

다결정 3C-SiC 마이크로 공진기의 특성

이태원, 정귀상*

울산대학교 전기전자정보시스템공학부

Characteristics of polycrystalline 3C-SiC micro resonator

Tae-Won Lee, Gwi-Sang Chung*

School of Electrical Eng., University of Ulsan.

Abstract : Micro resonators have been actively investigated for bio/chemical sensors and RF M/NEMS devices. Among various materials, SiC is a very promising material for micro/nano resonators since the ratio of its Young's modulus, E , to mass density, ρ , is significantly higher than other semiconductor materials, such as, Si and GaAs. Polycrystalline 3C-SiC cantilever with different lengths were fabricated using a surface micromachining technique. Polycrystalline 3C-SiC micro resonators were actuated by piezoelectric element and its fundamental resonance was measured by a laser vibrometer in air and vacuum at room temperature, respectively. For the cantilever with 100 μm length, 10 μm width and 1.3 μm thickness, the fundamental frequency appeared at 147.2 kHz.

Key Words : polycrystalline 3C-SiC, resonator, cantilever

1. 서 론

최근 무선통신 소자, 그리고 화학 및 바이오 센서로 응용하기 위한 공진기에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 일반적으로 기계적인 공진기는 전기적인 공진기에 비해 높은 품질 계수를 갖는다. 기계적인 공진기 중에서도 M/NEMS 기술을 이용한 공진기는 기존의 세라믹 물질을 이용한 것에 비해 초소형화 및 monolithic microwave integrated circuit (MMIC)화가 가능한 장점을 가진다.

캔틸레버의 공진주파수는 식(1)과 같이 주어진다.

$$f_0 = 0.16 \frac{t}{L^2} \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (1)$$

여기서, t 는 두께 [m], L 은 길이 [m], E 는 탄성계수 [GPa], 그리고 ρ 는 질량밀도 [kg/m^3] 를 각각 나타낸다. 공진기의 재료로는 Si, Si_xN_x 그리고 GaAs 등과 같이 여러 물질이 사용되지만, SiC의 $(E/\rho)^{1/2}$ 가 다른 물질에 비해서 높은 값을 가지므로 SiC는 높은 주파수를 갖는 공진기 제작에 아주 적합하다. 또한, 다결정 3C-SiC는 산화막을 희생층으로 하는 표면미세가공 기술을 적용할 수 있으므로 공진기 제작이 용이하다.

공진기를 가진시키는 방법에는 정전인력, 압전박막, 열팽창력 그리고 로렌츠 힘 등이 알려져 있으나, 이러한 방식을 이용하기 위해서는 부수적인 박막이 요구되므로, 공정이 복잡하고, 공진주파수를 낮추는 결과를 초래할 뿐만 아니라 물질 고유의 특성을 분석하기 어렵다. 이러한 단점을 보완할 수 있는 방법은 벌크상태의 압전물질을 사용하는 것이다 [1]. 다양한 압전 물질 중에서도 quartz는 높은 주파수에서도 아주 안정된 특성을 가지므로 공진기의 액추에이터로서 아주 적합하다.

본 연구에서는 다결정 3C-SiC 박막을 이용하여 캔틸

레버를 제작하였다. 캔틸레버의 공진특성을 분석하기 위해 액추에이터로서 quartz를 사용하였으며, 레이저 변위계를 이용하여 주파수에 따른 변위를 상압 및 진공상태에서 각각 측정 및 비교 분석하였다.

2. 실험

본 연구에서는 산화막 위에 1.3 μm 두께인 다결정 3C-SiC 박막을 APCVD (Atmosphere Pressure Chemical Vapor Deposition)법으로 성장하였으며, 이 방법에서는 HMDS (Hexamethyldisilane)를 전구체로 사용하였다. 그리고 SiC 패턴을 형성하기 위하여 CHF₃, Ar, O₂ 가스를 이용하여 RIE (Reactive Ion Etching) 공정을 수행하였다. 마지막 공정으로 BOE (Buffered Oxide Etch) 를 사용하여 산화막을 제거하고, TMAH (Tetramethylammonium Hydroxide) 를 이용하여 약 20 분간 Si를 식각한 결과, 폭이 10 μm , 길이가 100~20 μm 인 다결정 3C-SiC 캔틸레버 구조물을 제작하였다.

완성된 구조물의 공진특성을 분석하기 위하여 11 MHz의 공진주파수를 가지는 quartz를 액추에이터로 사용하였다. 그리고 레이저 변위계를 이용하여 주파수에 따른 변위를 상압 및 진공상태(2.7×10^{-5} Torr)에서 측정하였다.

3. 결과 및 검토

그림 1은 길이가 100 μm , 폭이 10 μm , 그리고 두께가 1.3 μm 인 다결정 3C-SiC 캔틸레버의 FE-SEM 이미지를 나타낸다. 그림 1에서 캔틸레버가 약간 아래방향으로 기울어진 것을 알 수 있는데, 이는 3C-SiC 박막 성장시 장력이 발생한 것으로 사료된다. 일반적으로 응력은 구조물의 공진주파수를 높이고, 장력은 구조물의 공진주파수를 낮추는 결과를 초래한다.

