

중소기업 기술국산화 전략품목 상세분석

〈반도체〉

7. 반도체용 특수가스

◎ 정의

- 반도체용 특수가스는 크게 반도체 소재에 포함되며, 반도체 제조공정의 에피택시 공정, 에칭, 세정, 이온 주입, 도핑, 어닐링 등에 특수한 목적으로 사용되는 가스를 의미함

◎ 필요성

- 반도체 회로 제조 과정 중 식각 과정은 회로 패턴 중에서 불필요한 부분을 제거하는 공정으로, 해당 과정에서 웨이퍼 표면에 화학적·물리적 잔류물을 제대로 처리하지 않으면 제품의 성능에 치명적 문제가 생겨 불량률이 높아질 수 있으며, 시대 발전과 함께 회로가 좁고 세밀해지면서 더욱 정밀하고 섬세한 식각 과정이 필요해짐
- 반도체 소자는 전기적 간섭을 막기 위해 STI(Shallow Trench Isolation), IMD(Inter Metal Dielectrics)층, PMD(Pre-Metal Dielectric)층과 같은 Cell간, 층간 절연물질을 필요로 하며, TDMAS는 미세화되는 회로의 절연물질로의 사용이 증가하고 있는 추세에 있어 제조 및 정제 기술의 확보가 필요함
- 불화수소는 반도체 제작과정에서 습식식각에 사용되며, 불화수소의 순도에 따라 반도체 웨이퍼 식각 및 패턴형성에 영향을 줄 수 있는 불순물이 얼마나 포함되어 있는지를 판단할 수 있기 때문에 수율을 높이기 위해서는 고순도의 불화수소가 필요함

◎ 세부품목명

[반도체용 특수가스의 세부품목 리스트]

분야	품목 No.	세부품목명
반도체	1	반도체용 특수가스류 [11BF3, CHF3, CO, CO2, Kr, Xe]
반도체	2	TDMAS 소재
반도체	3	초고순도 불화수소

반도체용 특수가스류[11BF₃, CHF₃, CO, CO₂, Kr, Xe]

1. 개요

가. 개념 정의

- 반도체용 특수가스는 크게 반도체 소재에 포함되며, 반도체 제조공정의 에피택시 공정, 에칭, 세정, 이온 주입, 도핑, 어닐링 등에 특수한 목적으로 사용되는 가스를 의미함
- 반도체 웨이퍼 제조에 사용되는 특수가스들은 11BF₃, CHF₃, CO, CO₂, Kr, Xe 를 비롯하여 30 가지가 넘으며, 대표적으로 불소계 가스들이 에칭용, 증착용, 세정용 등 다양한 용도에 사용되고 있음

[반도체 식각가스 개요]



* 출처 : SK머티리얼즈

나. 중요성 및 의의

- 특수가스 사업은 전방산업에서 요구하는 기술적 수준이 높고, 기술개발 속도가 빠르므로, 신속한 수요대응 기술개발이 요구되며, 가격경쟁력을 갖춘 고순도 제품 개발의 난이도가 높은 편이고, 기술개발에 장기간이 소요될 뿐만 아니라 대규모 생산설비 구축에 많은 자금이 요구됨
- 반도체용 특수가스는 반도체 제조 공정에 필수적인 소재로, 반도체 산업의 전략적 우위를 확보함과 동시에 디스플레이 산업 분야의 경쟁력을 강화시킬 수 있는 소재임
- 반도체 회로 제조 과정 중 식각 과정은 회로 패턴 중에서 불필요한 부분을 제거하는 공정으로, 해당 과정에서 웨이퍼 표면에 화학적·물리적 잔류물을 제대로 처리하지 않으면 제품의 성능에 치명적 문제가 생겨 불량률이 높아질 수 있으며, 시대 발전과 함께 회로가 좁고 세밀해지면서 더욱 정밀하고 섬세한 식각 과정이 필요해짐
 - 식각과정은 불순물 제거 과정으로 세정이라고도 불리는데, 크게 습식 식각과정과 건식 식각과정으로 나뉘며, 그 중 습식 식각을 진행할 때 산화반응을 하는 과산화수소와 세정력이 높은 인산(H_3PO_4), 불산(HF)이 활용되고 있음
 - 습식 식각은 저비용, 빠른 속도, 선택비(원하는 부분만 식각)가 좋지만 정확성이 떨어지고 웨이퍼 오염 위험이 있고, 건식 식각은 정확성이 좋아 미세한 패터닝을 할 수 있고 수율이 높지만 비용이 비싸고 생산속도가 느리며 선택비가 나쁘다는 단점이 있음
 - 최근 두 방법을 섞어 생산속도가 빠르면서도 선택비가 좋으며 수율이 좋은 물리화학식각이 많이 이루어지고 있으며, 화학식각에 사용되는 화학물이 바로 불산으로 반도체 생산 과정에 있어 중요한 품목임

다. 가치사슬 구조 및 분류

(1) 가치사슬 및 용도별 분류

◎ 가치사슬

- 반도체용 특수가스의 후방산업은 기초 화학물질 제조업, 기체 분리막 및 폼 제조업, 기계설비 및 부품 제조업, 가스 저장 용기 제조업 등이며, 전방산업은 반도체, 디스플레이 및 태양전지 제조업 등이 있음

[반도체용 특수가스류 분야 산업구조]

후방산업	반도체용 특수가스류	전방산업
기초 화학물질 제조업 기체 분리막 및 제품 제조업 기계설비 및 부품 제조업 가스 저장 용기 제조업	반도체 공정용 특수가스	반도체 산업 디스플레이 산업 태양전지 제조업

◎ 용도별 분류

- 반도체용 특수 가스는 박막형성, 성장, 증착, 에칭, 세정 등 전반적인 반도체 제조 공정에 적용되며, 반도체 공정 용도별로 사용되는 가스의 종류를 분류할 수 있음

[반도체용 특수가스류 용도별 분류]

전략제품	용도별 분류	내용
반도체용 특수가스	산화, 질화막	• SiH ₄ , HCl, NH ₃ , N ₂ O, O ₂ 등
	이온주입	• AsH ₃ , PH ₃ , BF ₃ , BCl ₃ , PF ₅ , SiF ₄ , Ar 등
	Epitaxial 성장	• SiH ₄ , SiH ₂ Cl ₂ , SiCl ₄ , B ₂ H ₆ 등
	화학증착용 가스(CVD)	• AsH ₃ , PH ₃ , SiH ₄ , SiH ₂ Cl ₂ , SiCl ₄ , NH ₄ , NO, O ₂ 등
	에칭가스	• HCl, Cl ₂ , BCl ₃ , CHF ₃ , CF ₄ , NF ₃ , SF ₆ , HF 등
	Balance Gas	• N ₂ , O ₂ , H ₂ , Ar, He, CO ₂ , N ₂ O 등

(2) 기타분류 방법

반도체용 특수가스는 제조공정별로 사용되는 특수가스로 분류 가능

[반도체용 특수가스 공정별 분류]

제조 공정	내용	사용 소재
다결정 실리콘 제조	<ul style="list-style-type: none"> 실리콘 반도체의 경우 단결정 규소봉 대신 단결정 실리콘이 사용되는데 단결정 실리콘의 전단계인 다결정 실리콘의 제조에 사용 	<ul style="list-style-type: none"> 고순도 수소(H₂), 고순도 모노실란(SiH₄), 삼염화실란(SiHCl₃)
에피택시(epitaxy)	<ul style="list-style-type: none"> 특수가스를 활용해 화학적으로 코팅물질을 증착시킨다하여 대개 CVD(Chemical Vapor Deposition)공정으로 불림 	<ul style="list-style-type: none"> 고순도 SiH₄, SiH₂Cl₂, SiHCl₃, SiCl₄, GeH₄, B₂H₆, BBr₃, BCl₃, AsH₃, PH₃, TeH₂, SnCl₄, GeCl₄, WF₆, NH₃, CH₄, Cl₂, MoF₆ 등 운반기체(carrier gas)로서 고순도 수소(H₂)와 질소(N₂)가 사용
에칭(etching)	<ul style="list-style-type: none"> 과거에는 화학 수용액을 사용했었지만 반도체의 정밀도를 낮춘다는 이유로 지금은 가스를 통한 건식 에칭(dry etching)이 일반적임 건식에칭은 다시 기상에칭, 플라즈마에칭, 이온빔 에칭으로 나뉘는데 기상에칭의 경우 기존 습식에칭과 별다른 차이가 없어 건식에칭에 포함시키지 않는 경우도 있음 	<ul style="list-style-type: none"> (기상에칭) HCl, HF, HBr, SF₆, Cl₂ (플라즈마 에칭) SiF₄, CF₄, C₃F₈, C₂F₆, CHF₃, CClF₃, O₂ (이온빔에칭) C₃F₈, CHF₃, CClF₃, CF₄
클리닝(cleaning)	<ul style="list-style-type: none"> 웨이퍼 등을 화학약품 및 순수한 물(De Ionized Water)로서 깨끗이 닦아내는 공정으로 일정 부분에서는 에칭공정과도 유사한 개념 	<ul style="list-style-type: none"> NF₃, CF₄, C₂F₆, C₃F₈, SF₂
이온주입 (ion implantation)	<ul style="list-style-type: none"> 반도체 소자의 전기적 특성을 의도한 수준으로 조절하기 위해 반도체 웨이퍼의 특정부분에만 수 keV~수백 keV까지 고전압으로 가속시킨 이온(ion)을 주입하는 공정 이온을 물리적으로 주입함으로써 전기저항 등과 같은 웨이퍼의 물리적 특성을 통제 	<ul style="list-style-type: none"> AsH₃, PH₃, PF₅, BF₃, AsF₅, BCl₃, SiF₄, SF₆
도핑(doping)	<ul style="list-style-type: none"> 도핑(doping)공정은 반도체 웨이퍼에 붕소, 알루미늄, 인, 비소 등의 불순물(dopant)을 주입하는 것으로, 도핑공정을 통해 웨이퍼의 전도(傳導) 특성을 향상시킬 수 있음 주입되는 불순물에 따라 'P형(positive-type) 반도체'와 'N형(negative-type) 반도체'로 나뉨 	<ul style="list-style-type: none"> AsH₃, H₂S, GeH₃, SeH₂, SbH₃, AsCl₃, AsF₃, PH₃, PCl₃, B₂H₆, BF₃

<p>어닐링(annealing)</p>	<ul style="list-style-type: none"> 어닐링(annealing)은 에칭공정, 이온주입공정 등 각종 공정에서 반도체 웨이퍼가 받았던 물리적, 화학적 스트레스를 열처리를 통해 풀어주는 공정 적절한 온도로 웨이퍼를 가열한후 충분한 시간동안 서서히 냉각시킴으로서 최초 웨이퍼가 지녔던 가장 안정된 상태로 물성을 되돌림 	<ul style="list-style-type: none"> 질소(N₂)와 수소(H₂)의 혼합가스
<p>패시베이션 (passivation)</p>	<ul style="list-style-type: none"> 패시베이션(passivation)공정은 반도체 칩의 표면에 보호막을 코팅하는 작업으로 반도체제조공정의 최후반부에 진행 	<ul style="list-style-type: none"> O₂, SiH₄, PH₃ SiO₂(산화규소)가 보호막의 역할을 수행
<p>블랭킷팅 (blanketing)</p>	<ul style="list-style-type: none"> 블랭킷팅(blanketing)은 담요라는 의미의 'blanket'에서 유래한 것으로 완성된 반도체를 포장하기 직전에 오염물질로부터 반도체를 보호하기 위한 공정 	<ul style="list-style-type: none"> 아르곤(Ar), 헬륨(He), 질소(N₂)

라. 기술수준과 기술격차

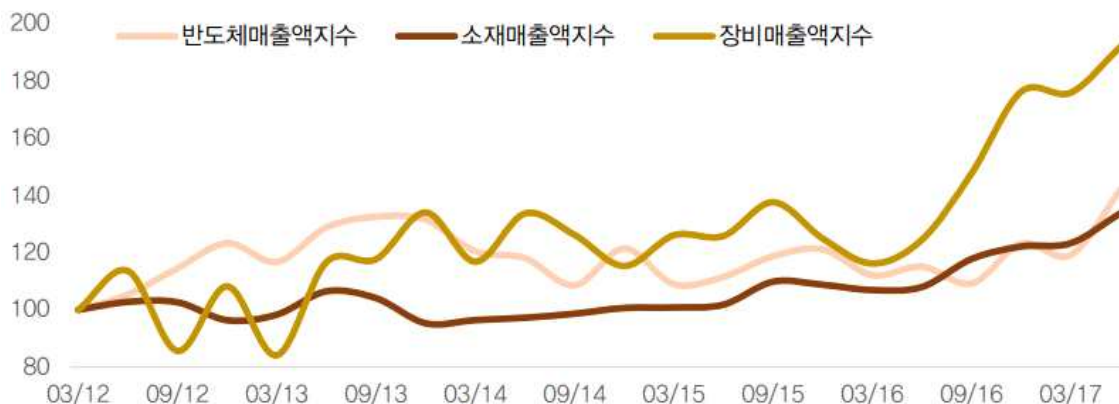
- 한국의 반도체용 특수가스류 기술 중 식각용 가스(CHF₃), 고순도 가스(Kr, Xe), 이온주입용 가스(¹¹BF₃)는 선도국 일본과 3년 이상의 기술 격차가 있으며 기술수준은 70%임
- 한국의 반도체용 특수가스류 기술 중 세정용 가스(CO, CO₂)의 경우는 선도국 일본과 1년 이내의 기술 격차로 격차가 작음
- 산업통상자원부 조사 결과 국내 반도체용 특수가스의 국산화율이 50%선에 이르고 있는 것으로 나타났음
- 국산화 가능성은 높지만 국내 수요기업의 연간 사용량이 적고, 시장규모 대비 투자 리스크 등이 존재하여 양산화가 미흡하고 시장진입이 곤란
 - 특히 식각용 가스의 국산 제품신뢰도는 일본 제품의 70% 수준으로 고순도를 요구하는 공정에서는 일본 제품을 사용할 수밖에 없는 상황임

2. 산업·시장분석

가. 산업 동향

- 반도체용 특수가스 산업은 전방산업인 반도체 제조업의 공정 고도화 및 경기 변동 등에 직접적인 영향을 받으며, 분위기 제어, 증착, 식각, 세정, 도핑 등의 공정과 대상 소재에 따라 다양하게 제품이 존재
- 최근에는 차세대 통신, 인공지능, 에너지 기술 등의 발달에 따라 다양한 산업의 성장과 함께 수요 전망이 밝은 편이고, 반도체 제조업에서는 기상 기반의 기술수요 증가에 따라 고부가가치화가 가능한 산업임
- 최근 전자, 반도체, 플렉서블 OLED 등의 디스플레이 산업규모의 확대 및 가격상승으로 인해 관련 기업의 성장이 두드러지고 있음
- 특수가스 산업은 반도체와 디스플레이 산업의 후방 소재 산업으로 또 다른 후방산업인 장치산업에 비해 외형성장이 안정적인임
 - 장치산업에 비해 소재산업은 매출액 기준 외형성장률은 낮으나, 실적의 변동성 역시 낮음
 - 특수가스 산업은 진입 시 공장 건설을 위한 부지 매입과 설비 투자 등 초기에 대규모 자본 투자가 이루어져야 하기 때문에 신규 기업의 진입이 불리하나, 정착 후에는 생산에 규모의 경제 효과를 볼 수 있다는 특징이 있음
- 초기 대규모의 자본 외에도 제품 생산에서의 기술적 안정성과 신뢰성이라는 시장 진입을 어렵게 만드는 요인이 있음
 - NF_3 , SiH_4 , BDEAS 전구체 소재는 인화성이 높아 사고 위험이 높기 때문에 생산 관리에 다년간의 경험으로 축적된 기술 노하우가 필요함
 - 반도체와 디스플레이 공정에 안정적으로 특수가스를 공급할 수 있는 능력이 중요하므로, 공급계약을 체결하기 위해서 수요처의 신뢰가 필요하다는 점에서 신규 기업에게 불리한 요인으로 작용

[반도체 후방산업 매출성장추이]



* 출처 : YIG

나. 시장 동향 및 전망

(1) 시장 성장 촉진요인 및 저해요인

- 중장기적으로 기존 PC, 모바일 수요보다 더 큰 성장 잠재력을 가진 인공지능(AI)과 자율주행자동차, 사물인터넷(IoT) 등으로 반도체 수요처가 확대되고 있으며, 이들이 발생시키는 대규모 데이터 처리와 Cloud computing을 위한 Data Center의 증대가 지속적으로 반도체 수요를 증가시키며, 후방산업인 특수가스 수요 증가에도 영향을 끼치고 있음
- 전자 및 전기 산업에서 반도체 가스의 사용 증가가 시장 성장을 촉진할 것으로 보이며, 반도체 산업을 촉진하기 위한 정부의 호의적인 이니셔티브와 효과적인 반도체 공정을 수행하기 위한 반도체 가스에 대한 수요 증가도 시장 성장을 촉진할 것으로 예상됨
- COVID-19 대유행이 주요 반도체 최종 애플리케이션에 대한 수요를 이동시킴에 따라 많은 시장 참여자들이 생산 계획 및 운영을 조정해야 했기 때문에 시장 참여자에게 부정적인 영향을 미치고 있음

[시장 성장 촉진요인 및 저해요인]

촉진요인	저해요인
<ul style="list-style-type: none"> • 전자 및 전기 산업에서의 반도체 가스 사용 증가 • 정부의 호의적인 이니셔티브 • 반도체 공정을 수행하기 위한 반도체 가스에 대한 수요 증가 	<ul style="list-style-type: none"> • COVID-19 대유행

* 출처 : TCI연구원 작성

(2) 세계 시장 현황 및 전망

- 수요 측면에서 특수가스는 기존 PC, 모바일에서의 반도체/디스플레이 수요 성장과 함께 중장기적으로는 자율주행 자동차와 IoT 트렌드의 실질 구현 가시화에 따라 전방산업 수요가 더욱 빠르게 증가할 것으로 전망됨
- 세계 반도체 특수가스 시장은 2020년 82억 6,160만 달러였으며 2020~2027년 CAGR 약 6%로 성장하여 2027년에는 124억 5,030만 달러에 달할 것으로 전망됨

[반도체 특수가스의 세계 시장 규모 및 전망]

(단위 : 백만 달러, %)

구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	CAGR ('20-'27)
세계시장	8,262	8,760	9,288	9,848	10,442	11,072	11,740	12,450	6.03

* 출처 : Astute Analytica, "Global Semiconductor Gases Market", June 2021을 재가공)

(3) 국내 시장 현황 및 전망

- 국내 반도체 특수가스 시장은 2020년 14억 달러로 추정되었으며, 2020~2027년 세계 반도체 특수가스 연평균 성장률 6%를 적용하면 2027년에는 20억 달러를 상회할 것으로 전망됨
 - 2020년 국내 반도체 특수가스 시장규모는 SEMI(Semiconductor Equipment and Materials International, 국제반도체장치재료협회)가 발표한 2020년 전 세계 반도체 재료 시장(553억 달러) 중에서 한국의 반도체 재료 시장(92.3억 달러)이 차지하는 비중 16.69%를 2020년 세계 반도체 특수가스 시장규모에 곱하여해 산정했음

[반도체 특수가스의 국내 시장 규모 및 전망]

(단위 : 백만 달러, %)

구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	CAGR ('20-'27)
국내시장	1,379	1,462	1,550	1,644	1,743	1,848	1,959	2,078	6.03

* 출처 : 1) Astute Analytica, "Global Semiconductor Gases Market", June 2021, 2) SEMI, "Materials Market Data Subscription, MMDS", 2020 자료를 토대로 TCI 작성

다. 경쟁현황

(1) 국내 반도체용 특수가스 기업현황

- 국내 반도체 특수가스 관련 기업들은 삼성전자, SK하이닉스 등 고객사 가동률 증가로 인해 판매가 늘어났기 때문에 지난 3년간 꾸준한 성장을 지속해 왔음
- 반도체 및 디스플레이 공정에서 가장 많이 사용되는 초고순도 질소(N₂)의 경우 주요 반도체 업체 증설과 함께 지속적인 증설이 이뤄지고 있음
- 국내 반도체용 특수가스 관련 기업으로는 원익머트리얼즈, 오션브릿지, SK머트리얼즈, 효성화학, 에어프로덕츠코리아, 린데코리아, 대성산업가스, 버숨머트리얼코리아, 백광산업, 티이엠씨, 대덕가스, 엠에스머트리얼즈 등이 있음
- SK머트리얼즈
 - 반도체, 디스플레이 패널 제조에 사용되는 NF₃, WF₆, SiH₄, Si₂H₆, SiH₂Cl₂, CH₃F, C₄F₆ 등의 특수가스를 제조 및 판매하고 있음
 - 2001년 국내 최초로 삼불화질소(NF₃) 특수가스 국산화에 성공했고, 현재 삼불화질소 세계 시장 점유율 40% 이상을 차지하며 생산과 판매에서 독보적인 글로벌 1위를 기록 하고 있음
 - 이와 함께 생산량 세계 1위 육불화텨스텐(WF₆), 세계 2위 모노실란(SiH₄)을 비롯해 디클로로실란(SiH₂Cl₂), 디실란(Si₂H₆) 등을 생산 판매하며 특수가스 산업에서 차별화된 경쟁력을 갖추고 있음
 - 2020년 동사의 제품별 매출 비중을 보면 특수가스가 5921억 원으로 전체 매출(9,550억 원)의 62%를 차지하고 있고, 산업가스 21%, 전구체 16%, 기타 1% 순임
- 원익머트리얼즈
 - 2003년 PH₃ 혼합가스를 비롯한 수종의 반도체 공정용 특수가스를 국산화했으며, NH₃, CO₂, N₂O, GeH₄, Si₂H₆, Xe, F₂ Mix, C₄F₈, CH₂F₂ 등 다양한 공정용 특수가스를 반도체 및 디스플레이 업계에 공급하고 있음
- 효성화학
 - 반도체 및 디스플레이 CVD Chamber 세정 및 반도체 식각용으로 사용되는 무색의 비반응성 가스인 NF₃ 가스(99.99% 이상의 순도)를 자체적으로 개발하여 판매하고 있음
 - NF₃ 생산능력 총 5,800톤
- 대성산업가스
 - 산업용가스와 특수가스 전문기업으로 디스플레이 및 반도체산업에서 제조공정용으로 사용되는 다양한 특수가스를 국산화해 왔으며, 모노실란(SiH₄), 육불화황(SF₆), 암모니아(NH₃), 포스핀(PH₃) 혼합가스, 디클로로실란(DCS), 헬륨(He), 사불화탄소(CF₄), 엑시머레이저가스 등을 정제, 충전, 공급해 오고 있음

백광산업

- 2008년 고순도 염소(Cl_2), 2019년 고순도 아산화질소(N_2O)를 국산화하여 반도체 회사에 납품 중임. 2020년에는 토아고세이가 전 세계 시장의 90%를 장악하고 있는 고순도 염화수소(HCl)를 국산화하였음

