

2021. 07

# 유망시장 Issue Report

가스 센서



## 목 차

I . 개요	01
II . 정책동향	05
III . 기술동향	12
IV . 시장동향	21
V . 산업동향	24

## I. 개요

### 1. 아이템 개요

- 가스센서는 기체 중에 포함된 특정의 성분가스를 검지하여 그 농도에 따라 적당한 전기신호로 변환하는 소자를 의미함
  - 가스센서는 유독가스가 발생하는 환경에서의 가스 검출, 음식물 부패의 사전 진단, 의료기기 등 다양한 분야에 활용됨
  - 최근 산업 현장, 일반 가정, 가전제품 등에 이르기까지 다양한 가스의 사용이 폭발적으로 증가하여 가스센서의 중요성이 크게 부각됨



[그림] 가스센서

※ 출처 : Devicemart 홈페이지

- 휴대용 가스센서 수요 증가에 따라 초소형 저전력 센서의 수요가 급증하고 있음
  - 휴대용 가스센서는 안전거리에서 사용이 가능하며, 적은 설치비용과 간소한 크기로 인한 사용상 이점을 지님
  - 휴대용 기기에 대한 수요 증가는 스마트 가스센서의 발달을 가져와 향후 수년 간 가스센서 시장에서 주요 부분을 차지할 것으로 예상됨
  - 기존의 가스센서는 소비전력이 크고 크기가 커서 제한적인 서비스만 가능하므로, 이를 대체하는 초소형 저전력 가스센서 소자 양산화가 필요함
  - 소비전력이 적은 온·습도 센서 위주로 적용된 기존의 유비쿼터스 센서 노드는 서비스 범위가 제한적이거나 저전력 가스센서가 탑재될 경우 다양한 기능이 가능하며 유비쿼터스 센서 네트워크 산업이 활성화 될 것으로 기대됨

- 가스 센서는 가스의 농도(concentration)를 측정하는 센서로, 여기서 농도는 전체 가스 중에 특정 가스가 차지하는 비율을 의미하며 그 단위로는 ppm, %, %LEL 등이 있음
- 가스 센서의 측정방식(원리)은 다양한 분류가 있으나 가스를 검출하는 원리에 따라 분류해 보면 광학식, 접촉식, 복합식으로 구분
  - 광학식은 가스분자의 화학반응이 일어나지 않는 비접촉식이며 접촉식은 가스분자와 반응물질 간에 직접 접촉되는 방식, 복합식은 광과 화학반응이 발생하는 원리

[표] 가스 센서 종류별 특징

구분	특징
접촉식	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 전기화학식(Electro Chemical)</li> <li>• 반도체식(Semiconductor)</li> <li>• 고체 전해질식(Solid Electrolyte)</li> </ul>
복합식	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 광 이온화 방식(Photoionization)</li> <li>• 전반사(ATR)</li> </ul>
광학식	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 비분산 적외선 방식(NDIR)</li> <li>• 광 음향 방식(Photo Acoustic)</li> </ul>

※ 출처 : 주목받는 비분산적외선 가스센서란 무엇인가, 이엘티센서, 2020

[표] 가스 센서 종류별 장단점 비교

구분	접촉식		광학식
	전기화학식	반도체식	NDIR
측정원리	산화 환원 반응에 의한 기전력 측정	전기 저항의 변화량 측정	가스 분자의 고유 흡수파장 이용
가스선택성	보통	나쁨	우수
재현성	우수	나쁨	우수
수명	단수명, 2~6년	단수명, 2~6년	장수명, 10년 이상
측정한도	우수	보통	보통
온습도간섭	높음	높음	낮음
크기	중형, 소형	소형	중형
단가	중고가	저가	중고가

※ 출처 : 주목받는 비분산적외선 가스센서란 무엇인가, 이엘티센서, 2020

- 가스센서용 소자는 대기환경, 운송기기, 의료, 식품, 군사 및 안전방재 분야 등 다양한 분야에 활용되고 있음

[표] 가스센서용 소자의 응용기기

활용분야	주요활용	활용사례
대기환경	<ul style="list-style-type: none"> <li>지하철, 지하상점, 주차장 등 실내와 실외에 존재하는 다종의 공기 오염원을 동시에 감지 및 모니터링</li> <li>가스량 경보, 환경가스 감지 등</li> </ul>	 <p>가정용 가스검지기</p>
운송용 기기	<ul style="list-style-type: none"> <li>공조기기에 부착하여 유해가스 유입을 차단(NO, NO2, SO2, CO, CxHr 등의 유입을 감지)</li> <li>배기가스 규제, 유해가스 차단 등</li> </ul>	 <p>AQS(Air Quality System)</p>
의료	<ul style="list-style-type: none"> <li>인체호흡으로 발생하는 가스들을 분석</li> <li>호흡을 통한 음주 측정, 당뇨·간질환·폐암 등의 질병 감지</li> </ul>	 <p>차량용 음주운전 측정센서</p>
식품	<ul style="list-style-type: none"> <li>휘발성유기화합물(VOC: Volatile Organic Compounds)의 양을 감지하여 식품의 신선도 및 부패여부를 조기에 검출</li> <li>식중독 예방, 과일 숙성도 체크 등</li> </ul>	 <p>휴대용 전자코</p>
군사 및 안전방재	<ul style="list-style-type: none"> <li>재해 및 테러 시 발생하는 일산화탄소 등 생화학적 유독가스를 분석</li> </ul>	 <p>유독가스센서</p>

※ 출처 : 센서인사이트 홈페이지

## 2. Value Chain

- 후방산업은 반도체 웨이퍼, 공정 소재/부품, 센서 평가 장비 등으로 구성
  - 유해가스 검지 소재를 제작하는데 있어 필요한 공정 (반도체 공정과 유사) 부분들이 존재하며, 센서 시장의 증가와 함께 발전 중

[표] 유해 가스용 검지 소재의 산업구조

후방산업	유해가스 검지용 소재	전방산업
반도체 웨이퍼, 반도체 공정 부품, 센서 평가 장비	유해가스 검지 센서	휴대용 기기, 바이오마커용 센서, 초고감도센서, 가스센서 어레이

※ 출처 : 중소기업 전략기술로드맵 2021-2023(재난/안전), 중소벤처기업부, 2020

- 전방산업은 기존의 센서 산업, 휴대용 기기 산업, 바이오마커용 센서, 초고감도 센서, 어레이 산업 등으로 구성
  - 전방산업은 4차 산업혁명으로 인한 다양한 IoT 제품의 증가로 여러 분야의 어플리케이션의 지속적인 생성 및 기술 수요 증대



[그림] 가스 센서 시장의 밸류 체인에서 유해가스 검지 소재의 위치

※ 출처 : 융합연구리뷰, 융합연구정책센터, 2019

## II. 정책동향

### 1. 국내 정책동향

- 가스 폭발 사고의 폭발적인 증가로 인한 가스 검지 센서의 필요성 증대
  - ‘19년 7월 3일 강릉테크노파크에서 수소저장탱크에 필요 이상의 산소 주입으로 인한 가스 폭발 사망사고 발생
  - ‘12년 9월 27일 불산탱크로리에서 불산가스 누출로 인한 가스 분출 사고, ‘13년 삼성전자 화성공장에서 불산 누출 사고 발생
  - ‘19년 8월 22일 경기 고양시의 공장에서 황화수소 누출 사고 발생
- 정부에서 추진 중인 소재 국산화 및 수소 경제 확대에 따른 가스 사용량이 증가할 것으로 예상되므로 이에 따른 안전 소재 확보가 필요
  - 과기부에서는 ‘20년도 정부연구개발 투자 방향 기준에 환경·기상 분야에 안전 및 화학 유해물질 처리 등을 언급하였으며, 소재·나노 분야에 고부가 융복합 소재 등을 제시
  - 정부는 첨단 스마트 센서 육성사업에 ‘15년부터 6년간 1,508억 원을 투입할 계획이며, ‘25년 센서 분야 4대 강국 진입을 목표로 선정

