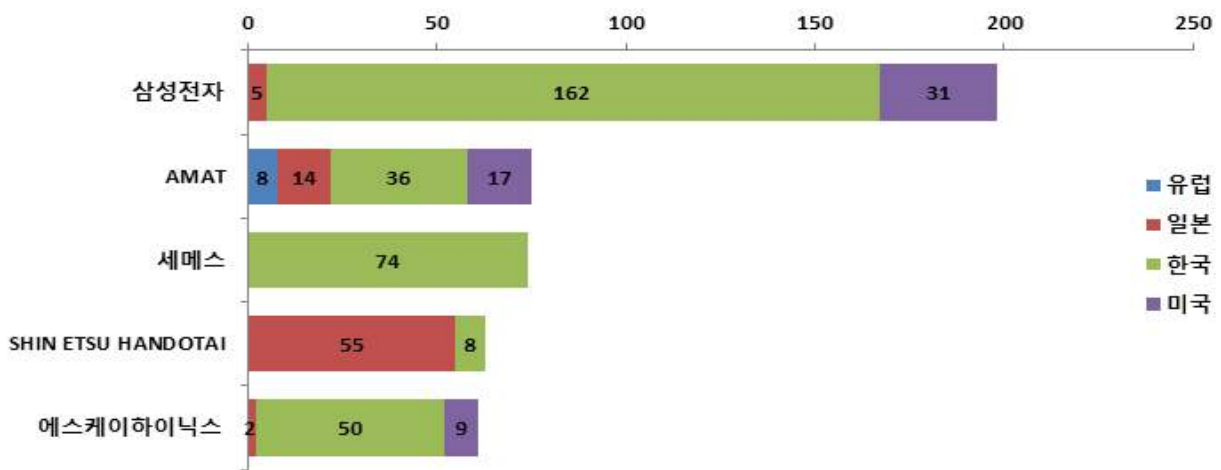
- 반도체 증착 장비 품목에 대한 시장 관점의 기술 독점 집중률 지수(CRn) 분석 결과, 상위 4개 기업의 시장점유율이 23으로, 주요 출원인에 의한 독과점 정도는 현재까지는 심하지는 않은 것으로 분석됨
- 국내시장에 있어서 중소기업의 특허 점유율은 26.13으로, 반도체 증착 장비 품목에서 중소기업의 점유율은 보통인 것으로 분석됨. 대기업의 출원 점유율 및 기타(외국인)에 의한 출원 점유율은 각각 39.5 및 28.4로 중소기업(개인)과 다소 차이가 있는 것으로 나타남. 반도체 증착 장비 품목은 국내시장에서 대기업을 중심으로 출원 점유율이 다소 높게 파악되었으나, 기존 반도체 관련 출원을 다수 진행함에 따라 관련 키워드가 포함된 특허가 다수 파악된 것으로 반도체 증착 장비 품목에 관련된 독과점 정도는 현재까지는 심하지 않은 것으로 분석됨. 따라서 중소기업의 점유율 진입장벽은 보통 수준인 것으로 판단됨

다. 주요 출원인 분석

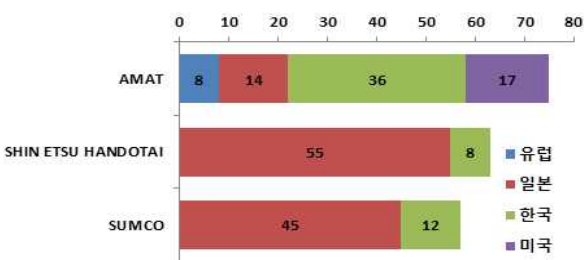
(1) 주요 출원인 동향

- 주요출원인을 기준으로, 해당품목에 대해 기술개발을 주도하고 있는 기관 및 기업을 파악하고, 한국(KIPO), 미국(USPTO), 일본(JPO), 유럽(EPO) 국가별 출원현황 분석을 통해 주요출원인들이 고려하고 있는 주요시장국이 어디인지 예측하여 거시적 관점의 향후 트렌드를 전망
- 타 국가 대비 국내 기관 및 기업의 출원 활동 현황 및 수준을 파악하여 연구개발에 있어 비중 있는 사전 파악이 필요한 기관 및 기업 제시