 대덕가스

- 크립톤, 네온, 제논, 헬륨 등 희귀가스를 국내 반도체 및 디스플레이 업계에 공급하고 있음

(2) 세계 반도체용 특수가스 기업현황

-
- 글로벌 반도체용 특수가스 관련 기업으로는 Air Liquide, Air Products Inc, American Gas Products (AGP), Linde plc, Gruppo SIAD, Indiana Oxygen Inc., Iwatani Corporation, Sumitomo Seika Chemicals Company, Ltd., Messer Group, Mitsui Chemicals, Inc., REC Silicon ASA, and Solvay SA 등이 있음

-
- 상위 6개 업체의 시장 점유율은 약 76%에 육박

 Linde

- 반도체 산업 등에서 사용되는 증착, 식각, 도핑용 각종 특수가스 공급

 Air Liquide

- 반도체 공정용 가스 제조업체
- 원자층 증착(ALD, Atomic Layer Deposition) 공법에 필수적인 전구체, 식각 공정용 특수가스 등을 주로 생산

3. 기술 개발 동향

가. 기술 개발 이슈

- 국내 최대의 반도체 전문전시회인 ‘세미콘코리아 2019’에 SK머티리얼즈, 원익머티리얼즈, 버숨머티리얼즈코리아, 인테그리스 등의 반도체용 특수가스메이커와 SMC, 드라스타, CKD, 로타렉스루스텍 등 특수가스용 밸브 및 레귤레이터 공급업체들이 대거 참여하였음
 - SK머티리얼즈는 삼불화질소(NF3), 육불화텅스텐(WF6) 등의 특수가스뿐만 아니라 자회사인 SK에어가스의 산업가스(산소, 질소, 아르곤), SK트리캠의 전구체(Precursor), SK쇼와덴코의 식각가스(CH3F, C4F6), 그리고 신규사업인 고기능성 젯 케미칼(Wet Chemical)까지 다양한 제품과 통합물류시스템(BSGS: Bulk Specialty Gas Supply System) 등 다양한 품목을 소개하였음
 - 고순도 아산화질소(N2O), 불소(F2) 혼합가스, 고순도 이산화탄소(CO2), 사이클로뷰테인(C4H8) 등 반도체와 디스플레이의 세정·식각·증착공정에 쓰이는 가스를 주로 제조하고 있는 원익머티리얼즈는 이번 전시회에 Y톤용기 운반용 스키드를 개발하여 선보였으며, 해당 스키드는 다양한 크기의 Y톤용기를 장착할 수 있도록 설계함으로써 특수가스수요처의 환경에 맞춰 얼마든지 조절할 있다는 장점이 있음
 - 버숨머티리얼즈코리아도 박막증착에 사용되는 전구체를 비롯해 챔버 클리닝 공정에 필요한 삼불화질소(NF3), 육불화텅스텐(WF6), 육불화부타디엔(C4F6), 아산화질소(N2O) 등에 대해 홍보하였음
- 산업자원부 조사 결과 국내 반도체용 특수가스의 국산화율이 50%선에 이르고 있는 것으로 조사됨
 - 산업자원부는 특수가스를 포함해 수입비중이 높은 반도체 및 디스플레이 장치, 재료 10종을 국산화 집중 육성 품목으로 선정, 기술개발 등을 지원하기로 결정
 - 현재 특수가스 등 반도체 재료 5종의 국산화율은 약 50% 수준이며, 편광판 등 디스플레이 재료의 국산화율도 60%선에 머물고 있어 일본, 미국 등 선진국의 80%와 비교해 수입의존도가 매우 높은 실정

나. 연구 개발 동향

◎ 최근 국산화 성공 사례

- (솔브레인) 2020년에 불화수소 최고 수준인 12나인(Nine) 액체 불화수소 (99.999999999%)의 대량 생산 및 양산 체제를 갖추
- (SK머티리얼즈) 불화수소의 국산화를 도입하며, 2020년 6월 순도 99.999%의 불화수소 양산에 돌입하였고, 2023년까지 국산화율을 70%까지 끌어올릴 계획임

◎ 관련 연구개발 추진 사례(NTIS)

- ((주)후성) 반도체 공정용 친환경 건식각 불화가스 후보 물질 기술개발(2021-09-01 ~ 2024-12-31)
- ((주)후성) 친환경 불화알데히드계 건식 식각가스(CF₃COH) 제조 기술 개발(2021-09-01 ~ 2024-12-31)
- ((주)후성) 높은 식각속도를 갖는 친환경 하이드로플루오르올레핀계 건식 식각가스(CF₃CH₂CF₃(HFO1336mzz))제조 기술 개발(2021-09-01~ 2024-12-31)
- (총괄) 화학바이오분야 상용표준물질개발보급사업 총괄기관 운영
 - (2세부) (한국표준과학연구원) 반도체 공정용 사불화 규소, 포스핀 및 디보란 표준가스 개발 및 보급 (2020-02-01 ~ 2021-12-31)
- (주식회사 덕산테크피아 천안사업장) 반도체/디스플레이 챔버 클리닝 가스 대체용 CF₃I 가스 개발(2017-12-01 ~ 2021-11-30)
- (SK머티리얼즈) 반도체/디스플레이 공정챔버 세정 가스 대체용 F₃NO 가스 개발(2017-05-01 ~ 2020-12-31)
- ((주)에프알디) 반도체 공정용 BF₃ 가스의 합성 및 고순도 정제 기술 개발 (2018-06-29 ~ 2019-06-28)
- 반도체용 특수가스 관련하여 가스 분리 및 농축 시스템, 순환 및 정제 기술에 대한 기술 개발이 이루어지고 있음
- '14년 코캣은 '반도체 및 디스플레이용 저농도 SF₆ 가스 분리 및 농축시스템', '15년에는 '반도체/디스플레이 공정용 5LPM급 NF₃ 순환기술'을 개발한 바 있음
 - '18년에는 에프알디가 '반도체 공정용 BF₃ 가스의 합성 및 고순도 정제 기술 개발' 과제를 수행함
 - '19년에는 티이엠씨에서 'COS Gas 고순도 정제시설 국산화' 과제를 수행
- 2011년에 한국가스학회에서 'BF₃에 관한 연구' 논문을 발표함

- NF_3 등 반도체 제조용 특수가스를 국산화하여 공급하는 국내 업체들이 늘어나고 있는 추세로 나타나며, 2015년에 OCI 머티리얼즈에서 NF_3 , WF_6 , SiH_4 2015년 국산화 개발한 바 있음

◎ 학위 논문 (RISS)

- (홍성민, 석사논문, 인하대학교) 반도체 제조 공정별 특수가스의 혼합반응성에 관한 연구(2018)
- (인민교, 박사논문, 충남대학교) 대기 중 극미량 불화화합물계 온실가스 분석 및 반도체 특수가스 중 불순물 분석 (2017)

다. 핵심 플레이어 동향

(1) 해외 플레이어 동향

- 독일의 Merck KGaA는 '16년에 에어프로덕츠에서 분사한 버숨머트리얼즈코리아를 '19년 인수
 - 버숨머트리얼즈코리아는 분사 후 '신소재(Advanced Materials)', '공정용 소재(Process Materials)', '공급 시스템 및 서비스(Delivery System & Service)' 등의 사업을 추진
 - 신소재사업에서는 박막 증착에 사용되는 전구체 물질인 DIPAS, PDEMS, TEOS(사에틸 오르토실리케이트), TiCl₄(사염화티탄), TDMAT을 비롯하여 평탄화 공정에 사용되는 Cu, Barrier, W, STI슬러리 및 세정 공정용 크리닝 케미칼 등을 주요 제품군으로 가지고 있음
 - 공정용 소재 관련하여서는 챔버 클리닝 공정에 필요한 NF₃(삼불화질소), WF₆(육불화텅스텐), C₄F₆(육불화부타티엔), N₂O(아산화질소) 및 도판가스 등을 생산
 - 공급 시스템에는 Gas Cabinet, VMB(Valve Manifold Box) 등 특수가스 및 케미칼을 웨이퍼 가공공정에 안전하고 정확하게 공급하는 장치 일체와 ISO-BSGS(Bulk Specialty Gas System) 및 Liquefied CO₂ 공급시스템 등 대유량 공급장치 사업을 영위하고 있음

(2) 국내 플레이어 동향

- SK머티리얼즈는 2019년 연말 독자 개발한 에칭가스(기체상태의 고순도 불화수소)시제품을 출시하였으며, 2020년 상반기에 판매제품 출시
 - SK머티리얼즈는 연구개발을 통해 99.999% 이상의 고순도 불화수소 기술을 확보하였으며, 시제품 생산이 가능하다고 밝혔으며, 이미 삼성전자, SK하이닉스 등 주요 반도체 제조사와 시제품 테스트를 위한 협의를 진행하는 것으로 알려졌으며, 테스트에서 문제가 없다면 물량 계약과 함께 설비 투자에 들어갈 예정
 - SK머티리얼즈는 2017년 1298억 원 규모의 특수가스(NF₃, 삼불화질소) 시설 증설 계획을 발표하고 2018년 말부터 가동하여 연 2500톤의 생산량을 늘렸으며, 또한 1724억 원을 투자하여 WF₆(육불화텅스텐) 600톤 설비 증설 계획을 발표한 바 있음
 - 자회사 SK트리캠을 설립하여 프리커서 부문에 신규 진출하는 등 다각도의 투자 확대를 진행
- 원익머티리얼즈는 지난 2015년 279억 원을 투자한 충북 청주 양청의 프리커서(전구체) 제3공장 신설이 2017년 완공되었음
 - NH₃(삼불화질소) 등 기존 주요 제품의 수요 확대에 더해 2017년부터는 프리커서 등 신제품 생산 본격화로 수익성과 성장성이 커질 것이란 전망
 - 원익머티리얼즈는 다품종 소량생산 체제를 기반으로 뛰어난 실적 안정성을 갖추고 있다는 강점이 있으며, 취급하고 있는 특수가스 아이템이 80여 종에 달해 특정 제품에 대한 실적의존도가 크지 않기 때문에 창사 이래 단 한 번도 매출액이 역성장하지 않았을 만큼 꾸준한 성장세를 유지하고 있음

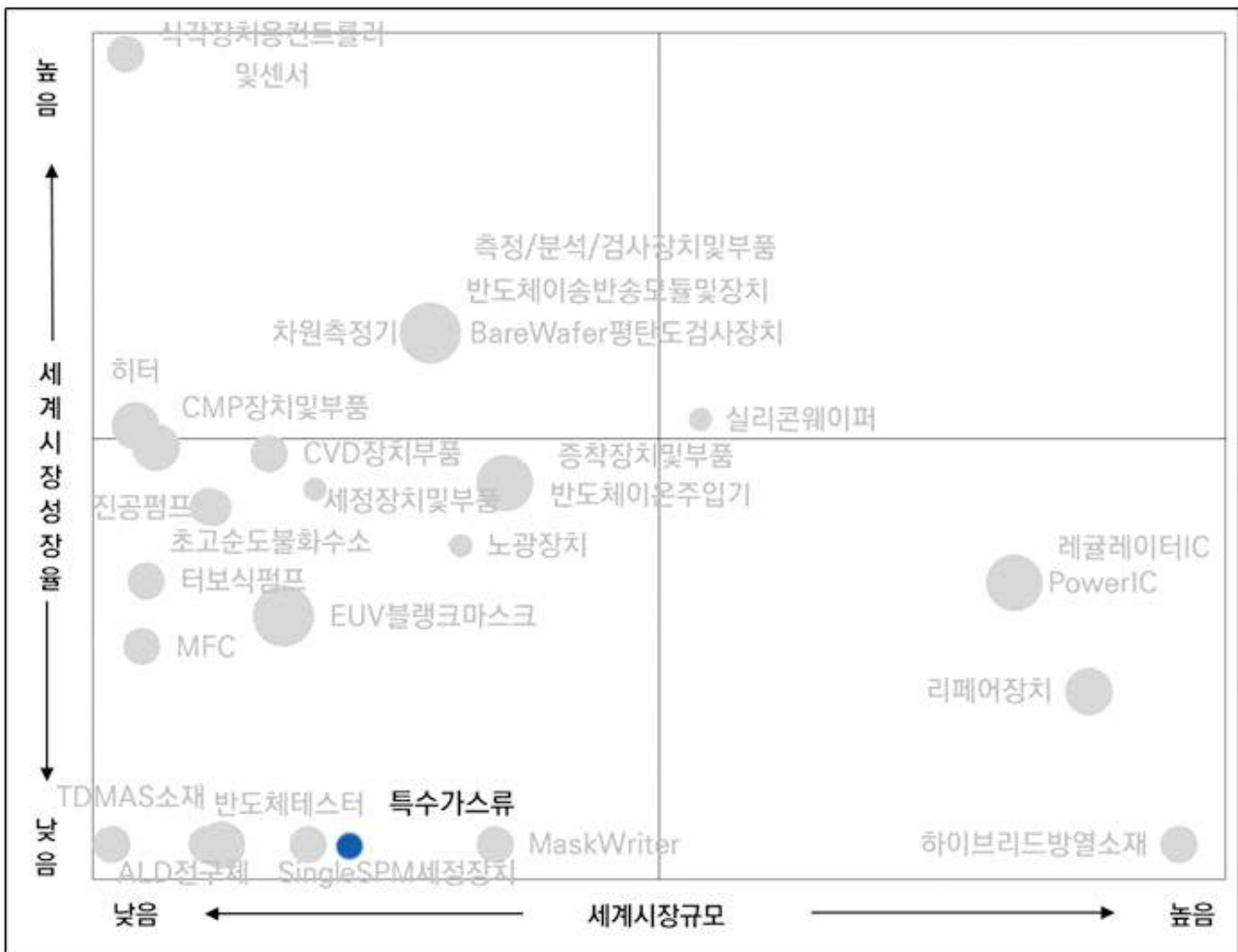
- 충북 진천의 새로운 특수가스 제조업체로 떠오르기 시작한 에프알디가 최근 선제적 투자에 나서 반도체 및 디스플레이업계로부터 높은 관심을 끌기 시작함
 - 에프알디는 제이티 특수가스사업부 인수를 완료하였으며, 해당 공장에는 각각 연간 600톤 생산규모의 고순도 아산화질소(N_2O) 및 이산화탄소(CO_2)를 제조할 수 있는 설비를 갖추고 있었으며, 산소(O_2), 질소(N_2), 아르곤(Ar) 등의 저장탱크 및 충전시설은 물론 수소(H_2) 충전설비, 그리고 각종 혼합가스(Mix Gas)를 제조할 수 있는 설비가 구축되어 있음
 - 에프알디는 특수가스생산공장 인수와 함께 품목 다변화를 위한 공격적인 투자를 단행하기 시작하여 최근 고순도 아산화질소를 연간 1400톤 제조할 수 있는 설비를 추가로 설치해 연간 2,000톤 생산규모로 대폭 늘어남
- 반도체용 실리콘 및 특수가스 전문업체인 솔머티리얼즈도 반도체 산업의 호황과 함께 특수가스의 공급량 증가와 실리콘 부품 사업의 실적증대로 70.5%의 매출 성장을 나타냄
 - 각종 설비의 증설과 제조인프라의 구축을 통해 공격적인 영업 전략을 나타내고 있음
- (주)후성은 불소를 기반으로 한 기초화합물을 전문적으로 제조 판매하며, 반도체용 특수가스인 육불화부타디엔(C_6F_6)을 생산하는 국내 유일 기업으로 글로벌 경쟁력을 갖춘
- 액화염소 및 특수가스 전문제조업체인 흥인화학, 고순도 염소(Cl_2)를 제조 및 재검사와 전처리 사업을 영위하는 백광산업 등도 반도체 산업의 호황에 따라 사업이 확대되고 있음

4. 공급망 분석

가. 시장 매력도

- 특수가스류는 세계시장규모도 작고 세계시장성장율이 낮아 시장 매력도가 낮은 품목으로 나타남

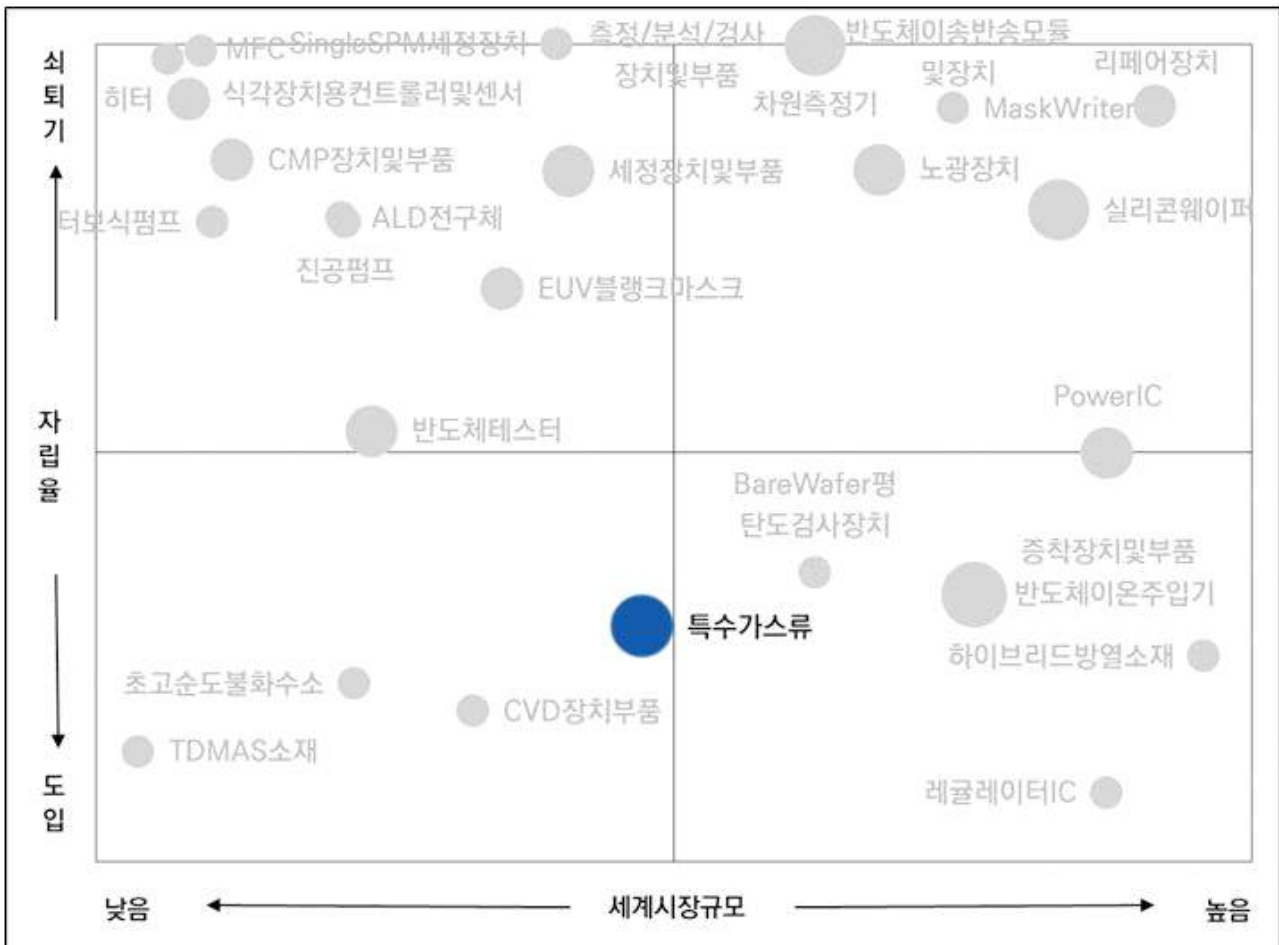
(원크기 : 수익률)



나. 생산 공백 정도

- 특수가스류는 세계시장규모가 작지만 자립율이 다소 낮게 나타나 생산 공백이 다소 존재하는 것으로 나타남

(원크기 : 종사자수)

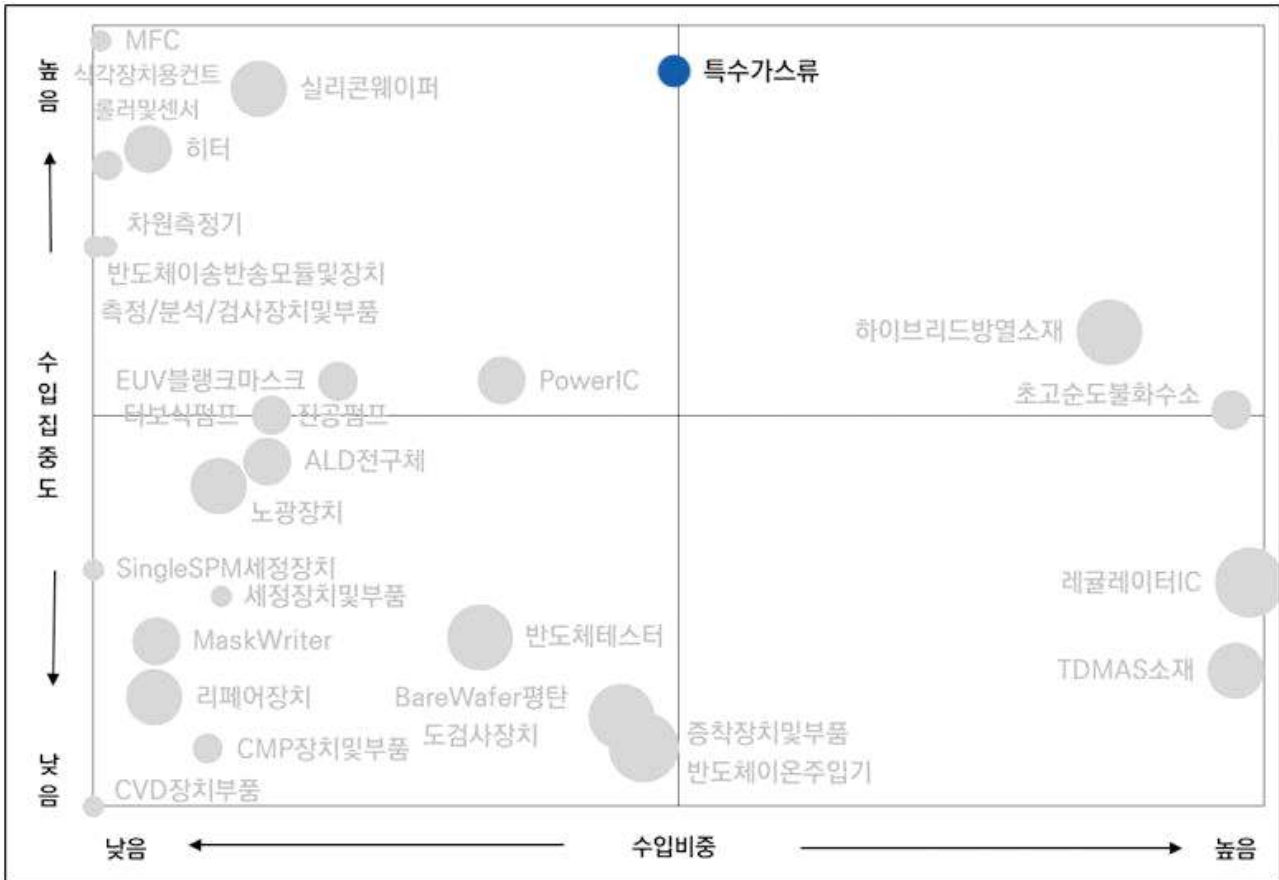


주 : 자립율 : 1-수입비중

라. 수입 리스크

- 특수가스류는 수입비중이 낮은 반면 수입 집중도는 높게 나타나 수입 리스크가 존재하는 것으로 나타남

(원크기 : 수입액)

