

# 다중채널 수정진동자미세저울의 능동 전극 간 공진점 상호 간섭 최소화를 위한 칩 설계

## Chip Design to Minimize the Mutual Resonance Frequency Interference between Active Electrodes in a Multi-channel Quartz Crystal Microbalance

박홍익\* · 이준영\* · 임홍재\*\* · 임시형†

Hong Ik Park, Jun Young Lee, Hong Jae Yim and Si Hyung Lim

### 2. Stopper 깊이에 따른 모델 생성 및 해석조건

### 1. 서 론

QCM(Quartz Crystal Microbalance)은 공진주파수의 변화를 통한 질량 변화로 기체의 미소 농도 변화, 단백질 검출, 점탄성 계수 측정 등을 할 수 있는 센서이다. 최근에는 다수의 전극을 부착하여 동시에 다양한 물질을 검출하는 MQCM (Multi-channel Quartz Crystal Microbalance)에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 그러나 MQCM은 전극 간 상호 간섭이 발생하여 정확한 측정이 이루어지지 않기 때문에 전극 간 상호 간섭을 줄이는 것은 매우 중요하다. 이와 관련하여 선행연구에서는 전면에 Stopper를 구성하여 폭과 깊이에 따른 상호 간섭 변화를 측정하고 폭 보다는 깊이의 영향이 크다는 것을 확인하였다. 본 논문에서는 전, 후면 Stopper를 구성하여 전극 간 상호 간섭 최소화를 위한 MQCM 칩을 설계하고자 한다.

본 논문에서는 Fig. 1과 같이 지름 25.4 mm, 두께 0.331 mm의 QCM에 7 mm 간격으로 지름 6 mm, 두께 200 nm인 전극 네 개를 위치시킨 후 길이가 16 mm, 폭이 400 nm인 Stopper를 생성하였다. Stopper는 QCM 전, 후면에 생성하였으며 깊이는 1 μm부터 2 μm 간격으로 생성하였다. 공기와 물과의 접촉을 고려하기 위하여 두께 1 μm의 층을 QCM 최상단에 생성하였다. 생성된 모델을 유한요소로 구성한 뒤 해석을 위하여 모델의 C 전극에 500 ng의 질량, B 전극에 1V의 조건을 가하였다.

### 3. 유체와의 접촉을 고려한 Stopper 깊이에 따른 간섭 변화

일반적인 MQCM 센서는 사용 시 연속적인 센서 반응을 위하여 유체와의 접촉을 고려한다. 이러한 접촉이 고려된 상황에서 전극 간 상호 간섭을 Stopper의 깊이 변화를 통하여 측정하였다.

공기와 접촉 시 해석 결과는 Fig. 2 (a)와 같이 Stopper의 깊이가 0 μm일 때 상호 간섭은 8 Hz 임을 확인하였다. 나아가 전, 후면에 존재하는 Stopper의 깊이가 5 μm일 때 초기 상호 간섭의 50%가 된다는 것을 알 수 있으며, 17 μm일 때부터 상호 간섭이 1 Hz로 수렴되는 것을 확인할 수 있었다. 이 결과는 전면에만 Stopper가 존재하는 경우보다 66% 감소한 수치임을 확인할 수 있다.

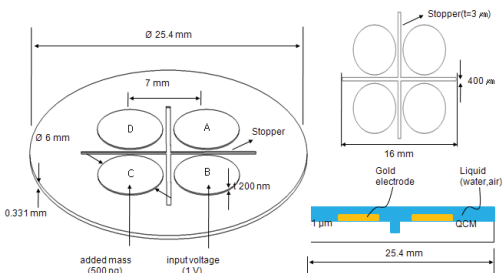
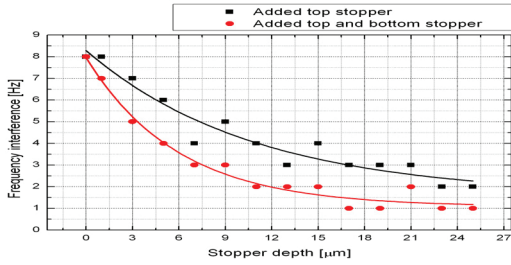
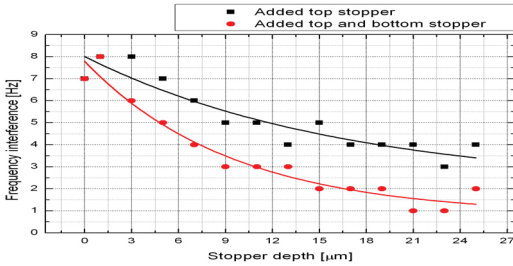