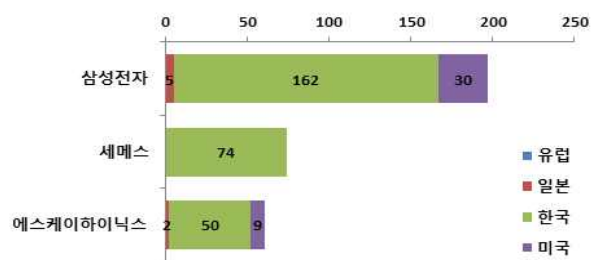
전체 주요출원인 동향



해외 주요 출원인



국내 주요 출원인



- 반도체 증착 장비 품목의 주요 출원인 Top 5를 살펴보면, 한국, 미국 및 일본 국적의 출원인으로 구성되어 있으며, 한국 출원인에 의해 기술 개발이 주도되고 있는 것으로 나타남
- 한국 국적의 출원인으로는 삼성전자가 가장 많은 출원을 진행하였으며, 전체 주요 출원인 Top 5에 세메스 및 에스케이하이닉스가 나타남
- 국내 주요 출원인은 삼성전자, 세메스 및 에스케이하이닉스로 도출되어, 대기업을 중심으로 반도체 증착 장비 품목의 기술 개발을 활발히 진행하고 있는 것으로 분석됨

(2) 주요 출원인 기술 키워드 및 주요특허 분석

□ 주요출원인이 출원한 해당품목의 특허 기술 키워드 확인을 통해 출원인별 집중연구 분야를 파악할 수 있으며, 등록특허를 기준으로 피인용문헌수 및 패밀리 국가수가 큰 주요특허를 사전검토 함으로써 주요출원인의 주력기술 분야를 예측

- * 기술 키워드 분석범위 : 요약, * 키워드 구성 : 구문, * 키워드 출력 수 : 50개
- * 주요특허 도출 기준 : 등록특허를 기준으로 피인용문헌수 및 패밀리 국가수가 큰 특허를 주요특허로 도출

◎ 삼성전자

주요 키워드 및 주요특허 분석



- 반도체 기판, Semiconductor Device, 반응 가스, Dielectric Layer, Nitride Film, 공정 챔버, Semiconductor Substrate, 플라즈마 처리 장치, Reaction Chamber, Process Chamber

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	IP 경쟁력	
			피인용 문헌수	패밀리 국가수
US 7087482 (2003.07.10.)	Method of forming material using atomic layer deposition and method of forming capacitor of semiconductor device using the same	ALD를 이용하여 유전 물질을 형성하는 방법과 이러한 물질로 반도체 소자에 유전층을 형성하는 방법	404	3
US 6348376 (2001.01.19.)	Method of forming metal nitride film by chemical vapor deposition and method of forming metal contact and capacitor of semiconductor device using the same	CVD를 이용한 금속 질화막의 형성 방법, 이를 이용한 반도체 장치의 금속 콘택 형성 방법 및 반도체 캐패시터	326	3
US 7183214 (2005.09.22.)	High-density plasma (HDP) chemical vapor deposition (CVD) methods and methods of fabricating semiconductor devices employing the same	일반적으로 반도체 제조 분야에 관한 것으로, 특히 고밀도 플라즈마(HDP) 화학 기상 증착(CVD) 방법 및 이를 사용하여 반도체 소자를 형성하는 방법	221	2

- 삼성전자는 반도체 증착 장비 품목과 관련하여 Top 1 출원인으로, 한국을 위주로 출원을 진행하였으며, CVD 및 ALD 등 증착법 기술에 관련한 주요 등록특허는 높은 피인용 문헌수를 갖는 것으로 나타남. ‘반도체 기판’ 및 ‘Semiconductor Device’ 등 반도체 응용에 관련된 키워드가 주요 키워드로 분석되어 반도체 증착 장비 품목에 대한 기술력이 높은 것으로 조사됨

