한국소음진동공학회 창립 20주년 기념 2010년 춘계학술대회논문집, pp.250~251

수소가스 검출을 위한 초음파 광섬유 센서 설계

Design of ultrasonic optical fiber sensors for hydrogen gas detection

유중철*·기창두**·오일권†

Yoo Jung-Cheol, Kee Chang Doo and Oh Il Kwon

1. 서 론

최근 지구온난화 문제와 화석연료 고갈이 심각해지면서 대체 에너지로 수소에너지가 각광을 받고 있다. 수소에너지는 매우 깨끗하고 효율적이며 재생가능한 가장 청정한 궁극적인 에너지담체라 할 수 있다. 수소의 사용은 암모니아 제조부터 메탄올 합성, 철 제련, 원유의 탈황, 정유공정, 약품 제조, 로켓의 연료 그리고 연료전지 등 여러 분야에서 사용되어 지고 있다. 이러한 대체 에너지 자원인 수소는 산소와 화학 반응을 이용하는 연료전지로 가장 주목을 받고 있다. 특히 우주왕복선에서는 수소연료전지로 전기를 생산하고 부산물인 물을 승무원의 식수로 사용할 만큼 청정에너지 자원이다. 수소를 대체 에너지원으로 사용하기에 앞서 수소의 저장과 사용을 함에 있어 누출을 방지 해야한다. 그 이유는 앞선 연구들에서도 알 수 있듯이 수소가 대기 중 4 % 이상 누출이 될 경우 엄청난 폭발을 일으킬 수 있기 때문이다. 수소는 무색, 무취, 무향, 무미의 특성을 가지고 있어 누출이 되더라도 쉽게 느낄 수가 없으며 어느 정도가 누출이 되었는지 알 수 없다. 수소를 안전하고, 효율적으로 사용하기 위해서는 수소 가스 검지 센서의 이용은 필수적이다. 하지만 현재 상품화 되어 사용되는 수소 센서는 고가의 장비이다. 따라서 이러한 수소 가스 누출 검지용 센서를 개발하기 위해 기존에 연구되었던 초음파 - 광섬유 센서를 이용하여 본 연구에서는 저가의 수소 가스 누출 검지용 센서 개발을 위한 초음파 - 광섬유 센서의 소형화, 수소 민감성 물질인 팔라듐을 이용하여 수소 가스 감지를 위한 가능성을 제시하고자 한다.

† 교신저자; 오일권
E-mail : ikok@chonnam.ac.kr
Tel : (062) 530-1685, Fax : (062) 530-1689

* 전남대학교 기계공학과 석사과정

** 전남대학교 기계시스템공학부 교수

2. 본 론

2.1 실험 개요

(1) 센서 제작

센서 제작은 광섬유의 민감도를 높이기 위해 피복을 아세톤을 이용하여 제거하여 표면을 깨끗이 세척한 후 표면에 팔라듐을 sputtering 방법으로 도금을 하였다. 도금이 완료된 광섬유는 압전재에 에폭시를 이용하여 부착하였다. Fig. 1에서 보여지는 SEM 이미지는 광섬유 표면에 Palladium이 도금이 되어 있음을 보여준다.

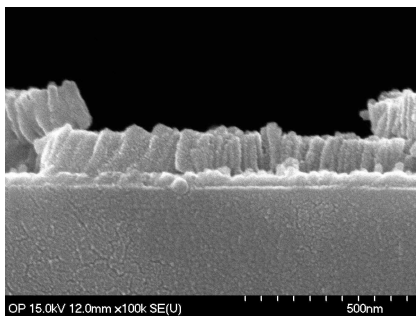


Fig. 1 Palladium이 도금된 광섬유 SEM image

(2) 실험 장치

실험 장치는 Fig.2와 같이 NI-PXI5122(100MS/s, 14-bit Digitizer with onboard signal processing)과 NI-PXI-5412(20MHz, 100MS/s, 14-bit Arbitary waveform generator)를 이용하여 LabVIEW 프로그램으로 실험을 실시하였으며 압전재는 Fuji-C82를 사용하였고 진동모드는 d31를 이용하였다. 사용된 수소 가스는 10% 농도로 실험을 하였다.