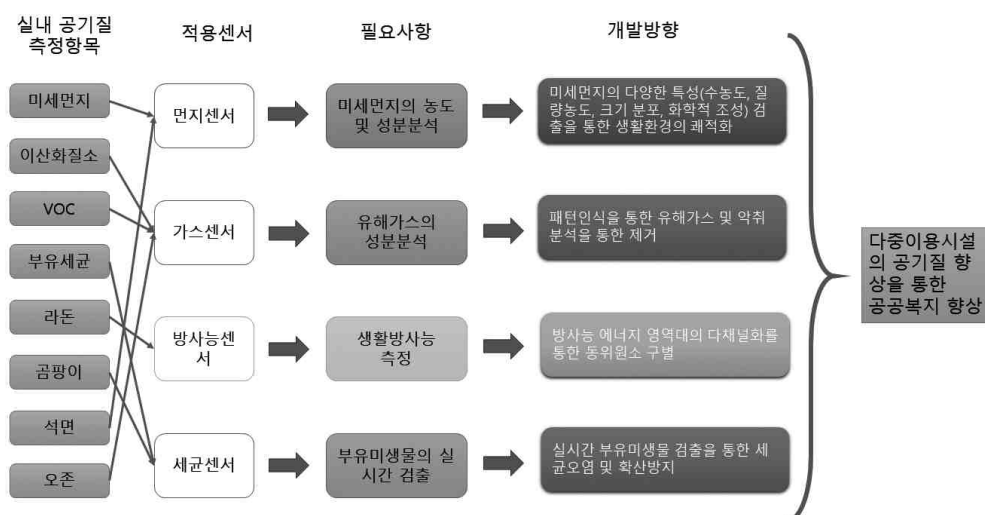


[그림] 정부의 환경오염물질 스마트 관리 정책

※ 출처 : 한국환경산업기술원 보도자료



- 2015년 ‘화학물질 등록 및 평가 등에 관한 법률’ 시행 및 ‘유해화학물질관리법’과 관련하여 화학업체들 사이에서 감지센서 수요가 증가하면서 더욱 주목받고 있는 상황임
- 정부는 ‘첨단 스마트 센서 육성사업’에 2015년부터 6년간 1,508억 원을 투자할 계획이며, 2020년 기준 42억 달러 생산과 21억 달러 수출을 달성할 것을 목표로 설정함
- 최근 국내에서는 초고감도 가스센서와 다양한 가스를 동시에 분석 가능한 가스센서 어레이 개발에 관한 연구가 활발히 진행 중임
- 정부는 지하역사, 지하도상가 외에도 보육시설, 의료기관, 찜질방, 대규모점포 등 21개 시설군을 다중이용시설로 규정하고 있으며, 최근 철도차량·시외버스 등 대중교통차량도 ‘14. 3. 23일부터 적용되어 총 22개 시설군이 공기질 관리대상에 포함되어 있음
  - 다중이용시설의 범위에 지상건물에 딸린 지하도상가 및 기숙사까지 범위가 확대되고 있으며, 공기질 유지기준 위반 시 환기설비 등의 설치를 명할 수 있는 등 제도적 기준이 강화되고 있음
  - 또한 다중이용시설은 공공복지성 사회간접자본으로써 타 산업 환경역량 강화를 통해 경쟁력을 높일 수 있음

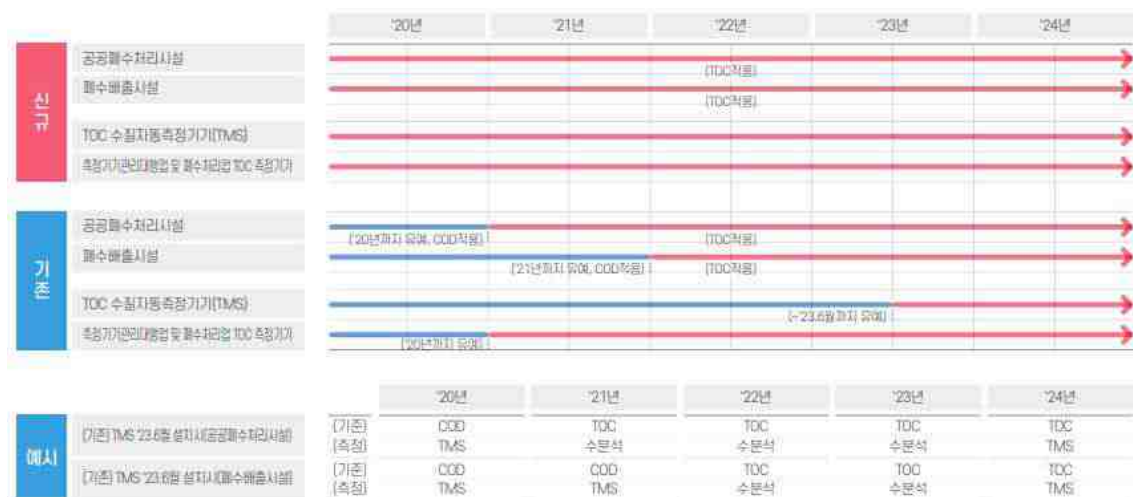


[그림] 다중이용시설 공기질 향상

※ 출처 : 공기산업을 선도하는 스마트 센서기술, KEIT PD Issue Report, 2020



- 환경부는 2020년부터 수질 유기물질 측정지표로서 총유기탄소(TOC, Total Organic Carbon)를 도입할 계획
- 하수나 폐수에 포함된 다량의 유기물질들이 처리되지 않은 채로 방류되면 공공수역의 수질을 악화시키기 때문에 지속적인 측정을 통한 점검이 필요
  - 대표적인 유기물질 측정지표로는 BOD(생화학적 산소요구량), COD(화학적 산소요구량으로 망간(Mn)이나 크롬(Cr)을 산화제로 이용), TOC 등이 사용
  - 현재 국내의 물환경보전법에서는 BOD와 COD(Mn)를 적용하고 있는데, 환경부는 2020년부터 유기물질 측정지표 COD(Mn)을 TOC로 전환할 계획
  - COD(Mn)은 난분해성 유기물질을 포함한 유기물 총량을 측정하지 못하고 시간이 다소 오래 걸린다는 점이 한계로 지적돼 왔음
  - 반면에, TOC는 수중에 존재하는 유기물의 90% 이상을 실시간 또는 30분 이내에 측정이 가능해 정확도와 분석시간 면에서 장점이 큰 것으로 알려짐



[그림] 유기물질 측정지표 전환 기준 및 시기

※ 출처 : 유기물질 측정지표 전환(COD에서 TOC로) 리플렛, 환경부, 2020

- 기존의 COD(Mn)과 비교해 생분해성 물질에 대해서는 규제가 크게 강화되지 않았지만, TOC가 COD와 달리 난분해성 물질에 대한 측정이 가능하기 때문에, 난분해성 물질을 배출하고 있는 사업장들은 적절한 대응책을 강구해야 할 것으로 판단됨
- 정부는 공공폐수처리시설 방류수 수질기준 및 수질오염물질 배출 허용 기준에 총유기탄소량 기준을 설정하고, 폐수처리업자가 갖추어야 하는 측정기기 종류를 총유기탄소량(TOC) 측정기기로 변경하는 내용을 2020년 1월부터 적용
- 2020년 7월 산업부는 첨단산업 세계 공장 도약을 위한 ‘소재 부품 장비 2.0 전략’을 발표하고 부품 국산화를 위해 투자를 진행하기로 함
  - 반도체, 미래차 등을 포함한 338개+ $\alpha$ 의 품목으로 2022년까지 기술 개발 및 상용화를 위해 R&D 투자, 평가 및 검증 테스트베드 구축 및 신뢰성·양산 평가에 집중 지원 중이나, 스마트 디바이스용 모션/터치/이미지 센서와 관련된 부품 투자는 확인된 바 없음
- 2020년 8월 관계부처 합동으로 「디지털 기반 산업 혁신성장 전략」을 발표해 빅데이터·AI를 활용한 디지털 혁신의 기반이 되는 지능형 반도체, 스마트 센서, 임베디드, AI 로봇 등 핵심 기술개발 지원을 강화할 예정임
  - 스마트기기를 이용한 헬스케어 등 첨단센서 핵심기술 개발 및 상용화를 지원하기 위해 10대 핵심센서를 선정하고, 주력·신성장 산업용 첨단 센서에 공통 적용되는 센서 소자 개발 및 자동차·모바일·로봇·보안·바이오·환경 분야 응용·상용화 기술을 주력 지원함
- 압력·관성·자기·영상·레이더·광학센서·바이오·음향·환경·적외선센서 등 2021년 1월 과학기술관계장관회의에서 소자부터 솔루션까지 전주기 기술개발을 추진하기 위한 “스마트 센서 R&D 투자전략”을 논의 및 확정함
  - 미래 글로벌 시장수요 등을 고려해 모바일, 가전, 자동차, 바이오헬스, 스마트 가전 등 4대 전략 분야를 선정하고, 센서 R&D 투자전략을 바탕으로 향후 관계부처와 함께 산업 생태계 지원 등 비 R&D를 포함한 “센서 산업 발전전략”을 수립·발표할 예정임

## 2. 해외 정책동향

### 가. 미국

- 미국은 ‘국가나노기술전략: National Nanotechnology Initiative (NNI)’을 통해 나노 소자 및 응용 기술 전반에 걸친 투자를 지속적으로 진행 중임
  - 2014년에는 17억 달러를 투자하였으며, 2001 ~ 2013년까지 미국의 나노기술분야 R&D 투자 총 누적 금액은 174억 1천만 달러를 기록함
  - 미국은 나노 기술의 경쟁력 유지를 위한 혁신전략으로 국가나노기술 전략계획(Nanotechnology Signature Initiatives)을 집중 추진하고 있으며, 2012년에는 나노센서를 주요 분야로 꼽음
  - NSI 프로그램 예산: (2012년) 2억 94백만 달러, (2013년) 3억 8백만 달러, (2014년) 3억 43백만 달러
- ‘15년 3월 초 탄화수소와 질소산화물을 포함한 배기가스 배출량을 2025년까지 30mg으로 81% 감축하도록 의무화하는 제도를 도입함
  - 이에 따라 최근 금속 나노 입자와 나노튜브 등의 결합을 통해 H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub>, CO, NO<sub>2</sub>, NO 등의 가스를 탐지하는 연구가 활발히 진행되고 있으며, 특히 저온에서 동작하며 감도가 높은 초고감도 가스센서 관련 연구를 진행 중임
- 최근 NASA AMES 연구소에서는 MEMS 기술 및 CNT 기술을 이용한 32개의 센서어레이 기술과 이를 신호처리 및 통신 네트워크와 결합하는 기술을 개발함
- 국방부, 에너지부 등 부처 중심으로 연구개발 컨소시엄 및 연구소 기관을 새롭게 설립하는 등 센서 생태계 전반을 지원하는 정책을 발표하였음
- 공공-민간 파트너십을 통한 제조 기술 개발에 중점을 둔 연구소 기관 네트워크인 NNMI (National Network for Manufacturing Innovation)를 발족해 상업화를 지원함
  - 미국 내 산업과 혁신 정책 간의 불일치를 해소하기 위해 설립되었고,