◎ 세메스

주요 키워드 및 주요특허 분석



- 기판 처리 장치, 공정 챔버, 플라즈마 처리 장치, 고주파 전원, 공정 가스, 플라즈마 발생 유닛, 가스 공급 유닛, 플라즈마 소스, 고온 폐수, 지지 유닛

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	IP 경쟁력	
			피인용 문헌수	패밀리 국가수
JP 10-0800125 (2006.06.30.)	유기발광소자 증착장비의 소스셔터 및 기판 제어방법에 관한 것으로, 챔버 내에서 기판 이송시 대기 시간이 없도록 하여 기판의 처리 속도를 향상시키는 유기발광소자 증착장비의 소스셔터 및 기판 제어방법	74	1	
JP 10-0725037 (2005.01.21.)	반도체 플라즈마 처리 장치 및 방법	유도결합 플라즈마 소스의 단점인 라디칼 측면 집중 현상을 보완하여 식각 균일도를 높일 수 있는 반도체 플라즈마 처리 장치	12	5
JP 10-0734778 (2005.08.25.)	플라즈마를 이용한 기판 처리 장치 및 방법	반도체를 제조하는 장치에 관한 것으로, 플라즈마를 이용하여 반도체 기판을 처리하는 장치	7	1

- 세메스는 반도체 증착 장비 품목과 관련하여 Top 3 출원인으로, 한국을 위주로 출원을 진행하였으며, 증착 장비 제어방법 및 반도체 기판 제조 기술 등에 주력하고 있으며, '플라즈마 처리 장치' 및 '플라즈마 발생 유닛' 등 플라즈마 제어 관련 키워드가 주요 키워드로 나타나 반도체 증착 장비 품목에 있어서 기술력이 높은 것으로 조사됨

