

## RF 스위치 적용을 위한 박막 PZT 액추에이터의 d<sub>31</sub> 구동과 d<sub>33</sub> 구동 특성 비교

신민재\*, 서영호, 최두선, 황경현 (한국기계연구원, 나노공정장비연구센터)

### Comparison between d<sub>31</sub> and d<sub>33</sub> actuation characterization of the PZT micro-actuator for RF MEMS switch

M. J. Shin\*, Y. H. Seo, D-S. Choi, and K-H. Whang (KIMM, Nano-Mechanical System Research Center)

#### ABSTRACT

In this work, we present the comparison between d<sub>31</sub> and d<sub>33</sub> mode characterization using the PZT micro-actuator for large displacement. The PZT micro-actuator consisted of Si, PZT, and Pt layer on SOI wafer. The electrode shapes were laminated and interdigitated for d<sub>31</sub> and d<sub>33</sub> mode, respectively. In order to characterize the actuation mode, we measured the displacement using laser interferometer. The maximum displacement of d<sub>31</sub> mode was 12.2μm at 10V, the actuation characterization of d<sub>31</sub> was better than that of d<sub>33</sub> mode. We estimated that displacement of d<sub>33</sub> mode would be larger than that of d<sub>31</sub> above 30V.

**Key Words** : PZT actuator (압전 액추에이터), d<sub>31</sub>, d<sub>33</sub> mode (d<sub>31</sub>, d<sub>33</sub> 모드)

#### 1. 서론

본 연구에서는 박막 PZT를 이용하여 대변위를 위한 d<sub>31</sub>모드와 d<sub>33</sub>모드로 구동하는 액추에이터를 제작하여 특성을 비교 분석하였다. 일반적으로 벌크형 PZT는 d<sub>31</sub>모드보다 압전 계수가 큰 d<sub>33</sub>모드를 사용하지만, 박막의 경우는 수백 μm의 길이에 비해서 상대적으로 훨씬 얇은 두께로 인해 d<sub>33</sub>모드보다는 d<sub>31</sub>모드로 구동시켜 변위를 얻는다<sup>1</sup>. 따라서 본 연구에서는 박막 PZT 액추에이터의 구동변위를 증가시키기 위해 d<sub>31</sub>모드를 구동시키는데 일반적으로 사용하는 적층형 전극과 d<sub>33</sub>모드로 구동하는 가지형 전극(interdigitated type)을 제작하여 구동특성을 비교하였다.

#### 2. PZT 액추에이터 설계 및 제작

본 연구에서는 균일한 두께의 캔틸레버 빔을 얻기 위해 Top 실리콘의 두께가 4μm인 SOI 웨이퍼를 사용하였고 절연층으로 실리콘 산화막을 사용하였으며 그 위에 하부전극으로 사용되는 Pt를 0.2μm, PZT 층을 0.4μm, 상부 전극인 Pt를 0.2μm 각각 증착하였다. 캔틸레버 빔의 폭은 200μm, 길이는 500μm로 제작하였으며, d<sub>33</sub> 모드의 경우, 가지형 전극인 Pt의 폭은 10, 12, 14μm 그리고

간격은 10, 8, 6μm로 변화시켜 설계하였다. Figure 1은 PZT 액추에이터의 제작 공정도이며, 실제 제작된 액추에이터와 전극의 형상의 SEM 사진을 각각 Fig. 2와 Fig. 3에 나타내었다.

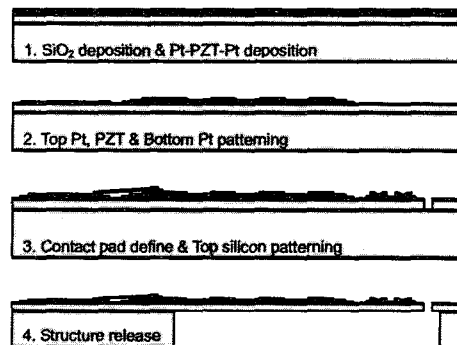


Fig. 1 Fabrication process of the PZT actuator.

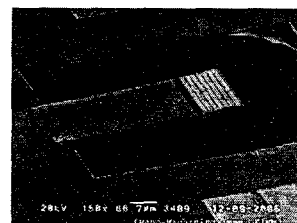


Fig. 2 SEM image of the fabricated PZT actuator.

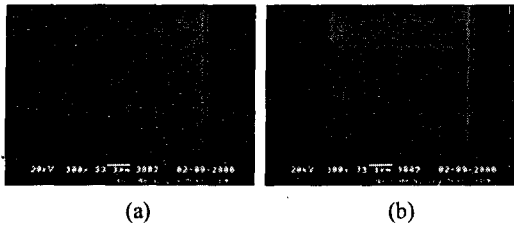


Fig. 3 SEM of the fabricated actuator: (a) the parallel electrode for  $d_{31}$  mode, and (b) the interdigitated electrode for  $d_{33}$  mode.

