



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0042443  
(43) 공개일자 2010년04월26일

(51) Int. Cl.

H01P 7/10 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2008-0101593

(22) 출원일자 2008년10월16일

심사청구일자 2008년10월16일

(71) 출원인

울산대학교 산학협력단

울산 남구 무거2동 산29

(72) 발명자

정귀상

울산 남구 무거2동 무거현대아파트 101동 408호

(74) 대리인

이풍우

전체 청구항 수 : 총 4 항

#### (54) 주름진 다결정 탄화규소 마이크로 공진기

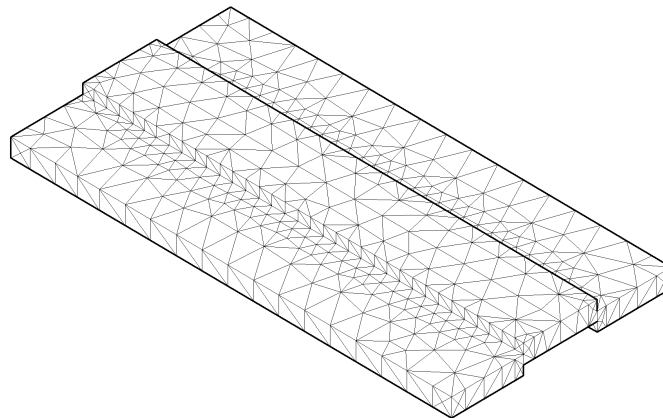
##### (57) 요약

본 발명은 주름진 다결정 탄화규소 마이크로 공진기에 관한 것으로, 더욱 세부적으로는 크기뿐만 아니라 품질계수의 저하 없이 공진주파수를 증가시키기 위해서 다결정 탄화규소 막을 기반으로 하는 주름진 다결정 탄화규소 마이크로 공진기에 관한 것이다.

직사각형의 다결정 탄화규소막으로 형성되는 마이크로 공진기의 중앙부를 상부로 돌출시켜 주름진 구조를 갖되, 상기 주름진 구조의 다결정 탄화규소 마이크로 공진기의 길이(L)는 34 ~ 38  $\mu\text{m}$ 이며, 빔의 폭(W)은 11 ~ 13  $\mu\text{m}$ 이며, 두께(t)는 0.5  $\mu\text{m}$ 이고, 상부로 돌출되는 주름진 부분의 폭(C)은 5 ~ 7  $\mu\text{m}$ 이며, 깊이(d)는 0.4  $\mu\text{m}$ 로 형성된다.

따라서, 본 발명은 직사각형의 다결정 탄화규소막으로 형성되는 마이크로 공진기의 중앙부를 상부로 돌출시켜 주름진 구조를 형성하여, 평평한 타입의 공진기보다 공진주파수가 약 60%정도 향상되는 효과가 있다.

대표도 - 도2



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

마이크로 공진기에 있어서,

직사각형의 다결정 탄화규소막으로 형성되는 마이크로 공진기의 중앙부를 상부로 돌출시켜 주름진 구조를 갖는 것을 특징으로 하는 주름진 다결정 탄화규소 마이크로 공진기.

### 청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 주름진 구조의 다결정 탄화규소 마이크로 공진기의 길이(L)는  $34 \sim 38 \mu\text{m}$ 이며, 빔의 폭(W)은  $11 \sim 13 \mu\text{m}$ 이며, 두께(t)는  $0.5 \mu\text{m}$ 이고, 상부로 돌출되는 주름진 부분의 폭(C)은  $5 \sim 7 \mu\text{m}$ 이며, 깊이(d)는  $0.4 \mu\text{m}$ 로 형성되는 것을 특징으로 하는 주름진 다결정 탄화규소 마이크로 공진기.

### 청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 주름깊이(d)가  $0.4 \mu\text{m}$ 일 때의 주파수는  $1.21 \text{ MHz}$ 인 것을 특징으로 하는 주름진 다결정 탄화규소 마이크로 공진기.

### 청구항 4

제 2항에 있어서,

상기 주름폭(C)이  $6 \mu\text{m}$ 일 때의 주파수는  $0.901 \text{ MHz}$ 인 것을 특징으로 하는 주름진 다결정 탄화규소 마이크로 공진기.

## 명 세 서

### 발명의 상세한 설명

#### 기술 분야

[0001] 본 발명은 주름진 다결정 탄화규소 마이크로 공진기에 관한 것으로, 더욱 세부적으로는 크기뿐만 아니라 품질 계수의 저하 없이 공진주파수를 증가시키기 위해서 다결정 탄화규소 막을 기반으로 하는 주름진 다결정 탄화규소 마이크로 공진기에 관한 것이다.