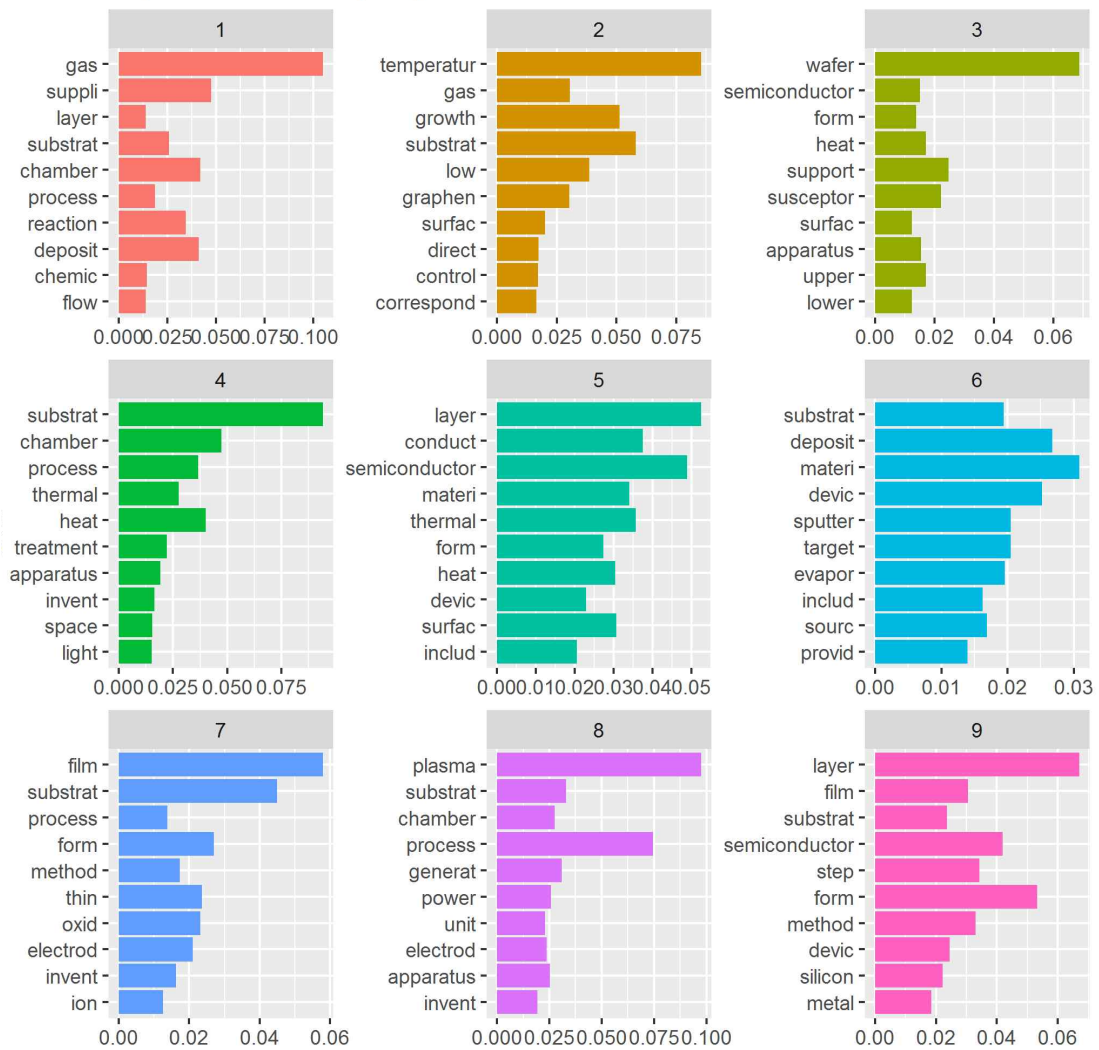
4. 전략품목 기술로드맵

가. 핵심기술

(1) 요소기술 도출

◎ 특허 키워드 클러스터링 기반 요소기술 후보도출

[반도체 증착 장비 토픽 클러스터링 결과]



* 출처: 자체작성

[LDA 클러스터링 기반 요소기술 후보도출]

No.	상위 키워드	대표적 관련 특허	요소기술 후보
클러스터 01	gas supply chamber deposite reaction	<ul style="list-style-type: none"> • ATOMIC LAYER DEPOSITON APPARATUS USED IN MANUFACTURING SEMICONDUCTOR DEVICE • Metal-organic vaporizing and feeding apparatus, metal-organic chemical vapor deposition apparatus, metal-organic chemical vapor deposition method, gas flow rate regulator, semiconductor manufacturing apparatus, and semiconductor manufacturing method 	증착가스 제어 기술
클러스터 02	temperature substrate growth low gas	<ul style="list-style-type: none"> • Manufacturing method of low-temperature substrate graphene growth without using metal catalyst and low-temperature substrate graphene growth without using metal catalyst and manufacturing device • VAPOR PHASE GROWTH METHOD FOR Al-CONTAINING III-V GROUP COMPOUND SEMICONDUCTOR, AND METHOD AND DEVICE FOR PRODUCING Al-CONTAINING III-V GROUP COMPOUND SEMICONDUCTOR 	증착장비 증착표면 온도 제어 기술
클러스터 03	wafer support susceptor upper heat	<ul style="list-style-type: none"> • WAFER COOLING STATION OF THERMAL PROCESSING EQUIPMENT • The thermocouple connection apparatus of the chemical vapor deposition equipment for the semiconductor device fabrication. 	증착장비 증착표면 온도 제어 기술
클러스터 04	substrate chamber heat process thermal	<ul style="list-style-type: none"> • SEMICONDUCTOR SUBSTRATE MEASURING APPARATUS AND PLASMA TREATMENT APPARATUS USING THE SAME • DEVICE FOR THERMALLY TREATING SUBSTRATES 	증착장비 증착표면 온도 제어 기술
클러스터 05	layer semiconductor conduct thermal material	<ul style="list-style-type: none"> • Semiconductor device and method of forming thermally conductive layer between semiconductor die and build-up interconnect structure • Semiconductor device and method of embedding thermally conductive layer in interconnect structure for heat dissipation 	증착장비 리액터 온도 조절 기술
클러스터 06	material deposit device sputter target	<ul style="list-style-type: none"> • SPUTTERING DEVICE AND SUBSTRATE TREATMENT DEVICE • NON-ORTHOGONAL COATER GEOMETRY FOR IMPROVED COATINGS ON A SUBSTRATE 	증착 물질 제어 기술
클러스터 07	film substrate form thin oxide	<ul style="list-style-type: none"> • GREEN SHEET INVOLVING FILM PATTERNED AND METHOD PRODUCING IT, AND DEVICE FORMING SEMICONDUCTOR ELEMENT AND METHOD FORMING IT AND PLASMA DISPLAY PANNEL COMPRISING IT • THIN-FILM TRANSISTOR AND THIN-FILM TRANSISTOR SUBSTRATE AND PRODUCTION METHODS FOR THEM AND LIQUID CRYSTAL DISPLAY UNIT USING THESE AND RELATED DEVICE AND METHOD, AND, SPUTTERING TARGET AND TRANSPARENT CONDUCTIVE FILM FORMED BY USING THIS AND TRANSPARENT ELECTRODE AND RELATED DEVICE AND METHOD 	증착층 제어 기술
클러스터 08	plasma process substrate generate chamber	<ul style="list-style-type: none"> • PLASMA SOURCE AND APPARATUS FOR TREATING SUBSTRATE INCLUDING THE SAME • Apparatus for and Method of treating substrate using inductively coupled plasma 	증착장비 리액터 클리닝 기술
클러스터 09	layer form semiconductor step method	<ul style="list-style-type: none"> • SEMICONDUCTOR DEVICE USING SELECTIVE EPITAXIAL GROWTH AND METHOD FOR FABRICATION OF THE SAME • A semiconductor device using the epitaxial process, and a method of forming a polishing thereof 	증착 레이어 제어기술

