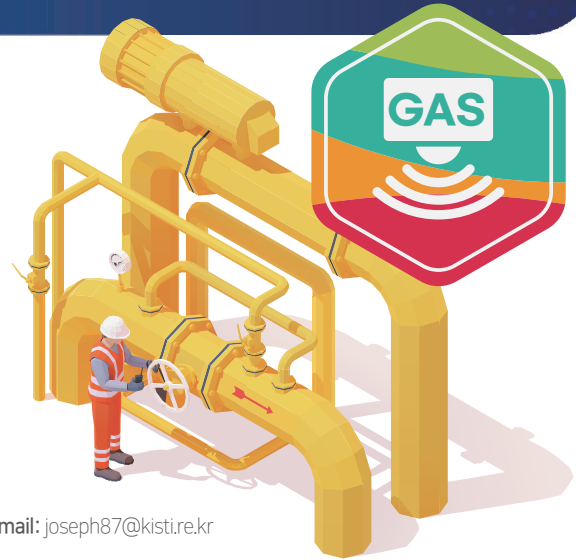


ASTI MARKET INSIGHT

가스 센서



데이터분석본부 부산울산경남지원 선임연구원 **허요섭** Tel: 051-831-6418 e-mail: joseph87@kisti.re.kr

KEY FINDING

1. 최근 다양한 가스가 일상생활 전반은 물론이고 산업현장, 유통시장 등에 광범위하게 활용되면서 그에 맞는 탐지 능력을 갖춘 가스 센서의 수요도 증가하고 있다.
2. 우리나라의 센서 핵심기술 수준은 다른 선진국보다 한참 낮은 수준으로 평가되며, 실제로 가스 센서 소자의 경우 대부분 수입에 의존하고 있다.
3. 정부차원에서는 산업재해 및 대기 오염원 배출을 신속히 감지 및 인지하여 재난사고 방지 조치를 신속히 대응할 수 있는 감지 경보 시스템을 산업현장에 도입할 것을 요구하고 있다.
4. 실제로 가스 센서 산업은 시장 확대와 수요 증가, 그에 상응하는 대대적인 투자 증가로 꾸준한 시장 성장을 이룩해 왔다. 특히 전통적인 산업시장을 넘어 환경 모니터링, 스마트 시티, 의료 부문에서의 가스 센서 수요가 전체 시장 성장을 견인하면서 지난 10년간 가스 센서 시장은 전례 없이 성장했다.
5. 하지만 COVID-19는 가스 센서 산업 전체에 큰 타격을 주면서 수요와 공급이 동시에 붕괴되는 사태를 초래하였다. 그럼에도 불구하고 전 세계 가스 센서 시장은 2021년에서 2026년까지 실제 시나리오로 7.0 %, 비관적 시나리오로 5.5, 낙관적 시나리오로 7.5 % 성장이 전망된다.
6. 현재 가스 센서는 사물인터넷(IoT), 5G, 인공지능 등 첨단 ICT 기술과의 융합을 통해 스마트 센서, 지능화 가스 센서로 진화하고 있다. 따라서 다양한 분야에서 높은 부가가치를 창출하고 신시장을 개척할 수 있는 가스 센서를 개발할 수 있는 기술력을 확보하는 혁신 주체가, COVID-19 이후의 가스 센서 시장을 장악할 수 있을 것으로 사료된다.

1) 시장의 개요

가스 센서는 공기 중에 포함된 특정 가스 성분을 감지하고 해당 기체의 농도를 전기 신호로 변환하는 소자를 의미한다. 가스 센서는 유

해화학물질을 취급하는 산업현장에서의 유해가스 검출, 음식물쓰레기 처리장이나 하수 처리장에서의 악취 진단, 식품의 신선도나 부패여부의 파악, 자동차 배기가스 감지, 차량용 음주 측정, 재난 및 테러 대응 생화학적 유독 가스 감지 등 우리 삶에 직간접적으로 깊이 연관

되어 광범위하게 활용되고 있는 것이 특징이다. 최근에 다양한 가스가 산업현장, 유통시장, 가정 등에 사용되면서 해당 수요에 비례해 가스 센서 시장의 성장에 대한 기대가 커지고 있다. 또한 산업현장에서의 유해화학물질 관리와 가스 유출 방지를 위해 법적, 제도적 장치가 마련되면서 관련 규제가 향후 가스 센서 시장을 더 성장시킬 강력한 요인이 될 것으로 예측된다.

