

연구개발계획요구서(RFP)

과제명 : 폭발물, 화학작용제 및 TIC 탐지용 필름형 센서 및 어레이형 탐지/식별 시스템 개발

1. 개요

가. 기술의 개념 및 정의

- 본 과제는 민군기술개발사업으로서 테러와 범죄에 사용되는 위험물질과 산업재해사고의 대상이 되는 폭발물, 화학작용제 및 TIC(독성산업화학물질)에 대하여 조기에 이를 탐지하여 사건을 대비하고 사고 발생을 줄여 사회 안전을 도모하기 위한 연구로서 이들 물질의 가스입자를 저농도로 실시간 감지할 수 있는 유기 반도체 필름센서를 이용한 폭발물, 화학작용제 및 TIC(독성산업화학물질)를 감지하는 필름센서를 어레이로 구성하여 24시간 무인으로 모니터링 하는 탐지시스템 구축을 목표로 한다.



그림 1. 기존의 접촉식 탐지센서와 플라스틱 필름센서 차별화된 탐지방법의 비교(폭발물, 화학작용제 및 TIC(독성산업화학물질)를 직접 탐지하거나 의심지역 주변에 어레이 시스템으로 장착하여 탐지하는 모습

- 폭발물, 화학작용제 및 TIC(독성산업화학물질) 탐지용 필름센서는 기체와 선택적으로 친화성이 있는 이온성 액체 등을 필름형 반도체 기질 표면에 코팅하여 센서 디바이스를 제작하고 이들 센서를 어레이로 구성하여 탐지 데이터를 획득 및 검증하는 시스템 개발을 목표로 한다. 또한 탐지된 물질은 검증 알고리즘을 거쳐 탐지/식별된 내용을 원격으로 실시간 디스플레이 될 수 있어야 한다.
- 센서물질은 위험물질에서 누출되는 가스를 일정 거리에서 탐지하기 때문에 고감도이어야 하며 또한 간섭영향을 최대한 줄이기 위하여 선택적으로 가스를 탐지할 수 있는 식별 능력이 우수한 기능성 물질 개발에 초점을 두어야 한다.

- 센서 디바이스의 기질은 휨성이 좋은 유연성 필름형태(예로서 기능성 공액 고분자 등을 사용한 유기 반도체형 디바이스)로 개발되어야 하며 제조시 인쇄공정이 가능해야 한다.
- 센서 어레이 구성은 의심물질(폭발성, 화학작용제 및 유독성산업화학물질)의 통과나 산업 현장에서 가스 누출이 예상되는 주변의 기벽, 기둥 또는 천정 등에 간단히 부착 또는 설치하는 방식이어야 한다. 예를 들어 공항 검색대 또는 인구밀집 장소(역, 백화점, 학교, 터미널 등 공공장소)의 천정이나 기벽에 필름형 어레이 센서를 설치하여 24시간 무인으로 모니터링 할 수 있는 시스템 기술이어야 한다. (그림 2 참조)

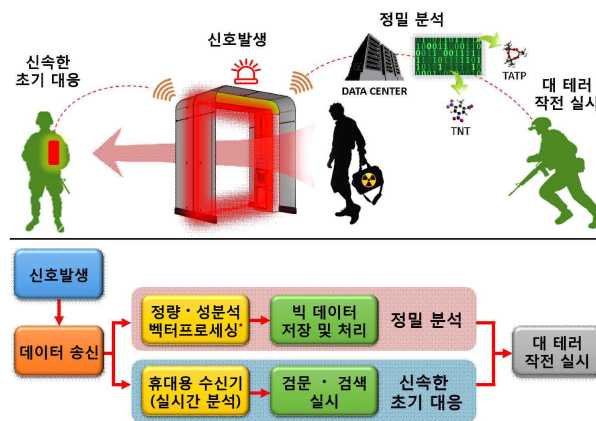


그림 2. 고감도 및 식별 필름형 어레이 센서를 검색대 주변에 설치하여 테러 및 범죄 유발 폭발물, 화학작용제 및 TIC(독성산업화학물질)이 통과 될 시 탐지하는 시스템의 개념도