* 출처: 자체작성

◎ 특허 분류체계 기반 요소기술 후보도출

[IPC 분류체계에 기반 요소기술 후보도출]

IPC 기술트리		
(서브클래스) 내용	(메인그룹) 내용	요소기술 후보
(H01L) 반도체 장치	(H01L-021/205) 고체를 석출시키기 위해 기상 화합물의 환원 또는 분해를 이용하는 것	기상증착 에피택시 성장 기술
	(H01L-021/324) 반도체본체의 특성을 변경하기 위한 열처리	증착장비 열처리 기술
	(H01L-021/67) 제조 또는 처리중의 반도체 또는 전기 고체 장치 취급에 특별히 적용되는 장치	증착장비용 전기전자부품
	(H01L-021/02) 반도체장치 또는 그 부품의 제조나 처리	증착장비 부품
(C23C) 코팅 금속물질	(C23C-016/455) 반응실 안으로 가스를 도입하거나 반응실 안의 가스흐름을 조정하는 방법에 특징이 있는 것	증착장비 리액터 가스 흐름 조정 기술
	(C23C-014/34) 스퍼터링	스퍼터링 증착장비
(H01J) 전자관 또는 방전램프	(H01J-037/32) 가스 넣는 방전관	증착가스 흐름제어 기술

* 출처: 자체작성

◎ 최종 요소기술 도출

- 기술·시장 분석, 기술수요, 기술(특허)분석, 전문가 추천을 바탕으로 요소기술 후보 도출
- 요소기술 후보를 대상으로, 전문가를 통해 기술의 범위, 요소기술 간 중복성 등을 조정·검토하여 최종 요소기술 확정

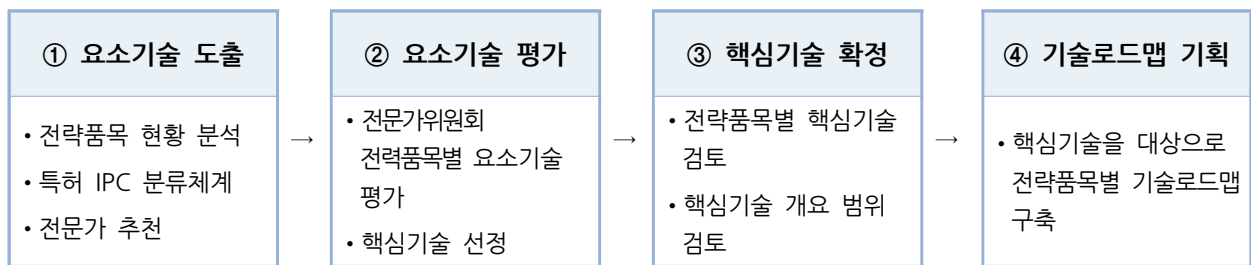
[반도체 증착 장비 요소기술 도출]