#### 배경 기술

[0002] 통신과 센서 기술의 급속한 성장에 따라 마이크로 기계 공진기에 대한 매력과 관심이 집중되고 있으며, 석영 또는 표면탄성과 공진기와 대비하여 마이크로 기계 공진기는 소형화가 가능하고, 통합 칩 설계에 의해 다른 공진기를 대체하여 사용할 수 있다. 또한, 마이크로 또는 나노 화학 및 바이오 센서에 있어서 가스, 셀(cell), DNA 등과 같은 미세한 물체의 검출이 가능하며, 기계적인 공진기에 기초를 둔 발진기와 필터는 전통적인 RC 필터보다 더 높은 주파수 선택 특성과 낮은 소비전력을 갖는 특성이 있다.

[0003] 오늘날, 공진기에 대한 많은 연구가 진행되고 있으며, 그 결과, 진공상태에서 멀티 포트 정전빔살에 의해 spring-coupled 또는 평행한 공진기 구동에 의한 고품질 요인이 보고되고 있다. 통신과 센서에 사용되는 공진기의 응용가운데, 더블 클레임 빔과 고도로 이온화된 기체 중의 자유전자 운동에 의한 캔틸레버와 같은 마이크로 혹은 나노 빔의 형상 구조를 갖는 기계적인 공진기가 요구된다. 더욱이 이 구조는 최소의 칩 공진기로 할 수 있으므로 센서에 응용 뿐만 아니라 저전력 소비와 통신에도 사용할 수 있다.

[0004] Euler Bernoulli 빔 방정식에서, 빔의 공진주파수 식(1)은

[0005] [식 1]

$$f = \frac{\beta^2}{2\pi L^2} \sqrt{\frac{EI}{\rho A}} \quad \text{이다.}$$

이때,  $\beta$ 는 경계 상태가 명확한 노드에 의존한 빔의 고유치이며,  $E$ 는 영률,  $I$ 는 관성 모멘트,  $\rho$ 는 질량 밀도,  $A$ 는 빔의 단면적이다.

공진기의 역학적인 검출은 정전 검출보다 더 높은 감도 때문에 선호된다. 힘, 질량, 온도의 변화는 캔틸레버의 주파수를 바꾸는 원인이 되며, 일반적으로 공진주파수 변화는 질량 변화  $\Delta m$ 에 의해 산출되는 하기의 식 (2)와 같다.

[식 2]

$$\Delta m = \frac{k}{4\pi^2} \left[ \frac{1}{f_1^2} - \frac{1}{f_2^2} \right]$$

$k$ 는 상기 식 (1)에서 산출되는 스프링 상수이고,  $f_1$ 과  $f_2$ 는 캔틸레버의 공진주파수이다.

상기 방정식 또한 질량감도 신뢰가 공진주파수에 있다는 것을 증명하며, 고속 데이터 전송장치의 증가로 공진 주파수는 가능한 많이 증가될 필요가 있다.

마이크로 전자기계 시스템(Micro Electro Mechanical System; MEMS) 또는 나노 전자기계 시스템(Nano Electro Mechanical System; NEMS) 기술의 발달은 더 나은 재료에 기반을 둔 공진기 제작이 요구되며, 최근에는 탄화규소(SiC)에 많은 연구가 진행되고 있으며, 기계적 공진기 설계에서의 탄화규소(SiC)는 대략 400 GPa ~ 500 GPa의 높은 영률로 상기 식 (1)에서와 같이, 공진주파수를 모으는 중요한 요인이다. 상기 SiC(대략 3200 kg/m<sup>3</sup>)보다 더 적은 2300 kg/m<sup>3</sup>의 크기 밀도를 갖는 Si에 기초를 둔 공진기에 많은 연구가 진행되고 있으나, 상기 Si의 영률계수는 100 GPa ~ 200 GPa이다.

일반적인 공진기 주파수의 증가는 공진기의 길이를 감소시키거나 두께를 증가시키게 되는데, 실제로 많은 문제가 뒤따르게 된다. 즉 두께는 성장과정에 의존하게 되는데, 탄화규소 박막은 1  $\mu$ m 또는 낮은 에피택셜로 성장되며, 높은 공진주파수에 있어, 단면이 직사각형인 평평한 타입의 공진기를 길게하고 두껍게 할 때 기계 및 전자 특성이 저하되는 문제점이 있다.

