

MQCM 센서 영역간 상호 간섭 회피를 위한 센서어레이 설계 및 해석

Design and Analysis of MQCM Sensor Array to Avoid Mutual Interference of Sensor Sites

이용훈*·이준영*·임홍재**·임시형†

Yong-Hoon Lee, Jun-Young Lee, Hong Jae Yim and Si-Hyung Lim

1. 서 론

QCM(Quartz Crystal Microbalance)은 공진 주파수의 변화량을 통해 공기 중에서는 약 1 ng/cm^2 , 물과 같은 액체와 접촉되어 있을 때는 약 5 ng/cm^2 의 질량 변화를 측정할 수 있는 센서이다⁽¹⁾. 이와 같이 질량변화에 민감한 QCM 센서를 사용하면 기체의 미소 농도변화, 단백질 검출, 점탄성계수의 측정 등 다양한 분야에서 응용이 가능하다. 최근에는 다양한 물질을 동시에 검출하기 위해 다수의 전극을 QCM 표면에 부착시킨 MQCM(Multi Quartz Crystal Microbalance)에 대한 연구가 이루어지고 있다. 그러나, MQCM 설계 시 공진주파수 영역에서 발생하는 전극간의 상호 간섭을 줄이는 것은 매우 중요하다. 이와 관련된 선행연구⁽²⁾에서는 공기 중에 놓인 QCM에 부착된 전극과 전극사이에 Stopper를 생성하고 Stopper의 깊이의 따른 전극 사이의 상호 간섭을 분석하였다. 본 연구에서는 Stopper의 깊이와 Stopper의 폭의 변화에 따른 전극 사이에 상호 간섭의 변화를 해석을 통해 비교하고, 나아가 QCM이 물과 접촉되었을 때 발생하는 전극간에 상호 간섭의 변화를 Stopper의 유무에 따라 비교 분석하고자 한다. 해석 시에는 온도변화에 대한 민감도를 줄이기 위해 AT-Cut type 을 적용한다.

2. Stopper의 깊이와 폭의 변화에 따른 간섭 변화

본 연구에서는 선행연구⁽²⁾와 동일하게 지름이

25.4 mm , 두께가 0.331 mm 인 QCM 에 7 mm 의 간격으로 지름이 6 mm , 두께가 200 nm 인 전극 네 개를 위치시킨 후 길이가 16 mm , 깊이가 $3 \mu\text{m}$, 폭이 $400 \mu\text{m}$ 인 Stopper를 Fig 1과 같이 모델링 하였다. 해석을 위해 생성된 모델을 유한요소모델로 전환하고 C 전극에 500 ng 질량을 추가한 뒤 B 전극에 1 V 를 가할 때 공기 중에서 Stopper의 깊이에 따른 상호 간섭을 분석하였다. 그 결과 Fig 2와 같이 Stopper의 깊이가 $3 \mu\text{m}$ 로 깊어질수록 TSM 모드에 의한 변형이 이웃한 전극에 영향을 덜 준다는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 결과를 토대로 본 연구에서는 Stopper의 깊이 뿐만 아니라 폭을 $200 \mu\text{m}$ 에서 $600 \mu\text{m}$ 로 $200 \mu\text{m}$ 씩 증가시킬 때 B 전극에서 발생하는 상호 간섭의 변화를 해석을 통해 분석하였다.

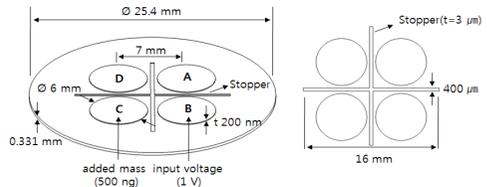


Fig. 1 Schematic geometry of MQCM (in air)

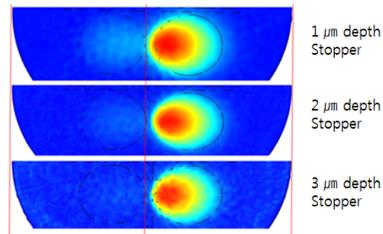


Fig. 2 Deformation of the first TSM of 4 electrodes MQCM with 1~3 μm depth of the stopper (200 nm thickness and 6mm diameter electrodes, interval distance $d=7 \text{ mm}$)

† 교신저자; 국민대학교 기계시스템공학부
E-mail : shlim@kookmin.ac.kr
Tel : (02) 914-4672, Fax : (02) 910-5037

* 국민대학교 자동차공학 전문대학원

** 국민대학교 자동차공학과

해석 결과 Fig 3과 같이 Stopper의 폭이 변화하여도 Stopper의 깊이 변화에 따른 상호 간섭의 변화량은 일정한 것을 확인 할 수 있다. 이러한 결과를 통해서 공기 중에서 발생하는 전극간에 상호 간섭은 Stopper의 폭 보다는 깊이에 더 영향을 받으며 Stopper의 깊이가 깊어지면 Stopper의 폭이 좁아져도 상호 간섭이 1 Hz까지 줄어드는 것을 확인할 수 있었다.

