

SAW 디바이스를 이용한 냄새센서의 특성

김 기영, 김 종민*, 신 훈규**, 최 용성**, 권 영수**, 장 상목*

*동아대학교 공과대학 화학공학과

**동아대학교 공과대학 전기공학과

Characteristics of odorant sensor using SAW Device

Ki-Young Kim, Jong-Min Kim*, Hoon-Kyu Shin**, Yong-Sung Choi**,

Young-Soo Kwon**, Sang-Mok Chang*

*Dept. of Chemical Eng., DONG-A Univ.

**Dept. of Electrical Eng., DONG-A Univ.

Abstract

A surface acoustic wave(SAW) sensor for the detection of odorants has been constructed by depositing various phospholipids and fatty acids onto the surface of the SAW device. Applying the Langmuir-Blodgett technique, it was possible to deposit the optimal number of layers which was found to be between 10 and 20. Menthone, amylacetate, acetoin, and other organic gases showed different affinities to the coated lipids.

An explanation is given for different odorant affinities based on the monolayer properties of phospholipids.

1. 서 론

Sauerbrey¹⁾가 압전소자의 공진 주파수 변화와 압전소자의 표면에 누적된 물질의 질량사이의 상관관계를 실험적으로 밝혀낸 이후, 간단하며 고감도의 신뢰성 있는 센서의 트랜스듀서로 압전소자에 대한 많은 연구가 수행되어 왔다^{2,4)}.

압전소자의 표면을 감응성막으로 피막한다면 압전소자가 가스센서로 이용될 수 있다는 King의 제안이 있음. 이후, 압전소자를 이용한 가스센서에 대한 연구가 활발히 진행되어왔다²⁾.

SAW 디바이스를 이용한 가스센서에 대한 연구는 1979년 처음으로 보고되었고³⁾, SAW 디바이스의 동작원리와 특성에 관해서는 Wohltjen⁴⁾에 의해 더욱 상세하게 연구되었다. 그들에 의해 SAW 디바이스 표면에 누적된 물

질의 질량과 SAW 디바이스의 공진주파수 변화와의 상관관계식이 다음과 같이 실험적으로 유도되었다.

$$\Delta F = (k_1+k_2) \times F^2 \times \Delta m A^{-1} = K \times F^2 \times \Delta m A^{-1} \quad (1)$$

여기에서 ΔF 는 SAW 디바이스 표면에 누적된 물질의 질량변화에 따른 주파수 변화(Hz), F 는 SAW디바이스의 공진주파수(MHz), Δm 은 표면에 부착되는 물질의 질량(g)변화, A 는 SAW 디바이스 표면의 단면적(cm^2)을 각각 나타낸다.

필자들은 SAW 공진형을 센서의 트랜스 듀스로 사용하였으며, SAW 디바이스의 표면에 지질을 피막하여 냄새물질 측정에 응용하여 보았다.

지질 분자의 구조가 매우 다양하기 때문에, 냄새센서를 설계하는데 있어서 가장 중요한 문제는 디바이스의 표면에 어떻게 지질막의 자연특성을 유지하면서 누적하느냐 하는 것이다. 기존의 많은 누적 방법중에 원하는 단분자 누적층을 조절하면서 단분자막을 질서 정연하게 배열할 수 있는 유일한 방법으로 Langmuir-Blodgett (LB)법이 알려져 있다. LB기법은 몇 그룹에 의해서 가스센서에 응용 연구된 바 있다⁵⁾.

본 연구에서는 LB기법을 이용하여 균일하고 재현성 있는 충분히 얇은 박막을 SAW 디바이스의 표면위에 누적시켰다. 냄새센서의 트랜스듀서로서 SAW 공진자의 주파수 특성을 살펴보았으며 3가지 지질과 스테아릭산을 피막한 SAW 디바이스의 냄새물질에 대한 응답을 표준화하여, 그 응답패턴을 비교함으로써 냄새물질의 식별가능성을 검토하여 보았다.