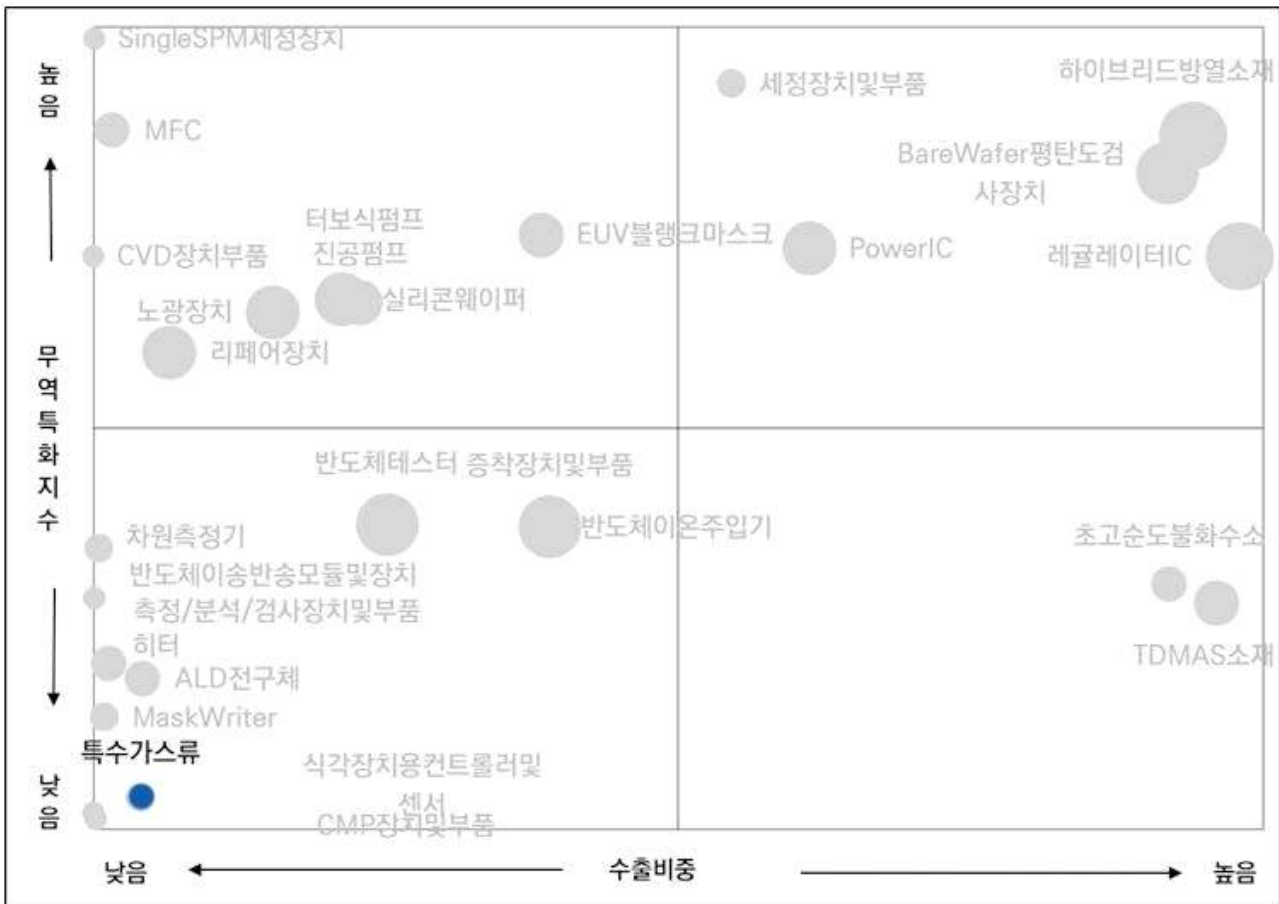


주 : 수입집중도(HHI지수) = (제1수입국 수입비중)² + (제2수입국 수입비중)² + (제3수입국 수입비중)²

마. 수출산업화

- 특수가스류는 수출비중이 낮고 무역특화지수가 낮아 수출산업화 잠재력이 낮은 품목으로 나타남

(원크기 : 수출액)

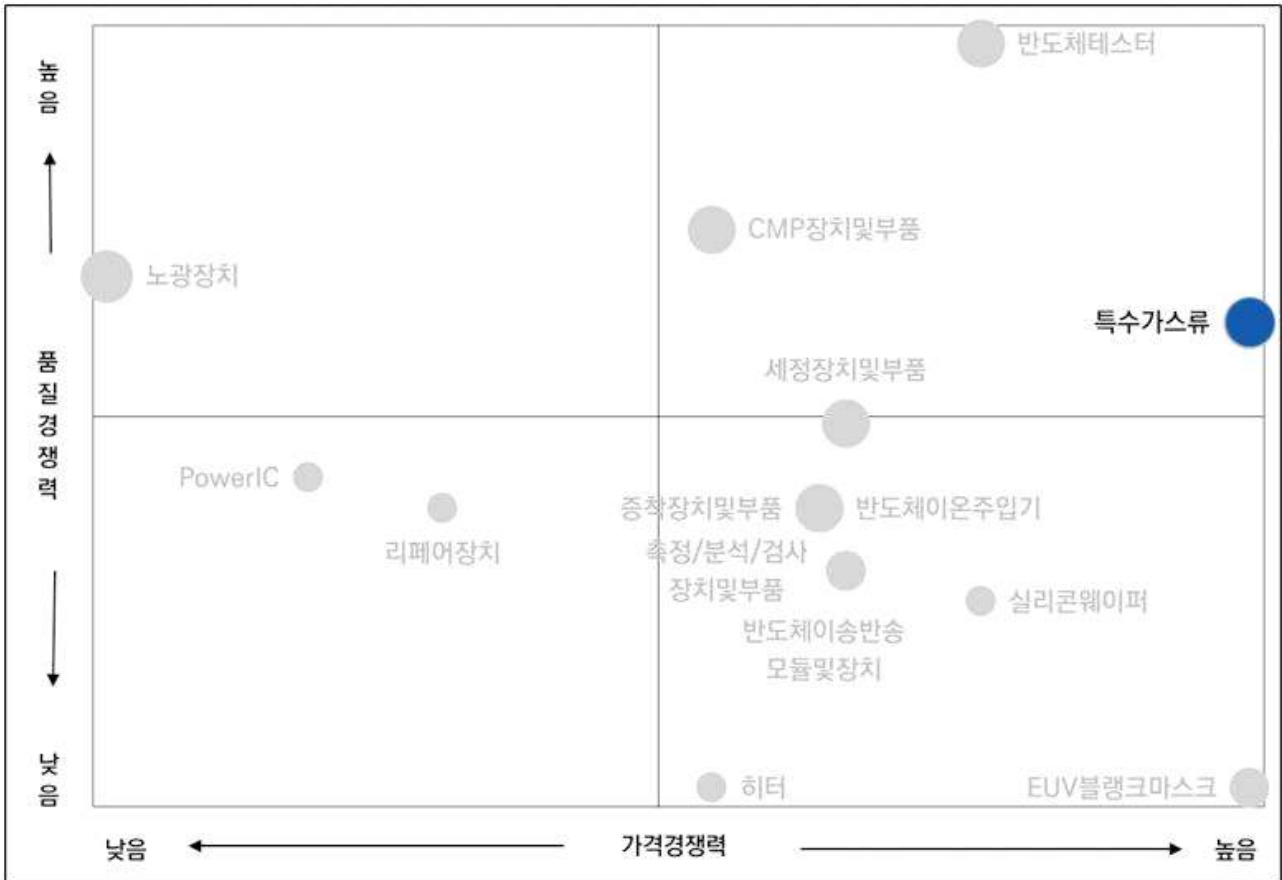


주 : 무역특화지수 = (수출액-수입액) / (수출액 + 수입액)

바. 경쟁력 현황

□ 특수가스류는 품질경쟁력과 가격경쟁력이 높아 선진국 대비 경쟁력이 높은 품목으로 나타남

(원크기 : 선진국 대비 기술 수준)



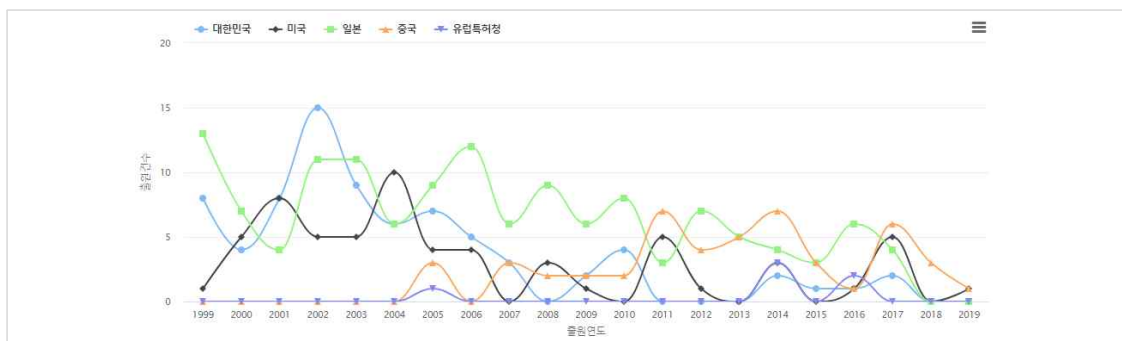
5. 주요 플레이어 특허동향¹⁾

가. 동향 분석

(1) 출원 동향

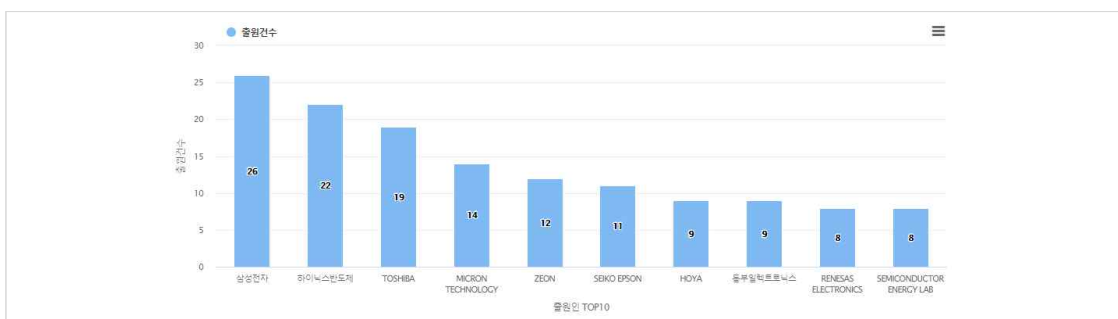
□ 연도별 국가별 출원 동향

- 반도체용 특수가스 분야에 대해 1999~2019년 동안 주요 5개 국가(대한민국, 미국, 일본, 중국, 유럽)에서 출원된 특허 328건의 연도별 출원 건수를 통해 해당 품목의 특허 출원 동향을 파악한 결과, 연도별로 상기 5개 국가들의 출원 건수를 통해 국가별 최근 출원 동향을 파악함으로써 향후 기술개발 경향 및 시장 전망을 예측함
- 반도체용 특수가스 분야에 있어서, 한국 및 일본의 특허 출원은 2000년대까지는 일정한 수준을 유지하였으나 그 이후로는 대체로 감소하는 추세인 것으로 파악되고, 중국은 2005년 첫 출원 이후로 특허 출원이 증가하면서, 가장 활발한 양상을 나타내고 있음



□ 주요 출원인 동향

- 반도체용 특수가스 분야에서의 선도 기업(기관)을 파악하고 이들 기업(기관)의 특허 출원 현황을 비교, 분석하여 반도체용 특수가스 분야의 상위 10개 출원인을 살펴본 결과, 한국의 삼성전자가 26건을 출원하여 동 기술 분야에서 최다출원인으로 파악되고, 그 뒤를 이어 한국의 하이닉스반도체, 일본의 TOSHIBA, 미국의 MICRON TECHNOLOGY 등 일본 출원인이 상위권을 차지하고 있으며, 국내 출원인으로는 동부일렉트로닉스가 상위 10위 안에 위치하고 있는 것으로 확인됨



1) 자료 출처 : 특허빅데이터센터(KPBCenter), <https://pbcenter.re.kr/home/p/analysis-field>

(2) 국가별 세부 동향

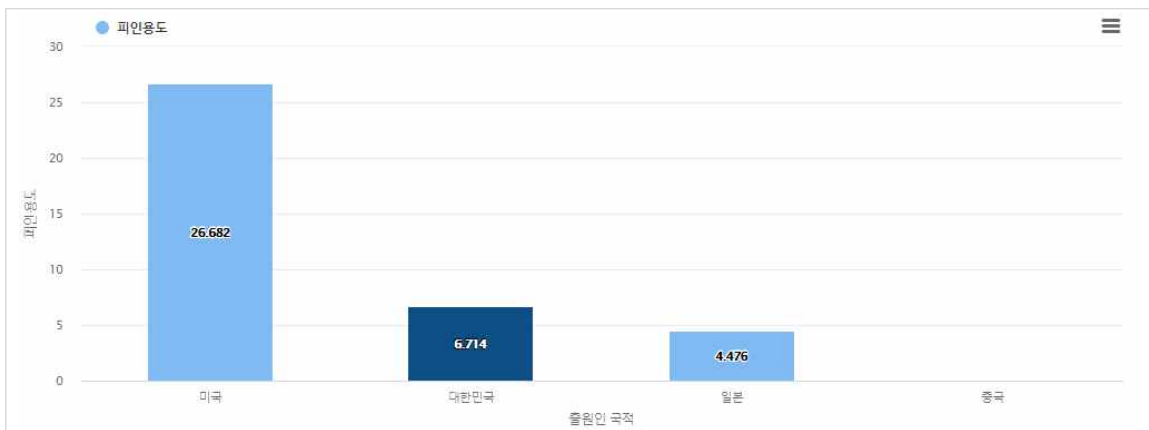
□ 국가별 특허 점유율 동향

- 반도체용 특수가스 분야 특허 출원인의 국가별 양적 점유율을 분석하여, 특허 출원 선도국을 확인하고, 선도국 대비 한국 국적 출원인의 특허 점유율을 분석하여 양적인 경쟁력을 파악한 결과, 반도체용 특수가스 분야는 일본이 총 162건(50%)의 특허를 출원하여, 전체 출원 건수의 절반 수준을 차지하고 있고, 그 뒤를 이어 한국이 89건(27.6%), 중국 33건(10.2%) 및 미국 32건(9.9%)의 특허를 출원한 것으로 나타나, 동 기술 분야는 일본이 선도하고 있는 것으로 파악되었고, 한국 역시 다수의 특허를 출원하고 있는 것으로 확인됨



□ 국가별 피인용지수

- 반도체용 특수가스 분야 특허 출원인의 국가별 피인용도 분석을 통해, 영향력이 높은 특허를 출원한 선도국을 확인하고, 선도국 대비 한국 국적 출원인의 특허 피인용도 분석을 통해 질적인 경쟁력을 해석함
- 반도체용 특수가스 분야의 국가별 피인용 지수를 살펴보면, 미국이 26.682로 특허 파급력 및 영향력이 가장 높은 것으로 파악되었고, 그 뒤를 이어 한국(6.714), 일본(4.476) 등으로 파악됨. 중국은 피인용 지수가 0인 것으로 나타나 타 국가 대비 특허의 질적 경쟁력이 매우 낮은 것으로 판단됨



□ 국가별 주요시장 확보율

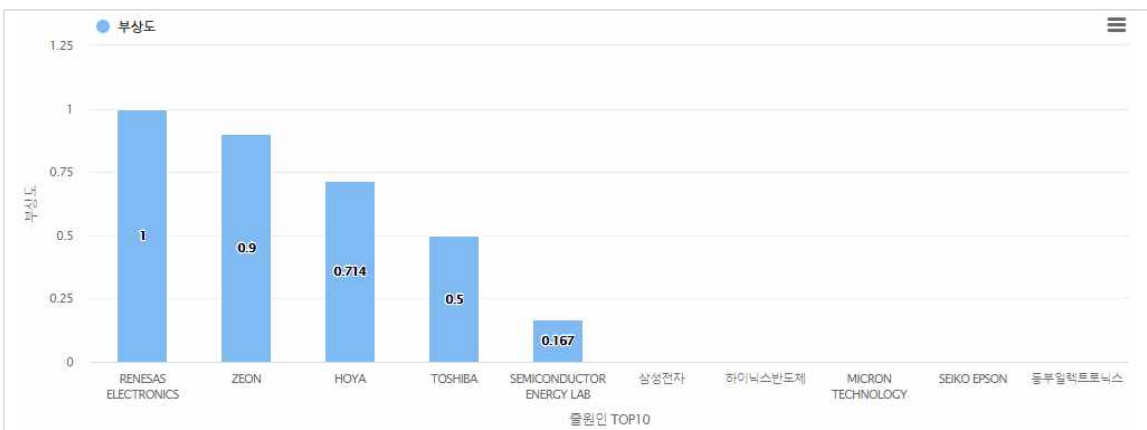
- 반도체용 특수가스 분야에 있어서, 특허 출원인의 국가별로 주요 특허청(한국, 일본, 미국, 유럽, 중국) 중 3개 이상의 특허청에 동시 출원한 특허 비율을 분석하여, 주요시장 확보율이 가장 높은 선도국을 확인하고, 선도국 대비 한국 국적 출원인의 주요시장 확보율 분석을 통해 해당 품목의 국가별 시장영향력(또는 주요 시장 선점 의지)을 파악함
- 반도체용 특수가스 분야에 있어서, 미국이 해외 시장 진출을 위한 권리 확보를 위해 가장 활발하게 여러 국가에 동시 출원하고 있고, 그 다음으로 일본, 한국의 순으로 나타남. 반면, 중국은 주요시장확보율이 0으로 나타남에 따라, 해외 시장 진출 보다는 자국 내 특허 출원에 집중하고 있는 것으로 파악됨



나. 심층 분석 - 주요 출원인 IP 경쟁력 관점 분석

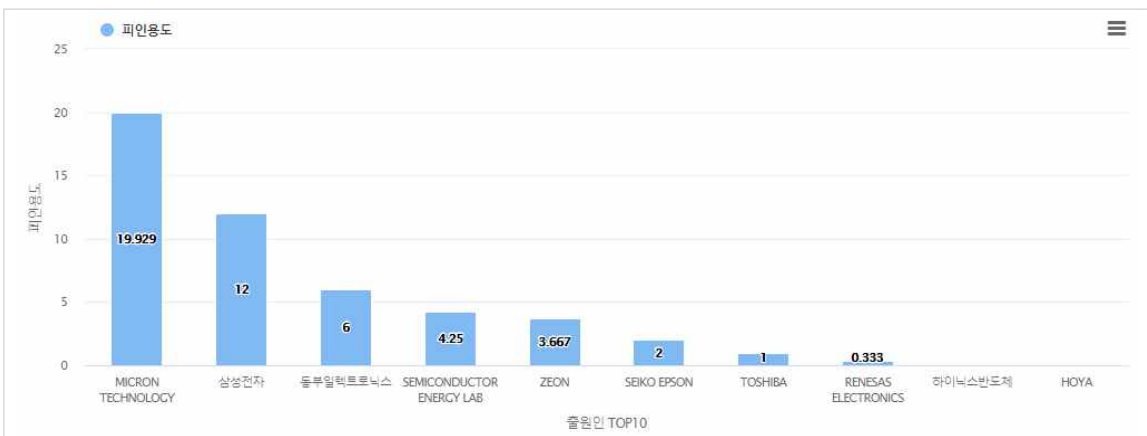
(1) 주요 출원인 기술부상도

- 반도체용 특수가스 분야 상위 10개 주요 출원인들의 최근 5년간 특허 출원 건수를 기준으로 출원 증가율 변화를 통해 기술부상도를 산출하여 양적인 경쟁력 수준을 파악함
- 반도체용 특수가스의 최근 기술부상도를 살펴보면, 일본의 RENESAS ELECTRONICS가 1로 가장 높은 수준이고, ZEON은 0.9, HOYGA가 0.714, TOSHIBA가 0.5 수준으로 상위 5개 주요 출원인이 모두 일본 기업인 특징을 보이고 있음. 반면, 삼성전자, 하이닉스반도체 등 한국 국적의 기업은 기술 부상도가 0으로 나타나 해당 품목에서 상대적으로 경쟁력이 낮은 것으로 파악됨



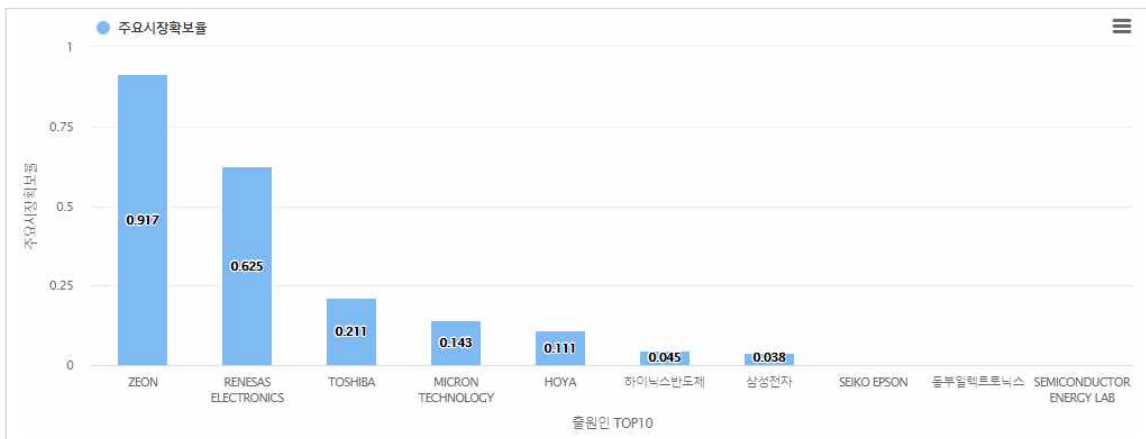
(2) 주요 출원인 피인용지수

- 반도체용 특수가스 분야 상위 10개 주요 출원인들이 보유한 특허의 피인용 건수를 기반으로 피인용지수를 산출하여 주요 출원인들의 보유 특허에 대한 질적 경쟁력 수준을 파악함
- 미국의 MICRON TECHNOLOGY가 19.929로 가장 높은 피인용 지수를 나타내어 특허의 질적 수준이 가장 높은 것으로 파악되었고, 그 뒤를 이어 한국의 삼성전자가 12, 동부일렉트로닉스가 6으로 나타나 특허의 질적 수준이 타 기업에 비하여 상대적으로 높은 것으로 파악됨



(3) 주요 출원인별 주요시장 확보율

- 반도체용 특수가스 분야 상위 10개 주요 출원인별로 주요 특허청 중 3개 이상의 특허청에 동시출원한 특허 비율을 분석하여 주요 출원인들의 주요 시장 진출 수준을 파악함으로써 기업(기관)의 영향력 및 해외 시장 진입을 위한 특허 활동량을 파악함
- 반도체용 특수가스 분야에 있어서, 일본의 ZEON이 0.917의 주요 시장 확보율을 나타내어 해외 시장 진입을 위하여 가장 활발하게 특허 활동을 펼치고 있는 것으로 파악되었고, 그 뒤를 이어 RENESAS ELECTRONICS가 0.625로 2위를 차지하고 있음. 한편, 한국의 하이닉스반도체 및 삼성전자는 타 출원인에 비하여 상대적으로 국내 특허 출원 비중이 더 높은 것으로 파악됨