- 탐지된 데이터의 식별 및 디스플레이 방식은 어레이 센서에서 탐지된 데이터는 전송되고 식별 알고리즘을 거쳐 모니터에 디스플레이 되는 것을 목표로 한다. 운용은 무인으로 24시간 자동으로 탐지하여 데이터를 상황실 PC로 전송할 수 있어야 한다. 즉 탐지네트워크 시스템의 구성은 필름형 어레이센서 → 탐지 데이터 전송 → 식별알고리즘 → 분석 및 검증 → 정보로 구성되는 기술이어야 한다.
- 실시간 조기에 탐지 활동이 가능해야 한다. 테러 및 범죄에 의해 사용되는 것을 차단하여 인명 피해를 예방할 목적에 맞는 탐지 시스템을 구축을 목표로 한다. 또한 유독성 물질 누출이 예상되는 공장 또는 산업시설에서 재해, 인명 및 환경 피해를 미연에 방지할 수 있는 모니터링 시스템을 목표로 한다. 결론적으로 폭발물, 화학작용제 및 TIC(독성산업화학물질)로 발생하는 사건 및 사고발생을 미연에 방지하여 인적 물적 및 사회적 비용을 크게 줄일 목적으로 탐지 시스템을 구성할 수 있는 기술을 개발하여야 한다.

나. 기술의 중요성/필요성 및 시급성

o 기술의 중요성/필요성

- 세계는 이념적, 종교적, 민족적, 정치적 갈등 등의 여러 가지 요인에 의하여 각종 테러 및 범죄가 존재하고 있으며 이로 인한 인명 피해는 증가되는 추세다. 최근에는 2015년 11월 프랑스 파리 테러, 특히 2016년 3월 벨기에 브뤼셀 공항 테러는 폭발물 감지 등 보안이 비교적 철저한 공항에서 일어났다는 점에서 테러에 대한 심각성과 불안감을 증폭시켰다. 따라서 테러에 의한 폭발과 범죄를 원천적으로 막고 예방하기 위한 기술적인 방법 중의 하나는 의심물질이 통과되는 지점에 탐지 시스템을 설치하여 사건, 사고를 발생을 미연에 방지할 수 있는 기술을 구축하는 것이 필요하다.
- 공공사회는 안전을 최우선으로 고려해야 하는 만큼 테러 및 범죄 유발성 폭발물, 화학작용제 및 TIC(독성산업화학물질)에 대해서는 항상 경계를 게을리 할 수 없다. 따라서 의심되는 지역에 이를 조기에 탐지하는 장비 및 시스템이 구축해야 한다. 이에 대비한 탐지장비 또는 시스템은 가스 입자 탐지에 있어서 고감도 및 식별탐지가 우수하고 이물질의 간섭영향이 극히 낮고 실시간 즉시 탐지할 수 있는 탐지 시스템이 필요하다.
- 공장이나 산업단지에는 위험물질에 의한 안전사고가 예상되므로 특히 폭발물, TIC(독성산업화학물질)로 인한 사고의 사회적 비용을 줄일 필요가 있다. 즉 재해를 미리 예방할 수 있는 기술이 필요하다. 이는 폭발물, TIC(독성산업화학물질) 물질의 누출이 예상되는 위치에 본 과제에서 제안한 필름형 어레이 센서 시스템을 설치하여 원격으로 실시간으로 모니터링 할 수 기술이 필요하다.
- 현재 폭발물, 화학작용제 및 TIC를 탐지하는 탐지기는 여러 가지 출시되고 있으나 용도에 따라서 그 형태가 다르다. 현재 군사적으로는 사용되는 폭발물 및 화학탐지기는 이온이동도 탐지방법이 주류를 이루고 있으며 주로 화학작용제 탐지에 초점이 맞추어져 있다. 상품화된 것은 CAM(chemical agent monotor), APD2000, Chempro 100, Raid 및 LCD-3 등을 비롯하여 여러 가지 형태로 개발되어 있다. 이온이동도 방식의 탐지기는 일부 간섭물질의 영향이 있으나 감도가 뛰어나고 선택성도 있어서 유독물질 탐지 또는 잔류 오염 탐지에 주로 사용되나 단점으로는 탐지기를 직접 의심되는 물질 부위 가까이하는 접촉식 탐지방식이어서 사용성 및 용도가 제한된다. 따라서 민수용으로는 적절치 못하며 고감도로 탐지되는 센서를 고정으로 설치하여 근접한 위치에서도 의심물질을 탐지하여 24시간 무선으로 전송된 결과를 상황실에서 모니터 할 수 있는 탐지 시스템이 필요하다.