가스 센서는 측정원리에 따라 크게 접촉식과 광학식으로 분류할 수

있다. 접촉식은 측정대상에 해당하는 가스 분자에 직접 접촉해서 반응하는 센서가 있고, 그 센서에서 발생하는 특정 물리량의 변화를 통해 가스 농도를 측정하는 방식으로 전기화학식, 접촉연소식, 반도체식 가스 센서로 세분화할 수 있다. 반면에 광학식은 측정하고자 하는 가스 분자가 가지는 고유의 흡수 파장을 이용하여 농도를 측정하는 비접촉식 방식이다.

표 1 가스 측정원리에 따른 가스 센서의 분류

측정원리	접촉식			비접촉식 (광학식 (광이온화식, 적외선식))
	전기화학식	접촉연소식	반도체식	
모식도				
작동원리	가스와의 반응에 의한 전극 간의 기전력 변화	가연성 가스와의 발열 반응에 의한 열선의 저항 변화	가스와의 반응에 따른 금속 산화물의 저항 변화	가스에 의한 적외선 흡수도 변화
주요 감지 가스	CO, CO ₂ , O ₃ , SO ₂ , NO, NO ₂ , VOC	가연성 가스 (H ₂ , CH ₄ , C ₃ H ₈ , C ₄ H ₁₀ 등)	CO, NO ₂ , SO ₂ , H ₂ S, VOC(알코올, HCHO 등)	CO, CO ₂ , NO, NO ₂ , SO ₂ , O ₂ , CxHy
가스감지 선택성	중	하	하	상
민감도	상	하	상	중
반응시간	빠름	중간	빠름	느림
소모전력	중	대	중	저
가격	저	저	저	고

출처 : KEIT(2016), 대기환경 센서 기술동향(KEIT PD Issue Report), 중소기업청(2015), 중소기업 로드맵 2016-2018(나노융합편), 재구성

가스 센서에 적용되는 기술은 지속적으로 발전되고 있으며, 가스 센서에 활용되는 소재와 탐지 방식도 역시 더욱 효율적이고 효과적인 방향으로 나아가기 위해 연구가 지속되고 있다. 최근에는 나노 재료나 광기술(photonics)에 기반한 기술을 통해 더 효율적인 가스 센서를 개발하는 연구도 진행되고 있다. 또한 수많은 가스를 동시에 측정하면서도 측정 이후의 분석을 자동으로 수행하는 스마트 가스 센서 역시 시장에 진입하고 있으며, 이러한 스마트 시장은 레이저 기기나 금속 산화물 반도체 소재 시장과 같은 첨단 시장의 시장을 견인하는 효과를

내기 때문에 전략적으로 육성할 가치가 충분하다고 볼 수 있다.

2) 관련 정책 및 제도

우리나라의 센서 핵심기술 수준은 <표 2>에 나타난 바와 같이 다른 선진국보다 한참 낮은 수준으로 평가된다. 특히 가스 센서 소재는 대부분(80%)이 수입에 의존하고 있는 것이 현실이다.

표 2 센서 핵심기술의 국가별 수준

구분	소재	설계	설비	양산	핵심	평균
미국	100	100	90	85	100	95
유럽	100	100	95	95	100	98
일본	100	95	90	100	100	97
한국	55.5	72.4	70	69.7	55.8	64.7

출처 : CHO Alliance(2015), IoT 시대에 주목받는 센서 유망분야 시장전망과 개발 동향

정부는 센서 소재의 경쟁력을 확보하기 위해 2015년부터 6년간 첨단 스마트 센서 육성사업에 1,508억 원을 투입하여 2020년 기준 42억 달러 생산과 21억 달러 수출 달성, 2025년 센서 분야 4대 강국 진입을 목표로 하는 '2015년도 센서 산업 고도화를 위한 첨단센서 육성사업'을 추진해 왔다. 비슷한 맥락으로 2021년 산업통상자원부에서는 "시장선도를 위한 케이 센서(K-Sensor) 기술개발 사업"을 2022년부터 7년간 총사업비 1,865억 원을 투자할 것을 발표하기도 했다.

한편 2015년 '화학물질 등록 및 평가 등에 관한 법률' 시행 및 '유해 화학물질관리법'이 강화되고, 환경부가 환경오염 시설의 통합관리 관련 법률 및 대기환경 보전법의 시행규칙 개정 등을 시행하여 규제 수준을 높여왔다. 특히 이러한 규제의 핵심적인 방향은 산업재해 및 대기 오염원 배출을 신속히 감지하고 인지하여 재난사고 방지를 신속히 조치할 수 있는 감지 경보 시스템의 산업현장 도입에 있다. 일례로 『화학물질안전원고시 제2019-4호』 유해화학물질 제조 사용시설 설치 및 관리에 관한 세부기준에 따르면 "유해화학물질에 따른 누출·유출, 화재 또는 폭발을 미리 감지하기 위하여 감지·경보 설비를 설치하여야 한다"라고 적시되어 있다. 이러한 제도적 변화는 화학 업체에 직접적으로 영향을 주는 사안으로, 화학 업체들 사이에서 유해 물질 감지 센서의 수요가 증가하는 계기가 되기도 했다.