6. 전략제품 기술 개발 전략

가. 중소기업 기술 개발 전략

- 고순도 에피택시 공정용 특수 가스 분리 기술 개발
- 기체 상태의 고순도 에칭가스 개발 및 상용화 및 친환경적 특수가스 개발
- 세정 효율이 향상된 클리닝용 특수가스 개발
- 고순도의 이온주입용 특수가스 분리 기술 개발 및 안전성 확보된 이온주입용 특수가스 개발
- 열적 안정성, 물리적 충격에 대한 안정성 확보된 도핑용 특수 가스 개발

나. 핵심기술 리스트

[반도체용 특수가스류 [11BF₃, CHF₃, CO, CO₂, Kr, Xe] 분야 핵심기술]

핵심기술	개요
증착 및 에피택시(epitaxy) 공정용 특수가스	<ul style="list-style-type: none"> • 화학적으로 물질을 증착시키는 CVD(Chemical Vapor Deposition) 및 에피택시 공정용 특수가스 제조 및 개발 기술 • 고순도SiH₄, SiH₂Cl₂, SiHCl₃, SiCl₄, GeH₄, B₂H₆, BBr₃, BCl₃, AsH₃, PH₃, TeH₂, SnCl₄, GeCl₄, WF₆, NH₃, CH₄, Cl₂, MoF₆ 및 운반기체(carriergas)로서 고순도수소(H₂)와 질소(N₂)
에칭(etching)용 특수가스	<ul style="list-style-type: none"> • 패턴 형성 및 건식식각을 위한 플라즈마 에칭용 특수가스 제조 및 개발 기술 • 불소 및 염소계(F₂, Cl₂, HF, HCl, BF₃, NF₃, HBr 등), CFC 및 PFC계(CF₄, C₂F₆, C₃F₈, C₄F₆, C₄F₈, CH₂F₂, SF₆, NF₃ 등)
클리닝(cleaning)용 특수가스	<ul style="list-style-type: none"> • 반도체 제조 공정에서 에칭, 세정 및 챔버 클리닝용으로 사용되는 특수가스 제조 및 개발 기술 • HF, NF₃, CF₄, C₂F₆, C₃F₈, SF₆, CO, CO₂
도핑(doping) 및 이온주입(ion implantation)용 특수가스	<ul style="list-style-type: none"> • 반도체웨이퍼에 붕소,알루미늄,인,비소 등을 주입하는 도핑과 반도체소자의 전기적특성을 조절하기 위해 반도체웨이퍼의 특정부분에 만수keV~수백keV까지 고전압으로 가속시킨 이온(ion)을 주입하는 이온주입공정에서 사용되는 특수가스 제조 및 개발기술 • H₂S, GeH₃, SeH₂, SbH₃, AsCl₃, AsF₃, PCl₃, B₂H₆, BF₃, AsH₃, PH₃, PF₅, BF₃, AsF₅, BCl₃, SiF₄, SF₆

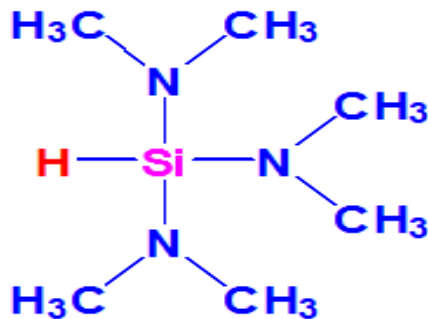
TDMAS 소재

1. 개요

가. 개념 정의

- TDMAS(Tris(dimethylamino)silane)는 Tris-DMAS의 약자로 SiO_2 를 CVD, ALD법으로 증착하는데 있어, Si 전구체(Precursor)로 사용되는 대표적인 반도체 공정 재료임
 - TDMAS는 반도체의 미세화 및 3D 구조화에 따른 실리콘 산화물 또는 실리콘 질화물 박막을 증착하기 위한 Si 전구체 역할을 함
 - 분자식은 $\text{SiH}[\text{N}(\text{CH}_3)_2]_3$, 끓는점 145°C , 녹는점 -90°C 의 성질을 가지고 있음

[TDMAS 분자 구조]



나. 중요성 및 의의

- 반도체 소자는 전기적 간섭을 막기 위해 STI(Shallow Trench Isolation), IMD(Inter Metal Dielectrics)층, PMD(Pre-Metal Dielectric)층과 같은 Cell간, 층간 절연물질을 필요로 함
 - 절연막에 발생된 미세한 void가 게이트 간 쇼트를 유발하므로 선평이 미세화 될수록 절연물질의 중요성이 커지고 있어 기존의 CVD(Chemical Vapor Deposition) 방식으로 증착되던 절연물질이 SOD(Spin On Dielectric) 방식으로 코팅되고 있으며, 물질 또한 코팅 공정에 맞게 변화하고 있음
 - TDMAS는 미세화 되는 회로의 절연물질로의 사용이 증가하고 있는 추세에 있어, 제조 및 정제 기술의 확보가 필요함

다. 가치사슬 구조 및 분류

(1) 가치사슬 및 용도별 분류

◎ 가치사슬

- TDMAS의 전방산업은 반도체 및 디스플레이 산업이며, 반도체 제조 공정 중 Gap Filling 공정재료로 사용되며, Nand Flash Memory 제조 시 고품질 Blocking Oxide 또는 Tunneling Oxide(Gate Oxide) 재료로 사용됨. 후방산업은 전구체 소재 및 원부재료, 장치 및 부대설비로 구성되며, 주요 선진국으로부터 수입의존도가 높은 것으로 파악됨
 - 반도체 공정용 실리콘 전구체는 공정 및 공정온도, 조성 등에 따라 분류가 가능하며, TDMASi, HCDS, TEMAS, TMDSO, 3DMASi 등으로 분류가 가능함

[TDMAS 소재 분야 산업구조]

후방산업	TDMAS 소재	전방산업
전구소재, 원부재료 및 부대설비	TDMAS	반도체 산업 디스플레이 산업

◎ 용도별 분류

- 반도체용 전구체는 ALD 및 CVD에 적용되는 전구체 및 공정에 따라 분류가 가능하며, TDMAS는 gap-fill용에 주로 적용되고 있음

[TDMAS 소재 용도별 분류]

전략제품	용도별 분류	내용
전구체	확산방지막	• Ru(EtCp) ₂ , C ₁₆ H ₂₂ Ru, Ti(N(CH ₃) ₂) ₄ (TDMAT), TiCl ₄ , Ta(NC(CH ₃) ₃)(N(C ₂ H ₅) ₂) ₃ (TBTDET), Ta(NC(CH ₃) ₃)(N(CH ₃)(C ₂ H ₅)) ₃ (TBTEMT)
	하드마스크전구체	• C ₆ H ₁₂ , C ₃ H ₆ , C ₄ H ₁₂ Si, C ₃ H ₁₀ Si
	Gap-Fill용 전구체	• [SiH ₂ -NH] _n (polysilazane), H ₂ Si(N(CH ₃)(C ₂ H ₅) ₂) ₂ , HSi(N(CH ₃) ₂) ₃ (TDMAS), Si(N(CH ₃)(C ₂ H ₅)) ₄
	DPT용 전구체	• Si ₂ Cl ₆ (HCDS), H ₃ Si(N(CH ₃) ₂) ₂ (DIPAS)
	커패시터 및 게이트용 High-k 전구체	• Hf(N(CH ₃)(C ₂ H ₅)) ₄ (TEMAHf), Zr(N(CH ₃)(C ₂ H ₅)) ₄ (TEMAZr), (CH ₃) ₃ Al (TMA), CpZr(NEt) ₂ ₃ , CpHf(NEt) ₂ ₃ 등
	금속용 전구체	• WF ₆ , WCl ₅ , Ru(EtCp) ₂ , C ₁₆ H ₂₂ Ru, CpCo(CO) ₂ , Cu(CH ₃ COCHCN(C ₂ H ₅)CH ₃) ₂ 등

* 출처 : 중소벤처기업부, 중소기업 기술로드맵 2018-2020

(2) 기타분류 방법

- TDMAS 소재 등을 포함한 특수가스들은 제조공정에 따라 다른 가스들과 혼합하여 사용하거나 단독으로 사용될 수 있음
- 전구체(프리커서)는 DRAM 전하저항 및 미세화로 구현을 위한 최적의 솔루션이 되며 소재별 구분 및 개발이 진행되고 있음

[전구체 소재별 분류]

분류	내용
Zr-프리커서	• 반도체 DRAM의 Capacitor 제조 공정에서 사용되며, ALD 공정을 통한 ZrO ₂ 박막 증착의 용도로 사용
Si-프리커서	• 반도체 DRAM과 3D-NAND 제조 공정에서 사용되며, CVD/ALD 공정을 통한 SiO ₂ 박막 증착의 용도로 사용
Ti-프리커서	• 반도체 DRAM의 Capacitor 제조 공정에서 사용되며, ALD 공정을 통한 TiO ₂ 박막 증착의 용도로 사용
Hf-프리커서	• 반도체 DRAM의 Capacitor 제조 공정에서 사용되며, ALD 공정을 통한 HfO ₂ 박막 증착의 용도로 사용

* 출처 : SK머티리얼즈

라. 기술수준과 기술격차

- 한국의 TDMAS 소재 기술은 선도국 일본과 3년 이상의 기술 격차가 있으며 기술수준은 70%임
 - 한국의 CKTPEO 고순도 전구체 개발을 위한 설계/합성 기술은 일본과 3년 이상의 격차가 있으며, 품질 관리 기술과 정제를 통한 상용화 기술은 선도국 대비 90% 수준임
- 한국의 반도체용 전구체는 고품질 합성 및 정제기술이 확보되어 해외 선도국과 동등 수준의 경쟁력을 보유하고 있으나 상용화 품질 확보가 미흡한 상황임
 - 반도체 Capacitor 제조용의 고유전율 ALD 전구체는 국산화되었으나 고순도 Si 신규 전구체의 경우는 아직 기술개발과 경쟁력이 부족한 상태임

2. 산업·시장분석

가. 산업 동향

- 반도체 제조업체들의 미세공정화 추진, 3D FinFET 등의 신기술 도입과 확대 적용으로 전구체의 사용량이 증가하고 있으며, 수요의 다양화 추세가 나타나고 있음
- 박막제조 기술은 반도체 제조에서 공정효율 및 제품 품질을 좌우하는 핵심기술이며, 최근에는 원자층 증착방법이 대두되고 있음
 - 박막 증착에 활용되는 핵심 원소로는 약 20여 가지가 존재하며, 대표적으로 실리콘, 알루미늄, 지르코늄, 니켈, 티타늄 등이 있음
- 반도체 공정에서 최근에 저온 공정에서도 진행되며, 이에 저온에서 증착효율이 높은 TDMAS의 확대도 전망됨
- 유전막용 High-k 전구체인 $\text{TEMAHf}(\text{C}_{12}\text{H}_{32}\text{N}_4\text{Hf})$, $\text{TEMAZr}(\text{C}_{12}\text{H}_{32}\text{N}_4\text{Zr})$ 등도 개발되어 사용되고 있음
- 전구체 시장은 장기적으로 다음과 같은 요인들로 인해 계속해서 성장할 것으로 예상됨
 - 3D 및 높은 종횡비 디바이스 아키텍처에 대한 까다로운 사양 충족을 위한 PVD 프로세스 대체
 - 고온 확산 공정(산화 및 질화)을 낮은 열 예산 플라즈마 ALD 공정으로 대체
 - 자동차에 ALD 프로세스를 더 많이 보급하고 EV로의 전환을 통해 첨단 로직 노드 구현
 - 스핀 전달 토크 MRAM(STT-MRAM), 저항성 RAM(ReRAM), 강유전체 FET(FeFET), RAM(FRAM) 및 교차점 메모리 등과 같은 새로운 반도체 디바이스 기술 및 신제품에서의 ALD 필름에 대한 수요 증가
 - 태양광, 디스플레이, MEMS, 전력 전자, LED/ μ LED, 광학, 리튬 배터리(EV, 모바일), 부품 및 분말 코팅, 의료/헬스케어 분야의 새로운 신기술에서 ALD 구현

나. 시장 동향 및 전망

※ TDMAS는 반도체의 미세화 및 3D 구조화에 따른 실리콘 산화물 또는 실리콘 질화물 박막을 증착하기 위한 Si 전구체로 사용되는 소재이나 관련 국내외 시장 데이터 확보가 어려워 반도체 제조용 전구체를 대상으로 시장을 분석하였음

(1) 시장 성장 촉진요인 및 저해요인

[시장 성장 촉진요인 및 저해요인]

촉진요인	저해요인
<ul style="list-style-type: none"> 유기 금속 복합 재료의 낮은 열 안정성 데이터에 신속하게 액세스하고 저장할 필요성 향상 알루미늄, 코발트, 티타늄 등 금속 전구체의 수요 증가 3D-NAND 메모리 칩 생산 확대에 따른 수요 증가 	<ul style="list-style-type: none"> 적절한 전구체의 선택 COVID-19 팬데믹의 영향
기회요인	과 제
<ul style="list-style-type: none"> 루테튬, 로듐, 이리듐, 팔라듐, 백금과 같은 귀금속의 ALD에 대한 활발한 연구 구리 금속화 프로세스를 개선하기 위한 광범위한 R&D 새로운 산업용 박막 재료에 대한 높은 수요 LED 기술과 고유전율, 절연체 개발의 진전 	<ul style="list-style-type: none"> 고온 증착 기술

* 출처 : TCI연구원 작성

(2) 세계 시장 현황 및 전망

- 미국의 전자재료 비즈니스 및 기술정보 제공 전문회사 TECHCET는 세계 반도체 시장의 2021년 시장규모가 전년 대비 15~20% 성장하고 전체 핵심 재료 시장이 연간 7% 이상 성장할 것으로 예상
 - 가장 큰 재료 수요 증가는 ALD/CVD 금속 전구체와 특수 습식 세정(종종 금속 증착 및 에칭과 통합)일 것으로 전망
- TECHCET는 2020년 반도체 제조를 위한 원자층 증착(ALD) 및 화학 기상 증착(CVD) 금속 전구체의 세계 시장 규모를 6억 4,000만 달러로 평가하였음. 고급 로직, DRAM 및 3D-NAND 메모리 칩 생산 증가 등으로 인해 ALD 및 CVD 금속 전구체에 대한 세계 수요는 2020-2025년 CAGR(연간 복합 성장률) ~10%로 성장하여 2025년에는 약 10억 달러가 될 것으로 예상됨

[반도체 제조용 전구체의 세계 시장 규모 및 전망]

(단위 : 백만 달러, %)

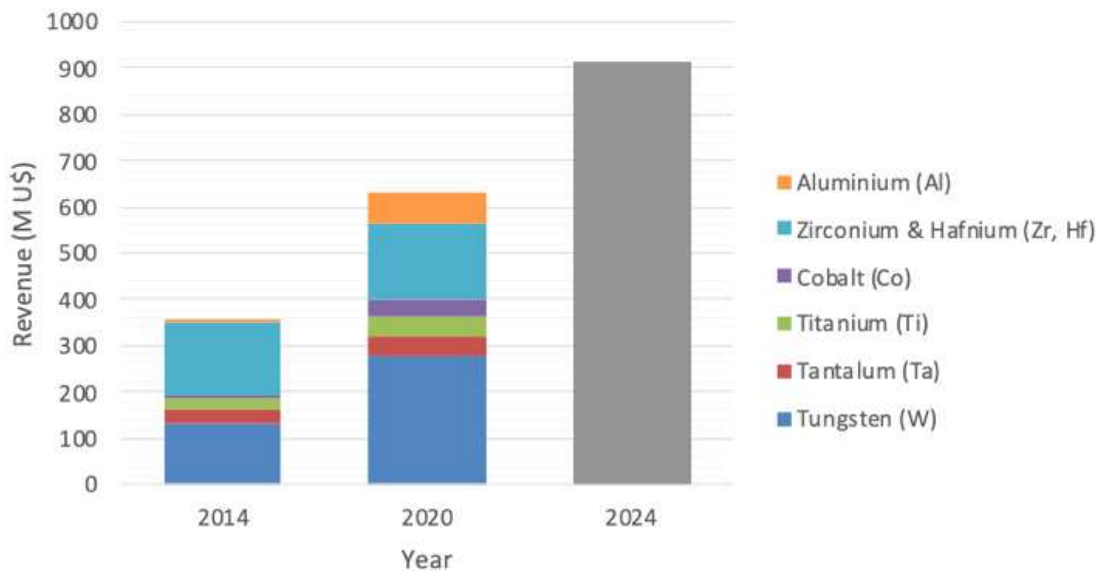
구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	CAGR (2020-2025)
세계시장	640	699	763	834	910	994	9.2

* 출처 : TECHCET(April 5, 2021) 및 Jonas Sundqvist(affiliations: TECHCET), "Status & Challenges in Today's Atomic Layer Processing Market", 2021 ECS(Keynote Speech)를 토대로 TCI 작성

** 2020-2025 CAGR 9.2%는 인용 자료의 2020년과 2024년 데이터로부터 계산

- ALD는 22-45nm 노드를 실행하는 펌과 16/14nm 이하의 첨단 펌에 중요하기 때문에 모든 ALD/CVD 금속 전구체는 수요가 계속 증가하고 있음
- 특히 코발트(Co) 및 hafnium(Hf) 전구체는 2020년에 전년 대비 18~20% 성장했으며 2024년까지 강력한 수요를 보일 것으로 예상됨
- DRAM 캐패시터에 사용되는 지르코늄(Zr)은 성장률이 낮지만 큰 비중을 차지하고 있음
- 루테튬(Ru) 금속은 반도체 제조용 전구체로서 최첨단 로직 칩에서 코발트 및 텅스텐(W)의 상호 연결의 일부를 천천히 대체하고 있으며, 반도체 제조용 전구체로서의 시장 규모가 2025년 1천만 달러에 달할 것으로 기대되고 있음
- 향후 주목할 금속은 몰리브덴(Mo), 니오븀(Nb), 란탄(La)임

[ALD & CVD Metal Precursor Market]



* 출처 : TECHCET, April 5, 2021

(3) 국내 시장 현황 및 전망

- 반도체 제조용 전구체의 국내 시장규모는 2020년 1억 900만 달러로 추정되며, 2020-2025년 연평균 9.2%로 성장하여 2025년에는 1억 6,600만 달러 이를 것으로 전망됨
- 2020년 국내 반도체 제조용 전구체의 시장규모는 SEMI(Semiconductor Equipment and Materials International, 국제반도체장치재료협회)가 발표한 2020년 전 세계 반도체 재료 시장(553억 달러) 중에서 한국의 반도체 재료 시장(92.3억 달러)이 차지하는 비중 16.69%를 2020년 세계 반도체 제조용전구체의 시장규모에 곱하여해 산정했음

[반도체 제조용 전구체의 국내 시장 규모 및 전망]

(단위 : 백만 달러, %)

구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	CAGR (2020-2025)
국내시장	109	117	127	139	152	166	9.2

* 출처 : TECHCET(April 5, 2021) 및 Jonas Sundqvist(affiliations: TECHCET), "Status & Challenges in Today's Atomic Layer Processing Market", 2021 ECS(Keynote Speech)를 토대로 TCI 작성

* * 2020-2025 CAGR 9.2%는 인용 자료의 2020년과 2024년 데이터로부터 계산

다. 경쟁현황

(1) 국내 TDMAS 기업현황

- 국내 TDMAS 관련 기업으로는 디엔에프, 한솔케미칼, 원익머트리얼즈, SK머트리얼즈, 유피케미칼, FRD 등이 있음
- 디엔에프
 - 저온 증착이 가능한 gap-fill용 TDMAS 소재를 개발(2015) 하였으며, 이를 바탕으로 한 High-k 물질도 개발하여 다양한 전구체를 제공하고 있음

[디엔에프 TDMAS 제품]



property	
Molecular Formula	C6H19N3Si
Molecular Weight	161.3g/mol
Boiling Point	145℃
Vapor Pressure	25℃/7torr
Physical State/Color	Colorless liquid
Water Reactivity	Slowly react

* 출처 : 디엔에프 홈페이지

- 제이아이테크
 - 2014년에 설립된 초정밀 반도체 화학물 제조업체로 반도체 소자용 박막, 증착(CVD/ALD)을 위한 전구체가 주력사업임
 - 2015년 12월에 3DMAS를 개발 완료한 바 있으며, 이를 바탕으로 하여 2016년에는 High-K 전구물질인 TEMAHf 및 TEMAZr를 개발함
 - 동사의 전구체는 반도체 소자 절연막/금속 배선 등의 제조에 사용되며, 주요 제품은 BDEAS, BTBAS, DIPAS, SiCl₄ 등이 있음
- 한솔케미칼
 - 2020년 1월 반도체 전구체인 3DMAS를 출시하였으며 연간 100억 원대 매출 예상
- 원익머트리얼즈
 - 실리콘 기반의 전구체인 ‘HCDS(Si₂Cl₆)’, ‘3DMAS’, ‘BDEAS’와 지르코늄 기반의 High-k 유전체 전구체 ‘Cp-Zr’ 등의 제품 라인업을 갖추

(2) 세계 TDMAS 기업현황

- 해외 TDMAS 관련 기업으로는 ADEKA(일), Air Liquide(프), Strem Chemicals(미) 등이 있음
- STREM CHEMICALS
 - 1964년 설립한 고순도의 특수 화학 물질을 제조 및 판매하는 회사임
 - 다양한 소재의 CVD, ALD용 전구체를 생산 판매하고 있으며, 순도 99.999%의 3DMAS를 생산 판매하고 있음

3. 기술 개발 동향

가. 기술 개발 이슈

- 반도체의 박막형성을 위해 사용되는 소재이나, 국내에서도 공급가나 자체 내재화 및 상용화 품질 확보가 미흡한 것이 실정이며, 세계 최고 기술보유국 (일본)과의 기술격차가 3년 이상 나는 소재임
- 전구체는 반도체 소자 미세화가 진전되면서 기술적 중요도가 지속적으로 증가하고 있으며, 박막의 물성이 해당 공정에 적합하도록 화학적으로 메카니즘을 시뮬레이션하여 실제 공정 장치에서의 적용이 원활하도록 설계하는 것이 공급 업체의 핵심 경쟁력 중에 하나임
- 국내에서는 2019년 발생한 일본의 수출 규제로 반도체 산업의 소재·부품·장치의 국산화 중요성이 부각되면서 더욱 활발한 연구개발이 이뤄지고 국내 기술의 경쟁력 강화에 집중하고 있음

나. 연구 개발 동향

◎ 최근 국산화 성공 사례

- (한솔케미칼) 2020년 1월 반도체 소재로서 프리커서 신제품(3DMAS)이 출시돼 연간 100억 원대 매출이 예상된다고 밝힘

◎ 관련 연구개발 추진 사례(NTIS)