- 더욱이 개인이 운용하는 장비일 경우 취급 및 운용하기에 편리해야 한다. 현재까지 상용화된 여러 가지 탐지장비나 시스템이 출시되고 있지만 사용분야별로 요구 사항을 모두 충족하고 필요한 분야에 최적으로 운용하기 위한 신뢰성 높은 탐지시스템의 필요성이 항상 부각되고 있다. 장비는 아직도 점점 개선되고 있는 실정이며 본 과제에서 제안한 고삼도 필름형 에레이 센서는 현재의 기술보다 만족하는 탐지 시스템 기술이 될 것으로 예상된다. 특히 사람들이 많이 붐비는 공공기관, 역, 터미널, 학교, 백화점, 빌딩, 공공기관, 주요 산업시설 등에 공공 안전을 위하여 실시간으로 폭발물, 화학작용제 및 유독성 화학물질을 탐지할 수 있는 시스템이 필요하다.

o 기술개발의 시급성

- 폭발물, 화학작용제 및 TIC(독성산업화학물질) 물질을 탐지하는 다양한 탐지센서 기술이 개발되었음에도 불구하고 의심되는 위치(공항 검색대 등)에서 일일이 탐지(검색)하기란 쉽지 않다. 현재 폭발물 탐지기는 의심되는 대상물에 직접 사람이 접촉시켜 탐지하는 방식으로 불편한 점이 많이 대두되고 있으며 사정상 출입국 심사대 등의 제한적인 영역에만 비치되어 있다. 그러나 본 연구에서 제안하는 탐지방식은 의심물질에 직접 접촉하지 않고 의심물질 통과가 예상되는 지역 또는 유독성 물질의 가스 누출이 의심되는 주변에 설치하여 모니터링 하는 개념으로서 24시간 의심물질을 탐지할 수 있는 시스템 개발이 절대적으로 필요하다.
- 대테러 작전 및 범인이 사고를 유발하기 전에 탐지하여 인명 피해를 미연에 방지할 수 있는 탐지장치 또는 시스템 개발이 필요하다. 특히 공항 출입대에 시스템을 장착하여 폭발물, 화학작용제 및 유독성 화학물질 등의 의심물질이 통과하면 본 과제에서 제안한 센서 시스템을 설치할 경우 폭발물, 화학작용제 및 TIC(독성산업화학물질) 통과 여부를 미리 탐지하여 비행기 추락사 등을 미연에 방지할 수 있을 것이다.
- 무인으로 24시간 운용이 가능하여 자동으로 모니터링 할 수 있는 저비용 고효율 탐지 시스템을 구축할 수 있는 기술개발이 필요하다. 본 과제에서 제안한 무인 탐지 시스템은 탐지 데이터 분석이 수초 내 신속히 상황실로 전송되어 정보발령과 유사시에 대 테러 작전 수행을 신속히 수행할 수 있는 기술이다.
- 미국의 Defense Threat Reduction Agency(DTRA)와 영국의 Institute for Security Science and Technology(ISST)는 세계 안보를 위한 국제공동연구를 통하여 폭발물과 같은 대량살상무기(weapons of mass destruction)를 감지할 수 있는 기술을 개발하는 등 선진 각국에서는 폭발물, 화학작용제 및 TIC 탐지기 개발에 많이 투자를 기울이고 있다. 따라서 우리 나라도 세계적인 수준으로 도약하기 위해서는 필름형 센서 개발이 반드시 필요하다.

다. 연구개발 최종 목표

○ 민·군수용

항 목	목 표 성 능
센서 형태	- 대량생산성 인쇄공정 가능 센서 - 유기반도체형 플라스틱 필름 센서
탐지물질	- 폭발물 5종 이상(RDX, TNT, HMX, TATP, PETN 등) - 신경 및 수포성 화학작용제 탐지 가능 (평가시 유사작용제 DMMP, MES로 대체가능) - TIC(NH ₃ , As, Cl, NO ₂ , CO)
최저탐지농도	- 0.1mg/m ³ (DMMP 기준)
탐지시간	- 10sec 이내
복구시간	- 30sec
운용 온도	- -32~43℃
센서 수명	- 3개월 이상
전자파 간섭성	- 민수 및 군용기준(MIL-STD-461) 일부 적용