2. 실험

2-1. SAW 디바이스의 구조와 감응성 막의 피막

본 연구에 이용한 SAW 공진자는 Y-cut (cut angle=36°), x 축 전파방향을 가지는 압전소자를 이용하여 표준 사진식각공정기술로 제작하였는데, 이는 Toshiba와 공동으로 연구한 것이다. 본 SAW 디바이스는 공진주파수 310 MHz의 two-port 공진자이다(그림 1).

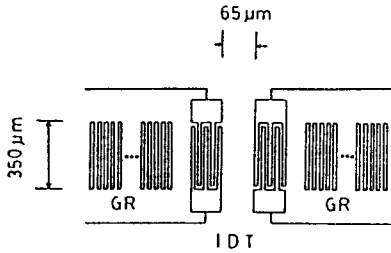


Fig. 1. Two-port SAW resonator device, 55 pairs and 230 grooves with 5.1 μm pitch.

LB법에 의한 SAW 디바이스의 표면위에 단분자의 누적은 기존의 방법⁶⁾에 따라 행하였다.

2-2. 시료 및 실험장치

포스파티딜콜린, 포스파티딜에탄올아민, 스테아리산은 Sigma에서, 아밀아세테이트, 아세트오인, 맨론은 Wako주식회사에서 각각 구입하였다. 이때 모든 시료 분석용을 사용하였다. 실험장치 모식도는 그림 2와 같다. SAW 디바이스의 공진주파수는 Network/Spetrum 분석기(Anritsu MS620J)와 micro computer(NEC9800)를 이용하여 30초 간격으로 온라인으로 측정하였다. 냄새물질을 측정하기 전에 지질을 피막한 SAW 디바이스를 공기중에서 3시간 건조하여 사용하였다. 지질을 피막한 SAW 디바이스를 2개의 밸브를 가진 5 cm³의 셀의 윗면에 부착한 후에 공진 주파수가 정상상태에 이를 때까지 운반가스로 질소가스를 불어넣었다. 주파수가 정상상태에 도달하면 질소가스를 멈추고 냄새물질을 표준가스 생성기(Ueshima, GASTEC(PD-1B9))로 표준가스를 생성하여 주입시켰다⁷⁾.

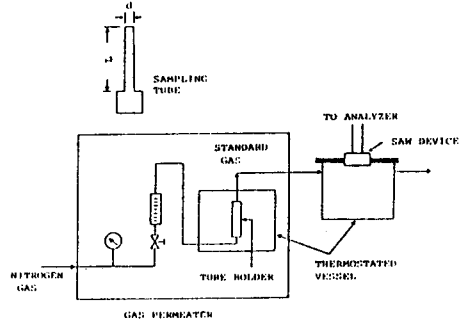


Fig. 2. Schematic diagram of apparatus.

3. 결과 및 토론

그림 3은 포스파티딜콜린(PC)의 누적량에 대한 전형적인 주파수 응답을 나타낸 것이다. 공진 주파수에 있어서의 삽입손실과 주파수의 변화는 누적인 포스파티딜콜린의 증가에 따라 비례하여 증가하였다.

이 때 단분자막은 SAW 디바이스의 형태상 수평부착법으로, X-type 형태로 40층 까지 재현성있게 누적할 수 있었다. 누적된 양은 SAW 디바이스의 주파수 변화로 분석할 수 있다. 단분자막을 누적하면 층수에 비례하여 주파수는 감소하였다. 단분자막의 누적층수가 어느 임계값(본실험에서는 20 에서 30층)에 이르면 주파수 특성이 급격하게 변화하였다. 이 결과를 토대로, SAW 디바이스의 표면에 최적 누적층수로 10 에서 20층의 단분자막을 누적시켰으며 이때 주파수 변화는 200KHz 정도 변화하였다.

그림 4는 148 ppm의 아세트오인을 연속적으로 주입하였을 때의 응답곡선을 나타낸다. 이 응답곡선은 매우 전형적인 것으로, 아세트오인의 주입에 대하여 선형적으로 변화함을 알 수 있다.