- 국내 제조 능력을 향상시키기 위해 모든 기술 수준에서 제조 인력을 양성하고, 공급망 통합과 중소 제조기업과의 협력을 목표로 함
- 연구소는 신기술 상용화에 따른 비용과 위험을 줄이거나, 기초연구부터 실증사업을 포함하는 현안 문제 해결 연계를 포함함
- 정부 주도 하에 스마트 제조 등 첨단 제조업 육성에 있어 제조혁신 생태계 조성을 위한 제조혁신연구소(Institutes for Manufacturing Innovation, IMI)를 설립 및 운영함
  - 제조혁신연구소가 첨단 기초연구와 제품 상용화 사이의 간극을 메우는 기능을 수행하며, 제조혁신 생태계 전반의 자생력을 높이고 있음
  - 정부와 기업의 매칭 펀드를 조성해 지역, 분야별 IMI를 설립하고 파트너십을 형성하여 관련 기술 및 인력 양성을 진행하고 있음

#### 나. 일본

- 일본의 경우 세계 온실기체자료센터를 일본 기상청 산하에 두어 운영하고 있으며, Ryori, Minamitorishima, Yonagunijima 등 3개소에서는 종합적인 기후변화 감시관측을 수행하고 있음
  - 특히 후쿠시마 원전사고로 인해 방사능을 포함한 유해물질에 대한 불안과 경각심이 심화되고 있고, 환경오염 가스를 감지할 수 있는 센서 개발에 대한 수요가 급증하고 있음
- 일본 오사카 대학에서는 고체 전해질을 이용하여 신뢰성이 높고 저가의 환경오염가스를 감지할 수 있는 센서를 개발하였으며, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub> 등의 감지가 가능함
- 일본 산업기술종합연구소(AIST)는 고감도, 고속 응답이 가능한 자동차 배기가스용 NO<sub>x</sub> 감지센서를 개발함
  - 실시간으로 NO<sub>x</sub> 농도를 측정해 엔진 연소방식을 제어할 수 있어 디젤자동차 등의 NO<sub>x</sub> 배출량을 줄일 수 있는 장점이 있음

- 4차산업혁명 대응 방안으로 “일본재흥전략 2016”의 5대 핵심 시책 내 “관민 전략 프로젝트 10” 중 하나로 로봇, 센서 산업 투자를 발표함
  - 로봇, 센서 디바이스 등에서 세계 최고 수준인 강점을 살려 IoT, 헬스케어 등 분야에 추가 응용하여 건강한 사회 구현을 목표로 함

#### 다. 유럽

- 유럽은 ECA라고 하는 유럽공동연구를 조직하여 실내공기오염 문제에 적극적으로 관여하고 있음
  - 실내공기질에 대한 관심이 높아짐에 따라 영국은 차량과 거리조형물 등에 무선 센서를 장착하여 도시의 대기오염에 대한 데이터를 무선 센서 네트워크로 수집·감시하는 모바일 환경센서 그리드(PMESG, Pervasive Mobile Environmental Sensor Grids) 프로젝트를 수행하기도 함
  - 스웨덴 OPSIS에서는 광투과 방식을 활용한 DOAS(dedicated outdoor air system)을 상용화하여 유럽 내 350개 측정소에 보급함
- 영국 맨체스터 대학의 퍼사우드 교수는 가스센서 어레이를 활용한 전자코 기술에 대해 최고권위자로 연구를 진행하고 있으며, 최근에는 공항이나 가정의 폭발성 가스 검출이나 CO 검출용 흑연판 센서를 개발 중임
- 유럽 센서 시스템 클러스터 (European Sensor Systems Cluster)에서는 센서 시스템의 유럽 선도를 위한 로드맵을 발표했으며, 독일은 “Industry 4.0”으로 부품 및 제조혁신 프로젝트를 추진함
  - 클러스터에서는 환경·실내·바이오/헬스·산업용/생산공정 등에 필요한 센서와 상업화 등의 측면에서 필요 요소기술 및 발전전략을 제시하고, 범유럽적 네트워크를 구축해 기술연구, 상용화 및 시스템 통합을 통한 사회적, 산업적 영향력 극대화를 목표로 추진하고 있음
  - 독일은 국내 제조업 경쟁력 향상뿐만 아니라 이를 세계 생산현장의 표준으로 정착시킴으로써 해외시장에서의 우위를 확보하기 위한 목표를 설정하고 추진하고 있음

### III. 기술동향

#### 1. 기술범위 및 특징

- 유해가스 검지용 소재는 가스의 종류 및 검출 방식에 따라 전기화학식 (Electrochemical), 접촉연소식 (Catalytic), 반도체식 (Semiconductor), 광이온화학식 (Photoionization)으로 구성되고, 각 기술에 따른 검출 한계 등이 다르게 구성

[표] 기술분류 관점 범위

기술개발 테마	기술분류 관점	세부기술
유해가스 검지용소재	전기화학식 가스 센서	<ul style="list-style-type: none"> <li>산소가스 센서, 유독 가스 센서, CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> 검지 센서</li> <li>갈바닉 전지방식 센서, 정전위 전해방식 센서</li> </ul>
	접촉연소식 가스 센서	<ul style="list-style-type: none"> <li>가연성 가스(H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>, C<sub>4</sub>H<sub>10</sub> 등) 검지 센서</li> <li>가연성 가스 경보기</li> </ul>
	반도체식 가스 센서	<ul style="list-style-type: none"> <li>CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, VOC 가스 검지 센서</li> <li>박막 형성 기술, 나노구조체 형성 기술, 소결 기술, 반도체식 가스 센서</li> </ul>
	광이온화학식 가스 센서	<ul style="list-style-type: none"> <li>가스에 의한 적외선 흡수도 변화 센서, CO, CO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, CxHy</li> <li>NDIR기술, 이산화탄소 측정 센서</li> </ul>

※ 출처 : 중소기업 기술국산화 전략품목 상세분석(전기전자), 중소벤처기업부, 2020

- 가스 검지용 소재는 그 목적 (저농도, 고농도, GHS 분류 기준)에 따라 수준별 용도 존재

[표] 용도별 분류

용도		세부 내용
저농도 가스 검지		<ul style="list-style-type: none"> <li>AI, IoT, 클라우드 등의 융합기술을 바탕으로 공정에 맞게 프로그래밍된 작업을 수행하는 방식에서 직접 학습, 상호작용 등이 가능한 솔루션을 제공</li> </ul>
고농도 가스 검지		<ul style="list-style-type: none"> <li>IoT, 생산빅데이터 등 ICT 기반으로 실시간 공장 최적 운영을 위한 SW 제공</li> </ul>
GHS 분류	산화성 가스 검지	<ul style="list-style-type: none"> <li>공장운영 통합, 기능 간 통합, 관리 기능 중심 및 기능 개별 운용</li> </ul>
	인화성 가스 검지	<ul style="list-style-type: none"> <li>기준정보/기술정보 연계 자동화, 기준정보/기술정보 개발 운영, CAD 사용 및 프로젝트 관리</li> </ul>
	급성 독성 가스 검지	<ul style="list-style-type: none"> <li>다품종 개발 협업, 다품종 생산 협업</li> </ul>

※ 출처 : 중소기업 기술국산화 전략품목 상세분석(전기전자), 중소벤처기업부, 2020

## 가. 전기화학식 센서

### ○ 접촉식 센서의 또 다른 대표적인 방식

- 전기화학식은 내장된 전극의 작용에 의해 측정 대상 가스가 산화 또는 환원 반응을 일으킬 때 발생하는 전류를 측정함으로써 가스의 농도를 검지
- 내부에 보통 3개의 전극이 있으며 산화(환원) 반응이 일어나는 검지 전극(working electrode)과 이와 동시에 환원(산화) 반응이 일어나는 대향전극(counter electrode), 그리고 산화환원 반응과 함께 변화하는 전위를 감지하고 전위를 일정하게 유지하기 위한 참조 전극(Reference electrode)
- 사용자는 센서 외부로 노출된 3개의 전극을 회로에 연결하여 사용

### ○ 사용자가 전기화학식의 정상작동 또는 성능평가를 위해서는 산소가 필요하기 때문에 공기 중에서 실시해야 함

- 표준가스를 주문할 때도 질소베이스가 아닌 공기베이스의 표준가스를 주문하여 시험
- 질소베이스의 표준가스에서 실시하면 반응량이 적어 측정치가 낮게 표시되며, 질소 환경에서 시험 시 초기 실험에서는 약 10 ~ 20%정도 수치가 낮게 나옴