2. 국내외 기술현황 및 전망

가. 국내 기술동향 및 전망

- 화학작용제 탐지기 개발은 세계적인 추세와 거의 유사하다. 70~80년대에는 변색 반응을 이용한 탐지지 및 탐지키트가 주류를 이루었으며, 80년대는 국내에서 처음 습식방식의 탐지기를 개발되었다. 90년대는 가스이온화 원리를 이용한 건식 탐지기 및 2000년대는 이온이동도 방식의 탐지기를 개발하여 현재 군에서 사용되고 있다. 탐지방식이 습식 탐지방식에서 건식 탐지방식으로 변하면서 유지보수 및 운용적인 측면에서 개선은 되었으나 이물질 또는 유사물질의 간섭영향으로 오경보를 유발할 가능성이 있다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 이온이동도 원리를 더욱 개선한 비대칭 이온이동도 원리를 이용한 방식, 극소형 이온트랩 질량분석 방식의 디바이스 등이 현재 연구 개발되고 있다. 또한 대학 및 정부산하 특화 연구소에서는 MEMS, 패터닝 기술 및 나노기술을 이용하여 저전력으로 장시간 운용이 가능한 마이크로센서 및 waerable 센서 개발에 많은 노력을 기울이고 있다. 현재는 세계적인 추세와 유사하게 실용성적이 측면에서 비대칭 이온이동도 탐지기 개발에 접근하고 있는 실정이다.

나. 국외 기술동향 및 전망

- 전 세계적으로 이온이동도 원리를 이용한 화학 및 폭발물 탐지기(CAM, ICAM, RAID 등)가 가장 많이 개발되어 군사적 및 대테러 용도로 사용되고 있다. 최근에는 이보다 간섭물질의 영향이 적고 더욱 소형화된 비대칭장 이온이동도(FA-IMS) 원리를 채택한 극소형화된 탐지기가 선을 보이고 있다. 이러한 이온이동도 탐지기는 시료를 이온화

시키는 방사능 동위원소를 사용하고 있어서 운용상의 문제점이 항상 대두되고 있다. 이러한 원리를 이용한 상품화된 탐지기로는 이온이동도 원리의 CAM과 비대칭장 이온이동도 원리의 LCD가 대표적이다.

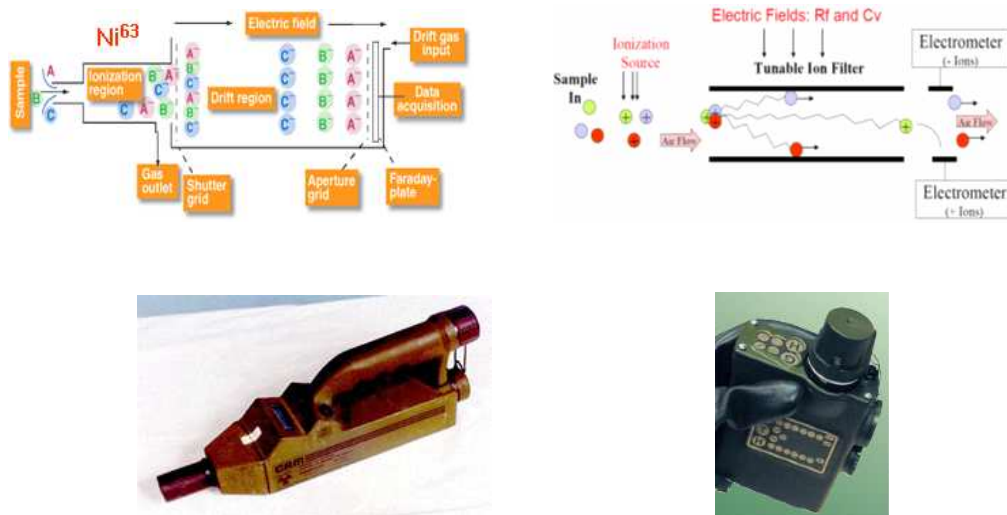


그림 3. 이온이동도와 비대칭장 이온이동도 탐지원리의 비교 및 상품화된 탐지기의 비교

- MEMS(Micro-Electro Mechanical Systems)와 나노기술의 발전으로 화학 및 생물 탐지기류는 더욱 극소형화되고 인체 및 장구류에 장착이 가능한 wearable 센서가 많이 연구되고 있다. 예를들면 다음과 같다
 - FET 기반 탄소나노튜브 기능화 센서 연구

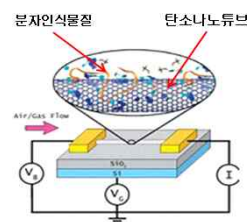


그림 4. FET 기반 탄소나노튜브 탐지센서

- 마이크로 이온트랩 질량분석기를 이용한 탐지기가 연구되고 있다. 라만 원리를 이용한 탐지센서 등의 연구가 활발하다.