전 세계가 기후 위기에 대응해 국가 차원에서 탄소배출을 줄이려는 노력에 역량을 집중하고 있다. 특히 도시의 대기질 악화는 전 세계 국가들의 주요한 문제로 대두되고 있어서 주요 배출가스 주범인 자동차 배출가스와 산업시설에 대한 모니터링이 강화되는 환경 정책이 적극적으로 도입되고 있다. 또한 전 세계적으로 스마트 시티 프로젝트 추진이 증가하면서 환경오염 방지를 위한 가스 모니터링을 위한 사물인터넷(IoT) 지원 가스 센서에 대한 수요도 증가하고 있다. 실제로 미국의 경우 2015년3월에 탄화수소와 질소산화물을 포함한 배기가스 배출량을 2025년까지 30 mg으로 81% 감축을 의무화하는 제도를 도입한다. 이에 따라 금속 나노 입자와 나노튜브 등의 결

합을 통해 다양한 가스(수소, 황화수소, 메탄, 일산화탄소, 질소산화물 등)를 탐지하는 연구가 활발히 진행되고 있으며, 특히 저온에서 동작하며 감도가 높은 초고감도 가스 센서 관련 연구를 진행 중인 것으로 알려져 있다.

일본의 경우 세계온실가스자료센터를 일본 기상청 산하에 두어 운영하고 있으며, 특히 후쿠시마 원전 사고로 인해 방사능을 포함한 유해 물질에 대한 불안과 경각심이 심화됨에 따라, 환경오염 가스를 감지할 수 있는 센서 개발에 대한 수요가 급증하고 있다. 또한 4차산업혁명 대응 방안으로 "일본재흥전략(JAPAN is BACK) 2016"의 5대 핵심 시책 내 "관민 전략 프로젝트 10" 중 하나로 로봇, 센서 산업 투자를 발표하기도 했다.

유럽은 공동연구조직을 통해 실내공기오염 문제에 적극적으로 관여하고 있으며, 영국은 차량과 거리조형물 등에 무선 센서를 장착하여 도시의 대기오염에 대한 데이터를 무선 센서 네트워크로 수집·감시하는 모바일 환경 센서 그리드(Pervasive Mobile Environmental Sensor Grids, PMESG) 프로젝트를 수행하기도 하였다. 한편 유럽 센서 시스템 클러스터(European Sensor Systems Cluster)에서는 유럽이 센서 시스템을 선도하기 위한 로드맵을 발표했으며, 독일은 "Industry 4.0"으로 부품 및 제조혁신 프로젝트를 추진하기도 하였다.

2) 시장동향

■ 시장 규모 및 전망

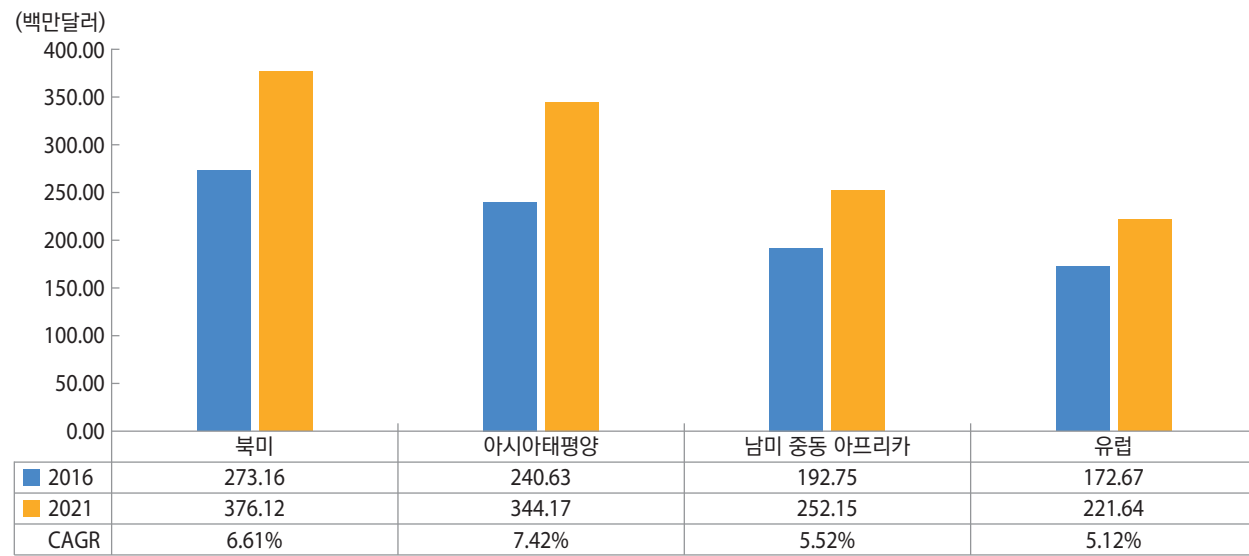
가스 센서 시장은 석유 및 가스, 전력, 섬유, 화학 및 야금 등 다양한 산업에서 응용되면서 해당 규모도 아주 광범위하다. 북미와 아시아태평양 지역에서는 최종 사용 산업(광업, 석유 및 가스, 수처리, 식음료 등)이 많고 주거 및 상업용 인프라의 성장으로 가스 센서의 최대 시장을 형성하고 있다. 특히 중국, 인도 및 한국과 같은 신흥 경제