Table 1. Estimation of the resonant frequency.

Si Beam length ( $\mu\text{m}$ )	500
Elastic modulus (GPa)	160
Poisson ratio	0.28
Density ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	2.3
Width ( $\mu\text{m}$ )	200
Thickness ( $\mu\text{m}$ )	4
Resonant frequency(kHz)	22

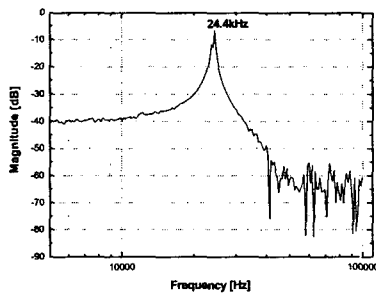


Fig. 4 Measured resonant frequency of the PZT actuator ( $L=500\mu\text{m}$ ).

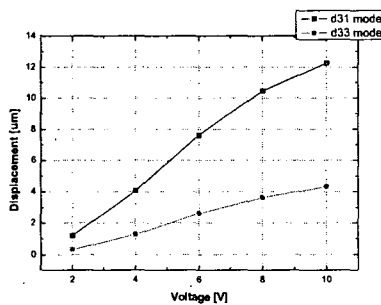


Fig. 5 Measured displacement for varying applied voltage with 100Hz sinusoid.

### 3. 실험 결과

박막 PZT 액추에이터의 구동특성을 측정하기 위해  $0.5\mu\text{m}/\text{V}$ 의 민감도와 10nm의 해상도를 갖는 레이저(He:Ne Laser) 간섭계를 사용하였다.

이론적으로 예측한 공진주파수는 22kHz(Table 1.)<sup>2</sup>인데 반하여 측정된 공진주파수는 24.4kHz로 나타났다(Fig. 4). 이러한 차이는 이론식에서 고려하지 않은 Pt, PZT, 산화막의 강성에 대한 부분에서 기인한 것으로 판단된다. 박막 PZT가 16V에서 절연파괴가 일어나고 저전압 구동임을 고려하여 구동변위는 전압을 0V에서 10V까지 변화시켜가면서 측정하였다. 또한 레이저 간섭계가 정적 변위는 측정할 수 없어 모든 신호는 100Hz 사인파를 사용하여 측정하였다. Figure 5는 각 전압에 따른  $d_{31}$ 모드와  $d_{33}$ 모드의 구동 변위를 비교하여 나타내었다. 10V에서  $d_{31}$  모드로 구동하는 박막 PZT 액추에이터의 최대 변위는 약  $12.2\mu\text{m}$ 로 측정되었으며 PZT의 절연파괴가 일어나지 않는 15V에서 약  $15\mu\text{m}$ 의 변위를 얻을 수 있을 것으로 판단된다. 구동특성은  $d_{33}$ 모드가  $0.432\mu\text{m}/\text{V}$ 이며  $d_{31}$ 모드는  $1.226\mu\text{m}/\text{V}$ 로  $d_{31}$ 모드가 같은 전압에 대해 더 큰 변위를 나타냄을 알 수 있다. 그러나 절연파괴는 PZT 두께가  $0.4\mu\text{m}$ 일 때 16V에서 일어나므로  $d_{33}$ 모드의 경우 가지형 전극 사이의 간격이  $10\mu\text{m}$ 이상이므로 이론적으로 400V까지도 인가가 가능하고,  $\mu\text{m}/\text{V}$ 의 구동 특성을 감안할 때 30V이상의 높은 전압에서는  $d_{31}$ 모드보다 더 좋은 특성을 보일 것으로 판단된다.

### 4. 결론

박막 PZT를 이용하여  $d_{31}$ 모드와  $d_{33}$ 모드로 구동하는 액추에이터를 제작하여 특성을 비교한 결과,  $d_{31}$ 모드로 구동하는 액추에이터가  $d_{33}$ 모드보다 2배 이상의 변위를 나타냄을 알 수 있었으며,  $d_{33}$ 모드의 경우는  $d_{31}$ 모드보다 높은 전압에서 구동이 가능하므로 30V이상의 고전압구동에서는 더 큰 변위를 얻을 수 있을 것으로 판단된다. 이러한 구동 특성을 갖는 박막 PZT 액추에이터는 핸드폰이나 PDA 등의 일반적인 RF 통신 모듈에도 적용이 가능할 것이다.

### 후기

본 연구는 과학기술부 지원으로 수행되는 기반조성연구사업의 일환인 “KIMM-MIT 해외과학기술협력센터 운영사업”의 지원으로 수행되었습니다.

### 참고문헌

1. Jeon, Y. B., et. al., Sensors and Actuators A, 122 (2005) 16-22.
2. Tang, W.C.-K., Doctoral Dissertation, University of California at Berkeley, 1990.