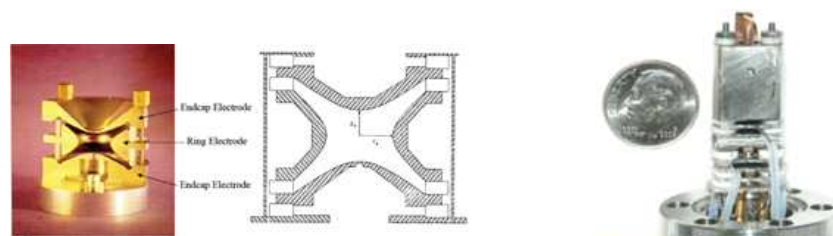


그림 5. 이온트랩 질량분석 원리를 이용한 마이크로 질량분석기

- 표면음향파 원리와 기능성 센서물질을 이용한 마이크로 SAW(surface acoustic wave) 센서

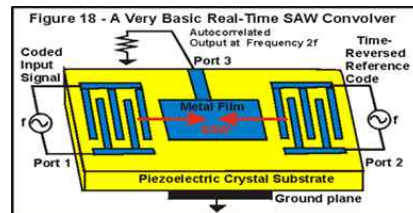


그림 6. SAW 소자를 적용한 마이크로 탐지기

- 마이크로 GC를 이용하여 흡입 시료를 먼저 분리한 후 망단에 SAW 또는 마이크로 질량분석 센서를 장착하여 탐지/식별하는 마이크로 탐지기가 연구되고 있다.

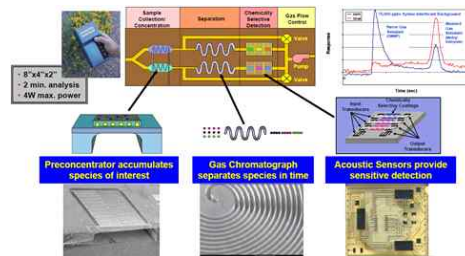


그림 7. 마이크로 예칭 전단 농축기, GC컬럼 및 SAW 센서를 장착한 마이크로 탐지기

- 양자충돌레이저 원리의 파장가변형 반도체 레이저 센서가 연구되고 있다.

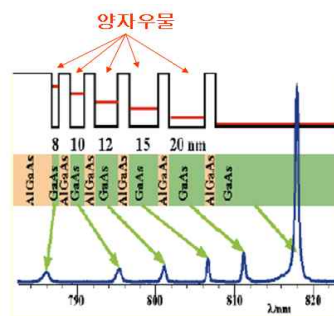


그림 8. 양자충돌레이저의 양자우물에서 방출되는 중적외선 가변파장

- 일반적인 FET(source-drain 및 gate 전극) 센서의 구조와 달리 게이트 전극에 나노와이어를 성장시킨 다음 기능성 센서물질을 증착시킨 감도가 더욱 높은 Tunneling FET 센서가 연구되고 있다.

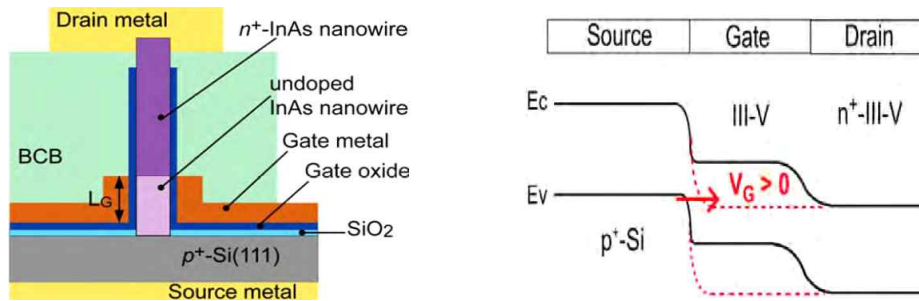


그림 9. 터널링 FET 의 구조 및 원리

○ 기타

- 북서태평양국립연구소(PNNL)가 개발한 화학센서 ‘스니프(Sniffs)’ 는 RDX 등 폭발물 9종을 탐지하는데 성공하였지만 고가의 대형장비이기 때문에 현장에 적용되기에는 어려움이 많다.