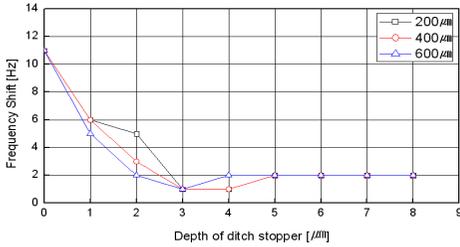
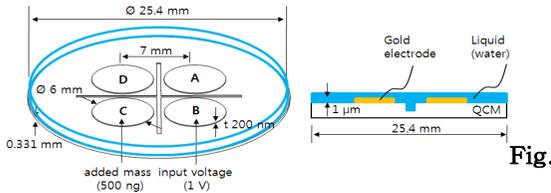


Fig. 3 Mutual interference values for various stopper widths (in air)



4 Schematic geometry of MQCM (contact with the water)

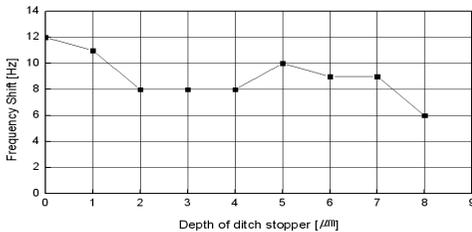


Fig. 5 Mutual interference values for various stopper depth (in water)

3. 물과의 접촉을 고려한 Stopper의 깊이 변화에 따른 간섭 변화

MQCM 센서가 반응을 연속적으로 하기 위해 접촉되는 물을 고려하였을 때, 센서 영역간에 발생하는 상호 간섭을 분석하기 위해서 Fig 4와 같이 1 μm 물을 MQCM 윗면에 접촉시킨 모델을 생성하였다. 물과의 접촉 시 Stopper의 깊이 변화가 상호 간섭 변화에 주는 영향을 알

아보기 위해 Stopper의 폭을 400 μm로 설정한 뒤, Stopper의 깊이 변화에 따른 센서 영역간 상호 간섭을 해석을 통해 분석하였다. 해석 결과 Stopper의 깊이가 0 μm, 즉 Stopper가 존재하지 않을 때 발생하는 상호 간섭은 12 Hz임을 확인하였다. 나아가 Stopper의 깊이를 1 μm 씩 증가시키며 상호 간섭의 변화를 분석하였다. 그 결과 Fig. 5와 같이 깊이가 8 μm 일 때 상호 간섭이 6 Hz로 50 % 감소하는 것을 확인할 수 있었으며 이러한 결과를 통해서 Stopper의 깊이가 물과의 접촉을 고려한 경우에도 상호 간섭에 영향을 미친다는 것을 확인할 수 있었다.

4. 결 론

본 연구에서는 4개의 전극을 가지는 MQCM 표면에 Stopper를 생성하고 공기 중에서 Stopper의 폭의 변화에 따른 상호 간섭의 변화를 분석하였다. 그 결과 Stopper의 폭은 Stopper의 깊이 보다 상호 간섭의 변화에 영향을 주지 않는다는 것을 확인하였다. 나아가 MQCM 위에 접촉되는 물을 고려하였을 때 발생하는 상호 간섭을 Stopper의 깊이에 따라 해석을 통해 분석하였다. 그 결과 Stopper의 깊이가 0 μm 일 때는 상호 간섭이 12 Hz 였으며 Stopper의 깊이가 8 μm 증가함에 따라 상호 간섭이 6 Hz 로 50 % 감소되는 효과를 얻을 수 있었다.

후 기

이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(2011-0005662)

참 고 문 헌

(1) Stanford Research Systems, 2005, QCM200 Quartz Crystal Microbalance Digital Controller, pp.31~53.
 (2) Kim, K. H., Lee., Y. H., Yim, H. J. and Lim, S. H., 2011, QCM Sensor Array Design and Analysis for Avoiding Effect of Resonance Frequency between Electrodes, Proceedings of the KSNVE Annual Spring Conference, pp. 327~328.