Pd가 코팅된 광섬유 센서를 이용한 수소 검출 시스템
Hydrogen detection system based on Pd coated fiber sensor

박선옥, 박규하, 양병철, 김광택, 김태언*, 김회종*, 백세종**, 임기건**
호남대학교 광전자공학과
*한국광기술원 광소자팀
**전남대학교 물리학과
(ktkim@honam.ac.kr)

Abstract
We have implemented a hydrogen detection system based on a Pd coated fiber sensor. The configuration of the system and the characteristics of the hydrogen sensor was presented.

수소센서의 형태로 반도체형, 열전대형 및 광섬유형이 알려져 있다. 특히 광섬유 수소센서는 전기가 직접 흐를 필요가 없기 때문에 전기 방전에 의한 수소 폭발의 위험이 없어 현존하는 센서의 결점을 해결할 수 있다. 지금까지 광섬유 끝단에 Pd가 코팅된 반사형[1], 코어가 노출된 광섬유[2]나 광섬유 테이퍼(taper)[3] 위에 Pd를 코팅한 구조 등 다양한 형태의 광섬유형 수소센서가 보고되었다. 특히 광섬유 끝단에 Pd를 코팅한 센서는 구조가 간단하고 편광에 무관한 특성이 있다. 지금까지 보고된 대부분의 반사형 광섬유 수소센서는 다중모드 광섬유 형태이다. 그러나 이러한 다중모드 광섬유 형태의 수소센서는 현재 잘 개발된 단일모드 광섬유 광학 소자와 호환 되지 않는다. 예를 들면 통신용으로 개발된 광섬유 커플러, 아이솔레이터, 레이저 다이오드 등은 대부분 단일모드 광섬유를 이용하는 것으로 이들 소자를 이용하려면 단일모드 광섬유형 수소센서가 필요하다.

본 논문에서는 단일 모드형 광섬유를 이용한 반사형 수소센서를 제작하고 이를 수소 누출을 검출하기 위한 시스템에 적용한 연구 결과를 보고한다. 수소가 누출되었을 때 이를 경보할 수 있는 구동 시스템은 그림 1과 같다. LD 광원의 출력이 시간에 따라 일정하지 않으면, 이에 따라 수소센서에서 검출되는 광파워도 불안정해진다. 이러한 LD 출력의 흔들림을 보상하기 위해 기준 포터가 필요하다. 수소센서가 수소에 노출되면 광 반사량이 바뀌고 따라서 광검출기에서 출력되는 전기신호의 크기가 바뀐다. 광센서에서 검출되는 전기신호와 기준포터에서 검출되는 전기신호를 비교하여 수소누출을 표시하는 시스템으로 이루어져 있다.

제작된 수소센서의 구조는 그림 2와 같다. Pd박막의 두께는 30 nm 정도 이다. 수소센서에 Pd(팔라듐)이나 Pd 합금이 많이 이용되고 있다. 이는 Pd는 수소에만 선택적으로 반응하기 때문이다. 수소원자가 Pd 내부에 확산되면 Pd의 부피가 커지고 그 속의 자유 전자의 농도가 감소하게 되어 Pd의 광학적 특성이 변한다. Pd는 복소 유전률을 가지며 팔라듐이 수소에 노출되면 팔라듐 유전률의 실수부와 허수부 모두 감소하며 다음과 같은 수식으로 표현된다.

$$\epsilon(\%C) = h(c)\epsilon(0\%)$$

여기서 c는 수소의 농도를 의미하며 h(c)는 수소가 농도가 증가하면 h값은 비선형적으로 감소하는 것으로 알려져 있으며, e(0%)는 수소가 없을 때 Pd의 복소 유전율이다. 수소가 농도가 증가하면 h값은 비선형 적으로 감소하는 것으로 알려져 있으며 이는 결과적으로 광섬유 끝단에서 광 반사량을 감소시키는 결과를 가져온다. 제작된 소자의 특성을 평가하기 위해 질소 속에 4% 수소가 첨가된 혼합가스와 순수 질소를 교대로 센서에 노출시켜 반응을 측정하였다. 그 결과 0.6~0.7dB의 광 파워 변화를 보였고 반응 속도는 대략 15~20초 정도 였다.

현재 단일모드 광섬유 끝단에 Pd가 코팅된 수소센서의 신뢰성을 개선하기 위한 연구를 진행 중이며 향후 이를 활용하여 수소가 누출되고 있는지 감시할 수 있는 시스템을 개발할 예정이다.

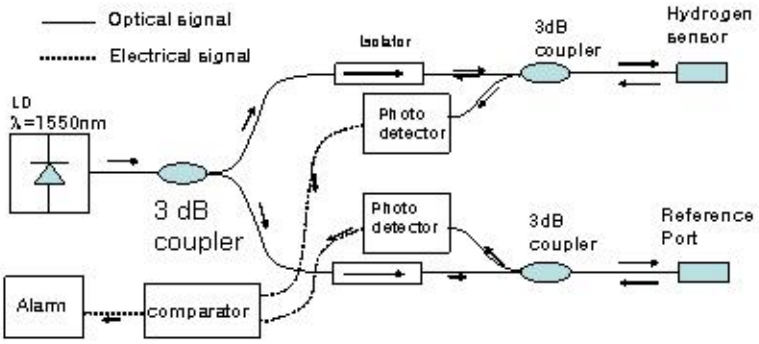

그림 1. 수소 검출 시스템의 구성도

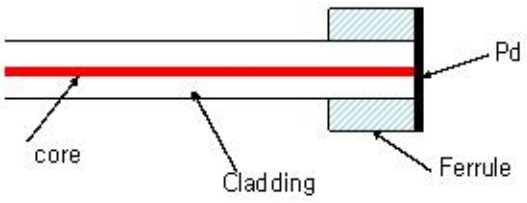

그림 2 수소센서 구조

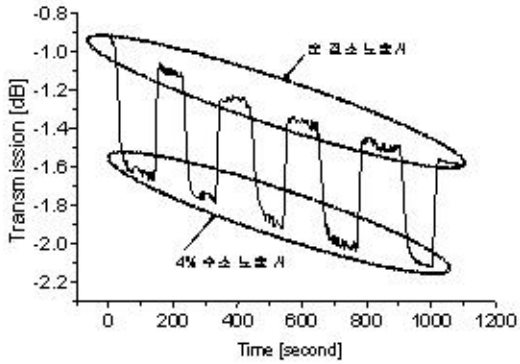

그림 3 수소센서 반응 특성

[1] Bulter., Michael A,: 'Micromirror optical-fiber hydrogen sensor,Sen. & Act B., 1994, 22, pp. 155-163

[2] Sutapun, B., and Tabib-Azar, M., and Kazemi, A.: Pd-coated elastootic fiber Braggting sensors for multiplexed hydrogen sensors, Sen. & Act B., 1999, 60, pp. 27-34

[3] Tabib-Azar, M., Sutapun, B., Petrisk , and R., Kazemi, A., : Highly sensitive hydrogen sensors using palladium coated fiber optics with exposed cores and evanescent field interactions' Sen. & Act B., vol.58, pp. 158-163, 1999