- (디앤에프) 저온 증착이 가능한 gap-fill용 TDMAS 소재를 개발(2015) 하였으며, 이를 바탕으로 한 High-k 물질도 개발하여 다양한 전구체를 제공하고 있음
- TDMAS 소재는 2000년 후반부터 국가 R&D과제를 꾸준히 진행함
 - ((주)제이아이테크) 초고순도 TDMAS(트리스다이메틸아미노실란) 제조를 위한 Itelock합성 및 박막증류 공정 시스템 개발(2021-06-01 ~ 2023-05-31)
 - 저온(150℃) 증착이 가능한 공정산화막용 Si 전구체의 원재료 및 증착공정 개발(2016.12.01. ~ 2017.03.31., 한양대학교)
 - (한양대학교) 실리콘 질화물 박막의 원자층 증착법 개발(2012-12-01 ~ 2014-11-30)
 - 나노 반도체 박막 증착 공정 최적화를 통한 저온 Si Precursor 개발(2009.06.01. ~ 2011.05.31., 유엠티)

◎ 학위 논문 (RISS)

- (남재현, 석사논문, 성균관대학교) Titanium isopropoxide 전구체를 이용한 하드마스크 박막의 PECVD 증착 및 특성 분석 (2017)
- (이은진, 석사논문, 부산대학교) 고 안정성 전구체를 사용한 InP/ZnS 반도체 나노입자 합성 및 발광 특성 향상 (2016)
- (김동수, 석사논문, 한남대학교) 용액공정용 Pentacene 전구체를 통한 고성능 p-형 유기반도체의 제조 (2012)
- (최하나, 석사논문, 한양대학교) 전구체 용액 공정을 이용한 화합물 반도체 CuInSe₂ 나노입자 합성 (2011)

다. 핵심 플레이어 동향

(1) 해외 플레이어 동향

- STREM CHEMICALS은 1964년에 설립한 회사로, 고순도의 특수 화학 물질을 제조 및 판매하는 회사임
 - 다양한 소재의 CVD, ALD용 전구체를 생산 판매하고 있으며, TDMAS도 생산 판매 중임
 - 순도는 99%이상으로, 99.999%의 3DMAS를 생산함
- 미국의 Gelest는 실리콘, 유기 실란 및 금속 유기물을 제조 및 공급하는 업체임

(2) 국내 플레이어 동향

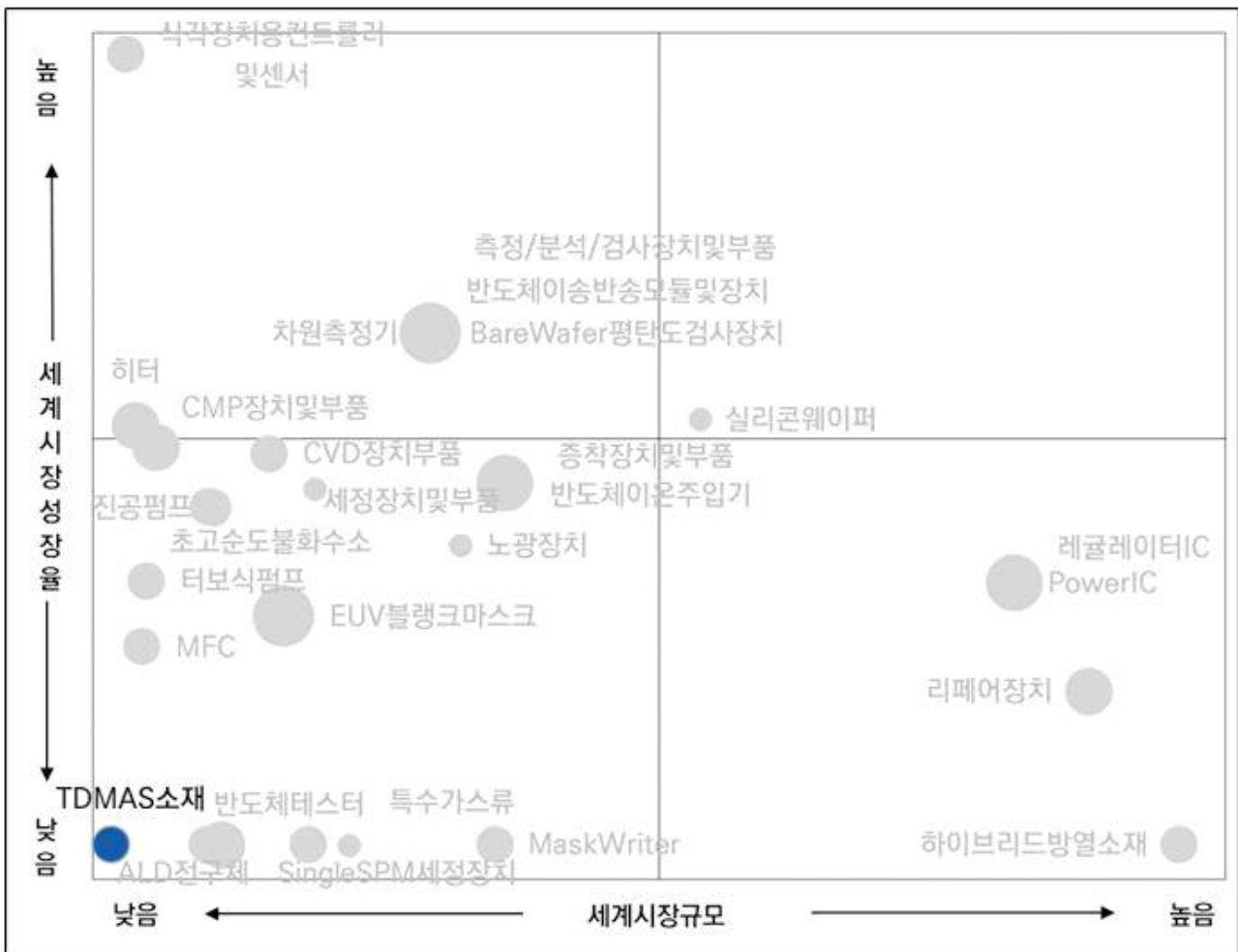
- 제이아이테크는 반도체용 초고순도 프리커서 제조기술을 바탕으로 디스플레이, 대전 방지 소재 등 다양한 분야로의 진출을 꾀하고 있음
 - 2015년 12월에 3DMAS를 개발 완료한 바 있으며, 이를 바탕으로 하여 2016년에는 High-K 전구물질인 TEMA_{Hf} 및 TEMA_{Zr}를 개발함
- 한솔케미칼은 박막공정에 쓰이는 프리커서 신제품인 3DMAS를 출시할 계획임
- 원익머트리얼즈는 실리콘 기반의 전구체인 'HCDS(Si₂Cl₆)', '3DMAS', 'BDEAS'와 지르코늄 기반의 High-k 유전체 전구체 'Cp-Zr' 등의 제품 라인업을 발표함

4. 공급망 분석

가. 시장 매력도

- TDMAS소재는 세계시장규모가 작고 세계시장성장률도 낮아 시장 매력도가 낮은 품목으로 나타남

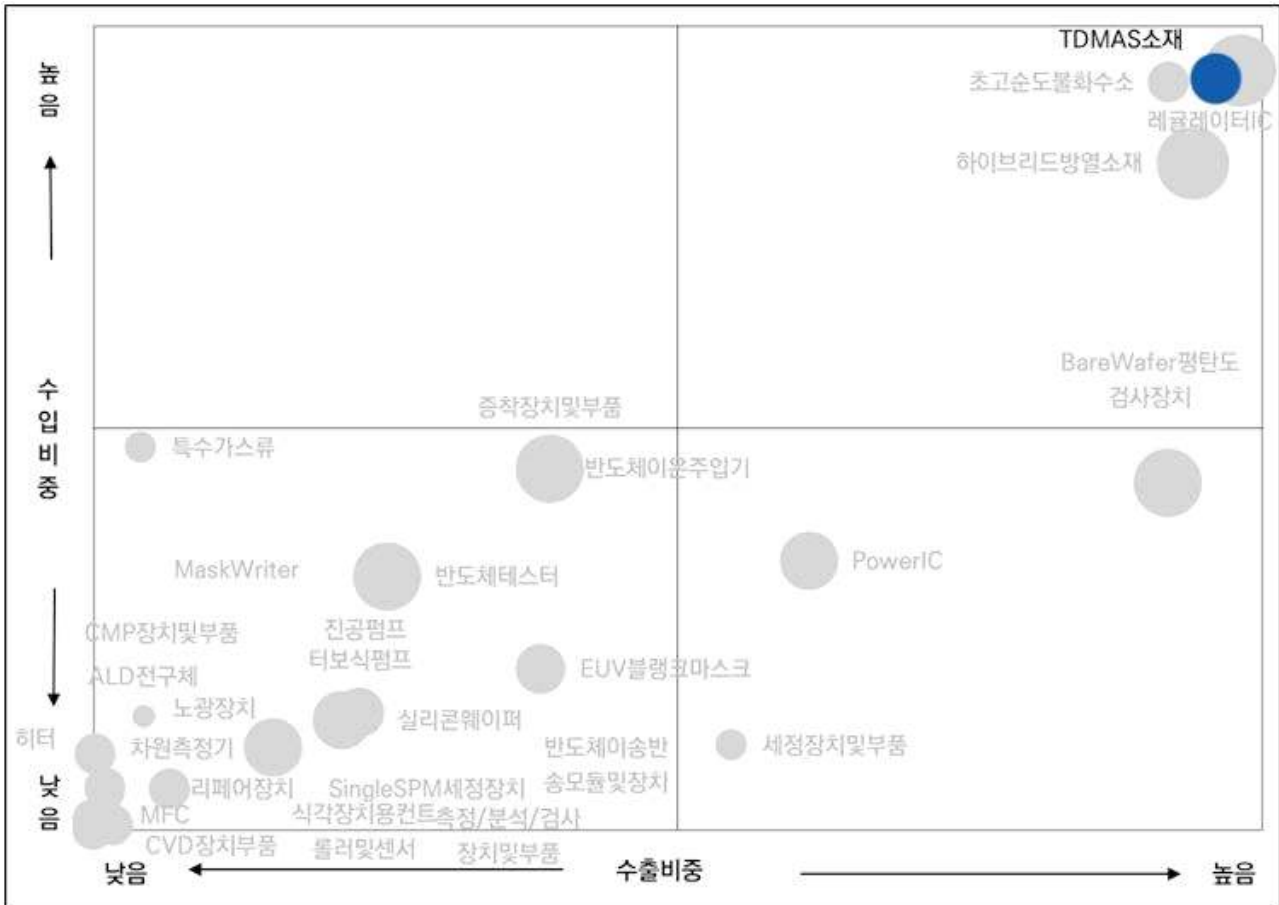
(원크기 : 수익률)



다. 해외 지향성

□ TDMAS소재는 수출비중과 수입비중이 모두 높아 해외 시장 지향성이 높은 품목으로 나타남

(원크기 : 수출액)

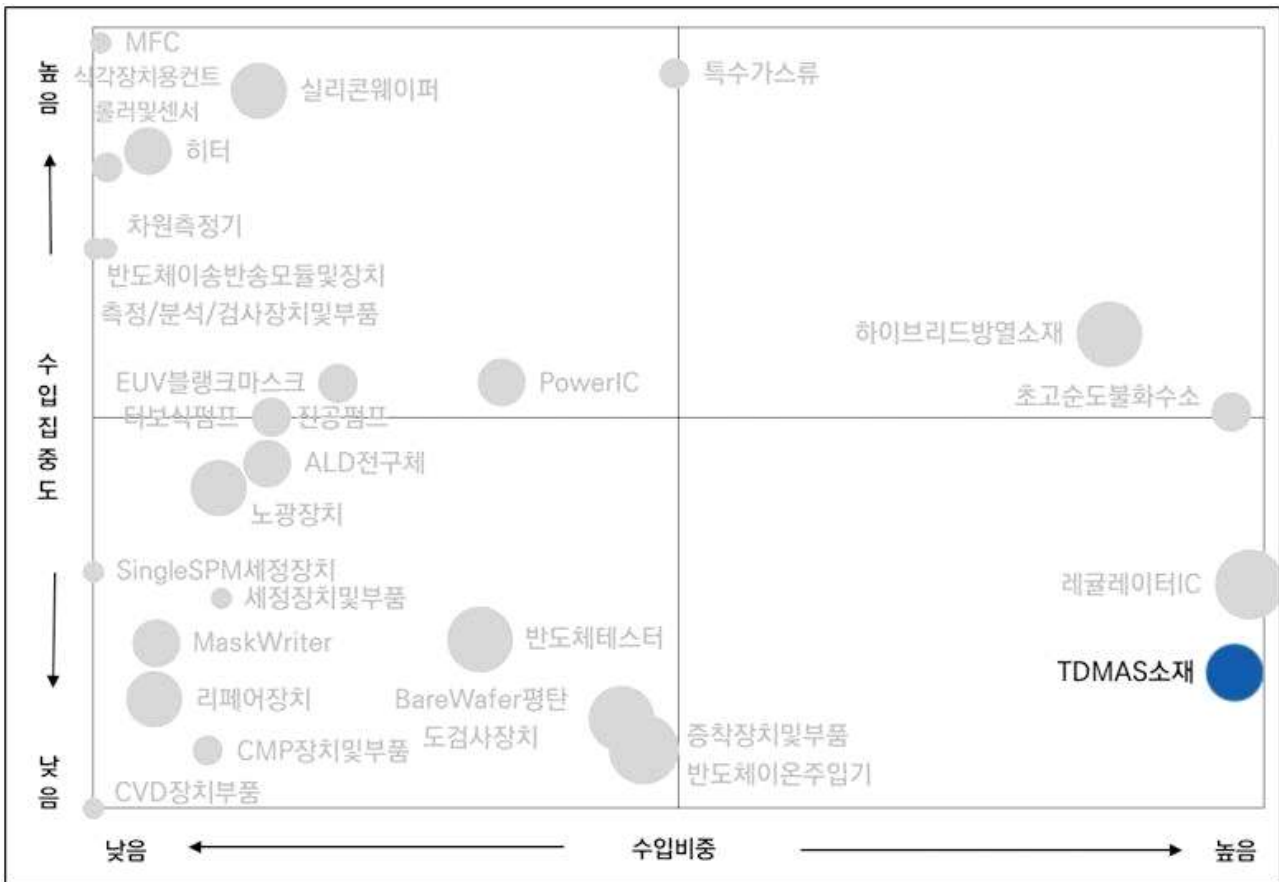


주 : (1) 수출비중 = 수출액/생산액 (2) 수입비중 = 수입액/내수액

라. 수입 리스크

- TDMAS소재는 수입비중이 높은 반면 수입 집중도는 낮게 나타나 수입 리스크가 크지 않은 품목으로 나타남

(원크기 : 수입액)



주 : 수입집중도(HHI지수) = (제1수입국 수입비중)² + (제2수입국 수입비중)² + (제3수입국 수입비중)²

마. 수출산업화

- TDMAS소재는 수출비중이 높지만 무역특화지수가 낮아 수출산업화 잠재력이 낮은 품목으로 나타남

(원크기 : 수출액)



주 : 무역특화지수 = (수출액-수입액) / (수출액 + 수입액)

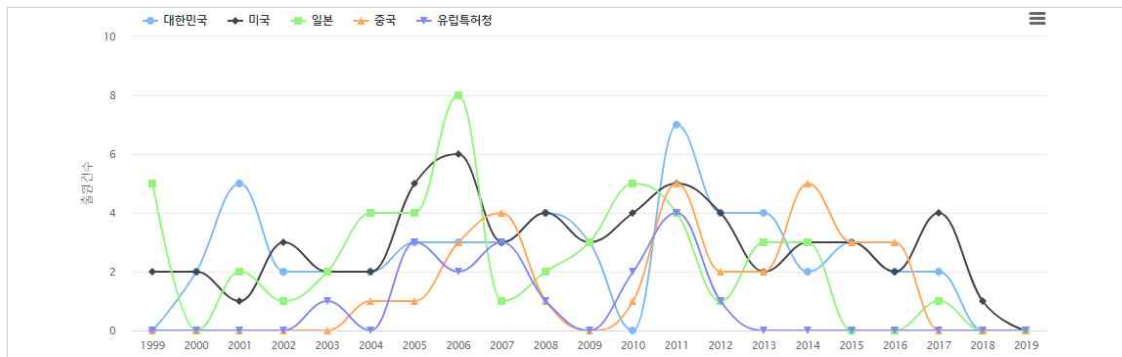
5. 주요 플레이어 특허 동향²⁾

가. 동향 분석

(1) 출원 동향

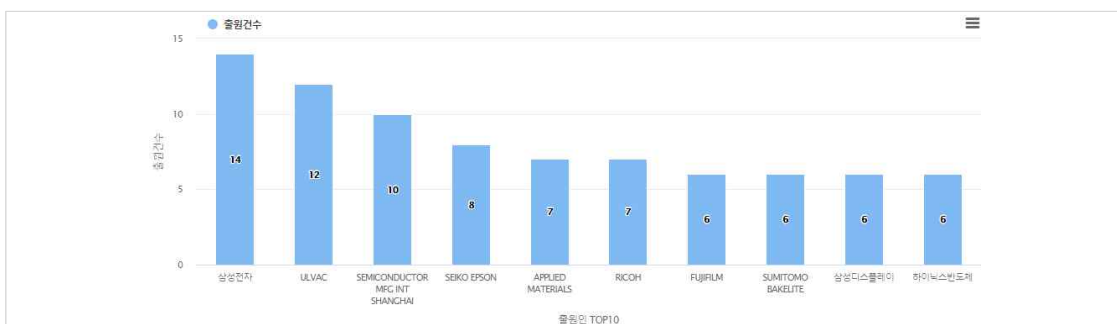
□ 연도별 국가별 출원 동향

- TDMAS 제조 분야에 대해 1999~2019년 동안 주요 5개 국가(대한민국, 미국, 일본, 중국, 유럽)에서 출원된 특허 211건의 연도별 출원 건수를 통해 해당 품목의 특허 출원 동향을 파악한 결과, 연도별로 상기 5개 국가들의 출원 건수를 통해 국가별 최근 출원 동향을 파악함으로써 향후 기술개발 경향 및 시장 전망을 예측함
- TDMAS 제조 분야에 있어서, 한국, 일본, 미국 및 유럽의 특허 출원은 2011년까지는 일정한 수준을 유지하였으나 그 이후로는 대체로 감소하는 추세인 것으로 파악되고, 중국은 2016년까지 증가하는 추세를 보인다, 이후 감소하는 추세인 것으로 나타남



□ 주요 출원인 동향

- TDMAS 제조 분야에서의 선도 기업(기관)을 파악하고 이들 기업(기관)의 특허 출원 현황을 비교, 분석하여 TDMAS 제조 분야의 상위 10개 출원인을 살펴본 결과, 한국의 삼성전자가 14건을 출원하여 동 기술 분야에서 최다출원인으로 파악되고, 그 뒤를 이어 일본의 ULVAC, 중국의 SEMICONDUCTOR MFG SHANGHAI, 일본의 SEIKO EPSON 등이 상위권을 차지하고 있으며, 국내 출원인으로는 삼성디스플레이, 하이닉스반도체가 상위 10위 안에 위치하고 있는 것으로 확인됨



2) 자료 출처 : 특허빅데이터센터(KPBCenter), <https://pbcenter.re.kr/home/p/analysis-field>

(2) 국가별 세부 동향

□ 국가별 특허 점유율 동향

- TDMAS 제조 분야 특허 출원인의 국가별 양적 점유율을 분석하여, 특허 출원 선도국을 확인하고, 선도국 대비 한국 국적 출원인의 특허 점유율을 분석하여 양적인 경쟁력을 파악한 결과, TDMAS 제조 분야는 일본이 총 84건(39.8%)의 특허를 출원하여, 전체 출원 건수의 약 40% 수준을 차지하고 있고, 그 뒤를 이어 한국이 42건(19.9%), 미국 40건(19.0%) 및 중국 13건(6.2%)의 특허를 출원한 것으로 나타나, 동 기술 분야는 일본이 선도하고 있는 것으로 파악되었고, 한국 역시 다수의 특허를 출원하고 있는 것으로 확인됨



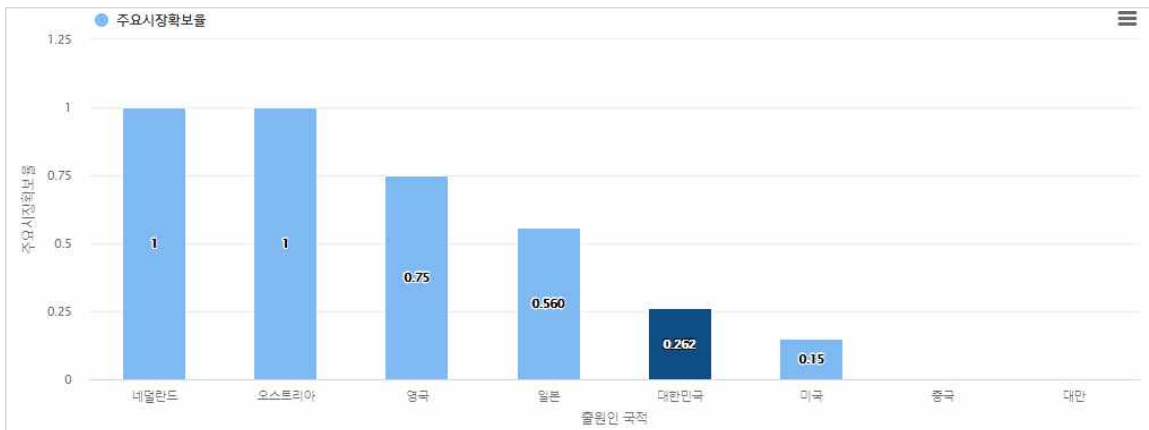
□ 국가별 피인용지수

- TDMAS 제조 분야 특허 출원인의 국가별 피인용도 분석을 통해, 영향력이 높은 특허를 출원한 선도국을 확인하고, 선도국 대비 한국 국적 출원인의 특허 피인용도 분석을 통해 질적인 경쟁력을 해석함
- TDMAS 제조 분야의 국가별 피인용 지수를 살펴보면, 영국이 34로 특허 파급력 및 영향력이 가장 높은 것으로 파악되었고, 그 뒤를 이어 미국(21.536), 중국(3), 일본(2.929) 등으로 파악됨. 한국은 1.125로 오스트리아에 이어 6위에 위치하고 있으며, 반면 대만은 타 국가에 비해 낮은 피인용 지수를 나타내고 있음



