

Structure design of an active electrode to enhance mass detection limit of a quartz crystal microbalance

이준영* · 임홍재** · 임시형†

Jun Young Lee, Hong Jae Yim, Si-Hyung Lim

1. 서 론

QCM(Quartz Crystal Microbalance)은 표면위의 미소 질량변화에 따른 공진 주파수의 변화를 측정하여 질량을 측정하는 센서로서 기체상 및 액체상의 생화학 물질 탐지, 유체의 물리적 특성 측정 등의 여러 분야에 응용이 가능하다. 이러한 QCM의 민감도 및 Q-factor가 높음에 따라 더욱 미세한 측정이나 정확한 값을 얻을 수 있는데 현재 민감도 및 Q-factor의 향상을 위한 구조설계에 대한 연구가 많이 이루어지지 않고 있는 실정이다. 따라서 민감도와 Q-factor와 같은 QCM의 주요 성능 지수를 향상시키기 위한 QCM의 형상, 두께와 같은 설계 파라미터를 수립하는 것이 필요하다.

본 연구에서는 QCM을 다중물리해석을 위한 FEM 해석 모델로 구성하고 선행연구의 모델을 참조하여 금전극과 Quartz 칩 사이에 공기층인 스페이서를 구성한다. 설계 파라미터를 스페이서의 두께, 반지름, 금전극의 두께로 설정하여 그 경향을 파악한다.

2. FEM 모델 구성 및 해석

먼저 Fig. 1 과 같이 Comsol을 이용하여 1 Channel QCM의 FEM 모델을 구성하였다. FEM 해석 모델은 직경 25.4 mm 두께 0.331 mm의 AT-cut Quartz 칩에 직경 12.7 mm에 두께 200 nm의 금 전극이 부착되어있다. 이 모델위에 실제 사용 환경과 같은 조건을 구성하기 위하여 QCM 상단부분에 얇은 공기층을 구성하고 QCM 전극 부위에 1 V 크기의 교류 전압을 인가

하였을 때, 1차 공진모드가 나오는 주파수가 약 5 MHz에서 나타났다. QCM의 Q-factor 향상을 위하여 Fig. 2와 같이 금전극과 Quartz칩 사이의 스페이서를 구성하였다.

Q-factor의 영향을 주는 설계요인을 찾기 위하여 먼저 설계 변수를 공기층의 두께, 반지름, 금전극의 두께 세 가지로 설정하고 각각 해석을 진행하여 그 경향성을 파악하고자 하였다.

2.1 금 전극 두께 변화

금 전극의 두께를 100nm 단위로 200nm에서 500nm까지 모델을 구성하여 해석을 진행하였다. 금 전극이 두꺼워질수록 증가하여 1차 공진모드가 나오는 주파수가 감소하여 Fig. 3과 같이 Q-factor가 감소하는 경향성을 갖는 것을 확인하였다.

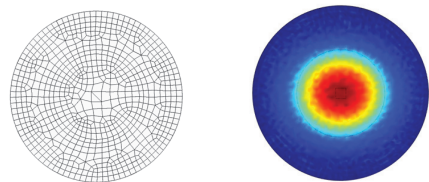


Fig. 1. FEM Model and 1st resonance mode shape of QCM

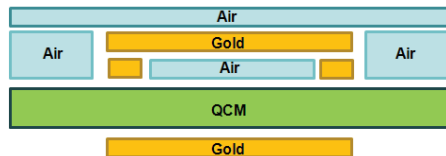


Fig. 2. Side of QCM added spacer

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

* 국민대학교 자동차공학 전문대학원

** 국민대학교 자동차공학과

2.2 스페이서의 반지름 및 두께 변화

QCM FEM 모델을 기초로 스페이서의 반지름과 두께를 변화시켜 그 경향을 파악하였다. 반지름의 경우 0.5mm 단위로 5.35mm부터 3.35mm까지 모델을 구성하여 해석을 진행하였다. Fig. 4와 같이 스페이서의 반지름과 Q-factor간에 경향성이 없는 것으로 확인되었다. 스페이서의 두께의 경우 0.5 μm 단위로 1.0 μm 부터 2.5 μm 까지 구성하고 해석을 진행하였다. Fig. 5와 같이 두께가 증가할수록 Q-factor가 감소하는 경향임을 확인하였다.

스페이서를 1.0 μm 로 구성하였을시 스페이서가 없는 모델 대비 약 5배가량 Q-factor 향상되어 매우 큰 폭으로 증가하였음을 확인하였다.

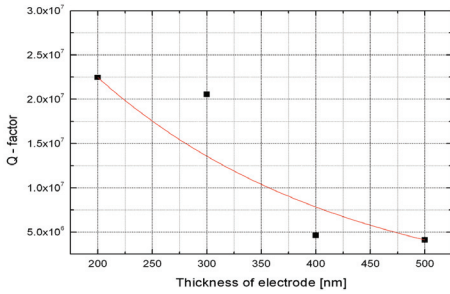


Fig. 3. Trend of Q-factor according to thickness of electrode

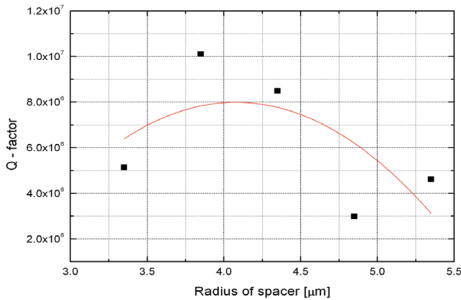


Fig. 4. Trend of Q-factor according to radius of spacer

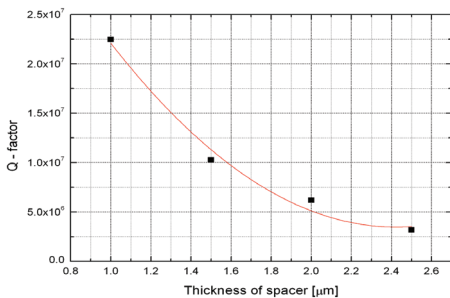


Fig. 5. Trend of Q-factor according to thickness of spacer

3. 결 론

본 연구에서는 QCM의 민감도 및 Q-factor의 향상을 위해 Quartz 칩과 금 전극 사이에 스페이서를 구성하고 이를 위한 최적설계의 설계 파라미터를 설정하기 위하여 각 설계 파라미터들의 변화에 따른 Q-factor의 경향성을 파악하였다.

해석결과 스페이서의 반지름은 Q-factor 변화에 큰 영향을 주지 않는 것으로 확인되었고, 금 전극의 두께는 두꺼워질수록 Q-factor가 감소함을 확인하였다. 스페이서의 두께가 1.0 μm 일 경우 스페이서가 없는 모델 대비 5배가량 증가하여 매우 큰 폭으로 증가하였음을 확인하였다.

이러한 QCM의 설계 파라미터의 경향성 파악 연구는 향후 QCM 센서의 민감도 및 Q-factor향상을 위한 최적화 설계의 파라미터로 이용될 수 있다.

후 기

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