국의 온실가스를 비롯한 각종 유해가스 배출 통제에 관한 환경 규제로 인한 가스 센서의 수요 증가로 아시아태평양 지역의 가스 센서 시장이 주목받고 있다.

가스 센서의 세계 시장은 2016년에서 2021년까지 CAGR 기준으로 6.31%로 성장하고, 지역별로는 아시아태평양 지역 7.42%, 북미 6.61%로 성장할 것으로 전망되었다. 가스 센서나 감지기 관

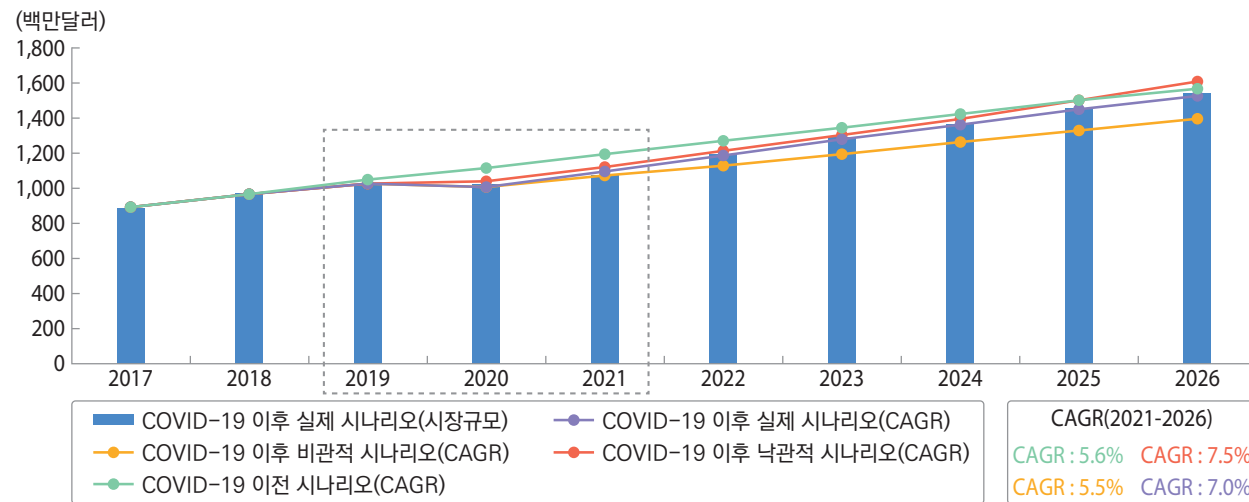
련 세계 시장이 전반적으로 성장할 것이라는 예측에 대한 배경에는 아시아태평양 지역에서는 신축건물 인프라 및 건설 활동으로 인해 가스 감지기 시장이 증가했다는 점과 북미 지역의 가정에서는 가스 감지기 장치의 사용량이 증가하면서 시장 수요 역시 증가했다는 점이 주요 요인으로 파악되었다.

