

온보드 디젤 차량 soot 농도 센서 개발 연구

윤 준 석¹⁾ · 김 지 호¹⁾ · 홍 준 혁¹⁾ · 유 지 형^{*1)}

한양대학교 미래자동차공학과(미래자동차-SW융합전공)¹⁾

OBD diesel vehicle soot concentration sensor development

Jun Seok Yoon¹⁾ · Ji Hyo Kim¹⁾ · Joon Hyeok Hong¹⁾ · Jihyung Yoo^{*1)}

Department of Automotive Engineering(Automotive-Computer Convergence),
Hanyang University, 222, wangsimmni-ro, seongdong-gu, Seoul, Republic of Korea¹⁾,

Key words : Quartz-enhanced photoacoustic spectroscopy (쿼츠-향상 광음향 분광법), Soot sensor (Soot 센서),
On-board diagnostics (온보드 진단기)

* 이 성과는 2021년도 정부 (과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단 (NRF-2021K1A3A9A05095928) 및 한 국산업기술진흥원의 (P0020536, 2022년 산업혁신인재성장지원사업) 지원을 받아 수행된 연구임
** 교신저자: 유지형, E-mail: jihyungyoo@hanyang.ac.kr

디젤 차량은 SOx, CO, CO₂, H₂O, NOx, Soot 등 다양한 분자들과 입자들이 배기구를 통해 배출되게 된다. 특히 Soot은 대기 중에 배출되게 되면 다른 분자들과 결합하는 등, 다양한 크기로 존재하며 사람의 기관지를 통해 흡입되면 폐암과 같은 질병을 유발하게 된다. 유럽에서는 1992년부터 이러한 문제점을 인식하고 배출가스 내 soot 농도를 엄격히 규제하고 있다. 본 논문은 이러한 규제에 맞춰 Soot을 OBD로 측정할 수 있는 소형 센서를 개발하는 것에 목적을 두고 있다.

분자마다 고유 흡수 스펙트럼을 가지는 원리를 이용한 분자 흡수 분광법은 선택성이 좋으며 흡수와 이완 과정이 수 나노초로 응답시간이 빠른 장점이 있는 센서이다. 분광법을 이용한 광학 기법으로는 Tunable diode laser absorption spectroscopy (TDLAS)와 Photoacoustic spectroscopy (PAS)가 대표적이다. TDLAS는 측정하고자 하는 분자나 입자를 투과한 레이저 빛 즉, 흡수로 인한 레이저 빛의 세기의 감소량을 측정함으로써 농도를 측정하는 방법이다. 하지만 TDLAS는 2개의 photodetector를 사용함으로 인해 PAS 센서에 비해 비싼 가격과 큰 크기의 광학장비 부피를 차지하게 된다. 반면 PAS 센서는 측정 물질이 레이저 빛을 흡수하고 비방사성 이완과정을 통해 발생한 음파를 측정하여 물질의 농도를 측정한다. Detector로 사용되는 quartz tuning fork (QTF)는 압전효과를 이용해 음파를 측정하며, 가격이 저렴하고 크기가 작은 장점을 가지고 있다. 이러한 장점을 이용한 quartz enhanced photoacoustic spectroscopy (QEPAS)를 목표 개발 센서로 선정하여 저렴하고 휴대할 수 있는 soot 측정 광학 센서를 개발하는 연구를 진행했다.

QEPAS 센서는 비방사성 이완을 통해 생성된 일정한 주파수를 가진 음파를 detecting 하여 analog circuit을 사용하여 전기신호를 증폭시킨다. 증폭된 전기신호를 National Instruments사의 DAQ와 Labview 프로그램을 사용하여 후처리한다. 레이저 파장대는 측정 물질인 Soot에 흡수량이 많으며, 다른 분자들에 대한 흡수량이 적은 근적외선 850nm로 선정하였다.

QEPAS 센서 신호는 측정 물질의 농도가 증가함에 따라 선형적으로 증가하는 특성이 있다. 본 논문에서는 이러한 특성을 이용하여 실험실에서 soot을 발생시켜 빠른 속도로 농도를 측정할 수 있는 센서를 개발하였다.