### ○ 통상 산업분야에서 사용하는 전기화학식 센서의 사용은 2년 정도이나 생활 속에서 사용하는 센서는 대기 중에 해당 가스가 거의 없기 때문에 수명이 길게는 5년 이상까지도 사용 가능한 센서도 판매

### ○ 장점으로는 빠른 응답시간, 안정성, 낮은 농도도 감지 가능하고, 재현성이 우수한 반면 접촉식 센서의 단점인 다른 가스에 대한 반응성, 그리고 고농도에 노출시 수명이 빨리 단축된다는 단점

- 주로 전기화학식 센서로는 일산화탄소, 산소, 황화수소, 암모니아가스 등을 측정할 때 유리한 성능



## 나. 반도체식 센서

- 접촉식 센서의 대표적인 반도체식 가스센서는 감지 물질 반도체 표면에 가스가 접촉했을 때 일어나는 전기전도도의 변화를 이용하는 것이 많으며 대부분 대기 중에서 가열하여 사용하여 고온에서 안정한 금속 산화물이 주로 사용
  - 금속 산화물은 반도체의 성질을 나타내는 것이 많고, 이중 금속원자가 과잉 (산소 결핍)인 경우에는 n형 반도체, 금속원자가 결핍인 경우에는 p형 반도체가 됨
  - 이러한 금속 산화물 반도체 중 전기전도도가 크고 융점이 높아서 사용온도 영역에서 열적으로 안정한 성질을 가진 물질이 감지 소재로 센서에 이용되고 있음
- 검출회로의 구성이 간단한 편이고 가격이 저렴한 편이나 표면의 금속 산화물 반도체에 의해서 전기전도도가 변하기 때문에 여러 종류의 가스에 영향을 많이 받고 습도에도 반응하여 정확한 가스농도 측정에는 단점
  - MEMS의 소형화가 가능하고 상대적으로 가격이 저렴하여 정확도가 크게 중요하지 않는 대량 수요처에 많이 활용
- 생활 속의 많이 사용되는 반도체 방식 센서는 온습도 센서가 있으며, 가스 측정에는 휘발성 유기화합물(VOCs), 일산화탄소, 수소계 등을 측정할 때 많이 사용
  - 다른 가스에 영향이 크고 고농도에 노출되면 수명과 측정오차가 커진다는 단점이 극복하기 쉽지 않음

## 다. 복합식 센서

- VOCs를 측정할 때 반도체방식은 정확성에서 타 방식에 비해 어려움이 있으나 광이온화(PID Photoionization detector)방식으로 측정할 때 우수한 정확성과 재현성
  - PID 원리는 자외선(UV) 빛을 가스분자에 조사하여 양이온과 음이온화

시키고 이를 전극으로 집전시켜 가스농도에 비례한 전류를 감지하며 광 조사와 화학적 반응을 동반

- 현재 PID 센서를 장착한 측정기로 VOCs를 ppm 이하 ppb 저농도까지 재현성 있게 측정
- 하지만 경제적인 부담 없이 사용하기에는 가격이 타 방식에 비해 상대적으로 고가이기 때문에 타 방식의 센서처럼 확대되지 못하고 있고 VOC 측정에는 주로 반도체 방식을 사용

○ PID 특성으로 습도에 간섭이 적고 감도가 우수한 장점

#### 라. 광학식 가스 센서

○ 비분산적외선(NDIR Non-Dispersive Infrared)식은 여러 종류의 가스 측정 원리 중에서 비접촉식의 대표적 방식으로 정확성과 신뢰성, 안정성, 긴 수명 등의 장점을 가지고 있음

- 하지만 광학계 부품의 고가로 인해 타 방식에 비해 상대적으로 가격이 높아서 NDIR식은 주로 고가의 분석기에 사용되어 왔으나 지속적으로 광학센서의 사용량이 늘어나면서 광학계 부품들의 가격이 낮아져 일상 생활 속에서도 사용할 수 있게 됨
- 예로서 가장 대중화된 NDIR 이산화탄소 센서의 경우는 전기화학식이나 반도체식에 비해서도 가격의 차이가 없어져, 이로 인해 시장에서 이산화탄소 센서는 90% 이상을 NDIR식을 사용
- 최근 코로나바이러스로 인해 음주 측정용 알콜 센서 방식도 기존에 주로 사용하는 반도체식, 전기화학식 방식에서 비접촉식인 비분산 적외선식이 확대되고 있는 것도 정확성이 높고 비접촉으로 감지하기 때문
- 이산화탄소 센서의 경우처럼 광학식의 장점이 많아 가격이 낮아지면 기존 접촉식 센서가 광학식으로 확대될 것으로 예상
- 그리고 기존까지는 광학식 기술은 선진국에서 앞서 있었으나 국내 기술의 발전으로 대등한 기술 수준

○ 광학식 비분산적외선(NDIR) 가스 센서는 가스 분자가 특정 파장의 광을

흡수하는 특성을 이용하여 가스 농도에 대한 광 흡수율을 측정하는 방식

- 검지부의 중요 부품은 광원(Light Source)과 광 검출기(Light Detector), 그리고 광이 지나가는 경로와 광 효율을 결정하는 광 도파관(Optical Wave Guide 또는 Cavity - 아래 금색 부)이 있고, 광신호를 처리하는 회로부와 제어를 담당하는 펌웨어 부가 있음
- 이 중에서 광 도파관은 각 회사의 고유한 기술이며 광경로, 길이, 집광도 등의 광 효율성을 결정하는 핵심기술로서 회사의 주요 특허 대상



[그림] NDIR 가스 센서

※ 출처 : 주목받는 비분산적외선 가스센서란 무엇인가, 이엘티센서, 2020

- 측정기의 크기에 제한 없이 수 미터 이상 광 경로를 길게 할 수 있다면 측정 가능 농도가 낮아질 수 있지만 분석기가 아닌 센서류는 크기와 관련되기 때문에 수 센티미터 크기에서는 낮은 농도를 측정할 수 있는 한계성이 있음
  - 현재 이산화탄소와 메탄은 수 센티 크기의 모듈로도 제작 가능한 기술이 개발되었고 지속적으로 소형화되고 있음

## 2. 국내/외 기술 Trend

### ○ 전기화학식 가스 센서 저전력 제품 개발

- 고분자막 및 전해액 박막을 검출대상가스가 전극에서 전기화학적으로 산화 또는 환원되어 발생하는 전류를 측정하여 가스농도를 측정하는 방법으로 지속적인 전류 소모가 발생
- 기존의 전기화학식 가스센서는 귀금속 소재를 전극으로 사용해 높은 단가를 낮추는 기술적 이슈 존재

[표] 가스 검지 소재 개발 관련 인프라

기관명	지역	분야 및 역할
나노종합기술원	대전	실리콘계 나노소자
나노기술원	수원	화합물계 나노소자
나노기술집적센터	광주	나노소재, 광소자, 나노소자
	전주	
나노융합기술원	포항	가속기활용 나노소재, 나노소자
나노융합실용화센터	대구	인쇄전자, 나노소재, 부품

### ○ MEMS 기반 반도체 가스 검지 소재 및 센서 제품 개발

- 국내 파운드리 산업이 취약하기 때문에, 중소기업이 센서를 양산하기 위해서는 자체 공장 구축 또는 해외 파운드리 업체를 이용
- MEMS 기반의 가스센서는 IoT 환경에서 적용이 용이하나, 가스 검지를 위해 고온 (200~400도 사이)의 동작온도가 필요한 기술적 이슈가 존재
- 가스 검지 소재 및 소자의 동작온도를 낮추기 위해 광조사 등 다양한 외부에너지를 이용한 기술적 해법이 제시되어 있으나, 저전력을 구현하기 위한 방법도 동시에 강구
- 반대로 고온공정 중에도 안정적으로 작동 가능한 가스센서 기술 또한 꾸준히 연구되고 있으며, 이는 배관 체결부 등 작업 환경에 노출될 수 있는 위험도를 감소시켜주는 기술
- 안정적으로 가스를 검지하고, 낮은 온도에서 가스를 검지하기 위해 나노기술의 적용이 확대되고 있으며, 대표적인 나노기술로는 나노 구조체(Nanorod, Nanowire), 표면 증강 라만 분광 기판(Surface Enhanced Raman Spectroscopy, SERS) 등이 존재

- 전 세계 가스 센서 제조 주요 기업은 City Technology, Figaro Engineering, ams, Membrapor, Alphasense, Bosch Sensortec 등의 기업이 주도
  - (Catalytic bead sensor) City Technology는 가연성 가스 검지 센서를 출시 및 기존의 필터 업그레이드 진행
  - (Figaro Engineering) Figaro Engineering은 초소형 halocarbon 전기화학 가스 센서 출시



