

QCM 센서 어레이의 공진점 상호 간섭 회피 설계 및 해석

Design and Analysis of QCM Sensor Array to Avoid Mutual Interference of Resonance Frequencies

김규학* · 이용훈* · 임홍재* · 임시형†

Kyu Hak Kim, Yong Hoon Lee, Hong Jae Yim and Si-Hyung Lim

1. 서 론

QCM은 공진 주파수의 변화량을 측정하여 QCM 표면의 질량변화를 측정할 수 있는 센서로서 나노그램의 질량 변화도 측정이 가능하다는 장점이 있다. 이러한 QCM의 장점은 기체의 농도변화 측정, 단백질 검출, 점탄성계수의 측정 등 다양한 분야에서 응용이 가능하다.

또한, 최근에는 QCM 센서 표면에 한 개의 전극만 위치시킨 기존의 설계에서 2개 이상의 전극을 위치시키는 MQCM이 주목받고 있으며 MQCM의 경우 다수의 전극을 이용하여 여러 물질을 동시에 검출하는 것이 가능하다. 그러나 MQCM은 공진주파수 영역에서 전극과 전극사이에 간섭이 발생하는 문제점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 선행 연구에서는 전극의 형상과 전극 사이의 거리를 변수로 설정하여 간섭을 줄이는 연구가 이루어졌지만, QCM 센서의 크기가 제한적 이어서 전극 사이의 충분한 거리를 확보하지 못하는 문제점이 발생한다. 본 연구에서는 전극의 위치는 고정시킨 상태에서 전극과 전극사이에 Stopper를 형성하여 전극 사이의 간섭을 줄이는 연구를 수행하였다.

2. QCM 공진 모드해석

QCM 전극 사이의 간섭을 줄이기 위해서는 우선

공진 주파수에서 QCM의 모드형상을 분석해야한다. QCM은 공진주파수에서 두께방향 전단모드(TSM : Thickness Shear Mode)형상을 나타내며 Fig. 1 (a) 및 Fig. 1 (b)는 각각 QCM 해석 모델과 해석결과 얻은 두께 방향 전단모드(TSM)이다. Fig. 1 (c)는 QCM 표면에서 가장 많은 변형이 발생하는 B전극의 X-X' 단면을 나타낸 것으로 변형이 QCM 표면에서 가장 많이 발생하며 변형의 방향은 QCM의 상부와 하부 표면이 반대 방향임을 알 수 있다. 따라서, 공진 모드에서 QCM 표면의 변형이 다른 전극에 미치는 영향을 막아준다면 전극사이의 간섭도 줄어드는 효과가 있을 것으로 기대된다.

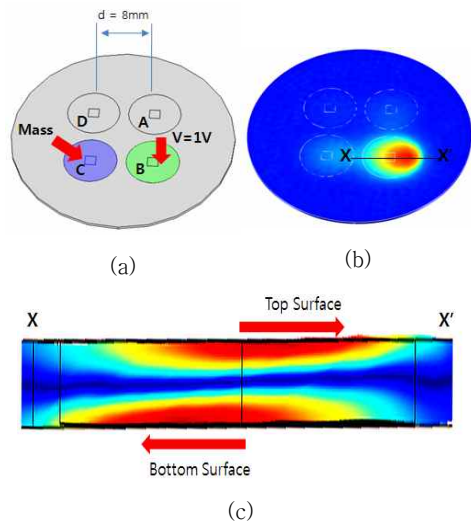


Fig. 1 Geometrical model and 1st thickness shear mode of 4 electrode QCM (a) Geometrical model, (b) 1st TSM, (c) Cross section of X-X'

† 교신저자; 국민대학교 기계시스템공학부
E-mail : shlim@kookmin.ac.kr
Tel: (02) 910-4672, Fax: (02) 910-5037

* 국민대학교 자동차공학 전문대학원

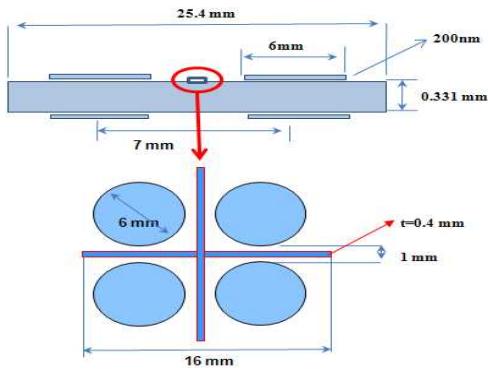


Fig. 2 Geometrical model of stopper on QCM surface.