요소기술	출처
반도체 원자층박막증착장비	특허 클러스터링, IPC 분류체계, 전문가추천
SiC 대면적 에피택시 성장 기술	특허 클러스터링, IPC 분류체계, 전문가추천
반도체 대면적 박막 균일도 향상기술	특허 클러스터링, 전문가추천
반도체 히터 온도 균일도 향상기술	특허 클러스터링, IPC 분류체계, 전문가추천
레이저 열처리 기술	특허 클러스터링, 전문가추천
OLED용 대면적용 8.5G FMM 기술	특허 클러스터링

(2) 핵심기술 선정 및 기술로드맵 기획 절차

- 특허 분석을 통한 요소기술과 기술수요와 기술시장분석을 기반으로 한 요소기술, 전문가 추천 요소기술 등을 종합하여 요소기술을 도출한 후, 전문가위원회의 평가과정 및 검토/보완을 거쳐 핵심기술 확정
- 핵심기술 선정 지표: 기술개발 시급성, 기술개발 파급성, 기술의 중요성 및 중소기업 적합성

[핵심기술 선정 및 기술로드맵 기획 프로세스]



(3) 핵심기술 리스트

[반도체 증착 장비 핵심기술]

핵심기술	개요
반도체 원자층박막증착장비	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 반도체 제조 과정에서 보호막 등을 증착하는데 활용되는 기술로 매우 얇은 물질을 실리콘 웨이퍼처럼 평평한 물질 위에 증착시킬 수 있는 장비
SiC 대면적 에피택시 성장 기술	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Si와 C를 포함하는 소스를 가열된 단결정 기판이 있는 반응기로 주입하여 기판 표면에서의 화학반응으로 에피택셜 층을 대면적에 성장하는 기술
반도체 대면적 박막 균일도 향상기술	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 반도체 디바이스의 스케일다운으로 300mm의 대면적에서 증착시 Heater, Chamber 구조, Shower Head, Gas 비율, Power 등의 Parameter를 관리하여 증착시 박막의 두께 균일도를 향상 시키는 기술
반도체 히터 온도 균일도 향상기술	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 반도체 증착시 온도의 경우 Heater에 의존하게 되는데 현재 Heater의 Zone에 따라 온도 구배가 발생하여 Heater Zone의 관리를 통하여 증착시 온도의 균일도를 일정하게 유지 하는 기술
레이저 열처리 기술	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 반도체 제조시 웨이퍼에 불순물 이온을 주입한 후 활성화하거나, 실리콘을 재결정화 할 때 레이저 열처리 기술을 이용하여 웨이퍼 전체를 가열하지 않고, 특정 부분만 선택적으로 열처리 하는 기술

나. 기술개발 로드맵

(1) 중기 기술개발 로드맵

[반도체 증착 장비 기술개발 로드맵]

핵심기술	반도체 소자의 미세화 및 다층화로 매우 복잡하고, 어려운 공정에 적용하기 위한 증착장치 및 증착부품 기술 개발					최종 목표
	'23년	'24년	'25년	'26년	'27년	
반도체 원자층박막 증착장비	■	■	▶			반도체 다양한 공정 적용이 가능한 ALD증착장비
SiC 대면적 에피택시 성장 기술	■	■	▶			무결함 및 생산성이 높고 피एम이 용이한 에피택시 성장장비개발
반도체 대면적 박막 균일도 향상기술	■	■	▶			대면적 박막 균일도 향상 기술 확보
반도체 히터 온도 균일도 향상기술	■	■	▶			내구성향상 및 히터온도 균일도 향상된 제품 확보
레이저 열처리 기술	■	■	▶			반도체 다양한 공정 적용이 가능한 레이저 열처리기술확보