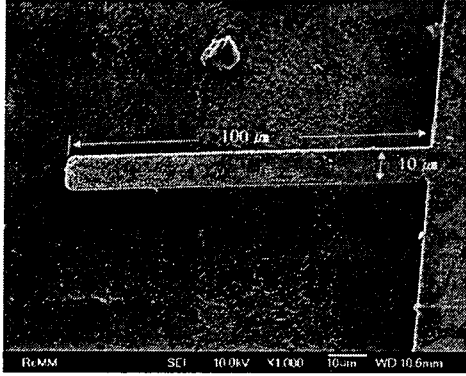
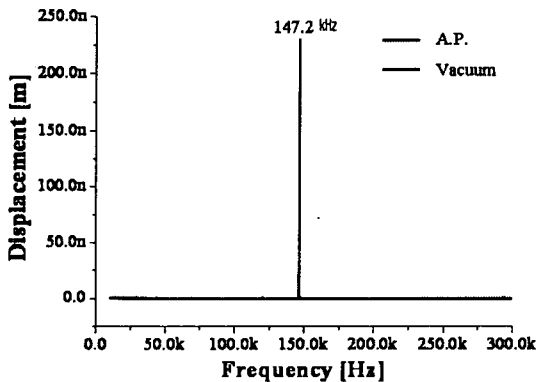
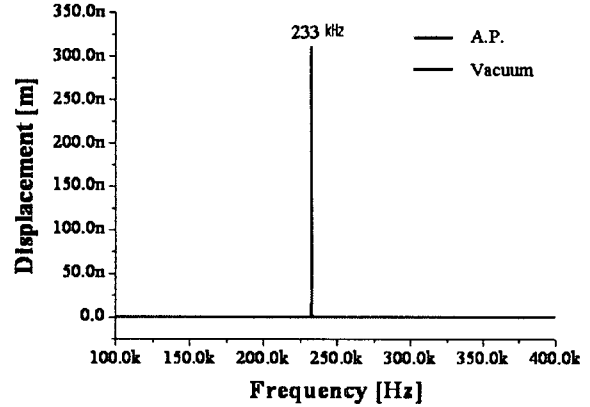


그림 1. 다결정 3C-SiC 공진기의 FE-SEM 이미지

그림 2는 상압 및 진공상태에서 다결정 3C-SiC 캔틸레버의 공진특성 측정결과를 나타낸다. 그림 2(a)는 길이가 100 μm, (b)는 길이가 80 μm 인 다결정 3C-SiC의 공진특성 분석결과를 나타내며, 각각은 147.2 kHz, 233 kHz의 공진주파수를 가짐을 알 수 있다. 측정결과에서 길이가 100 μm 인 캔틸레버가 80 μm 길이를 가진 캔틸레버 보다 공진시에 낮은 변위를 가지는데, 이에 대한 원인은 측정시 인가 전압의 차이로 인해 발생하였다. 길이가 다른 두 캔틸레버의 공진주파수를 비교하여 보면 기다란 캔틸레버가 훨씬 낮은 공진주파수를 가지는데, 이는 식 (1)에서 처럼 캔틸레버의 공진주파수가 길이의 제곱에 반비례하는 특성을 가지기 때문이다. 상압과 진공상태에서 측정된 결과를 비교하여 보면, 캔틸레버의 공진주파수는 두 경우에 거의 같은 값을 가지지만, 공진시에 캔틸레버의 진폭이 진공상태에서 크게 증가함을 알 수 있다. 이는 진공상태에서 공기 저항에 의한 에너지 손실이 최소화 되어 발생한 결과라고 할 수 있다. 일반적으로 마이크로 캔틸레버의 에너지 손실 원인으로서는 공기저항, 내부마찰, 격자결함, 그리고 포논 스캐터링 등을 들 수 있으며, 이 중에서 공기저항에 의한 에너지 손실 효과가 가장 크게 작용한다고 알려져 있다. 본 연구에서 제작한 캔틸레버의 품질계수는 상압에서 대략적으로 1500 이상의 값을 가짐을 알 수 있었다.



(a)



(b)

그림 2. 상압 및 진공상태에서 (a) 길이 100 μm, (b) 80 μm 인 다결정 3C-SiC 캔틸레버의 공진특성

4. 결론

본 연구에서는 산화막 위에 성장된 다결정 3C-SiC 박막을 이용하여, 캔틸레버를 제작하였다. 캔틸레버의 공진특성을 분석하기 위하여, 가진자로서 quartz를 사용하였으며, 레이저 변위계를 이용하여 주파수에 따른 캔틸레버의 변위를 상압 및 진공 상태에서 측정하였다. 길이가 100 μm, 80 μm 인 캔틸레버의 공진주파수는 각각 146.5 kHz, 233 kHz로 측정되었다. 그리고 진공상태에서는 공기저항에 의한 에너지 손실이 최소화 되어, 캔틸레버의 변위가 크게 증가함을 알 수 있었다.

이상의 결과로부터 다결정 3C-SiC 박막을 기반으로 하는 마이크로 캔틸레버는 무선통신 부품 및 바이오/화학 센서로 유용하게 응용될 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술재단의 지역혁신인력양성사업 및 지식경제부의 지방기술혁신사업(B0009720) 지원으로 수행되었음

참고 문헌

- [1] P. S. Waggoner, and H. G. Craighead, Lab Chip, Vol. 7, p. 1238, 2007.
- [2] S. C. Jun, X. M. H. Huang, M. Manolidis, C. A. Zorman, M. Mehregany, and J. Hone, Nanotechnology, Vol. 17, p. 1506, 2006.
- [3] 한기봉, 정귀상, 센서학회지, 16권, 4호, p. 319, 2007.
- [4] 정귀상, 김강산, 한기봉, 전기전자재료학회논문지, 20권, 2호, p. 156, 2007.
- [5] 정귀상, 온창민, 남창우, 센서학회지, 16권, 3호, p. 197, 2007.
- [6] K. Y. Yasumura, T. D. Stowe, E. M. Chow, T. Pfafman, T. W. Kenny, B. C. Stipe, and D. Rugar, J. Micromech. Microeng., Vol. 9, No. 9, p. 117, 2000.