## 발명의 내용

### 해결 하고자하는 과제

상술한 바와 같은 문제점을 해결하기 위하여, 본 발명에서는 직사각형의 다결정 탄화규소막으로 형성되는 마이크로 공진기의 중앙부를 상부로 돌출시켜 주름진 구조를 형성하여, 평평한 타입의 공진기보다 공진주파수가 크게 향상되는 주름진 다결정 탄화규소 마이크로 공진기를 제공하는데 목적이 있다.

### 과제 해결수단

목적을 달성하기 위한 구성으로는, 직사각형의 다결정 탄화규소막으로 형성되는 마이크로 공진기의 중앙부를 상부로 돌출시켜 주름진 구조를 갖는다.

본 발명의 다른 특징으로서, 상기 주름진 구조의 다결정 탄화규소 마이크로 공진기의 길이(L)는 34 ~ 38  $\mu$ m이며, 빔의 폭(W)은 11 ~ 13  $\mu$ m이며, 두께(t)는 0.5  $\mu$ m이고, 상부로 돌출되는 주름진 부분의 폭(C)은 5 ~ 7  $\mu$ m이며, 깊이(d)는 0.4  $\mu$ m로 형성된다.

본 발명의 또 다른 특징으로서, 상기 주름깊이(d)가 0.4  $\mu$ m일 때의 주파수는 1.21 MHz이다.

본 발명의 또 다른 특징으로서, 상기 주름폭(C)이 6  $\mu$ m일 때의 주파수는 0.901 MHz이다.

## 효 과

[0020] 상기한 바와 같이, 본 발명은 직사각형의 다결정 탄화규소막으로 형성되는 마이크로 공진기의 중앙부를 상부로 돌출시켜 주름진 구조를 형성하여, 평평한 타입의 공진기보다 공진주파수가 약 60%정도 향상되는 효과가 있다.

### 발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0021] 도 1은 본 발명에 따른 주름진 다결정 탄화규소 마이크로 공진기의 구성도이고, 도 2는 본 발명에 따른 주름진 다결정 탄화규소 마이크로 공진기의 사시도이고, 도 3은 본 발명에 따른 주름진 다결정 탄화규소 마이크로 공진기의 진동 형태를 나타낸 도면이고, 도 4는 본 발명에 따른 주름 깊이에 따른 캔틸레버의 공진주파수를 나타낸 그래프이고, 도 5는 본 발명에 따른 탄화규소의 마이크로 공진기 주름 폭에 따른 주파수 변화를 나타낸 그래프이다.

[0022] 이하, 도면을 참고로 구성요소를 설명하면 다음과 같다.

[0023] 도 1은 본 발명의 주름진 다결정 탄화규소 마이크로 공진기의 구성도로서, 도 1(a)와 같은 직사각형의 다결정 탄화규소막으로 형성되는 마이크로 공진기의 중앙부를 상부로 돌출시켜 도 1(b)와 같이 주름진 구조를 갖는 마이크로 공진기를 구성한다.

[0024] 상기 도 1(b)에서 t는 마이크로 공진기의 두께를 나타내며, W는 빔의 폭이고, C는 주름진 부분의 폭을 나타내며, d는 주름진 부분의 깊이를 나타내고, 상기 식 (1)에서와 같이 단면도 부분 A를 변화시키게 되면 I를 순간적으로 증가시키는 결과가 예상되므로, 공진주파수를 증가시키게 된다.

[0025] 상기 주름진 구조의 다결정 탄화규소 마이크로 공진기의 길이(L)는 34 ~ 38  $\mu\text{m}$ 이며, 빔의 폭(W)은 11 ~ 13  $\mu\text{m}$ 이며, 두께(t)는 0.5  $\mu\text{m}$ 이고, 상부로 돌출되는 주름진 부분의 폭(C)은 5 ~ 7  $\mu\text{m}$ 이며, 깊이(d)는 0.4  $\mu\text{m}$ 로 형성된다.

[0026] 본 발명의 탄화규소(SiC)는 마이크로 전자기계 시스템(Micro Electro Mechanical System; MEMS)에서 사용되는 물질 중 가장 높은 열팽창계수 물질 중 하나로서, 탄화규소(SiC)에 기초를 둔 공진기에는 높은 열팽창계수의 이점 뿐만 아니라 넓은 밴드갭, 높은 전자 이동성, 높은 방전계, 높은 열전도율 및 상대적으로 큰 유연율의 특징이 있다.