[그림] City Technology의 Catalytic bead 센서



[그림] Figaro Engineering의 halocarbon 전기화학식 센서

※ 출처 : City Technology Ltd. 홈페이지

※ 출처 : Figaro Engineering Inc. 홈페이지

- (Ams) Ams는 휘발성 유기화합물(VOC) 검출용 AS-MLV-P2 MEMS 가스 센서 부품을 출시
- (Membrapor) Membrapor는 알콜 및 에틸렌에 대하여 교차 민감도가 감소(가스 선택성 및 S/N 증가)된 가스 센서 PH3와 SiH4를 출시
- (Alphasense) Alphasense는 영국 대학 연구팀과의 공동연구로 저전력, 저비용의 화산 가스 탐지 및 측정 장비를 갖춘 휴대용 전자 기계 기반 가스 센서 개발



[그림] ams의 VOC 검출용 MEMS 센서

※ 출처 : ams 홈페이지



[그림] Membrapor의 SiH4 가스 센서

※ 출처 : Membrapor 홈페이지



[그림] Alphasense의 질소 가스 센서

※ 출처 : Alphasense 홈페이지

○ (센코) 센코(SENKO)는 국내 유일의 전기화학식 가스센서 원천기술을 이용 산업안전, 환경 기기의 제작을 진행 중

- 원격에서 원하는 정보를 빠르고 쉽게 조회할 수 있는 ‘데이터 통합 수집’은 물론 타 시스템과의 ‘연계’, 인자 분석과 자가 학습이 가능한 ‘AI 기능’의 스마트 플랫폼 출시
- 현대제철이 구축한 디지털 트윈은 시스템 및 센서에서 신호를 모두 동기화시키고, 설비에 있는 데이터는 카피하여 IoT 플랫폼과 빅데이터 플랫폼, 머신러닝에 동기화

○ (한국건설기술연구원) 한국건설기술연구원(KICT)는 실내공기 내 가스/입자 등 오염물질 감지 및 제거를 위한 5종 VOCs 동시분별 감지가 가능한 Single array 센서를 개발

- 센서 감지 핵심소재로 그래핀과 금속산화물을 이용한 가스 검지 소재를 개발

○ (세종공업) 세종공업은 울산 친환경 전자융합 실증화단지 내에 수소가스 안전 모니터링 시스템을 구축

- MEMS 공정 기술을 확보하여 국내 최초로 국산화 개발 및 세계 최초로 양산화하는데 성공하였고, 국내 원천기술로 수입산보다 10분의 1 정도로 가격절감 효과 발생

- (에스엠텍) 에스엠텍은 산·염기 누출을 동시에 시각적으로 알려줄 수 있는 화학물질 감지 테이프 개발 및 시판 실시
  - 추후 IoT에도 연계 가능한 센서 개발을 위한 시도 진행 중
- (인피니언테크놀로지스) 인피니언테크놀로지스는 광음향분광법 (PAS)을 기반으로 한 CO<sub>2</sub> 센서를 개발하였으며, 양산을 계획 중
  - MEMS 공정을 통한 Microphone을 개발하여 오차 3% 정확도로 0ppm부터 10,000ppm까지 측정 가능
- 이 외에도 다수 대학 및 연구기관에서 유해가스의 검지 소재 분야 관련 연구가 활발히 이루어지고 있음

[표] 유해가스 검지 소재 분야 주요 연구조직 현황

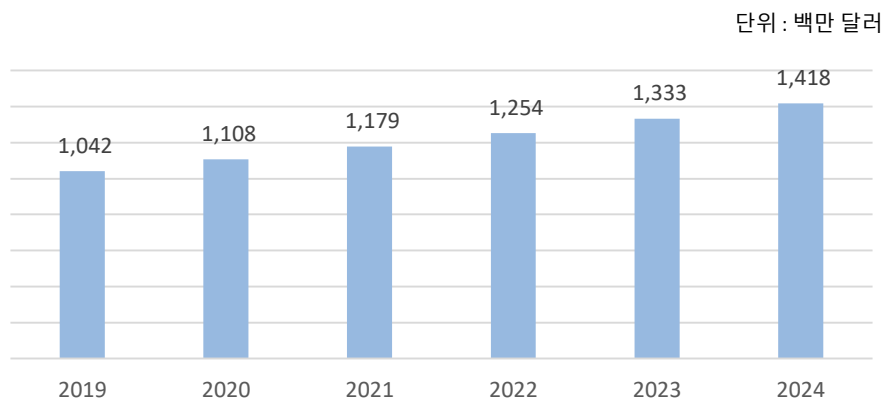
기관	연구분야
울산과학기술원	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 나노소자 기반 초소형 유해가스 센서 시스템 개발</li> <li>▪ 전기화학식 가스센서용 소재 개발</li> <li>▪ 화학작용제 검출 변색센서 개발</li> </ul>
고려대학교	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 나노구조 감응물질 기반 가스센서</li> </ul>
한양대학교	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 고감도 및 고선택성 유해가스 센서 개발</li> <li>▪ 고감도 및 고선택성 저전력 VOCs 센서 개발</li> </ul>
가천대학교	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 광촉매 기반 신축성 가스센서 개발</li> </ul>
한국화학연구원	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 고감도 가스센서 소재 및 소자 개발</li> </ul>



## IV. 시장동향

### 1. 글로벌 시장

- 전 세계 가스센서 시장은 2019년 10억 달러에서 2024년 14억 달러까지, 연평균 6.4%로 성장할 전망
  - 세계 각국의 정부가 제정한 의료 안전 규정의 증가를 비롯하여, HVAC 시스템 및 차량 내 공기질 측정기의 사용 증가, 주요 산업에서 가스센서의 중요성 증가, 그리고 대기 오염 수준의 증가가 가스센서 시장의 성장을 이끌고 있음
- VOC(Volatile Organic Compounds, 휘발성유기화합물)는 탄소기반 화학 물질로 주변에서 흔히 볼 수 있는 도료 희석제, 네일 리무버나 각종 연료에 포함되어 있으며, 상온에서 쉽게 증발하는 특징
  - 일부 VOC는 인체에 해로울 뿐만 아니라 환경에도 큰 피해를 줄 수 있어, 실내외에서의 공기질 모니터링에 대한 필요성이 증가
  - 이를 바탕으로 2018년 7,250만 달러로 조사된 VOC 센서 시장은 2024년 1억 4,390만 달러까지 종류에 따른 가스센서 시장 중 가장 큰 성장률인 12.3%를 보일 전망



[그림] 가스센서 시장 전망

※ 출처 : marketsandmarkets

- 2018년 3억 3,800백만 달러로 예측된 아시아-태평양 시장은 8.2%로 성장하여 2024년에는 5억 5,100만 달러까지 규모가 확대될 전망
  - 자동차 산업에서의 산소, 이산화탄소, 일산화탄소, 질소산화물 등에 대한 가스센서 수요가 증가하면서, 자동차의 제조와 판매에 있어 가장 중요한 지역 중 하나인 아시아-태평양 지역의 시장 성장이 유도되는 것으로 보임
  - 또한, 아시아-태평양 국가의 대기오염 수준이 높아진 것도 성장에 큰 영향
  - 세계보건기구(WHO)에 의하면, 전 세계 조기 사망 원인의 3분의 1이 대기 오염으로 인해 발생하며, 최근 대기오염이 인간의 건강에 큰 영향을 미친다는 연구 결과
  - 이로 인한 공기청정기의 수요 증가 역시 시장 성장에 요인

[표] TOC 측정기 세계시장 및 전망

(단위 : 백만 달러)

구분	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	CAGR
세계시장	959	1,032	1,110	1,194	1,285	1,383	1,488	7.6%

※ 출처 : TOC Analyzer Market Global Forecast to 2023, Marketsandmarkets

- TOC 측정기 세계시장은 2018년 9.6억 달러에서 연평균 7.6% 성장하여 2024년 14.9억 달러 규모로 성장 전망
  - 유럽이 현재 TOC 측정기 산업을 주도 중이며 독일과 영국 등에서 환경 규제가 심해지면서 가장 점유율이 높은 지역으로 성장
- 자동분석기의 경우 신뢰성 및 정확성과 측정시간이 짧은 장점으로 시장이 크게 성장하고 있으며 실험실 TOC 분석기보다 성장률이 높은 것으로 나타났음
  - 자동분석기의 경우 사용용도를 보면 폐수용이 34.0%, 제약용수 관리가 23.0%, 발전소 용수관리에 17.0%, 석유화학용이 11%, 반도체용이 5%를 차지하고 있음

## 2. 국내 시장

- 우리나라의 환경 센서 시장은 2018년 3,810만 달러에서 연평균 성장률 10.5%로 증가하여 2023년에는 6,270만 달러에 이를 것으로 전망됨
  - 하지만, 국내 기업의 내수시장 점유율은 2017년 기준 11.2% 수준으로 매우 낮은 상황이며 특히, 세계시장에서 국내기업의 생산액 비중은 2017년 기준 2.1%로 매우 낮은 수준을 유지하고 있는 실정



[그림] 우리나라 환경 센서 시장 규모 및 전망

※ 출처 : MarketsandMarkets, Environmental Sensor Market, 2018

- 2016년 기준 국내 가스센서 관련 시장은 약 2.15억 달러 규모로 2021년까지 연평균 6.4% 성장하여 약 2.93억 달러의 시장을 형성할 것으로 추정

[표] 국내 가스센서 시장 규모 및 전망

(단위 : 억 달러)

