

LB막이 누적된 QCM의 저항 및 주파수 특성해석

Resistance and Frequency Properties Analysis of QCM Coated with LB Films

강현욱* 동아대학교 전기공학과
진철남 동아대학교 전기공학과
김정명 동아대학교 전기공학과
권영수 동아대학교 전기공학과

Hyen-Wook Kang* Dept. of Electrical Eng., Dong-A University
Chul-Nam Jin Dept. of Electrical Eng., Dong-A University
Jung-Myoung Kim Dept. of Electrical Eng., Dong-A University
Young-Soo Kwon Dept. of Electrical Eng., Dong-A University

Abstract

The oscillating properties of Quartz Crystal Microbalance(QCM) were analyzed by electrical measurement. We tried to analyze the properties of quartz crystal coated with Langmuir-Blodgett(LB) films using the frequency and resistance at resonance in the electrical equivalent circuit. The resonant frequency was decreased linearly as to layers of LB films, however, there are some gap between theoretical values, Sauerbrey's equation and experimental values. The resistance was increase nonlinearly as to layers.

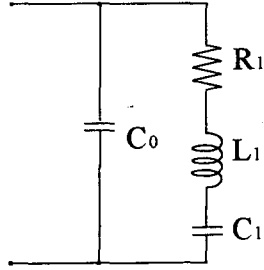
1. 서 론

QCM을 이용한 가스센서에 대한 연구는 Sauerbrey에 의해서 수정진동자의 표면에 누적된 질량과 공진주파수변화사이에 관계가 유도된 이래로 널리 사용되어 오고 있다[1]. 그러나 최근 수정진동자의 표면에 접탄성을 가진 유기박막이 입혀질 경우 이러한 Sauerbrey의 식은 수정되어야 한다는 의견이 제시되고 있고[2] 이러한 목적을 위한 많은 연구가 수정진동자의 발진특성을 이용하여 진행되고 있다[3]. 한 예로서 수정진동자의 전기적인 동가회로에 의해서 유도된 공진저항을 들수 있다[4]. 따라서 본연구에서는 LB막이 코팅된 수정진동자의 기본적인 발진특성의 변화를 임피던스어널

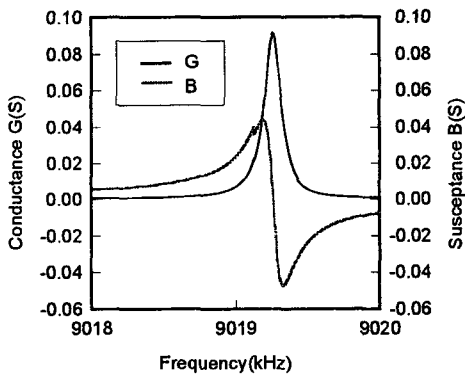
라이저를 이용하여 측정하고, 수정진동자를 전기적인 동가회로로 변환시켜서 전기적인 성분의 변화에 의한 수정진동자의 공진특성의 변화를 연구하였다.

2. 이 론

그림 1(a)는 전기-기계 동가회로 변환이론에 의해서 유도된 수정진동자의 전기적인 동가회로를 나타내고 있으며, 그림 1(b)는 주파수의 변화에 의한 컨덕턴스와 서셉턴스의 값을 나타내고 있다. 커패시턴스 C_1 , 인덕턴스 L_1 과 저항 R_1 은 각각 수정진동자의 기계적인 모델에서 컴플라이언스, 질량의 부하, 그리고 기계적인 손실을 나타내고 있다.



(a) The electrical equivalent circuit



(b) The frequency characteristics

Figure 1. The electrical equivalent circuit and frequency characteristics of quartz crystal coated with LB film.

그림 1(a)의 전기적인 동가회로에서 상태방정식은 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$Y = \frac{1}{R_1 + j\omega L_1 + 1/j\omega C_1} + j\omega C_0 \quad (1)$$

공진시 $\omega L_1 - 1/\omega C_0 = 0$ 의 조건이 성립하므로 정리하면 다음과 같다.

$$\left[G - \frac{1}{2R_1}\right]^2 + [B - \omega_s C_0]^2 = \left[\frac{1}{2R_1}\right]^2 \quad (2)$$

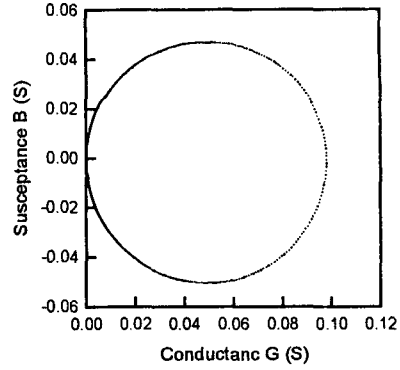


Figure 2. B-G diagram of quartz crystal

여기서 ω_s 는 컨덕턴스의 값이 최대일때의 주파수 즉, 공진주파수이다. Susceptance - Conductance (B-G) 다이어그램[그림 2]의 지름은 $1/2R_1$ 이며 중심점의 좌표는 $(1/2R_1, \omega_s C_0)$ 과 같이 표현될 수 있다. 또한 병렬 커패시턴스 C_0 는 수정진동자위의 유기박막의 유전상수 혹은 쌍극자 모멘트에 의해서 변화한다고 알려져 있다.