* 출처: 자체작성

(2) 기술개발 목표

- 최종 중소기업 기술로드맵은 기술/시장 니즈, 연차별 개발계획, 최종목표 등을 제시함으로써 중소기업의 기술개발 방향성을 제시

[반도체 증착 장비 핵심기술 연구목표]

핵심기술	기술 요구사항	연차별 개발목표					최종목표	연계 R&D 유형
		1년차	2년차	3년차	4년차	5년차		
반도체 원자층박막 증착장비	저온, 균일하고 생산성 있는 증착장비 개발	원자층 증착장비 설계	핵심부품 검토 및 선정 제작	시제품 제작 및 평가	단위공정 데모평가 및 개선	양산적용 평가	반도체 다양한 공정 적용이 가능한 ALD증착장비	기술혁신
SiC 대면적 에피택시 성장 기술	무결함 및 생산성이 높은 에피택시 장비개발	에피성장 장비 및 핵심부품 설계	장비 및 핵심부품 제작	시제품제작 및 평가	SiC대면적 성장 데모평가 및 개선	양산적용 평가	무결함 및 생산성이 높고 피엠이 용이한 에피택시 성장장비개발	산학연
반도체 대면적 박막 균일도 향상기술	대면적 균일도 향상을 위한 부품기술개발	대면적 챔버 설계 및 검토	박막관련 핵심부품 검토 및 제작	시제품 제작 및 평가	다양한 공정 적용 평가 <1%	양산적용 평가	대면적 박막 균일도 향상 기술 확보	기술혁신
반도체 히터 온도 균일도 향상기술	저온, 고온에 적용 가능하며 온도의 편차가 적은 히터 개발	히터존별 설계 및 신규조성 개발	온도별 시제품 개발 및 제작	450C이하 적용 평가	650C이상 적용 평가	양산적용 평가	내구성향상 및 히터온도 균일도 향상된 제품 확보	기술혁신
레이저 열처리 기술	레이저선정 및 광학계 설계 기술,스테이지기술	광학계 제작 및 빔 형성	레이저기 반 전처리 실험장치 설계 및 제작	레이저빔 품질 향상 및 스테이지 정밀제어	레이저 특성 및 생산성 향상 최적화	레이저 열처리 기술 개발 및 설비 구현	반도체 다양한 공정 적용이 가능한 레이저 열처리기술확보	기술혁신

다. 중소기업 기술개발 전략

- 반도체 소자의 크기가 점점 작아지면서 증착 공정에 대한 요구가 지속적으로 증가하고 있으며, 특히 ALD 증착장비는 LOGIC, DRAM, NAND 등의 소자에 필수 장비로 자리매김하고 있음
- 반도체 소자의 scaling down으로 인하여 Wafer 상의 국소적인 위치에서도 양질의 소자를 얻기 위해 증착장비에서 Heater의 증착온도 균일도, 증착된 박막의 균일도 향상이 지속적으로 요구되어 지고 있음
- 차량용 반도체의 수요가 급격히 증가하고 있으며 이는 Si기반의 전력반도체보다 SiC 기반의 전력반도체는 고온에서도 내구성이 뛰어나 차세대 전력반도체용으로 수요가 급격히 증가하고 있으며 특히 대면적 SiC 기반에 Epi를 증착할 수 있는 장비의 개발이 필요함
- 반도체 소자의 3D 구조의 변화로 소자 제조는 매우 복잡하고 어려운 공정이 사용하면서 증착장비 및 부품의 친환경, 고정밀, 고균일, 고종횡비 제어 기술에 대한 활발히 연구개발되고 있음
- 패턴의 미세화 및 고집적 소자의 수율에 큰 영향을 미치는 히터 온도의 균일도 향상을 위해 고정밀, 고균일 온도제어가 가능한 세라믹 멀티존 Heater 개발이 필요함