구분	2016	2017	2018	2019	2020	2021
가스센서 시장	2.15	2.29	2.43	2.59	2.76	2.93

※ 출처 : 가스센서 시장동향, 연구성과실용화진흥원, 2016

- 측정 및 모니터링에 사용되는 장비와 핵심센서 대부분을 수입에 의존하고 있는 실정으로 센서로닉, 시오스, 필아이티 등의 업체가 실내공기질 측정용 센서를 제작 및 판매하고 있으나 1회성 측정이라는 한계를 가지며, 스마트 환기, 센싱 등의 연계 제작이 미흡한 현황

## V. 산업동향

### 1. 글로벌 산업동향

- 가스센서 산업은 소수의 선진기업이 세계 센서 시장의 80% 이상을 점유하고 있고 기술이전을 기피하고 있으며, 이 기업들의 광범위한 판매망, 브랜드 인지도, 제품라인 확장 추세에 대응하여 다수의 중소기업들이 치열하게 경쟁하는 과점적 경쟁의 구조를 가짐
  - 가스센서 산업은 전후방산업에 파급효과가 큰 수출 유망산업이고, 소재기술, 회로기술, 응용기술 등 복합기술이 요구되며 사용범위가 매우 넓음
  - 가스센서 산업은 다품종, 소량 생산 특성으로 중소, 벤처기업에 적합한 고부가가치 산업이며 고용 창출효과가 큰 첨단 지식산업
- 1980년대 후반부터 환경문제에 대한 관심이 높아지면서 Ozone, NOx, SOx 등 대기환경 오염원이 되는 가스를 검지하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있음
  - 자동차용 가스센서에 대한 연구는 공연비 제어용 산소센서와 더불어 자동차에서 배출되는 CO, HC, NOx 그리고 SOx 등 대기환경 오염원인 각종 유해가스를 사전에 검지, 제어하여 그 배출량을 최소화하기 위한 연구를 중심으로 이루어지고 있음
  - 독일의 Bosch, Siemens, 영국의 Capteur Sensors, 프랑스의 LETI, 스위스의 MICROSENS 등을 중심으로 하여 향후 가장 큰 시장 규모가 전개될 자동차용과 대기 환경오염 대처기술용 센서 개발을 목표로 활발한 연구를 수행하고 있는 것으로 파악됨
- 초기 가스센서에 대한 연구는 가정용과 산업용인 가연성 가스 및 유독성 가스감지용 센서 개발을 중심으로 하여 일본과 영국이 가장 앞서 있으며, 독일, 미국, 프랑스 등에서도 이를 개발하여 실제 응용 중
  - 영국, 독일, 프랑스 등 유럽에서는 주로 메탄, 프로판, 부탄 등 가연성 가스의 누설탐지용 또는 산업용 센서에 대한 연구가 이루어져 왔음

- $\text{SnO}_2$ 를 모물질로 한 반도체식 가스 센서와  $\text{Al}_2\text{O}_3$  또는  $\text{SnO}_2$  등의 금속 산화물 반도체를 담체로 하여 Pt, Pd 등의 귀금속 촉매를 고분산시켜 제조한 bead형, 후막형, 박막형 그리고 마이크로 catalytic 가스 센서를 중심으로 연구개발이 이루어지고 있음
- 최근 대기질 오염의 증가로 인해 인간에게 유해한 환경에 대한 감시 및 경보 체계에 대한 사람들의 관심이 증대되고 있으며, 그에 따라 공기질 산업이 활성화 되고 있음
- 실내공기질 오염은 아토피, 천식, 알러지, 두통, 공기를 통한 감염, 호흡기(폐)질환, 새집증후군 등 심각한 질병의 발생원인으로 지목되고 있으며, 최근 점차 심해지고 있는 미세먼지로 인해 환기가 어려워지면서 실내 및 다중이용시설의 공기질 문제에 대한 심각성이 대두되고 있음
  - 인간에게 유해한 환경에 대한 감시 및 경보 체계에 대한 사람들의 관심이 증대됨에 따라 실내 공기질의 주요 오염 인자인 부유세균, 박테리아, 곰팡이, 포름알데히드, 악취, 방사능물질, 이산화탄소 등을 제거하고 쾌적한 청정 실내 환경에 대한 요구가 증가하고 있음
- 선진국에서는 대기오염, 기후변화 및 보건에 영향을 미치는 크기가  $10\mu\text{m}$  이하인 미세먼지의 물리적 특성(입경별 개수 및 질량농도 분포, 광소멸계수 등) 및 화학적 조성(탄소, 질소, 황, 중금속 등)을 측정/분석할 수 있는 기술과 실시간(real-time) 또는 준 실시간으로 미세먼지의 오염도 변화를 감시할 수 있는 핵심기술을 아래와 같이 7개로 세분화하고 기술개발을 전략화하여 환경산업 분야에 두각을 나타내고 있음
- 미세먼지의 물리적 특성(physical property) 관측 기술
  - 미세먼지의 화학적 조성(bulk chemical composition) 관측 기술
  - 단일 미세입자의 화학적 조성(single particle chemical composition) 관측 기술
  - 입자의 기후적 영향(radiative property) 평가 기술
  - 입자의 보건 영향(health effect) 평가 기술
  - 미세먼지의 구름 및 안개 형성(cloud condensation nuclei) 평가 기술
  - 황사 및 일차 기원 입자의 분석 기술

- 미국의 경우 입자상 물질을 측정하는 장비로 Andersen의 다단 임팩터, MSP의 WPS, Met One의 CNC(condensation nucleus counter), TSI의 SMPS와 CPC, PMS의 LPC(laser particle counter)와 Beta gauge 등이 사용되고 있음
  - 한편, 미네소타대학교의 기계공학과에서는 다양한 입자 측정기술을 개발하여 TSI, MSP 등을 통해 상품화하고 있음
  - 이 중에서 초미세입자를 실시간으로 측정하는 기술로는 TSI의 SMPS가 널리 사용되고 있고, 핀란드의 경우 Dekati의 ELPI가 상품화되어 유럽을 비롯하여 미국, 일본 등에 많이 보급되어 사용되고 있으며, 우리나라에서도 몇몇 연구기관에서 사용하고 있음
  - 일본의 경우 히로시마 대학교를 중심으로 에어로졸에 대한 연구를 진행하고 있는데, 실험실 수준의 Nano- TDMA(differential mobility analyzer) 등 입자 분리/측정기를 자체 개발하여 활용하고 있으며, 일부 측정기술은 미국 수준을 넘어선 것으로 판단되고 있음
- 미국 배출탐지(LDAR, leak detection and repair)의 기술 수준을 살펴보면, 1990년대부터 지역별, 업종별로 비산배출원 관리를 법제화하여 LDAR 수행을 의무화함으로써 관련 기술에 있어서는 최고 수준이며, 미국의 Inspection Logic사와 API사에서 관련 연구를 활발히 수행
  - 특히, PDA Datalogger 기술은 이미 보편화된 상황이며, 광학 영상화 기술을 비산배출원 관리에 도입하여 화학물질의 대규모 누출을 관리하는데 활용하고 있음
  - 이 밖에도 무선전송기술, Tag-less LDAR, 상대위치정보시스템(RPS, relative positioning system) 등과 같은 Smart LDAR 기술들이 이미 개발되어 활용되고 있음
- 적외선(IR) 분야에서 현재까지 상업적인 관점에서 가장 진전된 광학 이미지 기술은 가스구름(gas cloud)의 이미지를 보여줄 수 있는 적외선 카메라와 같은 장비를 사용하는 수동형 IR 이미징 기술임
  - 배출된 가스는 특정 파장의 적외선을 흡수하기 때문에 IR 모니터에서는 연기형태로 표시됨

- 능동형 이미징은 레이저 빛이 가스구름에 흡수되어 감지기에서 후방산란으로 나타나는데, 이것은 특정가스를 감지하기 위해 개발된 기술로 현재 유기물질 가스의 배출탐지를 목표로 개발 중에 있음
  - 최근에 선진국에서는 광투과 방식을 이용한 원격측정장치인 DOAS(differential optical absorption spectrometer), FTIR(Fourier transform infrared spectrometer), TDLAS(tuneable diode laser absorption spectrometer), CRDS(cavity ring-down spectroscopy) 등의 첨단 환경계측기들이 개발되어 일부 보급되고 있으며, 앞으로 그 수요가 증가할 것으로 예상됨
- 레이저를 이용하는 능동형 IR 이미징 시스템은 수년 동안 개발 중에 있고, 아직은 상업화가 완료되지 않았음
- 수동형 IR 카메라의 화상은 온도, 태양 등 주변조건에 따라 변하지만, 레이저 이미징은 가스분출에 일정하게 응답하는 이점이 있음
  - 레이저 시스템은 후방산란/흡수 이미징 기술을 이용하여 여러 가지 방식으로 개발되고 있는데, 탄화수소 알칸을 탐지하기 위한 소형의 YAG 레이저와 메탄가스의 배출을 감지하기 위한 레이저 시스템은 이미 개발되었음
  - 여러 종류의 탄화수소를 감지할 수 있는 레이저 시스템과 VOCs 누출을 감지할 수 있는 반도체 레이저, SF6 탐지용의 이산화탄소 레이저 시스템 등이 개발 중에 있음
- 최근 미국 등에서 금속나노입자와 탄소나노튜브의 결합에 대한 응용으로 H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub>, CO, NO<sub>2</sub>, NO 등의 가스형태의 물질을 탐지하는 연구가 활발히 진행되고 있음
- 향후 이를 이용하여 저온에서도 다양한 종류의 물질들을 탐지하는 감도 높은 가스 센서로의 기술개발이 기대됨
  - 일본의 오사카 대학에서는 SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub> 등의 환경오염가스를 감지할 수 있는 센서를 개발하였는데, 고체 전해질(이온전도성 고체)을 이용한 신뢰성이 높고 가볍고 소형이며 저가여서 현장에서 환경오염 가스를 감지하여 계측하는데 활용성이 높을 것으로 예상됨