그림 1 세계 가스 센서 시장의 CAGR



출처 : Markets&Markets(2016), 'Gas Analyzer, Sensor & Detector Market, Global Forecast to 2021'

그림 2 가스 센서 시장의 시나리오별 성장 전망



출처 : Markets&Markets(2021), 'Gas Sensors Market with COVID-19 Impact Analysis, Global Forecast to 2026'

실제로 가스 센서 산업은 시장 확대와 수요 증가, 그에 상응하는 대대적인 투자 증가로 꾸준히 시장이 성장해 왔다. 특히 전통적인 산업시장을 넘어 환경 모니터링, 스마트 시티, 의료 부문에서의 가스 센서 수요가 전체 시장 성장을 견인하면서 지난 10년간 가스 센서 시장은 전례 없는 성장을 달성했다.

그러나 가스 센서 시장의 고공 성장세는 COVID-19으로 인한 팬데믹 상황을 맞이하며 예상치 못한 국면을 맞이하게 된다. COVID-19 확진자가 급증하면서 여러 국가의 봉쇄(lockdown) 기간 때문에 전 세계적으로 사회적 거리두기가 일상화되었다. 자연스럽게 산업활동이 멈춰지거나 둔화되면서 제조기업들은 설비나 시설 투자를 상당히 줄이는 결정을 하게 된다. 일례로 전 세계적으로 LNG, 석유화학, 석유 저장 및 정유공장을 포함한 다양한 부문에서 2,000 개 이상의 EPC¹⁾ 석유 및 가스 프로젝트가 중단되거나 지연되기도 하였다. 이처럼 COVID-19은 가스 센서 산업 전체에 큰 타격을 주면서 수요와 공급이 동시에 붕괴되는 사태를 초래하였다.

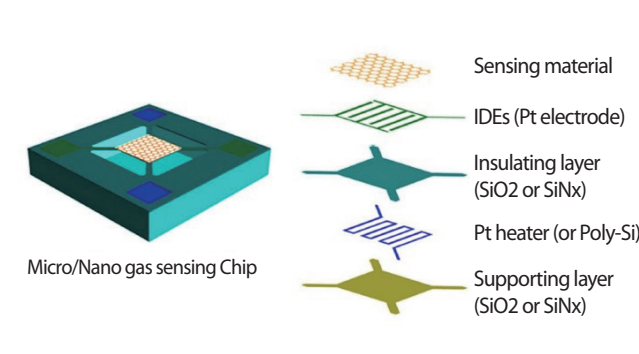
〈그림 2〉에서 알 수 있듯이 실제로 2020년에 가스 센서의 세계 시장규모가 2019년 보다 상당폭 감소했고, 이후 COVID-19에서 얼마나 빠르게 극복하는지에 따라 가스 센서의 시장을 세 가지 측면, 즉 현실적 실제 시나리오, 비관적 시나리오, 낙관적 시나리오에 따라 예측하였다. 세 가지 시나리오에 따른 시장 전망 결론을 요약하자면, 실제 시나리오는 COVID-19을 점진적으로 극복함에 따라 경기 침체 역시 완만하게 회복되는 U자형 경제회복 상황에서의 가스 센서 시장 전망이다. 이때 가스 센서 시장의 2021년에서 2026년 CAGR은 7.0%로 예측되었다. 비관적 시나리오는 COVID-19의 확산세

가 꺾이지 않아 경기 침체와 정치·사회적 혼란상이 장기화되는 L자형 경제회복 상황이다. 이때 가스 센서 시장의 2021년에서 2026년 CAGR은 5.5%로 전망된다. 마지막으로 낙관적 시나리오는 신속하고 효과적인 방역 조치로 인해 감염확산이 차단되고 경제가 빠르게 정상화되는 V자형 경제회복 상황으로 2021년에서 2026년 CAGR은 7.5%로 전망하였다.

