

탄성표면파 가스센서

유범근^{***}, 박용욱^{**}, 강종윤^{*}, 김진상^{*a}, 최두진^{***}, 윤석진^{*}
 한국과학기술연구원^{*}, 남서울대학교^{**}, 연세대학교^{***}

Surface Acoustic Wave Gas Sensor

Beom-Keun Yoo^{***}, Yong-Wook Park^{**}, Chong-Yun Kang^{*}, Jin-Sang Kim^{*a}, Doo Jin Choi^{***}, Seok-Jin Yoon^{*}
 KIST^{*}, Namseoul Univ.^{**}, Yonsei Univ.^{***}

Abstract : A development of surface acoustic wave gas sensor to detecting volatile gas has been observed by monitoring output signal as function of time onto the network analyzer. The SAW sensor with a center frequency of 200MHz was fabricated on 42° S-T Quartz substrates. Using the gas chromatography column has been selectivity. Experimental results, which show the phase change of output signal under the absorption of volatile gas onto sensors, were presented. The proposed sensor has the properties of high sensitivity compare to the conventional SAW gas sensor and chemical selectivity. Thus, it is thought these results are applicable for use in sensor array of an high performance electronic nose system.

Key Words : SAW, GC column, gas sensor, phase shift, mixing gases

1. 서 론

가스센서에 대한 연구는 오래 전부터 이루어져 왔으며 현재 다양한 종류의 가스센서가 실용화되어 있다. 이들 가스센서의 검출 기구는 소자의 표면에서 검출 대상 가스가 흡착됨으로 유발되는 화학적 변화를 전기신호로 변환하는 것이다. 검출원리에 따라 반도체형, 고체 전해질형, 전기 화학형, 접촉 연소형 가스센서 등으로 구분되어지고 있다. 근래에 들어서는 탄성표면파를 이용한 가스 센서 등이 개발되어 1 pico gram의 매우 고감도 감지능을 구현하고 있다.^[1] 통상적인 표면탄성과 가스센서의 동작원리는 가스가 압전 소자에 흡착되어 나타나는 미세 질량변화로 인해 표면탄성과의 진행이 방해받게 되고 이로 인해 유발되는 중심 주파수의 변화를 감지하는 것이다. 따라서 여타의 가스센서와는 달리 주파수 변화회로를 구현 하여야 하는 측정상의 단점이 있으나 감지능 측면에서는 매우 우수하다.^[2]

본 연구에서는 압전 소자에서 가스 흡착에 따른 출력단의 위상변위로부터 특정 가스 존재여부를 인식할 수 있는 탄성표면파 센서에 GC column을 장치해 분별력을 높일 수 있는 센서를 제작 하였다. 1세대 전자코 센서로 사용되는 metal oxide, conducting polymer 센서는 어느 특정한 물리 화학적 반응에 대응하는 반면, SAW 센서의 경우 휘발성 유기화합물에 대하여 반응하기 때문에, 1세대 전자코와는 달리 검출 감도가 허용하는 범위 내 모든 성분에 대한 종합적인 데이터 정보를 제공한다. 또한 일차적으로 GC column에서의 온도 programming에 의한 휘발성분의 끓는점 차, column과 시료간의 극성에 따른 친화도 차에 의한 column내 머무름 시간이 달라져 분리되고, 이를 SAW 센서로 검출하므로 시료간 구분능력이 커지게 하였

다. 즉, GC column을 설치해 혼합된 가스의 분별성을 높여 더욱 정확한 가스 분별력을 가지게 하였다.^[3] 시간에 따른 위상의 변화는 흡착되는 각 가스의 종류에 따라 출력단에서 서로 달리 나타나게 되는데, 혼합되어진 가스를 흘려주면 GC column에 의해 위상이 분리되어 나타나게 된다. 그리고 온도에 영향을 적게 받는, 온도변화 특성이 거의 없는 석영 (Quartz) 단결정 기판을 사용하여 온도차가 큰 곳, 온도변화에 의해 소자가 쉽게 파손될 수 있는 환경에서 사용할 수 있도록 하였다.^[4] 탄성표면파 단소자로부터 에탄올, 아세톤, 이소프로필 알콜 등 휘발성 물질의 감지센서를 제작하고 혼합된 가스를 넣어 위상 변화특성을 연구하였다.

2. 실험

42° ST-cut 석영 (Quartz) 단결정 기판을 사용하여 중심주파수 200MHz의 탄성표면파 센서를 설계 제작하였다. 전극들간의 반사를 작게 하기위해서 double electrode 방식을 채택하였다. IDT 전극수는 입력단에 36쌍, 출력단에 24쌍이었으며 지연거리는 2.5mm, 전극 선포 및 갭은 각각 2 μ m, Aperture는 1.3mm 였다. 이는 기존에 실험해 왔던 100MHz의 중심주파수를 가진 소자보다 더 민감하게 반응시키기 위하여 중심주파수를 200MHz로 증가함에 따라 결정 되었다.^[1] 우선 전극 물질로서 사용한 알루미늄을 3000Å의 두께로 RF를 이용한 스퍼터링법으로 석영 (Quartz) 기판위에 증착한 후 사진식각 공정 및 습식식각 법으로 SAW 소자를 제작하였다. 센서 제작 시 탄성표면파의 전파방향은 석영 (Quartz) 기판의 x 축과 평행하게 하였다.