- 2014년 이스라엘 텔아비브 대학의 페르난도 파톨스키(Fernando Patolsky) 교수팀이 나노테크놀로지-영감의 센서를 개발하여 RDX, PETN, HMX, NH_4NO_3 등의 다양한 폭발물질을 검출할 수 있는 센서개발을 발표 하였지만 아직 프로토타입 단계이다.

3. 연구개발계획

가. 단계별 연구개발 목표

○ 민·군수용

위에서 언급한 바와 같이 최적의 탐지장비 또는 시스템을 개발하기 위한 연차별 계획으로서 연구목표 및 내용은 아래와 같다.

구분	연구개발 목표	주요결과물	예산 (억)
응 용 연 구	- 유기반도체 센서 설계/제작 - 기능성 센서물질 합성 및 제조법 확립 - 센서물질 증착 및 고정화 기법 확립 - 단일 센서 구현(설계/제작) 및 안정성 연구 - 센서물질별 탐지가스(폭발물, 화학작용제 및 TIC)별 상호작용성 및 감도연구 - 단일 센서의 안정성(재현성, 간섭성) 연구 - 어레이센서 설계	- 유기반도체 디바이스, 센서물질 제조공정 및 증착공정 도면 - 가스 종류별(폭발물, 화학작용제 및 TIC) 감도 및 식별 data 자료 - 응용연구 보고서 - 단일 센서 시험 시제	6.5
시 험 개 발	- 어레이센서 및 탐지시스템 제작 및 구현 - 어레이센서 탐지data전송회로 설계 및 구현 - 어레이센서 탐지가스별(폭발물, 화학작용제 및 TIC) 감응특성 연구 - 탐지가스별(폭발물, 화학작용제 및 TIC) 패턴분석 및 식별(검색) 알고리즘 구현 - 시험평가 - 감도, 식별(단일 및 혼합) 능력 - 안정성, 재현성 - 환경적응성 평가 - 온습도 영향성 평가 - 시제품 보완 및 규격화 - 최종보고서 작성	- 어레이센서 및 탐지시스템 시제품 - 혼합가스 식별(검색) SW 및 DB 자료 - 혼합가스 탐지 및 환경성 관련 data 입증 자료 - 디바이스 규격화 자료	7

* 단계별 목표의 달성을 위한 연차별 목표를 연구개발계획서에서 제시하고, 연차별 목표에 대한 평가항목 및 달성목표치를 정량적으로 제시

* 연차 구분은 회계연도를 기준으로 설정 및 예산 배분

예시) 응용연구 2년, 시험개발 2년인 과제의 경우

연구단계	응용연구			시험개발		
연차	1차년도	2차년도	3차년도	1차년도	2차년도	3차년도
연차별 기간	7개월 (‘17.6~12)	12개월 (‘18.1~12)	5개월 (‘19.1~5)	7개월 (‘19.6~12)	12개월 (‘20.1~12)	5개월 (‘21.1~5)
평가	▲	▲	▲	▲	▲	▲
예산 지급	▲	▲	▲	▲	▲	▲

- * 개발단계(응용연구/시험개발)간 예산 이동 불가
- * 재료비, 장비비 등은 사업 초기에 집행하여 활용도 제고
- * 응용연구에서 개발된 시제품의 시험개발단계 재활용계획 제출

나. 사업기간 및 연구개발비

- o 사업기간 : 4년(응용 2년, 시험개발 2년)
- o 정부출연금 : 13.5억원 이내

4. 적용 및 파급효과

가. 적용분야

o 민수 :

테러를 대비하여 사람들이 많이 붐비는 공공기관, 역, 터미널, 학교, 백화점, 빌딩, 공공기관, 주요 산업시설 특히 비행기 추락사고의 근원을 사전에 방지하기 위한 공항 출입국 검색대, 수하물 컨베이어벨트 등에 본 과제에서 제안한 필름형 어레이 센서 및 탐지 시스템을 설치하여 24시간 무인 감시체계를 확립한다면 폭발물, 화학작용제 및 유독성 화학물질 탐지를 사전에 탐지하여 사고를 미연에 방지할 수 있는 안전 시스템에 적용될 수 있다.