시장 주도 기술 동향

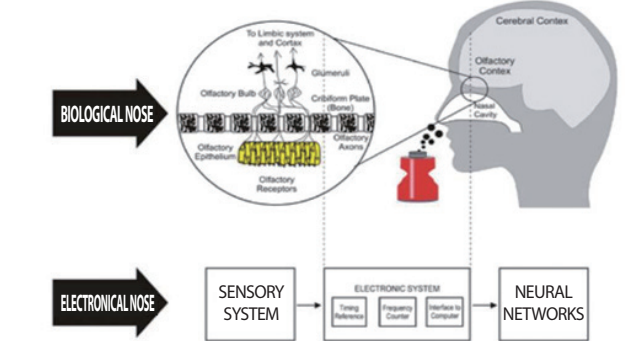
MEMS(Microelectromechanical system) 기반 가스 센서는 대기 매개변수 감지, 신호 조절 및 작동 제어와 같은 여러 작업을 수행하는 소형 시스템이다. 기존 가스 센서 기반 모니터링 시스템의 경우 장비 자체가 고가이고 크기가 상대적으로 크다 보니 건물 내부에 설치하는 것 자체가 어려웠다. 또한 음영지역이 많이 발생하여 모든 지역을 감시할 수 없고, 측정 방법이 복잡하는 등 여러가지 문제점이 있었다. 이러한 단점을 보완하기 위해서 소형의 저가형 고성능 센서 개발이 요구된다. 가격과 성능은 보통 비례를 하지만 MEMS 기반의 가스 센서는 생산 가격을 낮출 수 있고, 성능은 특정 가스에 대해서 기존의 센서와 거의 동일한 수준으로 맞출 수 있다. 그리고 가스 센서에 MEMS 기술을 적용하면 소형화할 수 있을 뿐만 아니라 대량 생산이 가능하고 다양한 전자 장치와 저렴한 비용으로 통합할 수 있다. 또 다른 강점으로는 기존의 가스 센서보다 더 낮은 소비 전력을 사용하기 때문에 MEMS 기반의 저전력·고밀도 가스 센

그림 3 MEMS 가스센서 내부 구조



출처 : Li, T., Xu, L., & Wang, Y. (2017). Micro-heater-Based Gas Sensors. Micro Electro Mechanical Systems, 1-37.

그림 4 전자 코 개념도



출처 : The Science Times, "암 냄새를 맡는 전자 코", 2021. 06. 11.

1) EPC : 설계(engineering), 조달(procurement), 시공(construction) 등의 영문 첫 글자를 딴 말이다. 대형 건설 프로젝트나 인프라사업 계약을 따낸 사업자가 설계와 부품 조달, 공사를 원스톱으로 제공하는 형태의 사업을 뜻한다. 일괄수주를 의미하는 턴키(turn-key)와 비슷한 개념이다.

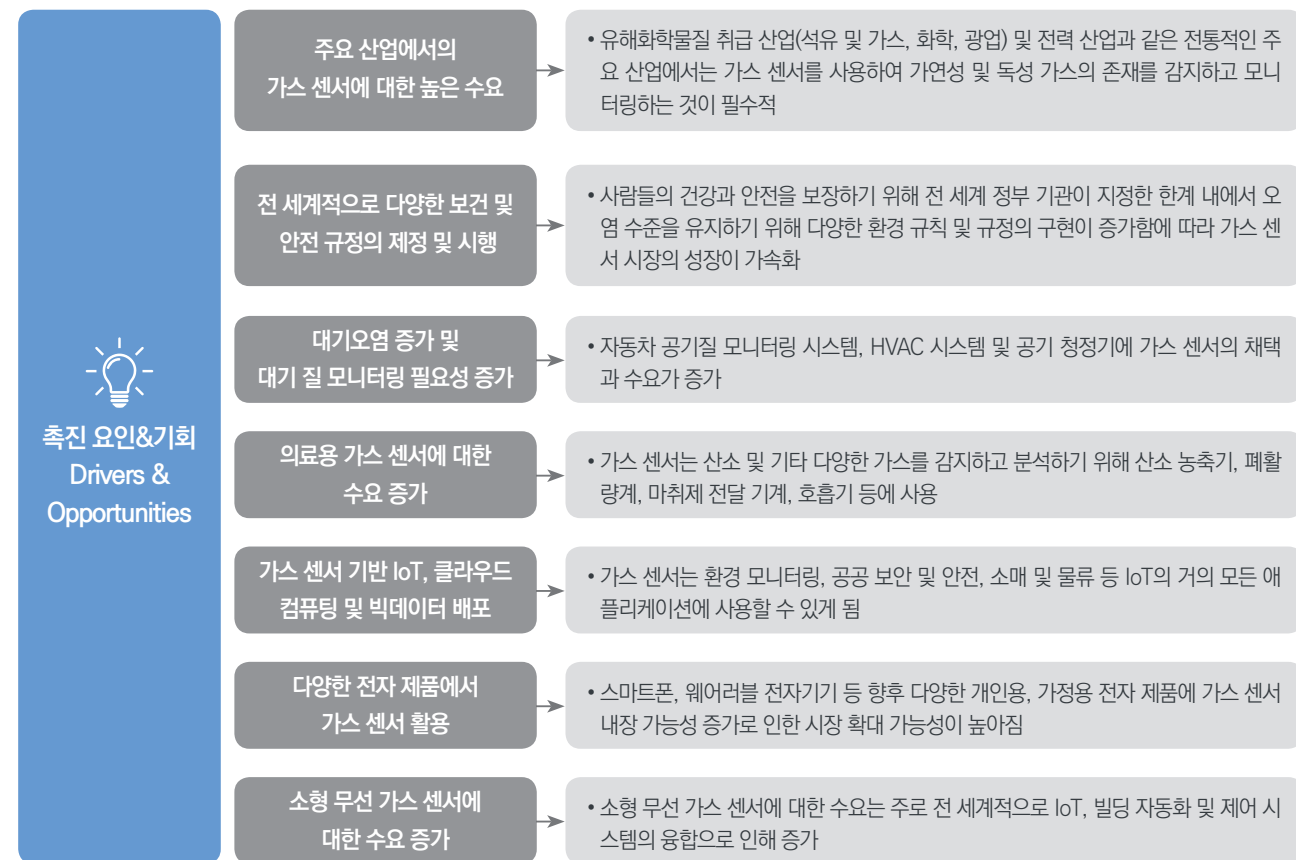
서 어레이에 대한 수요는 지속적으로 증가할 것으로 전망된다. 이에 따라 MEMS 기반의 가스 센서는 낮은 전력 소비가 필수적인 스마트폰, 태블릿 PC, 웨어러블 기기 등에 적극적으로 활용되고 있다. MEMS 가스 센서를 생산하는 주요 업체는 스위스 SGX센서테크(SGX SENSORTECH), 중국 정저우원센전자기술회사(Zhengzhou Winsen Electronics Technology Co., Ltd.) 등이 있다.