[0027] 상기 탄화규소(SiC)는 공진기에 많이 적용될 수 있으며, 2700℃에 거의 근접한 높은 승화온도의 화학제품에 사용되며, 거친 환경에 사용되는 센서 제작에도 사용된다. 일반적인 폴리타입은 6각 변형 6H, 4H 및 8H, 사각 폴리타입 15R 및 입방 폴리타입 3C로, 마지막의 3C-SiC는 입방구조(섬아연광 타입)를 소유하기 위한 유일한 폴리타입이기 때문에 특별 공간을 차지한다. 그것은 6각 폴리타입(2473 K ~ 2773 K) 보다는 저온(1473 K ~ 2273 K)으로 설계될 수 있으며, 단결정과 다결정 3C-SiC의 2종류가 있는데, 그 중에서 다결정은 큰 잔류응력, 크랙 및 큰 격자 불일치(20%)와 같은 단결정의 결점을 극복하게 된다. 상기 다결정은 고온에서 결정체 기관의 성장을 제한하는 단결정 타입보다 저온(1000 ~ 1200℃)에서 비결정체 기관 뿐만 아니라 단열 물질의 기관에도 에픽택셜하게 성장시키며, 더욱이 물질과 전기 뿐만 아니라 3C-SiC 박막의 기계적 특성에 있어서도 결정체 성장 특성에 영향을 미치고, 마이크로 전자기계 시스템(Micro Electro Mechanical System; MEMS) 또는 나노 전자기계 시스템(Nano Electro Mechanical System; NEMS)에 기초를 둔 공진기의 특성은 열팽창계수, 관성 모멘트 및 성장되는 3C-SiC 박막의 질량밀도에 주로 의존한다.

[0028] 상기 다결정 탄화규소(3C-SiC)에 기초를 둔 공진기를 제작함에 있어 공진주파수를 높이는 노력이 필요하며, 본 발명에서는 상기 도 1과 같이, 공진기의 기계적인 구조를 바꾸는 것을 제안하고 있다.

[0029] 본 발명에서는 진동 특성에 대한 주름의 영향을 분석함에 있어, 첫 번째 분석은 주름 깊이의 유용성 존재와 두 번째는 주름의 최적 폭을 분석하였다.

[0030] 도 2와 도 3은 본 발명의 주름진 다결정 탄화규소 마이크로 공진기의 사시도 및 진동 형태를 나타낸 도면으로, 형태 분석은 주름진 구조의 특성을 보여주는데,  $36 \times 4 \times 0.2 \mu\text{m}^3$ 의 주름을 가진  $36 \times 12 \times 0.5 \mu\text{m}^3$ 의 캔틸레버의 첫 번째 4개의 진동 모드를 보여준다. 모드 1인 a에서 모드 4인 d까지 같은 크기의 캔틸레버 진동 상태와 표면 상태를 보여주며, 첫 번째 모드는 a와 같이 캔틸레버는 0.885 MHz의 공진주파수에서 상하로 진동하고, 이용에 있어 대체로 첫 번째 모드만 사용되는데 심플하고 특성이 제일 좋기 때문이다. 하기의 표 1에서 보이는 높은 공진주파수와 같이 더 높은 노드 일지라도 특성요인과 자극 방법 때문에 거의 응용되지 않는다.

**표 1**

[0031]

| 모드       | 1     | 2     | 3     | 4      |
|----------|-------|-------|-------|--------|
| 주파수(MHz) | 0.885 | 4.666 | 5.426 | 14.653 |

[0032]

본 발명은 또한 주름 깊이의 영향을 분석하였는데, 4개 주름의 캔틸레버와 평평한 1개의 캔틸레버를 분석하였다. 모두  $36 \times 12 \times 0.5 \mu\text{m}^3$ 의 동일한 길이, 폭 및 두께를 가지나, 주름의 깊이는 다르다. 4개 주름의 캔틸레버 주름 폭은  $4 \mu\text{m}$ 이지만 주름 깊이는 각각  $0.1 \mu\text{m}$ ,  $0.2 \mu\text{m}$ ,  $0.3 \mu\text{m}$ ,  $0.4 \mu\text{m}$ 이며, 평평한 캔틸레버는  $0 \mu\text{m}$ 의 주름 깊이로 제작된다.