그림 10. 고감도 필름형 센서 어레이 시스템을 이용한 공항 및 유독물질 취급 산업시설 등 적용 가능한 민수분야

o 군수 :

현재 군에 운용중인 화학작용제 개인 탐지장비로서 KM8K1, CAM 등이 보급되어 있으며 이는 화생방전하에서 화학작용제 탐색 작전에는 유용하게 이용되고 있다. 그러나 전투기, 전투함, 전투차량 및 지휘통제실 등 실내 오염을 탐지할 수 있는 시스템은 없는 실정이다. 본 과제에서 제안한 필름형 센서 어레이 탐지 시스템이 개발된다면 이들 분야에 적용이 가능할 것으로 판단되며 군의 전력 증강에 크게 기여할 것으로 예상된다.

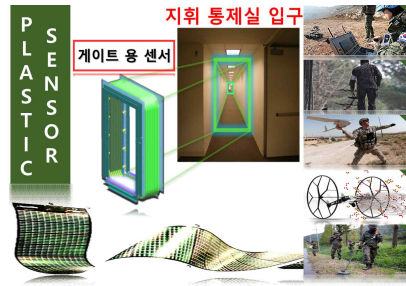


그림 11. 군 상황실 입구 등에 설치하여 화학작용제를 탐지하는 개념도

나. 파급효과

- 기술적 측면 : 폭발물, 화학작용제 및 TIC(독성산업화학물질) 가스물질을 탐지하는 방법은 현재 이온이동도 탐지방법이 주류를 이루고 있으며 현재 상용화된 크기는 손휴대용 정도이며 무게는 약 3kg 정도이다. 이를 소형화하기 위한 기술들이 많이 대두되고 있으나 한계가 있다. 또한 미래병사체계에 적합한 탐지기는 마이크로센서 또는 wearable 센서가 개발되어야 한다. 유기 반도체 필름센서는 이에 적합한 탐지센서로서 차세대 극소형 탐지기의 기술을 선도할 것으로 판단된다.
- 경제·산업적 측면 :
 - 탐지 센서기술은 MEMS 및 나노기술을 기반으로 이루어지고 있기 때문에 이와 연동된 경제·산업적 유발효과는 상당할 것으로 사료되며 군사용 및 대테러 작전용의 대부분은 외국산 수입에 의존하고 있다. 이러한 상황을 고려해 볼 때 국내에서 기술이 반드시 개발 되어야 한다고 사료된다.
- 군사적 측면 :
 - 폭발물 탐지센서는 폭발물 생산, 저장 및 매설물(지뢰 등)의 폭발물질 가스 누출 탐지에 유용하게 활용될 수 있다. 폭발물 탐지 로봇에 장착하여 지뢰 또는 미확인 폭발물 등을 탐지할 수 있으며 또한 UAV에도 탑재/운용하여 병사가 탐지하기 어려운 산악지형 등에 화학작용제의 오염 여부를 신속히 판단할 수 있을 것이다.
 - 화학탐지센서는 극소형 탐지기에 장착하여 화학부대의 화생방 작전에 유용하게 사용될 수 있다. 또한 미래병사체계에 wearable 센서로 장착이 가능하여 군사적으로 일대 혁신을 가져올 것으로 판단된다.
 - TIC 센서는 유독성산업물질 생산, 저장 시설에 가스 누출 실시간 모니터링 장치로 상당히 유용할 것으로 판단된다.

- 기타 드론 및 곤충형 센서 탑재용으로 유용할 것으로 판단됨

5. 연구개발 결과 제시물 및 평가항목

가. 연구개발 결과 최종 제시물

- 시제품
- 설계 도면 제작절차서
- 감도시험 data 자료
- 특허 및 학술발표자료
- 군 규격화 자료(시험개발 종료 후)