Fig. 1 Schematic geometry of MQCM

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



(a) Contact with air



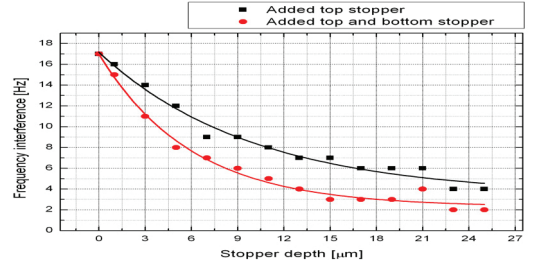
(b) Contact with water

**Fig. 2** Frequency interference values according to stopper depth

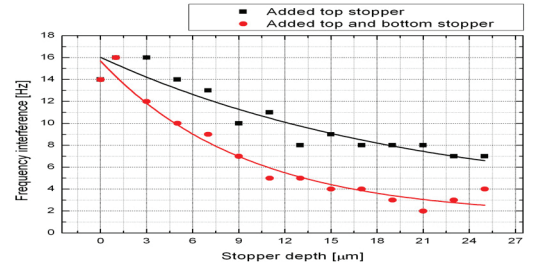
물과의 접촉 시 Stopper의 깊이가  $0 \mu\text{m}$ 일 때 상호 간섭은 7 Hz임을 확인할 수 있다. Fig. 2 (b)와 같이 전, 후면에 Stopper가 존재할 때 Stopper의 깊이가  $17 \mu\text{m}$ 인 경우에 상호 간섭이 2 Hz로 수렴하는 것을 확인하였다. 이는 공기와의 접촉 시 보다 물과의 접촉하는 경우 간섭이 심하다는 것을 반증한다. 또한 전면부에만 Stopper가 존재하는 경우 보다 50% 간섭이 감소한다는 것을 확인할 수 있다.

#### 4. 측정 질량 변화에 따른 상호 간섭 변화

본 장에서는 Stopper의 깊이에 따라서 MQCM을 통하여 측정하고자 하는 질량의 변화에 따른 상호 간섭을 확인하고자 한다. B 전극에  $500 \text{ ng}$ 의 질량을 추가한 기본 모델을 바탕으로 이를 100% 증가시킨  $1 \mu\text{g}$ 의 질량으로 변경하여 상호 간섭의 변화를 비교하였다. 해석 결과는 Fig. 3과 같이 공기과 물과 접촉하는 경우 모두 기본 모델보다 상호 간섭이 200% 수준이 되며 Stopper의 깊이가 깊어질수록 상호 간섭의 감소폭이 커진다는 것을 확인할 수 있다. 이와 같이 측정하고자 하는 질량이 무거울수록 전극 간 상호 간섭은 증가하고, Stopper의 영향도 커진다는 것을 확인할 수 있었다.



(a) Contact with air



(b) Contact with water

**Fig. 3** Frequency interference values added  $1 \mu\text{g}$  mass

본 연구에서는 전극이 4개인 MQCM의 전, 후면에 Stopper를 생성하고 공기과 물과의 접촉 시 상호 간섭의 변화를 확인하고 측정 질량의 변화에 따른 Stopper의 영향을 확인하였다. 그 결과 전, 후면에 Stopper가 존재할 경우 전면부에만 존재하는 경우보다 상호 간섭 감소가 효과적이며 Stopper의 깊이가  $17 \mu\text{m}$ 일 때부터 상호 간섭이 공기와 접촉 시에는 1 Hz, 물과 접촉 시에는 2 Hz로 수렴한다는 것을 확인하였다. 측정 질량에 따른 상호 간섭은 측정 질량이 무거울수록 간섭이 크며, Stopper에 의한 상호 간섭 감소도 커진다는 것을 확인할 수 있었다. 결과적으로 MQCM의 상호 간섭을 회피하기 위한 전, 후면 Stopper는 공기과 접촉 시  $5 \mu\text{m}$ , 물과 접촉 시  $9 \mu\text{m}$  이상으로 구성한다면 간섭을 50% 이하 수준으로 낮출 수 있다.

#### 5. 결 론

#### 후 기

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