□ 국가별 주요시장 확보율

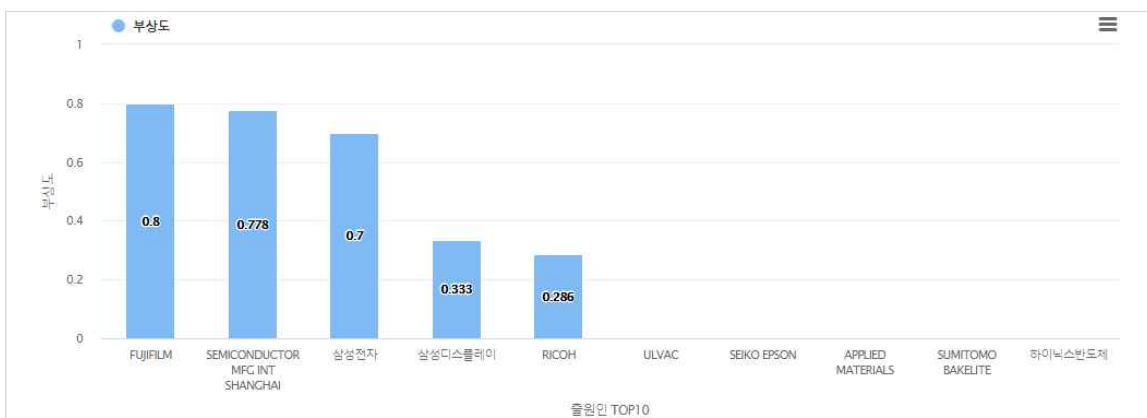
- TDMAS 제조 분야에 있어서, 특허 출원인의 국가별로 주요 특허청(한국, 일본, 미국, 유럽, 중국) 중 3개 이상의 특허청에 동시 출원한 특허 비율을 분석하여, 주요시장 확보율이 가장 높은 선도국을 확인하고, 선도국 대비 한국 국적 출원인의 주요시장 확보율 분석을 통해 해당 품목의 국가별 시장영향력(또는 주요 시장 선점 의지)을 파악함
- TDMAS 제조 분야에 있어서, 네덜란드가 해외 시장 진출을 위한 권리 확보를 위해 가장 활발하게 여러 국가에 동시 출원하고 있고, 그 다음으로 오스트리아, 영국, 일본, 대한민국, 미국 순으로 나타남. 반면, 중국, 대만은 주요시장확보율이 0으로 나타남에 따라, 해외 시장 진출 보다는 자국 내 특허 출원에 집중하고 있는 것으로 파악됨



나. 심층 분석 - 주요 출원인 IP 경쟁력 관점 분석

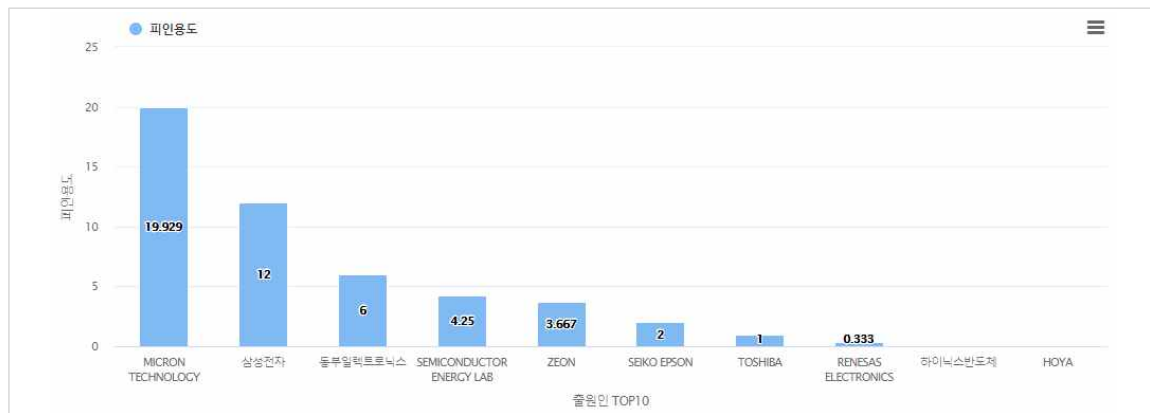
(1) 주요 출원인 기술부상도

- TDMAS 제조 분야 상위 10개 주요 출원인들의 최근 5년간 특허 출원 건수를 기준으로 출원 증가율 변화를 통해 기술부상도를 산출하여 양적인 경쟁력 수준을 파악함
- TDMAS 제조 분야의 최근 기술부상도를 살펴보면, 일본의 FUJIFILM이 0.8로 가장 높은 수준이고, SEMICONDUCTOR MFG INT SHANGHAI는 0.778, 삼성전자가 0.7, 삼성디스플레이가 0.33, RICOH가 0.286 수준으로 한국과 일본 기업이 강세를 보이고 있음. 반면, 그 외 ULVAC, SEIKO EPSON, APPLIED MATERIALS 등은 기술 부상도가 0으로 나타나 해당 품목에서 상대적으로 경쟁력이 낮은 것으로 파악됨



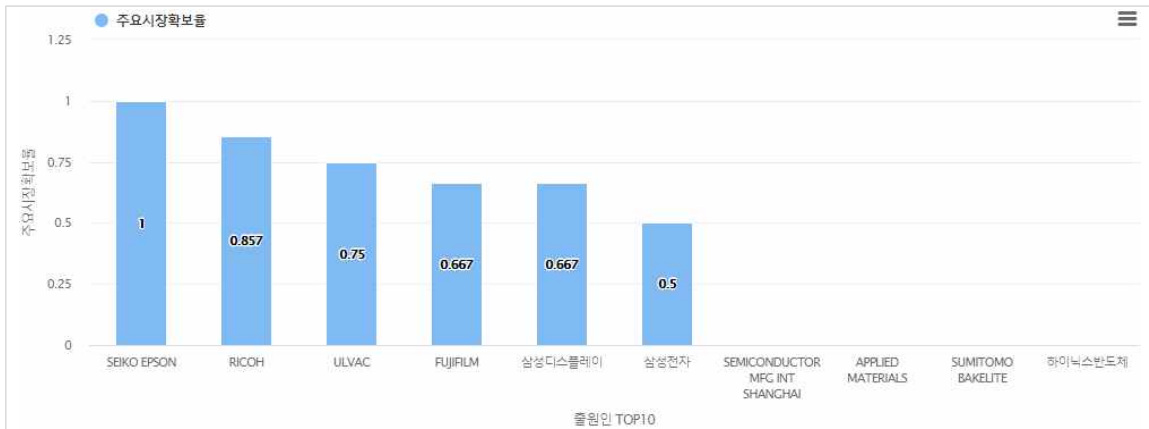
(2) 주요 출원인 피인용지수

- TDMAS 제조 분야 상위 10개 주요 출원인들이 보유한 특허의 피인용 건수를 기반으로 피인용지수를 산출하여 주요 출원인들의 보유 특허에 대한 질적 경쟁력 수준을 파악함
- 미국의 APPLIED MATERIALS가 54.333으로 가장 높은 피인용 지수를 나타내어 특허의 질적 수준이 가장 높은 것으로 파악되었고, 그 뒤를 이어 일본의 SEIKO EPSON이 3.667, RICOH가 3.667으로 나타나 특허의 질적 수준이 타 기업에 비하여 상대적으로 높은 것으로 파악됨



(3) 주요 출원인별 주요시장 확보율

- TDMAS 제조 분야 상위 10개 주요 출원인별로 주요 특허청 중 3개 이상의 특허청에 동시출원한 특허 비율)을 분석하여 주요 출원인들의 주요 시장 진출 수준을 파악함으로써 기업(기관)의 영향력 및 해외 시장 진입을 위한 특허 활동량을 파악함
- TDMAS 제조 분야에 있어서, 일본의 SEIKO EPSON이 1의 주요 시장 확보율을 나타내어 해외 시장 진입을 위하여 가장 활발하게 특허 활동을 펼치고 있는 것으로 파악되었고, 그 뒤를 이어 RICOH가 0.857로 2위를 차지하고 있고, 삼성디스플레이와 삼성전자는 각 0.667, 0.6으로 파악됨. 반면, 한국의 하이닉스반도체는 타 출원인에 비하여 상대적으로 국내 특허 출원 비중이 더 높은 것으로 파악됨



6. 전략제품 기술 개발 전략

가. 중소기업 기술 개발 전략

- 반도체 웨이퍼에 필요한 두께와 품질을 갖는 실리콘 산화막 증착을 가능케 하는 가스소재 개발
- 막의 두께를 얇게 제작하면서 절연특성을 유지할 수 있는 가스소재 개발
- 산화막의 두께를 수 Å단위로 정밀하게 제어할 수 있도록 하는 가스소재 개발
- 반도체 집적회로 장치에 형성되는 박막에 대하여 박막화, 양질화를 가능케 할 수 있는 가스의 제조 및 정제와 이를 이용하는 산화공정의 개발

나. 핵심기술 리스트

[TDMAS 소재 분야 핵심기술]

핵심기술	개요
bromo(dimethylamino)silane	<ul style="list-style-type: none"> • 제법 : 브롬화알루미늄을 촉매로, 실란에 브롬화수소 작용 제조 • 성질:모노브로모실란은무색자극적인냄새가있는기체이며,화학적성질은클로로실란과거의같음 • 용도:유기규소화합물합성시원료로서이용됨
tribromo(dimethylamino)silane	<ul style="list-style-type: none"> • 제법 : 적열한 금속 규소에 브롬화수소를 통함으로써 얻어짐 • 성질:트리브로모실란은무색의무거운액체로강한자극적인냄새가있으며,화학적성질은클로로실란과거의같음 • 용도:유기규소화합물합성시원료로서이용됨
dibromo-bis(dimethylamino)silane	<ul style="list-style-type: none"> • 제법 : 브롬화알루미늄을 촉매로, 실란에 브롬화수소첨가 제조 • 성질:디브로모실란은무색의무거운액체로강한자극적인냄새가있으며,화학적성질은클로로실란과거의동일 • 용도:유기규소화합물합성시원료로서이용
tris(dimethylamino) silane	<ul style="list-style-type: none"> • SiO₂를 CVD, ALD법으로 증착하는데 있어, Si 프리커서로 사용되는 대표적인 반도체 공정 재료임 • TDMAS가스주입을통해산화막을갖는기판상에실리콘함유화학흡착층을형성하는 데이용됨 • 이후산화가스를주입하여산화막및실리콘을함유하는화학흡착층과반응시켜실리케이트막을형성하도록함
amino(bromo)silane	<ul style="list-style-type: none"> • 실리콘 웨이퍼 표면에 실리콘 산화막을 성막하는 데 사용되는 가스(아미노실란계 가스)

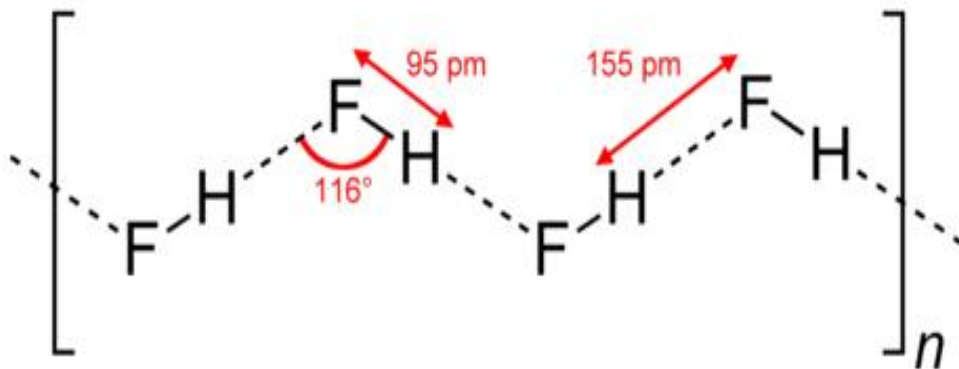
초고순도 불화수소

1. 개요

가. 정의

- 반도체용 특수가스는 크게 반도체 소재에 포함되며, 반도체 제조공정의 에피택시 공정, 에칭, 세정, 이온 주입, 도핑, 어닐링 등에 특수한 목적으로 사용되는 가스를 의미함
- 불화수소(HF)는 플루오린화 수소, 에칭가스(Etching Gas)등으로 불리는 플루오린과 수소의 화합물로 반도체 웨이퍼에 미세패턴을 형성시키기 위한 식각공정에서 사용되는 화학물질임
 - 무색의 기체 또는 액체 형태의 불화수소는 플루오린의 중요한 산업적 공급원으로 사용되며, 수용액은 플루오린화 수소산으로 통칭됨
 - 불화수소는 발연성이 강하며 녹는점 -87.7°C , 끓는점 19.54°C 로 주로 물과 혼합하여 반도체 제조과정에서 생기는 불순물 제거와 웨이퍼 세척에 사용되지만 화장실 청소제, 불소함유 치약, 농약 등 일상생활에서도 사용되고 있음
 - 고순도 불화수소란 반도체 소자 형성을 위해 웨이퍼의 산화물이나 금속 오염물을 제거하기 위한 고순도의 불화 화합물을 의미함
 - 에칭가스로 사용되는 고순도의 불화수소는 순도 99.999% 이상을 가져야하며, 이는 반도체용 고순도 불화수소로 파악됨

[불화수소 분자 구조]



나. 필요성

- 불화수소는 반도체 제작과정에서 ‘식각공정’ 그 가운데서도 습식식각에 사용
 - 불화수소의 순도에 따라 반도체 웨이퍼 식각 및 패턴형성에 영향을 줄 수 있는 불순물이 얼마나 포함되어 있는지를 판단할 수 있기 때문에, 수율을 높이기 위해서는 고순도의 불화수소가 필요함
- 불화수소는 일본 의존도가 높은 제품 중 하나로, 최근 일본에서 수출 규제를 단행하며 반도체 소재 국산화 필요성이 대두되고 있음
- 한국은 최고의 반도체 회사를 보유하고 있음에도, 반도체 가공 공정에 들어가는 소재와 장치를 개발하는 민관 공동연구소가 없어, 해외 특히 일본에 의존할 수밖에 없는 구조로, 이 구조를 해결하기 위한 노력이 필요한 상황임

다. 범위 및 분류

(1) 가치사슬 및 용도별 분류

◎ 가치사슬

- 불화수소의 전방산업은 반도체 및 디스플레이 산업으로, 특히 반도체 산업은 4차 산업혁명의 가속화에 따라 DRAM은 빅데이터, 인공지능, IoT 분야의 투자가 확대에 따라 대형 데이터 센터, 클라우드 서비스 등에서의 수요가 증가 중임
 - 머신러닝, VR, AR 등의 발전으로 인해 기존 HDD방식에서 NAND 기반의 SSD로 대체되고 있음
- 후방산업은 반도체용 특수가스 제조에 사용되는 원료 소재들이 주를 이룰 것으로 예상

[초고순도 불화수소 분야 산업구조]

후방산업	초고순도 불화수소	전방산업
형석, 황산 등 원료 제공 산업	불화수소	반도체 산업 디스플레이 산업

◎ 용도별 분류

- 불화수소는 다양한 공정에 사용되나, 용도에 따라 순도를 달리하여 사용될 수 있음
 - 특히 반도체 웨이퍼 위에 전자회로를 쌓으며 생긴 불순물을 화학적으로 제거하는 작업 등에 에칭가스가 사용됨
 - 순도에 따라 분류될 수 있지만, 비교적 낮은 순도를 사용하는 세정 작업에서도 고순도 에칭가스를 사용하며, 식각공정에서는 초고순도 불화수소를 사용함

(2) 기타분류 방법

- 불화순도는 반도체 제조 공정 등에서 사용되는 것에 따라 순도를 달리할 수는 있지만, 비교적 순도가 낮은 것을 사용하는 세정공정에서도 고순도 불화수소를 사용함

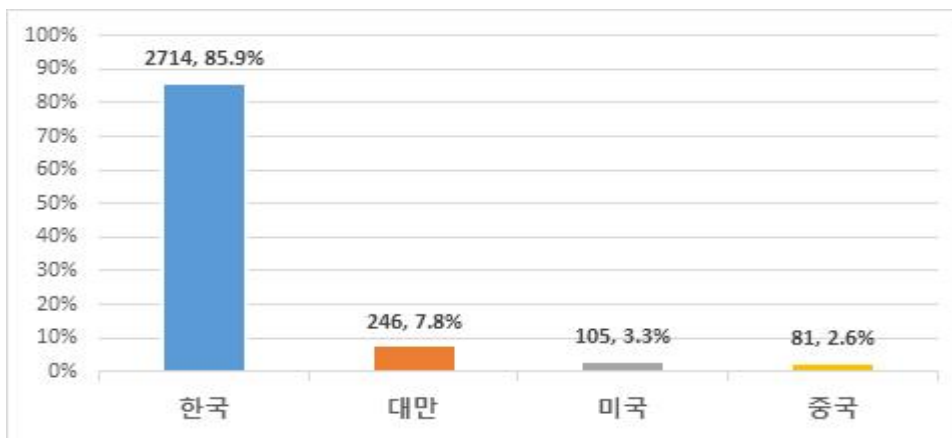
2. 산업 분석

가. 산업 동향

- 고순도 불화수소는 컴퓨터 핵심 부품의 하나인 주기억장치 DDR4 등 램(RAM)의 제조 과정에 주로 쓰이며 적층 메모리 3D, 4D 등의 낸드플래시 생산공정에는 고순도 기체 불화수소가 에칭작업으로 사용되고 있음
 - 고순도 불화수소가 반도체 공정에서 사용되는 이유는 공정상 소재에 함유된 불순물이 회로 손상을 일으키거나 반도체 성능을 저하시키는 원인이 되기 때문인데, 회로가 복잡하고 세밀해질수록 이를 고품질화 할 수 있는 에칭공정에 적합한 성질을 가진 고순도 불화수소가 필요
- 고순도 불화수소의 주 생산업체는 일본의 Stella Chemifa와 Morita Chemical 등이며 전 세계 시장의 70%를 차지하고 있음
 - 대부분은 우리나라로 수출되고 있는 것으로 알려져 일본의 수출규제가 계속 이어질 경우 일본 기업들도 주 거래처 상실로 인한 경영부실로 이어질 가능성이 높은 것으로 분석
 - 삼성전자나 SK하이닉스의 경우, 특히 99.999% 이상 급의 고순도 불화수소는 대부분 일본에서 공급 받고 있는 실정이므로 일본의 정책 및 수출규제 등의 조치에도 흔들리지 않을 만큼의 재고 및 공급 루트를 확보하기 위한 움직임이 시작되고 있음
- 일본 경제산업성은 G20 회의가 끝난 2019년 6월 30일, 3개 품목에 대한 수출입에 대해 한국을 화이트 리스트에서 제외한다는 계획을 발표함
 - Stella Chemifa, Morita 뿐만 아니라 Sumitomo Chemical, Daikin 등 주로 일본 기업이 한국에 고순도 불화수소를 공급을 좌우하고 있는데, 이는 불화수소가 질산/염산/황산 등 강산에 비해 반응성도 크고 인체에 끼치는 유독성 역시 보다 심각한 물질이기 때문에 일본이 단순 정제기술 뿐 아니라 유독물질에 대한 운송/보관/관리 등 여러 측면에 강점을 가지고 있기 때문임
 - 2018년 일본 정부가 불화수소 수출 규제 가능성을 처음 시사한 이후 국내 업체들은 저마다 고순도 불화수소 내재화 계획을 수립하였으며, 이미 상당부분 진행된 것으로 알려짐

[일본의 에칭가스 수출 현황(2019년 1~4월)]

단위 : 백만 엔, %



* 출처 : 한국무역협회, 2019, 재가공

나. 시장 분석

(1) 세계시장

- 전 세계 불화수소 시장은 2018년 약 24억 달러에서 연평균 5.92% 성장하여 2024년 약 34억 달러에 이를 것으로 전망

[세계 불화수소 시장의 규모 및 전망]

(단위 : 백만 달러, %)

구분	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	CAGR
세계시장	2387.8	2529.3	2679.1	2837.8	3005.9	3184.0	3371.8	5.9

* 출처 : marketwatch, Hydrogen Fluoride Market 2020 |Global Industry Analysis by Trends, Size, Share, Company Overview, Growth and Forecast by 2026(2020)

(2) 국내시장

- 국내 불화수소 시장은 2018년 약 2,086억 원에서 세계 시장 성장률 5.92%를 동일하게 적용하여 2024년 약 2,946억 원에 이를 것으로 전망됨
- 국내의 에칭가스인 고순도 불화수소 물량은 연 7만 톤으로 시장규모는 약 500억 원 정도로 알려져 있음(서울경제 TV 2019.07.15 기사)
- 국내에 필요한 고순도 불화수소는 99.999% 이상의 액체상태의 제품이 연간 4만 톤으로 추정되며, 기체 고순도 제품은 99.999% 이상이 10톤 가량인 것으로 보고됨
 - 톤당 약 2,500달러 기준으로 연간 시장규모는 약 1억 달러 수준에 불과함
- Morita는 고순도 불화수소의 국내시장의 1/3을 차지하고 있었으며, 국내 시장은 고순도 불화수소의 95%를 수입에 의존하고 있음. 국내 수입을 통계로 시장규모를 추정함

[국내 불화수소 시장 규모 및 전망]

(단위 : 억 원, 톤, %)

구분	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	CAGR
국내시장 (수입량)	92,586	104,456	117,847	132,955	149,999	169,229	190,925	12.8
국내시장	2,086	2,209	2,340	2,479	2,625	2,780	2,946	5.9

* 출처 : 관세청(HS코드 2811111000), 국내물량의 90% 수입의존 적용, 환율 1,177원 적용, 재가공

** 2015~2018년 수입증량 연평균 성장률 적용(수입증량 12.82%), 국내시장 금액은 세계 불화수소 시장 성장률 적용

3. 기술 개발 동향

가. 기술 개발 이슈

- 일본 정부가 고순도 불화수소(에칭가스)로 규제 품목을 모호하게 명시하여, 국내 업체 수혜 논란이 발생
 - 1차 규제 품목으로 포토레지스트, 고순도 불화수소, 불화 폴리이미드를 지정하였으며, 이 중 고순도 불화수소 세부 규제 항목이 모호하여 업계 해석 논란이 발생하였지만, 실제로는 고순도 기체와 더불어 액체 불화수소도 규제 대상에 포함
 - 따라서 국내 고순도 액체 불화수소 정제 기술을 보유한 솔브레인과 고순도 기체 불화수소 원재료를 제조하는 후성이 수혜를 입고 있음
- 일본이 1차 3개 품목 규제에 이어 화이트리스트에서 한국 제외 시 추가 857개 품목 수출 규제를 현실화하였음
 - 규제 대상도 원자력, 첨단소재, 전자기기, 센서 등 광범위하고 Catch All 제도에 따라 일본 자의적으로 품목 지정 가능
 - 국내 반도체 및 Display 업체는 불확실성을 줄이기 위해 일본산 소재 비중을 줄이고 국산 소재 비중을 늘릴 것으로 예상되며, 일본 수출 규제는 중장기 국내 소재 기술 발전과 업체 수혜로 이어질 것이라는 시각이 늘고 있음
- 일본 규제 품목 중 액체 및 기체 고순도 불화수소는 일본 Stella Chemifa와 Morita Chemical이 과점하는 품목으로 국내 수입이 중단된 상황
 - 국내 반도체 및 디스플레이 업계 고순도 불화수소 국산화 시도가 본격화 되었으며, 99.999% 이상의 고순도를 요구하는 반도체 대비 상대적으로 기술 난이도가 낮은 디스플레이부터 국산화가 이루어질 것으로 예상
- 초고순도 불화수소 제조 기술이 국내에서도 이미 8년 전 개발됐던 것으로 확인되었으나 기술 개발에 성공한 중소기업이 판로가 확실하지 않은 상황에서 거액을 투자하여 생산시설을 구축할 수 없었던 것으로 밝혀짐