3. 결과 및 검토

9 MHz의 AT-cut 수정진동자, 임피던스 어닐라이저와 퍼스널 컴퓨터가 발전특성을 조사하기 위해서 사용되었다. 임피던스 어닐라이저 (HP4192A)의 주파수 변화에 의한 컨덕턴스 G와 서셉턴스 B의 변화를 측정하였고, 주파수는 공진점 부근에서 1Hz 단위로 조사하였다. 공진주파수 f_s 는 컨덕턴스가 최대인 점에서 측정될 수 있다. 본 논문에서는 LB법을 이용하여 수정진동자의 표면에 박막을 누적하였다. LB막이 누적된 수정진동자는 습기를 제거하기 위해서 24시간 동안 항온항습실에서 보관되었으며 이후에 임피던스 어닐라이저에 의해서 어드미턴스와 위상각을 측정하였다.

수정진동자로의 이론적인 질량부하 Δm 은 식 (3)에 의해서 계산된다.[1]

$$\Delta f = -0.95 \times 10^{-9} \times \frac{A_e}{A_m} \times \frac{M}{N_A} \quad (3)$$

여기서 A_m 은 수정진동자위에 누적된 물질의 분자점유면적을 나타내고 A_e 는 전극의 면적이며, M 은 분자량, N_A 는 Avogadro의 수를 각각 나타내고 있다.

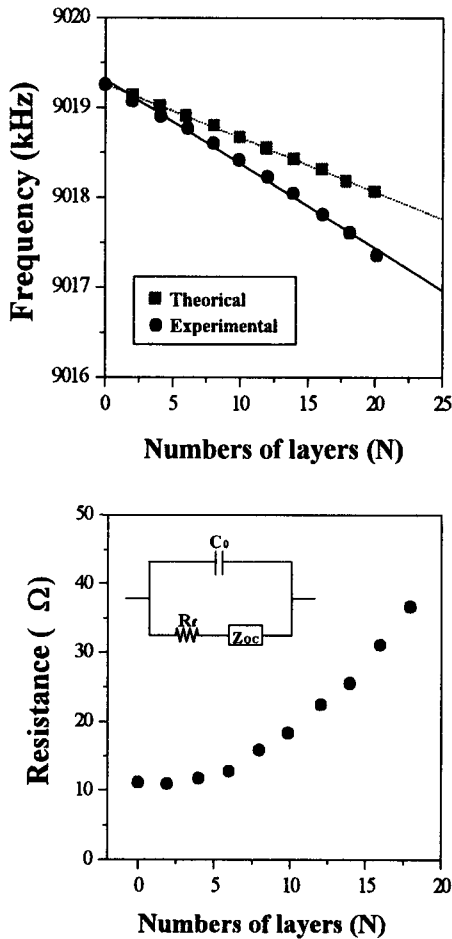


Figure 3 The frequency shift(a) and resistance change(b) of quartz crystal with stearic acid LB films

Stearic acid가 누적될때의 공진주파수 및 저항의 변화가 그림 3에 나타나 있다. 공진주파수는 LB막의 누적에 의해서 선형적으로 감소하고 있지만 Sauerbrey식에 의해서 계산된 결과와는 차이를 나타내고 있다. 이러한 차이의 원인은 수정진동자 위의 유기물질의 밀도 및 두께 영향에서 비롯된다고 생각할 수 있다. LB막이 입혀진 수정진동자의

저항은 비선형적으로 증가하고 있다.

따라서 LB막이 입혀진 수정진동자의 전기적인 등가회로는 삽입도와 같이 고려될 수 있다. Z_{oc} 는 LB막이 입혀지지 않은 상태의 수정진동자의 임피던스를 의미하고 R_f 는 LB막의 누적에 의해서 발생하는 저항의 증가를 의미한다.

4. 결론

LB막이 누적된 수정진동자의 발진특성을 이해하기 위해서 공진특성을 조사하였다. 공진주파수는 수정진동자 표면에 LB막이 누적됨에 따라 선형적으로 감소하였지만, Sauerbrey 식에 의해서 계산된 결과와는 차이가 있었다. 또한 공진시 전기적인 저항의 변화는 비선형적으로 증가하였다. 이러한 원인은 수정진동자표면에 누적된 유기물질의 밀도나 그 두께등에 의한 것이라고 생각되어지며, 계속 연구중에 있다. 따라서, 공진특성의 분석은 수정진동자를 이용한 가스센서의 개발 뿐만아니라 전기적인 특성변화에 의한 새로운 센싱파라미터를 개발하는 데도 도움이 될 것으로 생각된다.

본 연구는 한국과학재단의 연구비 지원에 의해 연구되었기에 감사드립니다. (97-01-01-07-01-5)

5. 참고문헌

- [1] G.Sauerbrey, "Use of a quartz vibrator from weighing thin films on a microbalance" *Z.Phys.*, 155, pp.206-210 (1959)
- [2] J.Gartmann, J.Auge and P.Hauptmann, "Using the quartz crystal microbalance principle for gas detection with reversible and irreversible sensor", *Sensors and Actuators B*, 18-19, p.429 (1994)
- [3] V.M.Mecca, et al, "Extension of the quartz crystal microbalance technique", *Sensors and Actuators A*, 53, pp.371-378 (1996)
- [4] H.Muramatsu, "Computation of Equivalent Circuit Parameters of Quartz Crystal in Contact with Liquids and Study of Liquid Properties", *Anal.Chem.*, 60, p.2142 (1988)