전자 코(Electronic nose, E-nose)는 가스 센서 분야에서 제품화, 상업화가 활발하게 진행되고 있는 최신기술 중 하나이다. 전통적으로는 식품, 음료, 화장품 산업에서의 품질 관리에서 주로 사용되었으나, 최근에는 의료용, 환경 모니터링, 폭발물 탐지 등 다양한 분야에서 폭넓게 활용되고 있는 추세이다. 사실 전자 코 기술이 처음 등장한 것은 1987년으로 상당히 오래된 기술이라고 할 수 있다. 그러나 최근 이 기술이 주목받는 이유는 일단 휘발성 유기화합물을 측정하는 센서 감도가 상당 수준이고, 특히 인공지능(AI), 딥러닝 기반의 데이터 분석 능력이 탁월하게 향상되어 활용도가 높아졌기 때문이라고 볼 수 있다. 예컨대 펜실베이니아 의과대학 연구진들은 먼

저 난소암 환자와 건강한 사람의 혈장 샘플을 분석해 난소암 환자의 휘발성 유기화합물 특징을 알아낸 뒤 이를 감지하는 전자 코를 만들었다고 밝혔다. 이 전자 코는 20 분 이내에 난소암 환자의 경우 95% 정확도로, 폐암 환자는 90% 정확도로 냄새를 통해 그들이 건강한 사람의 혈액 패턴과 다르다는 것을 알아내는 데 성공했다. 전자 코를 개발하는 주요 기업으로는 네덜란드 e노즈컴퍼니(eNose Company), 캐나다 오토테크(Odotech), 미국 일렉트로닉센서테크놀로지(Electronic Sensor Technology) 등이 있다.

가스 감지에 사용되는 나노 촉매와 결합된 전자 인쇄 제조기술은 얇은 칩 크기의 소형 인자(form factor)를 가진 가스 센서의 개발로 이어지기도 했다. 이 센서는 고성능 기능을 갖춘 초저전력 패키지로 가격 경쟁력이 우수하기도 하다. 주로 일산화탄소(CO), 알코올, 이산화황(H2S), 오존(O3) 등의 기체를 감지하는데 활용되며, 환경 모니터링을 위한 전자 제품이나 웨어러블 기기에 사용되기에 적합하다. 주요 기업으로는 미국 팰러앨토리서치센터(PARC), KWJ엔지니어링(KWJ Engineering) 및 스펙센서(SPEC Sensors) 등이 있다.

그림 5 가스 센서 시장의 촉진 요인 및 기회



4) 분석자 인사이트

세계적으로 기후 변화에 대한 위기감이 고조되면서 대기질 모니터링, 유해물질, 가스시설 취급 운영, 관리 기업 및 오염물질 배출시설 운영, 관리 기업의 지속적인 유해가스 및 악취 모니터링 등을 위해 가스 센서에 대한 수요가 나날이 증가하고 있다. 아울러 의료, 환경, 생활 전반 등으로 가스 센서 시장이 확장되면서 기술발전이 지속될 것으로 기대되는 산업 분야이기도 하다.