Stopper on QCM surface

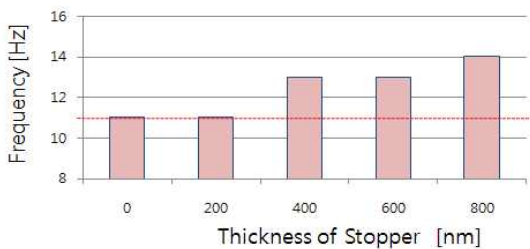
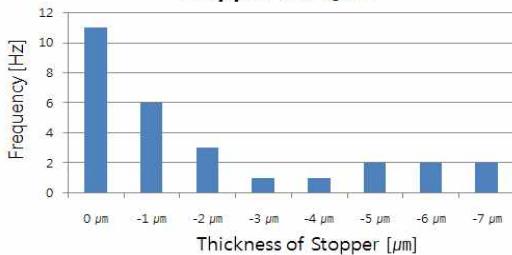


Fig. 3 Resonance frequency shift of QCM with piled-up stopper.

Stopper on QCM



(b)

Fig. 4 Resonance frequency shift of QCM with ditch stopper.

3. QCM 표면 Stopper 생성

QCM 표면의 Stopper는 Fig. 2와 같이 전극과 전극사이에 십자가 형태로 형성하였다. 질량변화에 대한 QCM 전극 사이의 간섭은 전극 B에 1V의 입력전압을 가하는 경우와 동일한 조건에서 전극 C에 500 ng의 질량을 추가하였을 때 공진 주파수의 차이를 통하여 측정하였다. Stopper의 재료는 전극과 동일한 금을 사용하였고 Stopper의 두께는

전극의 두께를 고려하여 200 nm ~ 800 nm 까지 200 nm 단위로 해석을 수행하였다. 측정 결과 Stopper를 쌓아 올렸을 때 전극사이의 간섭은 Fig. 3과 같이 Stopper가 없는 상태의 간섭 11Hz에서 Stopper 높이가 높아질수록 간섭이 증가하는 것을 볼 수 있다. 반면에 Fig. 4와 같이 QCM 표면을 파내는 형태의 Stopper는 Stopper가 없는 상태의 간섭 11 Hz에서 파내는 Stopper의 깊이가 깊어질수록 간섭이 줄어드는 것을 확인 할 수 있다. 해석 결과 3 μm 깊이의 Stopper를 생성하는 경우 전극 사이의 간섭은 1 Hz까지 91% 감소하는 것을 확인하였다.

4. 결론

본 연구에서는 QCM 표면에 Stopper를 생성하고 4개의 전극을 가지는 MQCM에서 발생하는 전극사이의 간섭을 줄이는 해석을 수행하였다. 그 결과 QCM 표면에 Stopper를 쌓아 올리는 형태는 Stopper의 높이가 높아질수록 전극사이의 간섭이 오히려 증가하는 것을 확인하였고, 반대로 QCM 표면을 파내는 형태의 Stopper는 Stopper의 깊이가 깊어질수록 전극사이의 간섭이 줄어드는 것을 확인하였다. 해석결과 Stopper가 없는 모델에서 발생하는 간섭량 11 Hz를 Stopper 형성을 통하여 간섭량을 1 Hz까지 91% 감소시키는 효과를 얻었다. 따라서 QCM 표면의 제한된 공간에 전극을 위치시키는 경우 QCM 표면을 파내는 형태의 Stopper를 전극사이에 설치하는 것이 간섭을 줄이기에 매우 효과적임을 확인하였다.

후 기

본 논문은 한국연구재단 신진연구과제 지원으로 수행되었습니다.