나. 연구개발 결과 평가항목

항 목	평 가 내 용	환경조건
탐지 폭발물	5종 이상 (TNT, RDX, HMX, PETN, TATP)	용액상 또는 고체상 상온 대기 노출 조건
탐지물질 유사 화학작용제	DMMP(Dimethylphosphonate), MES(Methylsalicylate)	순도 97% 이상 용액상
TIC	NH ₃ , Cl ₂	실온에서 배출되는 가스상
최저 탐지농도(실온)	폭발물: TNT 20~30ppb, 화학작용제: DMMP 및 MES 0.1mg/m ³ *MES: Methylsalicylate NH ₃ , Cl ₂ : 1ppm	실온에서 증기화된 농도상
혼합가스 식별	2~3종 가스 혼합시 식별성	동등량이 챔버에 혼합된 가 스상
탐지시간	10sec 이내	각 항목 탐지 조건 적용
탐지 온도/습도 범위	-32~43℃/RH60~70%	사계절 온도 변환조건 적용
탐지 안정성/재현성	반복 탐지시 최저 탐지농도에서 최대 피크치의 오차 ±5%	시험실 대기 조건
전자파 간섭성	MIL-STD-461 일부 적용	시험시 MIL규격 측정 환경

※ 연구개발계획서 작성시 환경조건 조성방안 제시

6. 참여 요건

가. 추진 체계 요건

- o 주관연구기관 및 참여기관 : 민군기술협력사업 촉진법 제7조제2항 및 동법 영
제14조제2항 각 호에 해당하는 기관 또는 단체

※ 응용연구 및 시험개발의 경우에는 주관연구기관 또는 참여기관에 1개 이상의 기업 참여 필수

- o 기업분담율 : 민·군기술협력사업 공동시행규정 제27조(별표4)

나. 연구책임자의 자격 및 과제 신청요건

- o 연구책임자의 자격 : 관련분야의 연구 경험이 풍부한 중견 연구자를 책임자로 선임하여 연구의 최종목표를 달성할 수 있도록 계획, 업무프로세스 정립, 원활한 추진 및 조정과 과제관리를 수행할 수 있어야 한다.
- o 과제 신청요건 : 주관연구기관은 제안한 연구개발 목표를 충분히 달성할 수 있는 연구팀을 구성하여야 하며, 필요시 컨소시엄을 구성할 수 있다.

다. 기타

- o 본 과제를 수행시 단가 100만원 이상 연구시설 및 장비는 관리대장을 비치, 3천만원 이상 또는 공용 활용이 가능한 연구시설 및 장비는 취득 후 30일 이내에 보고하여 관리번호를 부여 받는다
- o 연구개발계획서는 민·군기술협력사업 공동시행규정 별지 서식 제4-1C호(연구개발계획서)를 준용하여 작성
- o 그림, 표 등 인용자료는 반드시 인용처 표기

7. 참고문헌

- o Dep. of Army Pamphlet 385-61, Toxic Chemical Agent Safety Standards, Dec. 2008
- o Shanon L, Bartelt-Hunt 외 2인, A Review of Chemical Warfare Agent Simulants for the Study of Environmental Behavior, Dep. of Civil Engineering, Uni. of Nebraska-Lincoln, NC 27695-7908
- o Suman Singh et al., Sensors-An effective approach for the detection of explosives, Journal of Hazardous Materials, 144, 15-28 (2007).
- o Zbigniew Bielecki et al., Sensors and systems for the detection of explosive devices-an overview, Metrology and Measurement Systems, XIX, 3-28 (2012).
- o J. Sarah Caygill et al., Current trends in explosive detection techniques, Talanta, 88, 14-29 (2012).
- o Seonghwan Kim et al., Molecular recognition using receptor-free

nanomechanical infrared spectroscopy based on a quantum cascade laser, Scientific Reports, 3, 1111 (2013).

- o Amir Lichtenstein et al., Supersensitive fingerprinting of explosives by chemically modified nanosensors arrays, Nature Communications, 5, 4195 (2014).
- o Lama Mokalled et al., Sensor review for trace detection of explosives, International Journal of Scientific & Engineering Research, 5, 337-350 (2014).
- o Zheng Yang et al., A high-performance nitro-explosive schottky sensor boosted by interface modulation, Advanced Functional Materials, 25, 4039-4048 (2015).
- o Merel J. Lefferts et al., Vapour sensing of explosive materials, Analytical Methods, 7, 9005-9017 (2015).
- o André Räupke et al., Highly sensitive gas-phase explosive detection by luminescent microporous polymer networks, Scientific Reports, 6, 29118 (2016).
- o R V Kishore Kumar et al., A survey on the present state-of-the-art of explosives, detection methods and automatic explosive detection using wireless sensor network, International Journal of Scientific & Engineering Research, 11, 504-510 (2016).

8. 과제 문의사항 연락처

소속	담당전문위원	연락처
민군협력진흥원	안전 및 센서분야 전문위원	042-607-6048