

감응성 LB막이 누적된 수정진동자의 발진특성

강현욱, 진철남, 김정명, 권영수
 동아대학교 전기공학과

The Oscillating Characteristics of Quartz Crystal Coated with Sensitive LB Films

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

Abstract - In this paper, we measured the impedance $|Z|$ and phase angle θ using the Impedance Analyzer (HP 4192A). When frequency is varied to produce resonance, the curves(admittance diagram) are obtained. The resonant frequency is obtained also. We analyzed the operating characteristics of quartz crystal coated with sensitive LB films. That is the size of circle in the admittance diagram is decreased as to coat sensitive LB films on the quartz crystal. The resonant frequency and resistance is changed with coating on the surface.

1. 서 론

수정진동자의 공진주파수와 질량사이의 상관관계가 Sauerbrey[1]에 의해서 유도된 후 정밀한 질량 감지특성, 간결한 발진성, 저전력소모 등의 이유로 인하여 꾸준이 연구되어오고 있다. 그러나, 최근들어 수정진동자표면에 점탄성을 가지는 유기박막이 누적될 경우에 Sauerbrey식의 수정이 제안되어지고 있으며[2], 또한 수정진동자에 있어서 새로운 분석 변수를 발견하기 위한 연구가 진행되고 있다.[3] 특히 수정진동자의 전기적인 등가회로에 의해서 공진 저항이라는 분석변수[4]가 유도되어 여러분야에서 응용되고 있다. 또한 수정진동자위에 질량부하뿐만 아니라 수정진동자의 표면에서 일어나는 물리·화학적인 과정을 보다 본질적으로 이해하기 위해서는 압전성 수정진동자에 대한 공진특성을 연구하는 것이 바람직하다.[5] 따라서 본 연구에서는 Impedance Analyzer를 이용하여 고분자 감응성 LB 막이 누적된 수정진동자의 기본적인 발진 특성을 분석하였다. 이러한 연구를 통해서 수정진동자의 발진 메카니즘을 보다 정확하게 이해하고 새로운 분석변수의 유도 및 수정진동자위에 누적된 유기박막의 특성을 회로적으로 해석하였다.

2. 본 론

2.1 이론

그림 1은 수정진동자의 기계적인 진동모델에 의해서 유도된 전기적인 등가회로이다.[6] 커패시턴스 C_1 은 진동하는 물체의 기계적인 탄성을 반영하고 있으며, 인덕턴스 L_1 은 질량, 저항 R_1 은 lead wire와 주위매체로 분산되는 기계적인 에너지의 손실을 의미한다. 또한 C_0 는 전극 등의 요인에 의해서 발생한다.

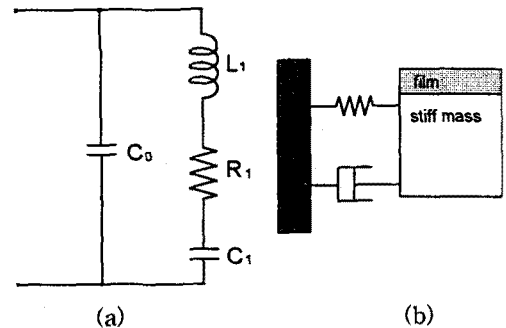


Fig. 1 Electrical equivalent circuit and mechanical Model

그림 1의 전기적인 회로에 대한 상태방정식은 식(1)과 같이 주어진다.

$$\begin{aligned}
 Y &= \frac{1}{(R_1 + j\omega L_1 + 1/j\omega C_1)} + j\omega C_0 \\
 &= \frac{R_1}{R_1^2 + (\omega L_1 - 1/\omega C_1)^2} \\
 &\quad + j(\omega C_0 - \frac{\omega L_1 - 1/\omega C_1}{R_1^2 + (\omega L_1 - 1/\omega C_1)^2}) \quad (1)
 \end{aligned}$$

따라서 식(1)은 다음과 같이 수정진동자에 대한 conductance G와 susceptance B로 식(2)와 식(3)으로 분리할 수 있다.

$$G = \frac{R_1}{R_1^2 + (\omega L_1 - 1/\omega C_1)^2} \quad (2)$$

$$B = \omega C_0 - \frac{\omega L_1 - 1/\omega C_1}{R_1^2 + (\omega L_1 - 1/\omega C_1)^2} \quad (3)$$