- 이 센서는 다른 가스의 영향을 받지 않으며, 장기적으로 안정적이며 저온에서도 작동이 가능함
  - 영국 맨체스터 대학교에서는 공항이나 가정에서 독성 폭발성 가스의 검출이나 알코올 기체, CO 등의 검출에 사용될 수 있는 정확성이 높은 흑연판 센서를 개발하였음
- 미국 미네소타 주의 TSI Inc.는 캐나다 국방성의 지원을 받아 광학 방식의 미생물탐지 시스템인 FLAPS (Fluorescence Aerodynamic Particle Sizer)를 개발하고, 이를 상용화시킨 UVAPS (Ultraviolet Aerodynamic Particle Sizer)는 기존 FLAPS 기술의 50% 수준의 성능을 보임에도 불구하고, 이에 대한 내부 신호 처리와 부품소재에 대해 기술 보안의 이유로 공개하지 않고 있음
- 미국의 9·11 테러 이후 국가 차원의 Homeland Security 일환으로 상온 반도체를 이용한 방사선 계측기에 대한 정부 주도의 연구개발에 많은 투자가 이루어지고 있음
- CdZnTe 단결정은 eV-product가 70% 이상 세계시장을 석권하고 있으며, Redline, Yinnel 등 후발 기업 등이 생산하고 있으나, 단결정 자체 생산보다는 센서 모듈을 매우 고가로 판매 하고 있어 자체 확보가 필수적인 분야임
  - 미국 및 유럽, 일본의 관련기업들은 NaI(Tl) 핵종 분석기를 넘어 CZT 기반의 핵종분석기를 상용화한 제품을 선보이고 있거나 준비 중인 기업들이 존재함



[그림] CZT를 적용한 RayMon10

※ 출처 : 공기산업을 선도하는 스마트 센서기술, KEIT PD Issue Report, 2020

## 2. 국내 산업동향

### ○ 화학 센서의 응용 분야가 점차 다양해지고 있음

- 가까운 미래에는 건물의 실내공기 질을 높이기 위한 센서, 미래형 자동차 연비 향상을 위한 센서, 차내 공기를 쾌적하게 유지하기 위한 센서, 차량 배기가스 센서, 대기환경 문제 해결을 위한 대기 감시 센서, 위험물 및 폭발물 감지 센서, 인체 질병 진단 센서, 식료품 부패도 측정 센서 등과 같은 친환경, 고감도 생활 밀착형 센서에 대한 관심도가 급증
- 미세전자기계시스템(MEMS) 센서 시장이 웨어러블 등 사물인터넷 시대를 맞이해 다시 높은 성장세를 이어 갈 것으로 판단 2018년에는 93억 개 규모로 시장이 확대될 것

### ○ 유해가스 검지용 소재는 기본적으로 반도체 공정에서 사용되는 부산가스 및 누출가스 검지 사용에 가장 높은 수요가 발생할 것으로 예상되며, 차량용 검지 센서 등 대기업 기반의 수요가 높을 것으로 예상되는 산업

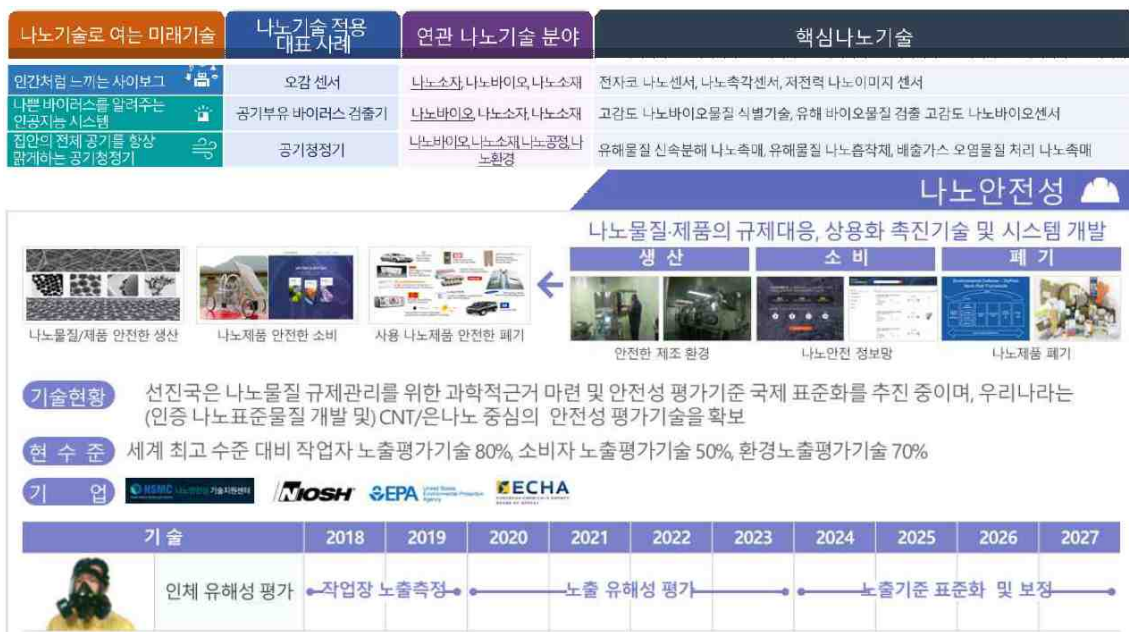
- 수소, 불소 등 반도체 공정에 필수적인 다양한 유해가스의 누출 사고의 증가로 인한 가스 검지 기술에 대한 수요가 지속해서 증가
- 2019년 7월 10일 구미 GM코리아 염소가스 누출 사고, '18년 2월 CO가스 누출 사고 등 다양한 가스 누출 사고 사례 증가
- 특히, 각 공정라인의 체결부에서 누출되는 가스센서에 대한 파악의 중요성이 증가하면서 유연/저가/ 저에너지 가스 센서산업 수요 발생

### ○ 여러 가지 가스 감응 물질을 집적화하여 하나의 가스 센서로 다양한 가스의 감응이 가능한 어레이 가스 센서 개발을 바탕으로 인간의 코를 대신하는 전자 코(electronic nose)에 대한 시장 기술 수요가 대두

- 특정 가스의 유무를 정확하게 파악하는 것과 복합 공정 시에 특정 가스에 대한 고선택성/고민감성 가스 센서의 개발 수요가 증가

### ○ 가스 센서 어레이는 감지 물질, 동작 온도 등이 다른 독립적인 여러 가스 센서의 조합을 통해 구현되며, 다양한 가스의 동시 검출이 가능

- 기존의 MEMS, 전기화학식 기반의 가스센서는 소비전력 및 소자의 크기로 인하여 다양한 산업군에서 사용이 제한적
  - 특정 가스의 유무를 정확하게 파악하는 것과 복합 공정 시에 특정 가스에 대한 고선택성/고민감성 가스 센서의 개발 수요가 증가
- 색 변화 가스 검지 소재 및 다양한 형태의 저전력 가스 검지 소재의 필요성이 대두되고 있으며, 이는 특히 다양한 환경에 노출된 소비자에게서 수요가 급증하는 추세
- 산업통상자원부는 ‘20년 1월 ‘제2차 가스안전관리 기본계획’의 발표를 통해 대표적 유해가스인 CO 가스의 검지를 의무화 했으며, 그 외의 고압가스에 대한 검지 대책 마련
  - 산업용 가스 (독성가스시설)에 대한 검지 예방 정책 포함
- 과학기술정보통신부는 ‘나노기술개발 촉진법’에 따라 10개 관계부처와 협력하여 매 5년마다 향후 10년의 나노기술 로드맵을 수립 및 3기 국가 나노기술지도를 발표