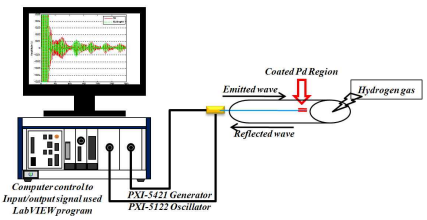
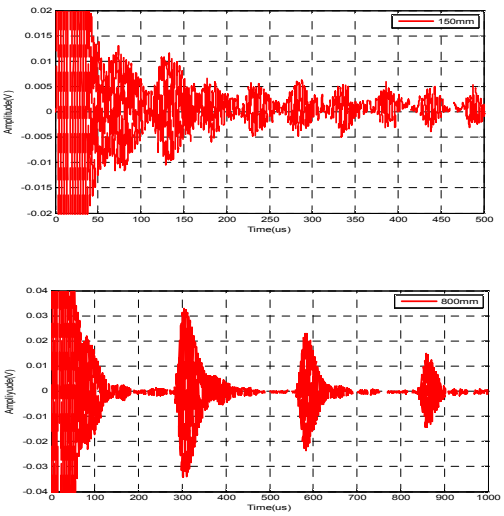


Fig. 2 The experimental set-up

3.1 실험 결과 및 고찰

(1) 센서의 소형화

초음파 - 광섬유 센서는 이전의 연구에서는 광섬유가 길었으나 이를 수소 센서로 제작하기 위해서 압전재의 사이즈를 소형으로 하였다. 그에 따라 광섬유의 길이 또한 변화하게 된다. 압전재에 인가되는 사인파가 압전재의 진동주파수에 따라 발생된 초음파는 광섬유를 따라 끝단에서 반사되어 돌아와 압전재가 이를 센싱한다. 입력되는 신호는 압전재 크기에 따라 고유주파수를 인가하며 출력된 신호의 time interval 의 분별이 가능하도록 설계 되었다. Fig. 3에서 보여지는 그래프는 소형화된 센서의 광섬유 길이 150mm 와 기존 센서의 광섬유 길이 800mm 의 출력된 신호를 보여주고 있다.



(a) 150mm (b) 800mm

Fig 3. (a) optical fiber length 150mm
(b) optical fiber length 800mm

Fig 3.(a)는 150mm 광섬유와 3mm 압전재의 출력된 신호이며 (b)는 800mm 광섬유와 5mm 압전재의 출력된 신호이다. 출력 전압의 차이는 압전재의 사이즈가 작아짐으로 인해 줄여든다.

(2) 수소 실험

설계된 초음파 - 광섬유 센서를 팔라듐도금으로 한 후 수소와의 반응을 테스트 하였다. 아래의 Fig .4 에 나타나는

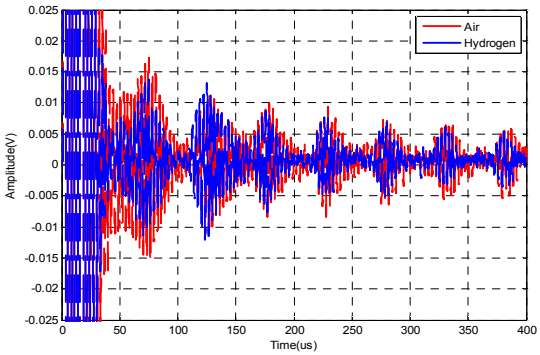


Fig 4. 대기와 수소 분위기일 때의 출력된 신호비교

결과를 보면 대기 상태에서의 실험 결과가 수소 분위기에서의 실험 결과보다 출력되는 전압이 크다는 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 팔라듐이 수소와 반응을 하면서 부피 변화가 일어나는데 이 부피 변화는 초음파의 감쇠를 일으키며 결과적으로 압전재로부터 출력되는 전압을 감쇠 시키게 된다. Fig 4. 의 결과는 초음파 - 광섬유 센서가 수소 누출을 검지할 수 있음을 보여주는 결과라 할 수 있다. 이 실험에 사용된 수소 가스는 10% 농도의 수소였으나 앞으로 더 나아가 수소 가스에 더욱 민감하게 광섬유의 표면 처리를 하여 저 농도에서 수소 가스 누출을 검지 할 수 있는 센서를 개발해야 할 것이다.

4. 결 론

초음파-광섬유 센서가 압전재 3mm 와 광섬유 길이 150mm 로 소형화되었다. 이로 인해 센서의 휴대성을 확보하였다. 또한 현재의 결과들은 초음파-광섬유센서가 소형이면서 수소가스 누출 검지센서로의 가능성을 보여준다. 더 나아가 저 농도에서의 수소 누출을 검지할 수 있는 센서로 연구가 진행되기 위해서 수소와 반응하는 면적과 반응 물질에 대한 연구도 병행될 것이다.

후 기

본 연구는 교육과학기술부와 한국 산업 기술진흥원의 지역혁신 인력양성 사업으로 수행된 연구 결과임