공진조건 ($\omega L_1 - 1/\omega C_1 = 0$)에 의해서 식(4)과 같이 다시 쓸 수 있다.

$$(G - \frac{1}{2R_1})^2 + (B - \omega C_0)^2 = (\frac{1}{2R_1})^2 \quad (4)$$

식 (4)에서 G 및 B는 Impedance Analyzer에 의해서 측정할 수 있다. 이때 공진주파수는 G가 최대가 되는 점의 주파수 즉, ω_s 를 의미하며, $G=1/R_1$ 과 같다. 이러한 ω_s 와 R_1 값의 변화를 통해 수정진동자와 감응성 LB막의 특성을 해석하였다. 또한 식 (4)는 G와 B에 대한 원의 방정식이 된다. 따라서 R_1 이 증가 함에 따라 원의 크기가 작아진다.

2.2 실험방법

본 실험에서는 Impedance Analyzer를 이용하여 수정진동자의 발진특성과 고분자 감응성 LB막의 특성에 대해서 조사하였다. 그림 2는 본 실험에 사용된 장치도이다.

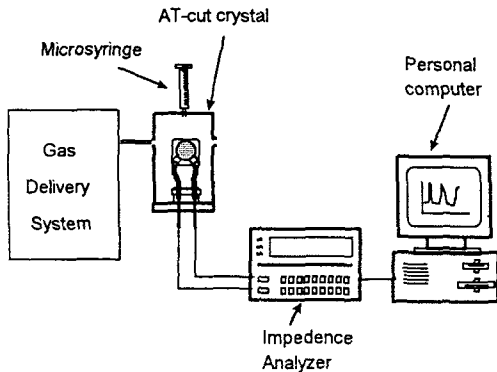


Fig. 2 Experimental Setup for the detection of parameter of quartz crystal coated with polymeric sensitive LB film.

본 실험에서는 Impedance Analyzer를 사용하여 각 층수별로 고분자 감응성 LB막이 누적된 수정진동자에 대해서 주파수변화에 따른 어드미턴스의 변화와 손실각을 측정하였다. 수정진동자의 공진주파수에 따른 저항의 변화는 어드미턴스변화와 손실각을 이용하여 계산하였다.

2.3 실험결과

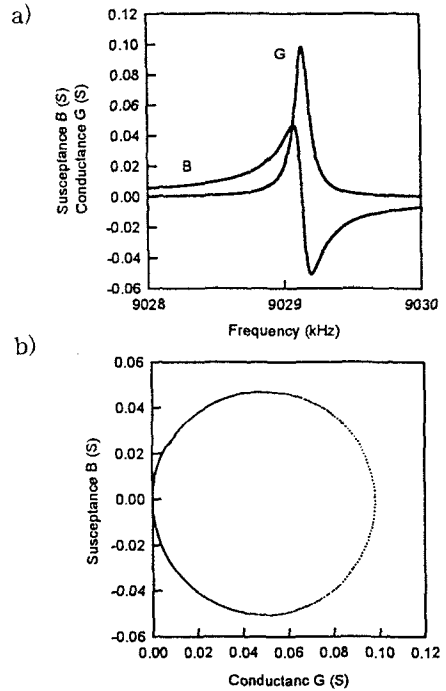


Fig. 3 Admittance diagram on conductance (G) and susceptance (B) for bare quartz crystal.

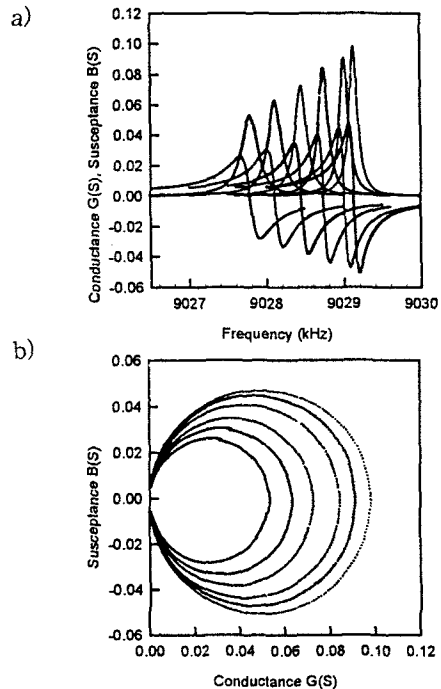


Fig. 4 Admittance diagram of quartz crystal coated with various number of LB film.