[0033]

그 결과, 공진주파수 도 4에서 보이는 것처럼 주름 깊이를 증가시켜 개선됨을 증명하고 있으며,  $0.4 \mu\text{m}$  주름 깊이는 1.21 MHz의 주파수에 도달하며, 이 주파수는 평평한 타입의 공진주파수 0.746 MHz와 비교하면 대략 60%정도 증가시켰다.

[0034]

주름 폭은 또한 공진기의 특성에 영향을 주는 중요한 요소로, 12개 주름의 캔틸레버 모두  $6 \times 12 \times 0.5 \mu\text{m}^3$ 의 동일한 치수로 분석하였으며, 이 경우, 모든 캔틸레버의 주름 깊이는  $0.2 \mu\text{m}$ 로 고정시켰으나, 그 폭은  $1 \sim 12 \mu\text{m}$ 로 변화시켰다.

[0035]

도 5에서 보여지는 형태 1의 12개 공진주파수 결과는 주름 폭의 영향을 보이는데, 모든 주름 폭에 있어서의 공진주파수는 평평한 타입의 공진기보다 더 높게 나타난다. 더욱이, 최대 주파수는  $6 \mu\text{m}$ 의 폭에 생기며, 다른 방식으로 주름 폭이 공진기 폭의 반으로 선택될 때 그 공진주파수는 최대 범위가 된다. 이 시점에서 주름폭에 있어서의 공진주파수는 0.901 MHz이며, 평평한 캔틸레버의 주파수는 0.746 MHz이다.

[0036]

따라서, 본 발명은 직사각형의 다결정 탄화규소막으로 형성되는 마이크로 공진기의 중앙부를 상부로 돌출시켜 주름진 구조를 형성하여, 평평한 타입의 공진기보다 공진주파수가 크게 향상되는 주름진 다결정 탄화규소 마이크로 공진기를 제작하되, 상기 주름진 구조의 다결정 탄화규소 마이크로 공진기의 길이(L)는  $34 \sim 38 \mu\text{m}$ 이며, 빔의 폭(W)은  $11 \sim 13 \mu\text{m}$ 이며, 두께(t)는  $0.5 \mu\text{m}$ 이고, 상부로 돌출되는 주름진 부분의 폭(C)은  $5 \sim 7 \mu\text{m}$ 이며, 깊이(d)는  $0.4 \mu\text{m}$ 로 형성되며, 상기 주름진 부분의 폭(C)의 상기 범위내에서 결정되지만  $6 \mu\text{m}$ 로 형성하는 것이 가장 바람직하다.

[0037]

본 발명은 특정의 실시 예와 관련하여 도시 및 설명하였지만, 첨부된 특허청구범위에 의해 나타난 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 한도 내에서 다양한 개조 및 변화가 가능하다는 것을 당업계에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구나 쉽게 알 수 있을 것이다.

**도면의 간단한 설명**

[0038]

도 1은 본 발명에 따른 주름진 다결정 탄화규소 마이크로 공진기의 구성도.

[0039]

도 2는 본 발명에 따른 주름진 다결정 탄화규소 마이크로 공진기의 사시도.

[0040]

도 3은 본 발명에 따른 주름진 다결정 탄화규소 마이크로 공진기의 진동 형태를 나타낸 도면.

[0041]

도 4는 본 발명에 따른 주름 깊이에 따른 캔틸레버의 공진주파수를 나타낸 그래프.

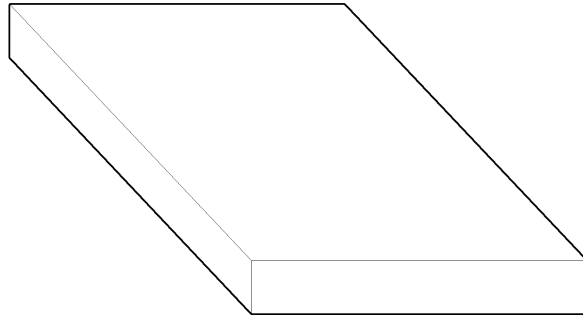
[0042]

도 5는 본 발명에 따른 탄화규소의 마이크로 공진기 주름 폭에 따른 주파수 변화를 나타낸 그래프.