나. 연구 개발 동향

◎ 관련 연구개발 추진 사례(NTIS)

- (램테크놀러지(주)) 불화수소 내 극미량 휘발성 금속불순물 정제 기술 및 실시간 분석 기술을 이용한 초고순도 불산의 순수 국산 양산화 기술 개발
 - 중소벤처기업부의 ‘중소기업기술혁신개발사업(강소기업100) (2021~2024)’ Acid Purification System을 이용한 산화제 및 촉매 별 휘발성 불순물 제거 및 평가 기술개발과, 해당 결과를 활용하여 현재 당사보유 중인 Pilot 생산시설에 적용하여 기존 965ppb 수준의 As 불순물을 100ppt 까지 품질 개선 및 Lab. Test와 Pilot 적용 결과 및 공정 Simulation Program을 활용하여 HF 內 오염 물질을 Define하고 불화수소를 MassVolume 으로 연속 생산 가능한 화학반응 및 정제 System 개발 구축 및 2년도에 연구개발 예정인 산화 Gas 연구를 위하여 다양한 조건으로 Test 가능한 반응기 및 정제 System 설계 구축

- ((주)리가스) 반도체 공정용 불화수소 표준가스 개발 및 보급
 - 산업통상자원부의 ‘국가표준기술개발및보급 (2020~2021)’ 저농도 HF 인증표준물질(5 $\mu\text{mol/mol}$, 20 $\mu\text{mol/mol}$, 50 $\mu\text{mol/mol}$ in N₂)을 제조하고, 국가표준기관인 KRISS 에서 보급 계획인 HF CRM (50 $\mu\text{mol/mol}$ in N₂) 과 소급성 체계를 확립

- (SK머티리얼즈) 초고순도 불화수소 국산화 성공(2021)
 - SK머티리얼즈는 초고순도 불화수소 가스 시제품 개발에 성공한 후, 경북 영주 공장 내 15톤 규모의 생산시설을 건설하는 등 국산화 작업을 진행해왔고, 2023년까지 초고순도 불화수소 가스 국산화율을 70%까지 끌어올린다는 목표임

다. 생태계 기술 동향

(1) 해외 플레이어 동향

- 일본 정부의 불화수소 수출 규제로 인해 Stella Chemifa의 2019년 7~9월 영업이익이 1년 전의 1/10 수준으로 급감
 - 작년에 비해 매출은 74억 600만 엔(약 784억)으로 약 21%, 영업이익은 1억 4800만 엔(약 16억)으로 약 88% 감소
 - Stella Chemifa는 순도 99.999999999% 이상의 초고순도 불화수소 제조 기술을 소지하고 있으며 예년의 경우 불화수소 전체 생산 물량 중 60%를 삼성전자, SK하이닉스에 수출하였음
 - 결국 해당 업체의 액체 불화수소 한국 수출 허가 요청을 2019년 말 일본 정부가 받아들이며, 포토레지스트, 플루오린 폴리이미드, 기체 불화수소와 함께 제한적이거나 수출길이 열리게 되었음
- Morita Chemical은 일본 기업의 불화수소 공급 점유율이 떨어질 수 있다는 위기감을 나타내며, 중국 합작 공장에서 고순도 불화수소를 생산하고 삼성전자의 중국 공장이나 중국의 반도체 회사에 납품하고, 요청이 있다면 한국에도 출하할 것이라는 의사를 밝힌 바 있음
 - Morita Chemical은 현재 중국 공장에서 중간 재료인 무수불산을 들여와 일본 공장에서 순도를 높인 액체 불화수소를 만들고 있으며, 중국 생산은 2년 전부터 계획된 것이지만 중국에서 고순도 제품까지 일관해 생산, 공급하는 수단을 늘린다는 방침

(2) 국내 플레이어 동향

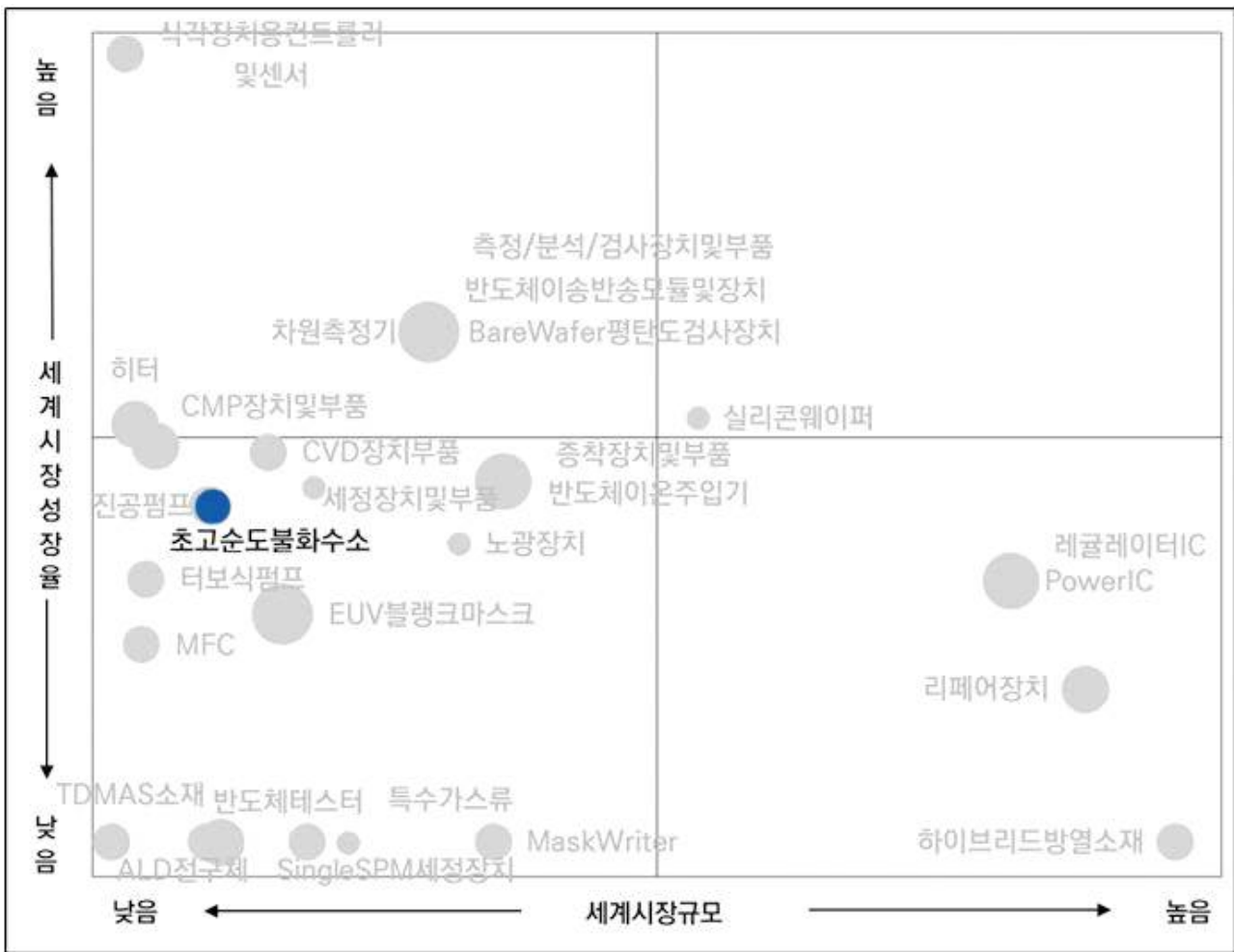
- 솔브레인과 이엔에프테크놀로지는 액체 형태 고순도 불화수소 양산기술을 보유하고 있으며, 전방 반도체 및 디스플레이 고객사와 함께 광범위한 국산화 테스트 시행 중
 - 솔브레인은 지난 1994년 일본 Stella Chemifa와 합작 생산 법인인 FECT를 설립하였으며, 이엔에프테크놀로지는 2010년 Morita Chemical과 함께 FEM Technology를 설립하며 반도체 불산계 식각액 시장에 진입
 - Stella Chemifa와 Morita Chemical이 이 합작 법인에 원재료를 공급하면 솔브레인과 이엔에프테크놀로지가 반도체 제조용 고순도 불소화합물(HF, NH₄F 등)을 생산해 국내 반도체 업체인 삼성전자, SK하이닉스에 판매하는 형태
 - 이 과정에서 솔브레인과 이엔에프테크놀로지가 불화수소 생산 기술을 확보한 것으로 보이며 공식적인 일본 수출 규제 발표 이전부터 중국으로부터 무수불산(AHF)을 들여와 액체 형태의 고순도 불화수소를 직접 만드는 형태로 국산화를 준비중
 - 현재 삼성디스플레이와 LG디스플레이는 불화수소 일본 의존도를 낮추기 위해 국산 불화수소로 대체하는 인증평가 절차를 진행 중이며, 결과가 긍정적일 경우 1~2개월 내 대체 가능할 예정
- 기체 형태 고순도 불화수소는 양산 가능한 국내 기업이 없지만, 기체 고순도 불화수소 원재료인 무수불산의 경우 국내 후성이 양산 중
 - 최근 전방 반도체 고객사와 함께 무수불산을 반도체 일부 공정에 적용하기 위한 테스트 중

4. 공급망 분석

가. 시장 매력도

- 초고순도 불화수소는 세계시장규모가 작고 세계시장성장율이 낮아 시장 매력도가 낮은 품목으로 나타남

(원크기 : 수익률)



다. 해외 지향성

- 초고순도 불화수소는 수출비중과 수입비중이 모두 높아 해외 시장 지향성이 높은 품목으로 나타남

(원크기 : 수출액)

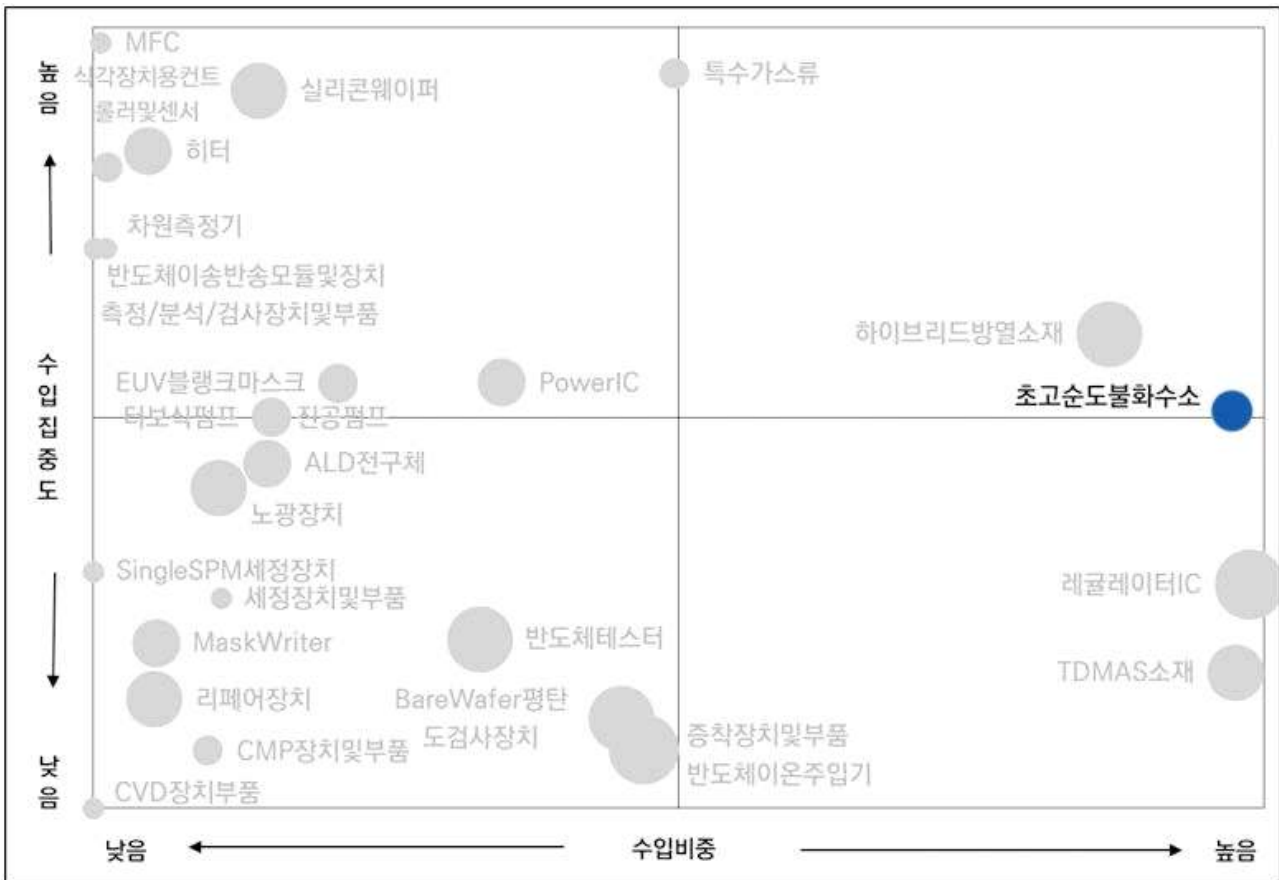


주 : (1) 수출비중 = 수출액/생산액주 (2) 수입비중 = 수입액/내수액

라. 수입 리스크

- 초고순도 불화수소는 수입비중이 높은 반면 수입 집중도는 낮게 나타나 수입 리스크가 크지 않은 품목으로 나타남

(원크기 : 수입액)



주 : 수입집중도(HHI지수) = (제1수입국 수입비중)² + (제2수입국 수입비중)² + (제3수입국 수입비중)²

마. 수출산업화

- 초고순도 불화수소는 수출비중이 높지만 무역특화지수가 낮아 수출산업화 잠재력이 낮은 품목으로 나타남

(원크기 : 수출액)



주 : 무역특화지수 = (수출액-수입액) / (수출액 + 수입액)

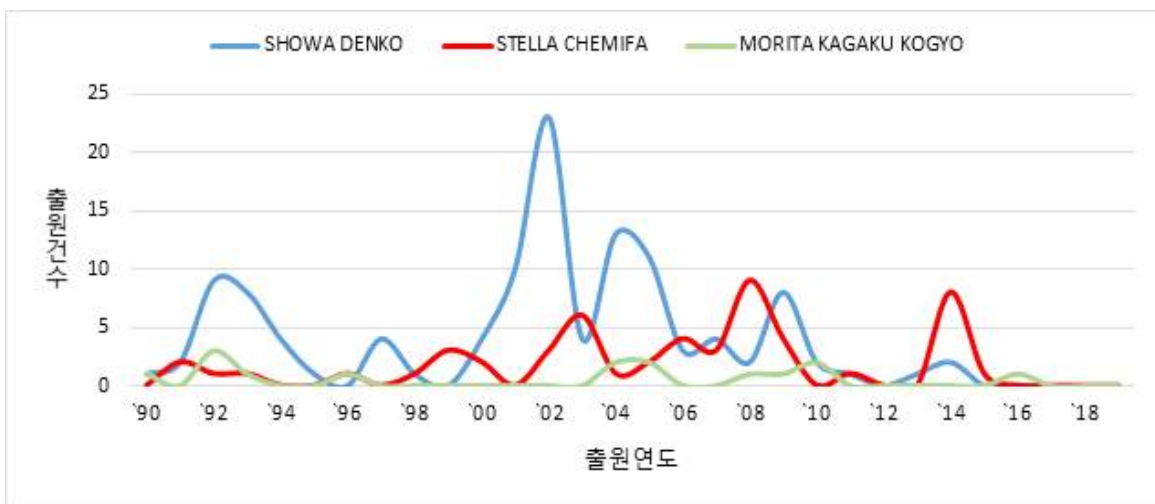
5. 주요 플레이어 특허동향

가. 해외 플레이어 특허 동향

(1) 출원 동향

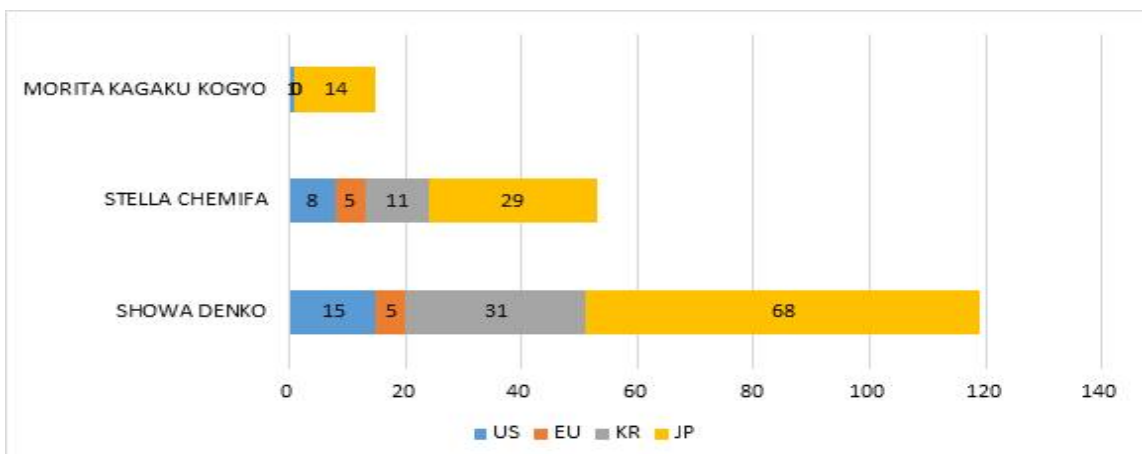
□ 연도별 출원동향

- 해외 주요 플레이어 각각의 출원동향을 살펴보면, Showa Denko 2002년에 집중적으로 출원하였으며 이후 점차 출원이 줄어들다가 2015년부터 출원하지 않고 있으며, Stella Chemifa는 2008년과 2014년에 다수 출원하였으며, Morita Kagaku Kogyo는 1990년대부터 2016년까지 간헐적으로 출원하다가 2017년부터 출원하지 않는 상황



□ 국가별 출원동향 (건수)

- 해외 주요플레이어 각각의 국가별 출원동향을 살펴보면, 공통적으로 일본에 집중적인 출원이 이뤄지고 있는 것으로 파악되어, 해외 주요플레이어들이 일본시장을 중요하게 생각하는 것으로 판단할 수 있음

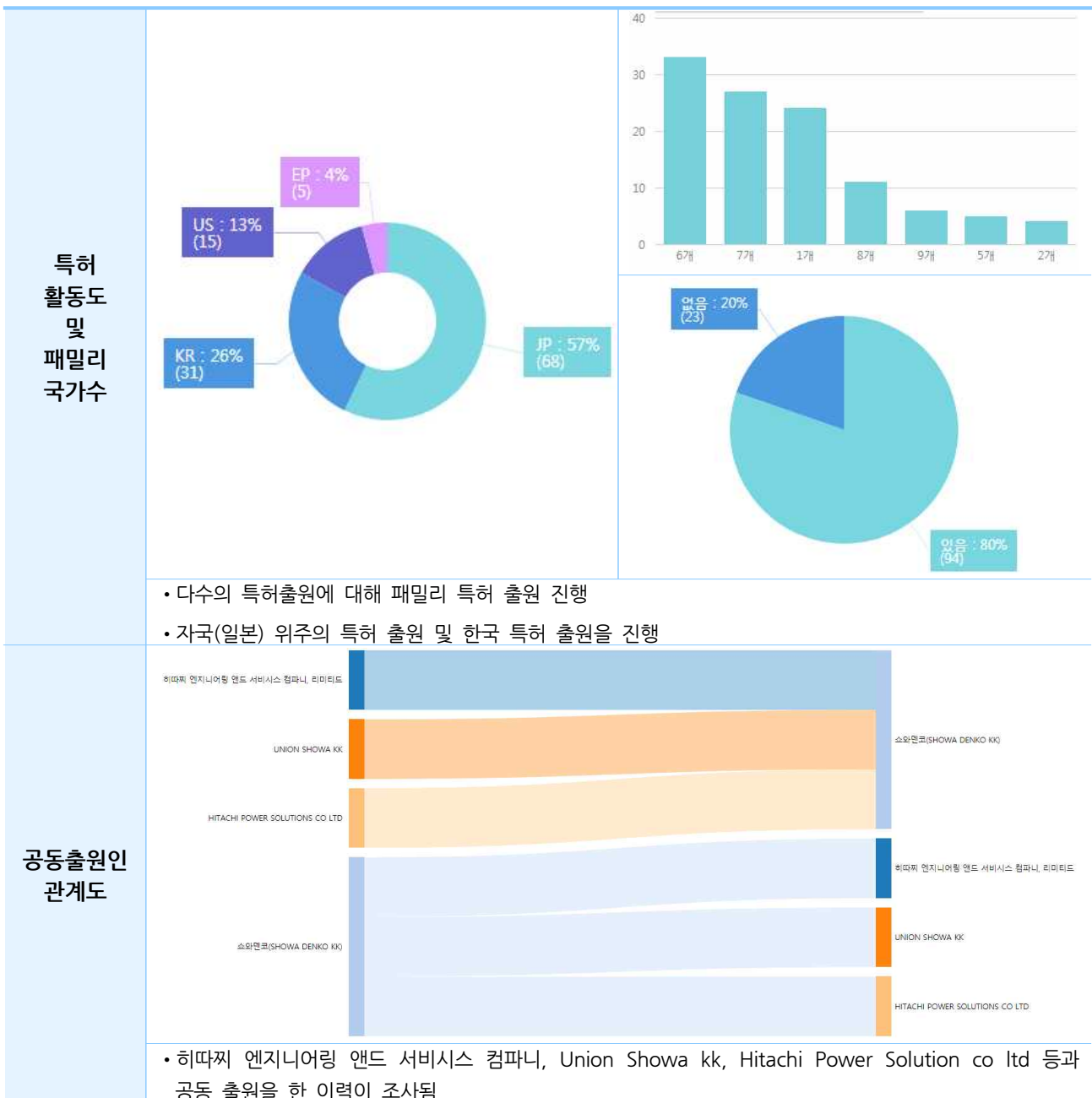


(2) 해외 플레이어 심층분석3)

◎ 해외 대표 플레이어 심층 분석 - SHOWA DENKO

- 1980년 특허 출원 활동을 시작으로 지속적으로 특허 출원 활동을 진행함 (총 특허 출원 : 119건)

[SHOWA DENKO 심층 분석]



3) PAJ(일본영문초록) 및 과거분이 분석에는 활용되지 않아, 그래프 결과와 분석 결과 간의 건수 차이가 존재할 수 있음

◎ 주요 등록 특허

□ SHOWA DENKO

[SHOWA DENKO 주요특허 리스트]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
JP 5653928 (2010-10-26)	불소 함유 화합물의 정제 방법	염화수소를 포함한 불소 함유 화합물(조불소 함유 화합물)에서 염화수소를 분리 제거하는 불소 함유 화합물의 정제 방법	-
JP 5473928 (2009-10-02)	2 불화 카르보닐 제조 방법	반도체용 식각 가스, 반도체용 클리닝 가스 등으로서 주목되어 있는 2 불화 카르보닐 제조 방법	-
JP 5495642 (2009-07-09)	2 불화 카르보닐의 정제 방법	반도체용 식각 가스, 반도체용 클리닝 가스 등으로서 주목되어 있는 2 불화 카르보닐의 정제 방법	-
JP 5430567 (2009-06-24)	1,2,3,4-테트라클로로 헥사플루오로 부탄 제조 방법	반도체용 식각 가스 등으로서 주목되어 있는 헥사플루오로-1,3-부타디엔의 합성 원료 등으로서 유용한 고순도 1,2,3,4-테트라클로로 헥사플루오로 부탄을 효율적으로 제조하는 방법	-
KR 10-1357455 (2009-05-11)	1,2,3,4-테트라클로로헥사플루오로 부탄의 제조 방법 및 정제 방법	1,2,3,4-테트라클로로헥사플루오로부탄 의 제조 방법 및 정제 방법	-