그림 3에 Impedance Analyzer에 의해서 측정된 고분자 감응성 LB막이 누적되지 않은 수정진동자에 대한 주파수 특성을 나타내었다. 이때 주파수는 1[Hz]단위로 증가시켰다. 그림 3에서 conductance G가 최대가 되고 susceptance B가 0가 되는 점에서의 주파수가 공진주파수이다. 이러한 G와 B의 관계는 admittance diagram에 의해서 그림 3의 (b)와 같이 된다. 그림 3의 (b)에서 G가 최대가 되는 지점의 주파수, 즉 $\omega_s = 2\pi f_s$ 에서 f_s 가 공진주파수이다. 또한 어드미턴스 다이어그램의 직경은 $1/R_1$ 이 된다.

그림 4는 고분자 감응성 LB막이 층수별로 누적된 수정진동자에 대한 B-G curve이다. 고분자 감응성 LB 막이 누적됨에 따라서 원의 크기가 줄어들고 있다. 이것은 식 (4)에서 나타낸 것과 같이 수정진동자위에 고분자 감응성 LB막이 누적됨에 따라서 저항이 증가하고 있다는 것을 의미한다.

그림 5(a)에 누적된 감응성 LB막의 층수에 따른 공진주파수의 변화를 나타내었다. 즉, 감응성 LB막의 층수가 증가하면 공진주파수가 감소하였다. 한편, 그림 5(b)는 누적된 감응성 LB막의 층수에 따라 저항의 변화를 나타내었다. 즉, 막이 누적됨에 따라 저항이 증가하였다. 이것은 식(4)에서 R_1 값이 증가하는 것을 나타낸다. 즉, 누적된 LB막은 저항으로서 작용을 하는 것으로 생각할 수 있다.

3. 결 론

본 연구에서는 수정진동자위에 유기박막이 누적될 때 발생하는 질량부하뿐만 아니라 수정진동자의 표면에서 일어나는 물리·화학적 과정을 보다 구체적으로 이해하기 위해서 수정진동자의 공진특성을 연구하였다. 수정진동자의 저항값의 변화는 고분자 감응성 LB막이 누적됨에 따라 증가하고 있음을 알 수 있었다.

본 연구비는 기초전력공학공동연구소의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

[참 고 문 헌]

- [1] G.Sauerbrey, "Use of a quartz crystal 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 Sensors", Sensors and Actuators B, 18-19, pp.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 Crystals in Contact with Liquids and Study of Liquid Properties", Anal.Chem., 60, pp2142, 1988
- [5] N.Oyama, et al, "Piezoelectric admittance-based sensing of electrolyte solutions by montmorillonite clay film-coated quartz-crystal oscillators", Sensors and Actuators B, 13-14, pp.372-375, 1993
- [6] J.Zelenka, "Piezoelectric Resonators and their Application", ELSEVIER, 1986

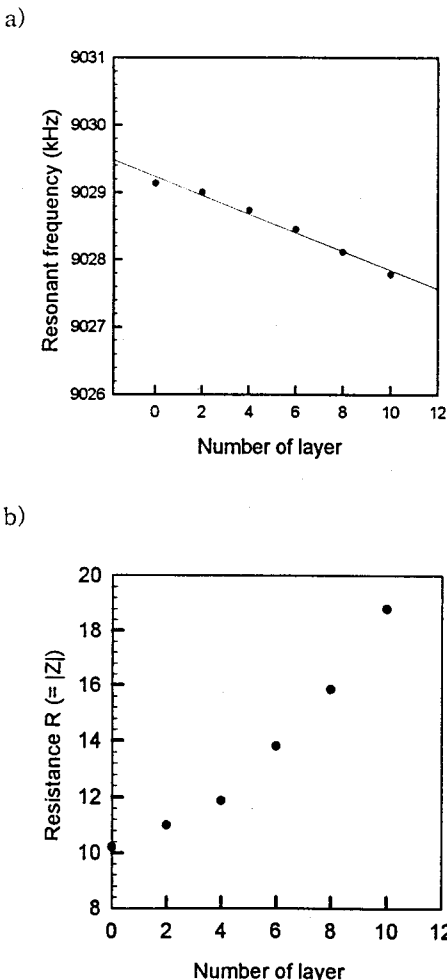


Fig. 5. Resonant frequency(a) and resistance shift(b) of quartz crystal as to the number of LB films.