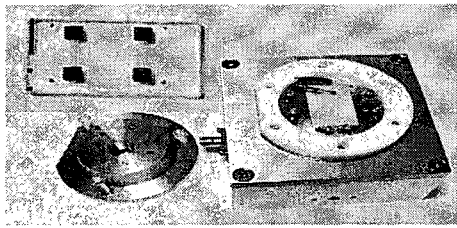


그림 1. 석영 기관위에 IDT 전극을 올린 200MHz 표면 탄성과 소자 및 배탈하우징

Fig. 1. 200MHz SAW device and metal housing on IDT deposited quartz substrate

가스센서의 특성 평가를 위하여 그림 1과 같은 SAW 센서 측정 틀을 제작하였다. 제작된 SAW 센서의 온도를 정밀하게 제어하기 위해서 열전냉각 소자 위에 센서를 위치시키고 측정조건에 따라 열전냉각소자의 온도를 45~100°C 까지 제어할 수 있도록 하였다. 질소가스를 이송가스로 사용하였으며 유량 조절기 (mass flow controller)로 분당 50 cc의 질소가스를 일정하게 흘려주었다. 그림 1에 보는 바와 같이 가스라인 중간에 GC column을 설치하고 70°C의 열을 주어 분리관이 활성화 될 수 있게 해주었다. 그리고 마이크로 주사기를 사용하여 에탄올, 아세톤 및 혼합액 등 측정하고자 하는 물질을 주입시켰다. 이때 가스라인은 히터를 사용하여 감지하고자 하는 물질이 충분히 증발 할 수 있도록 하였다.

본 연구에 사용된 측정 시스템에서 메탈 하우징의 부피는 15cm³였다. HP 사의 모델 8753ES 네트워크 어널라이저를 사용하여 제작된 센서의 동작특성 및 시간에 따른 S₂₁ 위상변화를 측정하여 분리됨을 확인하였다.

3. 결과 및 고찰

증발기에 마이크로 주사기를 사용하여 에탄올 (C₂H₅OH), 아세톤 (CH₃COCH₃), 이소프로필 알콜 ((CH₃)₂CHOH)을 각각 1ul 주입 하였을 때 제작된 SAW 센서에서 각각의 가스에 대한 시간에 따른 위상변위를 측정하여 그림 2에 나타내었다.

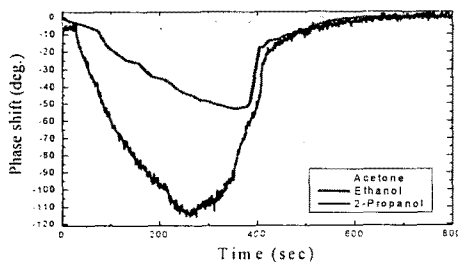


그림 2. GC 컬럼을 통과한 각 Gas의 주입량에 따른 출력단의 위상변화

Fig. 2. Measured response of the sensor to gas by GC column
센서의 출력단에서의 위상변화 값은 각각아세톤은 70초

에 23°, 에탄올은 380초에 52°, 이소프로필 알콜은 250초에 160°의 변화를 보였다. 이소프로필 알콜의 경우 시간이 가장 많이 걸렸지만 감도가 가장 좋게 나타났다. 세 물질의 비중은 모두 0.79로 동일하며 분자량은 이소프로필 알콜 (60.10), 아세톤 (58.08), 에탄올 (46.07) 순으로 큰 값을 갖는다. 따라서 주입되는 분석 물질의 부피 분율에 비례하여 감도가 크게 나타났다고 여겨지지는 않으며 분석물질과 석영 (Quartz) 기관간의 흡착 정도에 기인한 결과로 여겨진다.

4. 결론

본 연구에서는 기존의 탄성표면파 센서 즉, 가스 흡착에 따른 중심주파수 이동을 감지하는 것과는 달리 출력단의 위상변화를 관찰함으로써 분석 가스의 흡착 유무를 감지하는 탄성표면파 센서를 제작 하였다. 각 가스별로 서로 다른 위상변화로 감지하는데 우수한 특성을 보이고, GC column을 이용하여 선택성을 더욱 높여 혼합되어진 가스를 선택적으로 분리하여 감지해 내는 특성을 볼 수 있었다. 감도 면에서도 우수한 특성을 보였고, 센서 내에 특정물질을 선택적으로 인식하고자 하는 흡착물질을 코팅하지 않았으므로 궁극적으로 센서의 aging등의 문제가 발생할 가능성이 없다. 이에 GC column을 사용한 고성능 복합가스 시스템으로 기존 어레이를 이용한 가스 센서를 충분히 대체 할 수 있을 것으로 여겨진다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부 핵심기술 연구개발 사업으로 지원되었으며 이에 감사를 드립니다.

참고 문헌

- [1] Jin-Sang Kim, Yong-Chul Jung, Chong-Yun Kang, Dal-Young Kim, Chang-Woo Nam, Seok-Jin Yoon "Surface Acoustic Wave Gas Sensors by Utilizing the Phase Change" *J. of the Korean Sensors Society*, Vol. 14. No. 3 (2005) pp. 186-190
- [2] S. Bender, F. L. Dickert, W. Mokwa, P. Pachatz "Investigation on temperature controlled monolithic integrated surface acoustic wave gas sensors" *Sensors and actuators B*, vol.93, pp.164-168, 2003.
- [3] 노봉수, 오세연 "GC/SAW를 바탕으로한 전자코 응용" *Food Science and Industry*, September Vol. 35. No.3 (2002) pp. 50-57
- [4] M.B Schultz, B. J. Matzinger, M. G. Holland "Temperature dependence of surface acoustic wave velocity quartz" *J. Appl. Phys.*, vol. 41. No. 7, pp. 2755 - 2765, 1970.