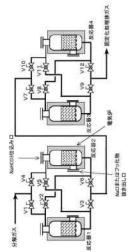
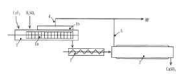
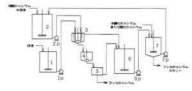
□ STELLA CHEMIFA

[STELLA CHEMIFA 주요특허 리스트]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
KR 10-1527700 (2014-06-06)	디플루오로인산염의 제조 방법	고순도의 디플루오로인산염을 간편하면서 공업적으로 유리하게 제조 가능한 디플루오로인산염의 제조 방법	-
KR 10-1521069 (2014-06-06)	디플루오로인산염의 정제 방법	이차전지용 비수 전해액의 첨가제로서 매우 유용한 디플루오로인산염의 정제 방법	-
KR 10-1488146 (2014-06-06)	디플루오로인산염의 제조 방법	고순도의 디플루오로인산염을 간편하면서 공업적으로 유리하게 제조 가능한 디플루오로인산염의 제조 방법	-
US 10112835 (2014-06-06)	Method for purifying difluorophosphate	비수 전해액의 첨가제로서 매우 유용한 디플루오로인산염의 정제 방법	-

□ MORITA KAGAKU KOGYO

[MORITA KAGAKU KOGYO 주요특허 리스트]

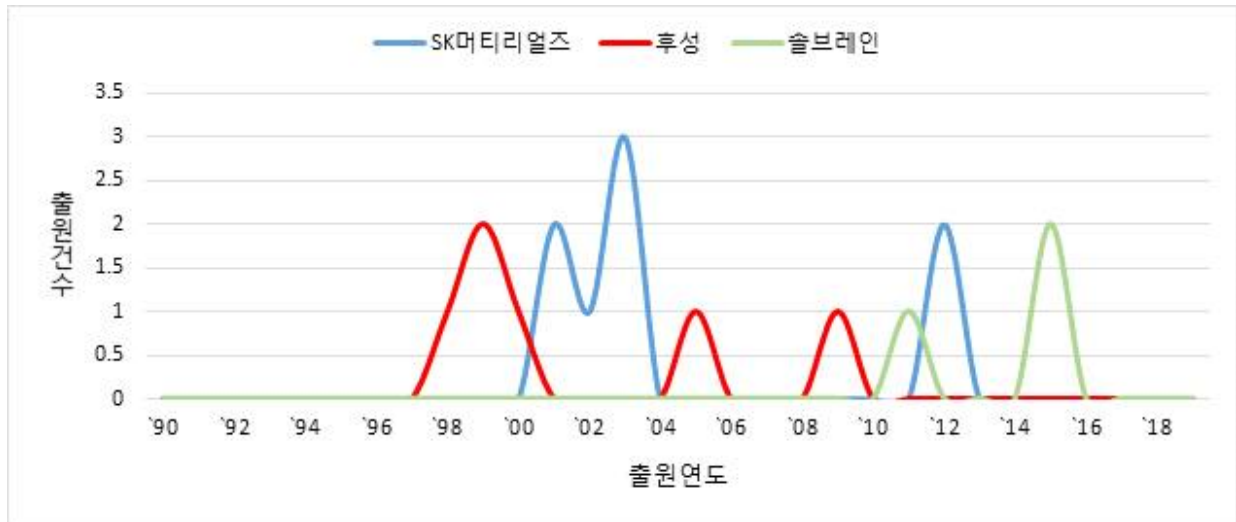
등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
JP 5489766 (2010-02-09)	폐액에서 알칼리 금속 규불화물과 질산을 제조하는 방법	반도체나 태양전지 관계의 실리콘을 기재로 하는 산업에서 실리콘 모재의 가공이나 실리콘 기반 세척에 사용된 후의 불화 수소산과 질산의 혼산 폐액에서 유기물인 고순도의 규불화 나트륨으로 대표되는 알칼리 금속 규불화물과 질산을 제조하는 방법	-
JP 5049987 (2009-02-25)	불소 이온의 고정화 및 불소 재활용 방법	산성 영역에서 약알칼리성 영역 가용성 불소 이온을 대상으로 하는 불소의 고정화 처리 기술	
JP 5399051 (2008-11-19)	프레온 파괴 가스, 또는 건식 식각 배가스 중의 염소 및 불소의 선택적 고정화와 회수물의 재활용	프레온 파괴 가스, 또는 건식 식각 배가스 중에 포함되는 염화수소 및 불화 수소를 건식법에 의해 선택적으로 고정화하고 염소분은 염화 나트륨의 고형물로서 불소분은 불화 나트륨 및/또는 산성 불화 나트륨으로서 분별 회수하는 방법과 이들의 회수물을 재이용하는 방법	
JP 4652948 (2005-10-21)	회수 불화 칼슘을 이용한 불화 수소 제조 방법	천연의 불화 칼슘(형석)을 사용하는 종래 방법과 비교해서 불소 재활용을 목적으로 회수된 비교적 고순도의 불화 칼슘을 이용함으로써, 에너지면에서 반응 수율의 면에서 또한 설비면에서 불화 수소를 효율적으로 제조하기 위한 방법	
JP 4391429 (2005-02-01)	질산을 포함한 불소 함유배액의 처리 방법과 재이용법 및 그 재활용 방법	질산을 포함한 불소 함유배액에서 불화 수소 제조용 원료로서 이용할 수 있는 순도 및 입자 지름을 가지는 불화 칼슘을 회수하는 것을 특징으로 하는 불소의 고정화 처리 방법	

나. 국내 플레이어 특허 동향

(1) 출원 동향

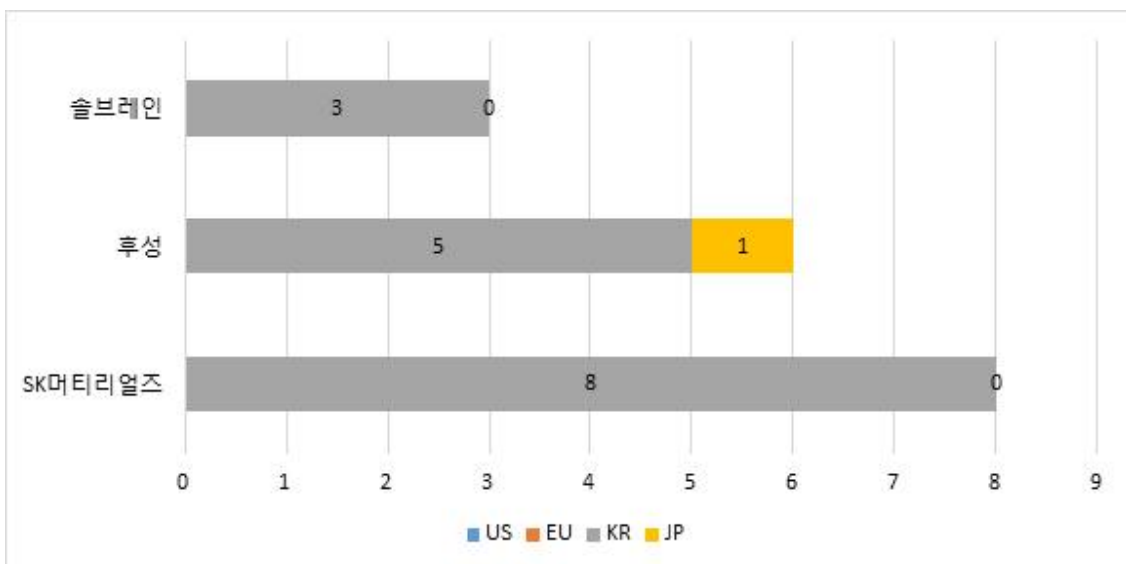
□ 연도별 출원동향

- 국내 주요플레이어 각각의 출원동향을 살펴보면, 세 기업모두 간헐적으로 출원하였으며 SK머티리얼즈는 2013년, 후성은 2010년, 솔브레인은 2016년부터 출원하지 않는 상황



□ 국가별 출원동향 (건수)

- 국내 주요플레이어 각각의 국가별 출원동향을 살펴보면, 공통적으로 한국에 집중적인 출원이 이뤄지고 있는 것으로 파악되며, 국내 주요플레이어들이 자국시장인 한국시장을 중요하게 생각하는 것으로 판단할 수 있음



(2) 국내 플레이어 심층 분석4)

◎ 국내 대표 플레이어 심층 분석 - SK머티리얼즈

- 2001년 이후 특허 출원 활동을 진행함 (총 특허 출원 : 8건)

[SK머티리얼즈 심층 분석]

<p>특허 활동도 및 패밀리 국가수</p>	<p>KR : 100% (8)</p>	<p>없음 : 100% (8)</p>
<p>공동출원인 관계도</p>	<p>-</p> <ul style="list-style-type: none"> • 자국 위주의 출원활동 진행 • 해당 품목에 대한 공동출원을 진행한 이력이 조사되지 않음 	

4) 과거분이 분석에는 활용되지 않아, 그래프 결과와 분석 결과 간의 건수 차이가 존재할 수 있음

- 전체 특허를 분석한 결과, 합성 가스, 삼불화 질소, 질소 합성 가스, 질소 가스, 고순도 삼불화 질소, 제조 원료, 육불화 인산 리튬, 불화 칼륨, 결정 화기 등의 키워드가 고르게 도출됨
- 2구간(2010년~2019년)에는 육불화 인산 리튬, 결정 화기, 양극 음극 가스, 제조 장치 등의 키워드가 새롭게 다수 도출되는 것으로 분석

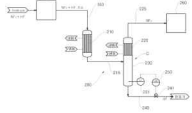
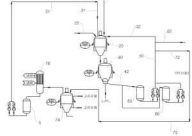
[SK머티리얼즈 기술집중도]

전체구간(1990년~2019년)						
스마트 클라우드						
	<ul style="list-style-type: none"> • 합성 가스, 삼불화 질소, 질소 합성 가스, 질소 가스, 고순도 삼불화 질소, 제조 원료, 육불화 인산 리튬, 불화 칼륨, 결정 화기, 고순도 불소, 양극 음극 가스, 산화성 불순물, 제조 장치, 불화 리튬, 금속 성분, 혼합 용액, 회수 장치, 불화 암모늄, 불화물 제거 유닛, 회수 유닛, 제조 발생, 전처리 단계 					
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>1구간(2000년~2009년)</th> <th>2구간(2010년~2019년)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> • 합성 가스, 삼불화 질소, 질소 합성 가스, 질소 가스, 고순도 삼불화 질소, 불화 칼륨, 고순도 불소, 산화성 불순물, 산소 함유 삼불화, 티오황산 칼륨 수용액, 황화 칼륨 수용액, 흡착 제거, 질소 가스 정제, 수산화 칼륨 수용액, 불화 칼륨 수용액, 순도 불화 칼륨, 암모니아 성분, 암모니아 정제 과정, 시간 비용, 농약 의약품 제조 </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> • 육불화 인산 리튬, 결정 화기, 양극 음극 가스, 제조 장치, 불화 리튬, 금속 성분, 혼합 용액, 회수 장치, 불화 암모늄, 불화물 제거 유닛, 회수 유닛, 제조 발생, 전처리 단계, 회수 단계, 용해 제거, 용액 공급 라인, 유기 용매, 용매 공급 라인, 제조 양극 음극, 제조 원료, 폐수 처리 비용 </td> </tr> </tbody> </table>	1구간(2000년~2009년)	2구간(2010년~2019년)			<ul style="list-style-type: none"> • 합성 가스, 삼불화 질소, 질소 합성 가스, 질소 가스, 고순도 삼불화 질소, 불화 칼륨, 고순도 불소, 산화성 불순물, 산소 함유 삼불화, 티오황산 칼륨 수용액, 황화 칼륨 수용액, 흡착 제거, 질소 가스 정제, 수산화 칼륨 수용액, 불화 칼륨 수용액, 순도 불화 칼륨, 암모니아 성분, 암모니아 정제 과정, 시간 비용, 농약 의약품 제조
1구간(2000년~2009년)	2구간(2010년~2019년)					
<ul style="list-style-type: none"> • 합성 가스, 삼불화 질소, 질소 합성 가스, 질소 가스, 고순도 삼불화 질소, 불화 칼륨, 고순도 불소, 산화성 불순물, 산소 함유 삼불화, 티오황산 칼륨 수용액, 황화 칼륨 수용액, 흡착 제거, 질소 가스 정제, 수산화 칼륨 수용액, 불화 칼륨 수용액, 순도 불화 칼륨, 암모니아 성분, 암모니아 정제 과정, 시간 비용, 농약 의약품 제조 	<ul style="list-style-type: none"> • 육불화 인산 리튬, 결정 화기, 양극 음극 가스, 제조 장치, 불화 리튬, 금속 성분, 혼합 용액, 회수 장치, 불화 암모늄, 불화물 제거 유닛, 회수 유닛, 제조 발생, 전처리 단계, 회수 단계, 용해 제거, 용액 공급 라인, 유기 용매, 용매 공급 라인, 제조 양극 음극, 제조 원료, 폐수 처리 비용 					

◎ 주요 등록 특허

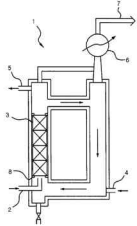
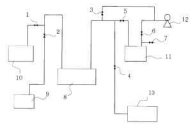
□ SK머티리얼즈

[SK머티리얼즈 주요특허 리스트]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
KR 10-1320794 (2012-12-28)	삼불화질소 가스의 제조 시 양극/음극에서 발생된 불화수소의 회수장치 및 회수방법	삼불화질소(NF ₃) 가스의 제조 시 양극/음극에서 발생된 불화수소(HF)의 회수장치 및 회수방법	
KR 10-1223384 (2012-06-01)	육불화인산리튬의 제조장치 및 제조방법	육불화인산리튬(LiPF ₆)에 포함된 불화리튬(LiF)과 금속 성분 등의 불순물을 용해 제거함으로써, 고순도의 육불화인산리튬(LiPF ₆)을 제조할 수 있는 육불화인산리튬(LiPF ₆)의 제조장치 및 제조방법	
KR 10-0641603 (2003-09-04)	고순도 불소의 제조방법	고순도 불소(F ₂)의 제조방법에 관한 것으로, 본 발명에 따라 제조된 불소는 순도 99.999% 이상의 고순도이므로 고순도 삼불화질소(NF ₃) 제조됨	-
KR 10-0553987 (2003-09-04)	삼불화질소 가스의 정제방법	삼불화질소(NF ₃) 가스를 정제하는 방법	-
KR 10-0553592 (2003-09-04)	고순도 삼불화질소의 제조방법	원료 암모니아로서 메틸아민 함량이 20ppm 이하인 것을 사용함을 특징으로 하는 고순도 삼불화질소(NF ₃)의 제조 방법	-

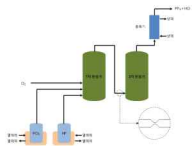
□ 후성

[후성 주요특허 리스트]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
KR 10-0655225 (2005-01-24)	4-플루오로에틸렌카보네이트의 제조방법 및 장치	EC와 F ₂ /N ₂ 혼합가스를 직접 반응시켜 FEC를 제조하는 방법에 있어서, 온화한 반응조건으로 반응전환율과 선택율이 우수하고 간단한 정제공정만으로 고순도의 제품수득이 가능한 FEC 제조방법과 FEC 제조용으로 유용한 반응장치를 제공	
KR 10-0353491 (2000-02-22)	퍼플루오로에탄의 제조방법	에탄계 수소화 불화탄소(hydro fluoro carbon) 화합물을 삼불화코발트로 불소화하여 고순도의 퍼플루오로 에탄을 제조하는 방법	

□ 솔브레인

[솔브레인 주요특허 리스트]

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	도면
KR 10-1395860 (2011-07-13)	육불화인산리튬의 제조방법	삼염화인(PCl ₃)과 염소(Cl ₂), 불화수소(HF)를 끓는점 이상으로 가온하여 가스 상태로 2회 연속 반응시킴으로써 고순도, 고수율의 육불화인산리튬(LiPF ₆) 제조하는 방법 및 상기 제조방법을 이용하여 제조되는 육불화인산리튬	

다. 특허기반 기술이슈 도출

◎ 주요 플레이어 키워드 분석(국내외 6개사)

- 총 6개사의 전체 특허를 분석한 결과, 초고순도 불화수소에 사용되는 불화수소, 불소 가스, 불소화 촉매, Hydrogen Fluoride, 불화수소산, 헥사플루오, 식각 가스, 플루오로 에탄 등의 키워드가 고르게 도출됨
- 2구간(2010년~2019년)에는 식각 가스, 헥사플루오, 불소 가스, 디플루오로 인산염 등의 키워드가 새롭게 다수 도출되는 것으로 분석되며 불화수소는 꾸준히 도출되는 것으로 분석

[특허 키워드 변화로 본 기술개발 동향 변화]

전체구간(1990년~2019년)						
스마트 클라우드						
	<p>• 불화 수소, 불소 가스, 불소화 촉매, Hydrogen Fluoride, 불화 수소산, 헥사 플루오, 식각 가스, 플루오로 에탄, 탄소질 흡착제, 탄소 원자, 플루오로 메탄, 클리닝 가스, 유기 용매, 디플루오로 인산염, 테트라 클로, 불화 칼슘, Fluorine Gas, Fluorination Catalyst, 디플루오로 메탄</p>					
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>1구간(2000년~2009년)</th> <th>2구간(2010년~2019년)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> <p>• 불화 수소, 불소 가스, 불소화 촉매, Hydrogen Fluoride, 불화 칼슘, 탄소 원자, 불화 수소산, 헥사 플루오, 식각 가스, 플루오로 에탄, 불소화 촉매, 탄소질 흡착제, 플루오로 에탄, 불화 수소 제조, Fluorination Catalyst, 칼슘 화합물, 제조 공정, Gas Phase, 디플루오로 에탄, Fluorine Gas, 헥사 플루오, 불포화 화합물, 반도체 소자, 반응 생성물, 플루오로 니켈, 테트라 플루오로 실란</p> </td> <td> <p>• 불화 수소, 식각 가스, 헥사 플루오, 불소 가스, 디플루오로 인산염, 불소화 촉매, 유기 용매, 클리닝 가스, 테트라 클로, 불화 수소산, 가열 건조, Hydrogen Fluoride, 플루오로 에탄, 알칼리 금속, 불화 카르보닐, 플루오로 메탄, 고액 분리, Fluorine Gas, 불화 인산염, 무수 불화 수소산, 평균 세공 지름, 탄소질 흡착제</p> </td> </tr> </tbody> </table>	1구간(2000년~2009년)	2구간(2010년~2019년)			<p>• 불화 수소, 불소 가스, 불소화 촉매, Hydrogen Fluoride, 불화 칼슘, 탄소 원자, 불화 수소산, 헥사 플루오, 식각 가스, 플루오로 에탄, 불소화 촉매, 탄소질 흡착제, 플루오로 에탄, 불화 수소 제조, Fluorination Catalyst, 칼슘 화합물, 제조 공정, Gas Phase, 디플루오로 에탄, Fluorine Gas, 헥사 플루오, 불포화 화합물, 반도체 소자, 반응 생성물, 플루오로 니켈, 테트라 플루오로 실란</p>
1구간(2000년~2009년)	2구간(2010년~2019년)					
<p>• 불화 수소, 불소 가스, 불소화 촉매, Hydrogen Fluoride, 불화 칼슘, 탄소 원자, 불화 수소산, 헥사 플루오, 식각 가스, 플루오로 에탄, 불소화 촉매, 탄소질 흡착제, 플루오로 에탄, 불화 수소 제조, Fluorination Catalyst, 칼슘 화합물, 제조 공정, Gas Phase, 디플루오로 에탄, Fluorine Gas, 헥사 플루오, 불포화 화합물, 반도체 소자, 반응 생성물, 플루오로 니켈, 테트라 플루오로 실란</p>	<p>• 불화 수소, 식각 가스, 헥사 플루오, 불소 가스, 디플루오로 인산염, 불소화 촉매, 유기 용매, 클리닝 가스, 테트라 클로, 불화 수소산, 가열 건조, Hydrogen Fluoride, 플루오로 에탄, 알칼리 금속, 불화 카르보닐, 플루오로 메탄, 고액 분리, Fluorine Gas, 불화 인산염, 무수 불화 수소산, 평균 세공 지름, 탄소질 흡착제</p>					

6. 전략제품 기술 개발 전략

가. 중소기업 기술 개발 전략

- 고순도 불화수소에 포함된 미량의 불순물을 제거하여 99.999999999% 이상의 초고순도 불화수소를 제작하는 기술 개발
- 초음파 진동을 이용하여 불순물 제거 효율을 증대 시키는 정제 기술 개발
- 고수율의 초고순도 불화수소 정제 및 에칭공정에 적합한 성질을 가지는 초고순도 불화수소 정제 기술 개발
- 반응성이 크고 유해한 초고순도 불화수소의 운반, 저장 및 관리 기술 개발

나. 핵심기술 리스트

[초고순도 불화수소 분야 핵심기술]

요소기술	개요
12나인 초고순도 불화수소	<ul style="list-style-type: none"> • 무수 불산으로부터 미량의 AsH₃, BF₃, PF₅, SiF₄, FeF₃, SF₆, As 등의 불순물을 제거하는 정제분리 기술 • Stella Chemifa가 보유한 12나인 초고순도 불화수소 제조 기술을 대체하여 독자적인 12나인 초고순도 불화수소 제조 기술의 확보
초음파 진동을 이용해 불순물을 제거한 초고순도 불화수소	<ul style="list-style-type: none"> • 고순도급 불산에 불순물을 제거하기 위한 혼합물을 첨가하고, 이들 첨가물에 초음파 진동을 가해 불순물을 제거하는 정제 기술 • 초음파 진동을 통해 불산 중의 불순물과의 접촉을 증대기술 확보
증류 정제를 이용해 불순물을 제거한 초고순도 불화수소	<ul style="list-style-type: none"> • 수율을 높이기 위한 초고순도 불화수소 정제 기술 및 에칭공정에 적합한 성질을 가지는 초고순도 불화수소 정제 기술
기체 형태의 고순도 불화수소	<ul style="list-style-type: none"> • 기체 고순도 불화수소 원재료인 무수불산을 이용하여 기체 형태의 고순도 불화수소를 생산하는 기술 • 기체 형태의 고순도 불화수소 양산이 가능한 국내 기업 양성
불화수소 운송, 보관, 관리 기술	<ul style="list-style-type: none"> • 불화수소의 운송, 보관 및 관리하는 기술 • 정제 기술뿐만 아니라 강산에 비해 반응성이 크고 인체에 끼치는 유독성이 심한 운송, 보관 및 관리에 대한 기술력 확보

다. 기술이전 관련 정보

없음