[그림] 제3기 국가 나노기술지도

※ 출처 : 과학기술정보통신부 보도자료

- 나노기술의 진보 및 발전에 따라, 다양한 공정 및 에너지를 사용하게 되고 또한 인체 유해성에 대한 인식도 상승
  - 이에 따른 유해성의 측정 및 유해가스에 대한 검지 기술의 발전 수요 또한 지속해서 상승
- 최근 4차산업혁명에 따른 IoT 기술 정책의 증가로, 유해가스 및 가스 검지 소재의 개발 정책은 궁극적으로 초저전력 및 감각소자의 개발로 연결
- (초저전력) '18년 과학기술정보통신부의 [미래소재 원천기술 확보 전략]에서 가스 검지 소재 기술은 자가전원 초소형 자율이동체 소재-센서 네트워크 제어용 다차원 용액공정 소재로 포함
  - (감각소자) '18년 과학기술정보통신부의 [미래소재 원천기술 확보 전략]에서 가스 검지 소재 기술은 IoT 기반 복지서비스 소재-감각 저장·구현 전자소재로 포함
- 기존의 고가/대형의 입자 분석장비로는 조밀한 모니터링 망 구축이 어렵기 때문에, 시·공간에 따라 급격히 변화하는 미세먼지 분포를 실시간으로 파악하기 어려움
- 현재 상용화된 미세먼지 센서는 대부분 광산란 기법을 활용하여 미세먼지 질량 농도를 추정하는데 그치고 있음
  - 이러한 센서는 환경부의 검증 결과 실제 미세먼지 농도와의 오차가 40 ~ 90%로 그 신뢰도가 매우 낮을 뿐만 아니라, 미세먼지의 다양한 특성(수농도, 질량농도, 크기 분포, 화학적 조성)을 측정하지 못함
  - 따라서 기존의 고정밀 입자 분석 장비 혹은 휴대용 미세먼지 센서로는 불가능하였던, 미세먼지의 다양한 특성을 현장에서 실시간으로 측정할 수 있는 솔루션이 필요함
- 대중이용시설을 이용하는 노약자, 영·유아, 어린이, 환자, 임산부 등과 같이 유해가스로부터 보호하고 악취가 없는 청정의 공기질을 제공 요청에 따른 국민건강보호의 정부대책 필요성이 급증
- 인체에 악영향을 끼치는 유해가스의 종류로는 황산화물(SOx), 질소산화물(NOx), 산화물(Oxidant), 탄화수소, 휘발성 유기화합물 (VOCs), 불소화합물, 일산화탄소, 이산화탄소, 암모니아 등

- 현행 실내공기 측정은 기본적으로 다중이용시설 실내환경기준의 6개 항목(미세먼지, CO<sub>2</sub>, HCHO, CO, 총 부유세균, 온·습도)에 대해 실시하며, 현행 측정 대행기관에서 현장 측정 및 실험실 분석을 통해 데이터를 수집하고 있음
  - 이에 시간적, 경제적 비용의 부담을 줄이고 인증 관리 효율 증대를 위해 신개념의 센서모듈 및 측정기를 이용한 대상시설 연속 모니터링 및 관리시스템이 필요함
- 정부에서 주요시설의 총 부유세균 농도를 의무규제하고 있으나, 그 실효성이 거의 없는 것으로 보여짐
- 실 공간에서 세균의 농도는 시간에 따라, 환자의 상태에 따라, 그리고 습도에 따라 실시간 연속적으로 변하고 있으나, 이를 측정할 수 있는 장비가 전무 함
  - 기존의 세균포집 장비 Air Sampler는 미생물의 포집율이 현저히 떨어지며, 세균의 배양율은 배지와 세균 종류에 따라 크게 달라지는 등 그 검출율이 크게 문제되고 있음
  - 또한 기존 측정장비는 수동식이며, 검출 결과를 얻는 데 48시간 또는 3주일의 시간을 요구하는 사후처리용 분석 장비임
- 현재 상용화되어있는 측정기기의 경우, 방사선 측정 에너지 영역대 범위 안에서 방사성 동위원소가 구분되지 않고, 통합적으로 검출되기 때문에, 노출되는 방사성 원소에 대한 정확한 정보가 제공되기 어려움
- 상용화 되어있는 라돈 측정장비들은 온도 및 습도에 영향을 받기 때문에, 전처리 단계에서 해당요인들을 제어해야하는 불편함 및 소모품 교체 등의 이슈가 발생함
  - 환경요인에 따라 변하는 생활방사선에 대한 신뢰성 높은 측정결과를 통해 실내 거주 인원에게 시각적, 심적 안정감을 제공하기 위해서는 동위원소 구별이 가능한 고감도 및 정밀 측정이 가능해야 하며, 이를 위해서 방사선 측정 에너지 영역대의 다채널화를 통한 구분이 필요하며, 각 채널별 측정감도 향상이 필요함

- 가스센서 시장에서 아직 국산 제품의 품질이 높지 못하여 센서 수요 업체에서도 위험부담을 감수하면서까지 군사제품을 사용하지 않는 것으로 보이며, 실제로 일부 대기업 또는 벤처기업을 제외하고는 기술 개발이 어려운 상황이어서 대부분의 센서 기술이나 제품 등을 해외로부터 수입해 오고 있는 실정
  - 국내 자체적인 기술 개발이 어려운 이유는 대표적으로 소재의 문제들 들 수 있으며, 개발에 소요되는 비용이 적지 않고, 기존 업체들의 시장을 장악하고 있어 개발한다고 하더라도 시장 개척에 어려움이 있을 것으로 예상되기 때문
  - 현재까지 개발된 후처리장치들은 모두, PM·NOx 동시저감이라는 목적을 완성하기 위한 “시스템의 구성”에 치중
  - 즉, 기 상용화된 외산 요소기술의 조합에 의한 목표 달성 방향으로 접근하고 있는 것
- 현대자동차에서 국산화 개발 가능한 부품(펌프 및 탱크 등)에 대해 수년 전부터 개발을 진행하고 있음
  - SCR의 각 요소부품(믹서, SCR시스템, 능동 배기제어밸브)에 대한 일부 개발이 진행되고 있으나 촉매 및 분사시스템의 영향을 통합한 전체 배기시스템 개발은 설계 경험이 부족한 상태
- 2015년도부터 시작된 제2차 대기환경관리 기본계획의 목표를 달성하기 위해서는 운행차(비도로 이동오염원 포함)의 PM과 NOx를 동시에 저감할 수 있는 후처리기술 등의 개발 및 보급을 통하여 2기 저감 사업에 대응할 필요가 있음
  - 국내에서는 운행 자동차의 배출가스 저감을 위한 후처리장착 지원 사업과 더불어 향후 비도로 이동오염원(건설기계, 농기계, 선박 등)으로 점차 확대될 것으로 보임
  - PM·NOx 저감 시스템 개발을 통하여 국내 후처리장치 산업의 기술력 및 가격 경쟁력 제고에 기여할 것이고, 경유자동차 후처리장치의 귀금속 사용량을 대폭 줄여 비용 절감이 가능하고 가격 경쟁력을 확보하므로 수출 기대효과가 클 것



○ (센코) ‘2021 국제안전보건전시회(2021 Korea International Safety & Health Show)’ 에서 안전과 환경 분야의 센서기술을 바탕으로 한 가스 감지기를 공개

- 센코는 자체 센서기술을 바탕으로 산업안전용 감지기, 가정용 보일러 경보기, 공기질 측정기 등을 제조하는 센서 전문 업체로 센서를 자체 개발해 외산 제품보다 가격 경쟁력이 있고 유지보수에도 빠르게 대응이 가능
- 센코의 MGT는 4가지 주요 가스를 동시 측정하는 휴대용 복합가스 감지기로서, 산소결핍, 독성가스 중독 및 가스폭발로부터 근로자를 보호하기 위해 O<sub>2</sub>, CO, H<sub>2</sub>S, 가연성가스(CH<sub>4</sub>)를 실시간 측정해 농도를 표시하고 정보 설정 값에 도달 시 경보를 발생
- SGT는 일회용 타입 휴대용 단일가스감지기로서, 배터리나 가스센서를 교체하지 않아도 약 2년 동안 연속 작동하며 산소결핍이나 유독한 가스로부터 근로자를 보호하기 위해 가스를 실시간 측정해 농도를 표시하고 위험 발생 시 역시 경보를 발생
- SI-H100 제품은 흡입식 가스감지기로서, 케이스 내부에 있는 센서 카트리지를 통하여 샘플 가스를 원격으로 흡입하여 실시간으로 측정, 반도체나 여러 산업 현장에서 사용되거나 발생할 수 있는 다양한 가스 관련 사고(질식, 중독, 화재 및 폭발, 부식 등)를 미연에 방지



[그림] 센코의 센서 제품 전시 모습

※ 출처 : 에이빙뉴스



## [참고문헌]

- 제2차 가스안전관리 기본계획(2020~2024), 산업통상자원부, 2020
- 중소기업 전략기술로드맵 2021-2023(재난/안전), 중소벤처기업부, 2020
- 중소기업 기술국산화 전략품목 상세분석(환경), 중소벤처기업부, 2020
- 중소기업 기술국산화 전략품목 상세분석(전기전자), 중소벤처기업부, 2020
- 주목받는 비분산적외선 가스센서란 무엇인가, 이엘티센서, 2020
- 스마트 디바이스용 센서, KISTEP, 2021
- 안전한 화학물질 관리를 위한 국내·외 정책 및 자발적 프로그램 조사 연구, 안전보건공단, 2020
- 공기산업을 선도하는 스마트 센서기술, KEIT PD Issue Report, 2020
- 가스센서 시장동향, 연구성과실용화진흥원, 2016
- 생활화학제품 안전관리 기술개발사업, KISTEP, 2019
- 국내외 환경측정장비 기술현황 조사 및 사업화 지원방안 연구, 건국대학교 산학협력단, 2018
- 재난 예방 분야의 안전서비스 동향분석을 통한 재난 안전기술 발전 방안, 서용석, 2019