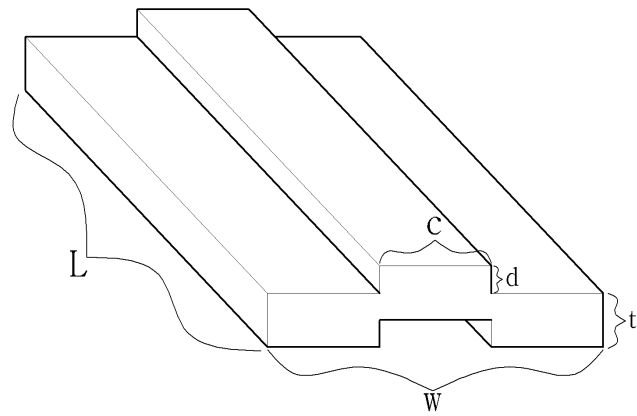
도면

도면1

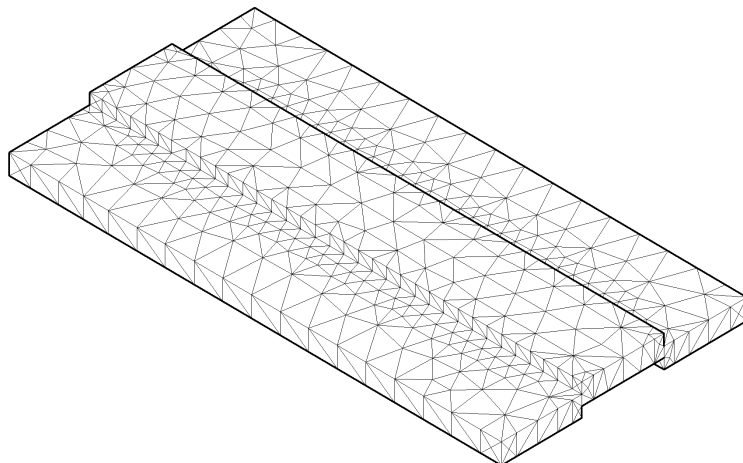
(a)



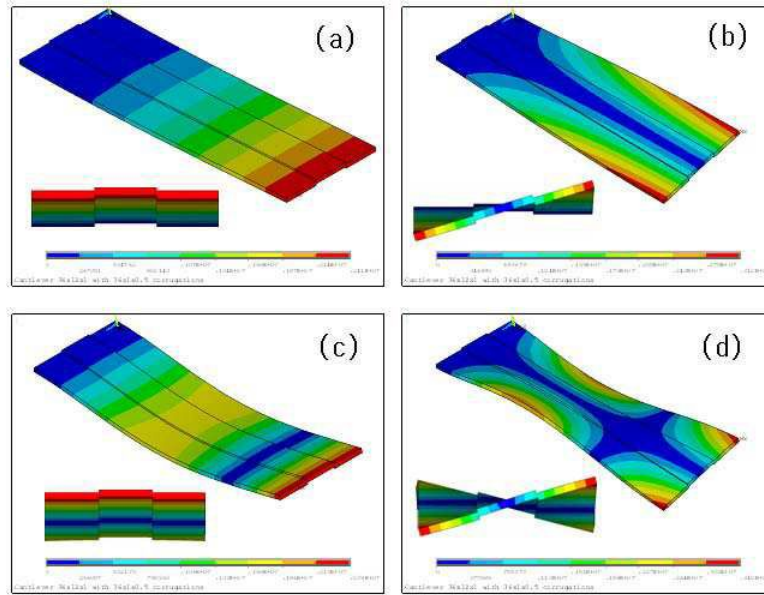
(b)



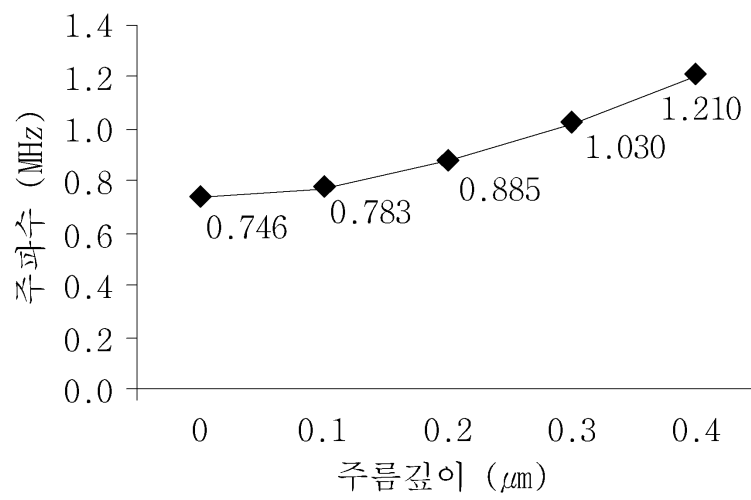
도면2



도면3



도면4



도면5