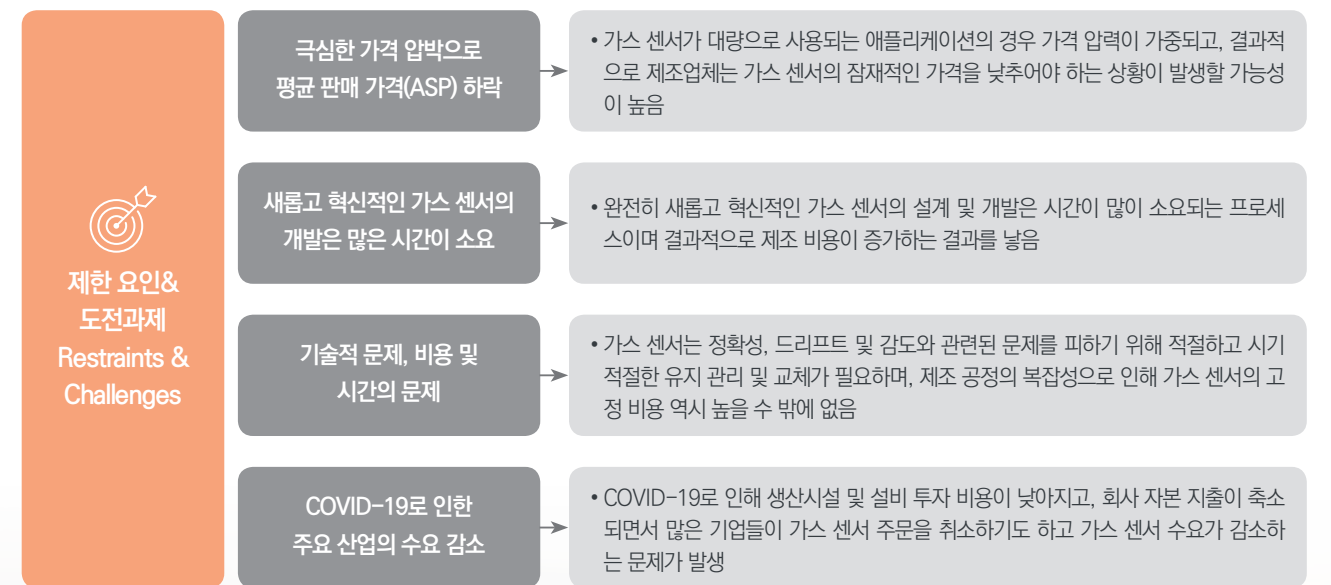
하지만 우리나라의 센서 기술력과 산업 및 시장 장악력은 매우 미비한 수준에 그치고 있다. 과거 센서 기술에 대한 원천기술 확보 노력이 부족했고, 국가 차원에서 적극적으로 연구개발에 투입한 자원에 비해 아직은 이렇다 할 성과 역시 부족한 수준이다.

그럼에도 불구하고 4차산업혁명 시대를 맞아 우리나라가 눈부신 첨단 ICT의 발전을 선도하고 있는 국가라는 점을 고려하면 가스 센

서 시장에서 독보적인 위치를 선점할 수 있는 기회 요소들이 여전히 남아 있음은 분명하다. MEMS 기반의 가스 센서의 나노 어레이 기술은 AI 기반의 데이터 분석을 통한 가스 탐지 민감도 보정 작업이 필요하며, 반도체와 ICT 강국인 우리나라가 강점을 지닌 분야라고 할 수 있다. 전자 코의 비약적인 기술 발전과 상업화의 배경에는 센서 기술의 발전도 중요하지만 AI 기반의 데이터 분석 기술 발전이 더 중요한 요인이었다. 현재 가스 센서는 IoT, 5G, AI 등 첨단 ICT 기술과의 융합을 통해 스마트 센서, 지능화 가스 센서로 진화하고 있다. 이때 주요 ICT 핵심기술은 우리나라가 강점을 지닌 기술들이다. 이런 점을 살펴봤을 때, 다양한 분야에서 높은 부가가치를 창출하고 신시장을 개척할 수 있는 가스 센서 개발 기술력을 확보하는 혁신 주체가 COVID-19 이후 가스 센서 시장을 장악할 수 있을 것으로 사료된다.



그림 6 가스 센서 시장의 촉진 요인 및 기회



ASTI MARKET INSIGHT



본원 (우)34141 대전광역시 유성구 대학로 245 한국과학기술정보연구원
T. 042) 869-1004, 1237 F. 042) 869-1091

분원 (우)02456 서울특별시 동대문구 회기로 66 한국과학기술정보연구원
T. 02)3299-6114 F. 02)3299-6244