그림 5는 포스파티딜콜린을 피막한 SAW 디바이스의 공진주파수 변화와 냄새물질 농도와의 상관관계를 나타낸 것이다. 이 결과, 냄새물질의 종류에 따라 주파수 변화를 감지할 수 있는 최저 농도가 각각 다음을 알 수 있다. 감도는(sensitivity) 응답의 데이터로부터 최소자승법을 사용하여 계산하여 기울기로 표시하였다. 그 값은 맨론에 대해 3ppm 66Hz ppm⁻¹, 아밀아세테이트에 대해 24ppm 6.3Hz ppm⁻¹, 아세트오인에 대해 35 ppm 4.0Hz ppm⁻¹이었다.

포스파티딜콜린 이외의 다른 지질들도 SAW 디바이스 표면에 누적하였으며 또한 냄새센서로서 이용하여 보았

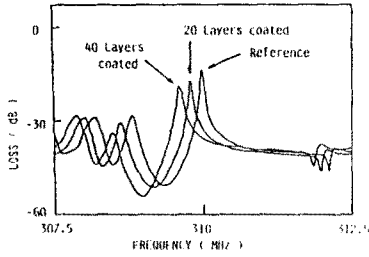


Fig. 3. Typical insertion loss versus frequency for two-port SAW resonator with coating of phosphatidylcholine(PC) multi-layers.

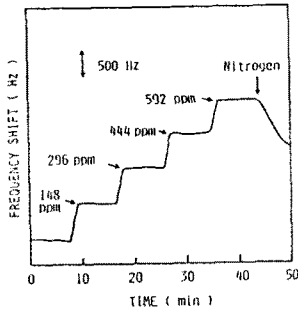


Fig. 4. Typical response of a phosphatidylcholine-coated SAW resonator exposed to step increases of 148 ppm of acetoin.

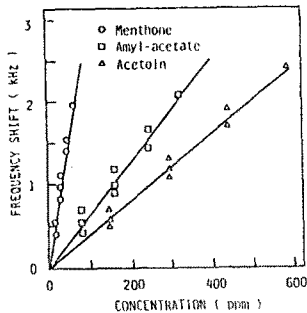


Fig. 5. The correlation between odorant concentration and resonant frequency shift for a phosphatidylcholine-coated SAW resonator.

다. 이용답은 지질의 종류에 따라서 다른 양상을 보였다.

4. 결론

SAW 디바이스의 주파수 특성은 피막한 지질의 양에 비례하여 변화하였고, 따라서 본 SAW 디바이스가 냄새 센서의 트랜스듀서로 이용될 수 있음이 확인되었다. LB 기법을 이용하여 SAW 디바이스의 표면에 단분자 최적 누적층수로 10에서 20층의 단분자를 누적시켰으며, 이때 공진주파수는 약 200 KHz정도 변화하였다.

냄새물질은 피막한 지질막에 대하여 각기 다른 친화력을 나타내었고, 인지질의 단분자막의 특성에 기초하여 각각 다른 친화력을 설명할 수 있었다.

참고 문헌

- [1] Sauerbrey, G. Use of a quartz vibrator from weighing thin films on a micro-balance. *Z. Phys.*, 155, 206-10(1959)
- [2] King, W. H. Analytical uses of the piezoelectric crystal. *J. Anal. Chem.*, 36, 1735-39 (1964)
- [3] Wohltjen, H. and Dessy, R. Surface acoustic wave probe for chemical analysis. I, Introduction and instrument description. *J. Anal. Chem.*, 51, 1458-75(1979).
- [4] Wohltjen, H. Mechanism of operation and design consideration for surface acoustic wave device vapour sensors. *Sens. Actuators*, 5, 307-25(1984).
- [5] Roberts, G. G. An applied science perspective of Langmuir-Blodgett films. *Adv. Phys.*, 34, 475-512(1985).
- [6] 장 상목 외. SAW디바이스를 이용한 LB초박막의 특성연구, 한국전기전자재료학회 춘계 학술대회 논문집, 90-3(1994).
- [7] Lugg, G. A. Diffusion coefficients of some organic and other vapors in air. *J. Anal. Chem.*, 40, 1072-7(1968).