

## Nd:YAG 레이저를 이용한 PZT의 미세가공

홍진욱\*, 이제훈, 서정, 신동식(한국기계연구원)

### Micromachining of PZT using Nd:YAG laser

J. U. Hong, J. H. Lee, J. Suh and D. S. Shin(IT Machinery Research Center, KIMM)

#### ABSTRACT

In this study, we have investigated the micromachining of PZT to fabricate interdigitated electrodes of electro active material actuator using Nd:YAG laser. We have observed groove shapes of PZT with changing beam power, scanning speed, gas, and so on to find optimum conditions of the laser processing for PZT grooves. As a result, this method has been applied to the laser micromachining for grooves in PZT surface, and we could have optimum parameters of Nd:YAG laser. Finally it was shown that the laser micromachining of PZT can substitute for bonding, etching and deposition processes in fabricating electro active material actuator embedded with interdigitated electrodes.

**Key Words** : Nd:YAG laser(Nd:YAG 레이저), PZT(lead zirconium titanate), micromachining(마이크로머시닝), PZT actuator(PZT 액츄에이터)

#### 1. 서론

현재 단위 셀의 면적을 감소시키기 위한 초고집적화 공정의 개발뿐만 아니라 높은 유전율, 낮은 누설 전류, 높은 파괴전장 등의 특성을 향상시킬 수 있는 재료에 관한 연구가 이루어지고 있다. 특히 대표적인 압전 재료인 PZT는 perovskite 구조를 갖고 벌크에서 우수한 압전 특성을 가지고 있어 초고집적화 산업, 경량의 고성능 능동 작동기 산업에 이용 가능하다<sup>1)</sup>. PZT 액츄에이터 제작을 위해 레이저를 이용한 PZT 가공 기술은 다양한 방법에서 연구되어왔다. 그러나 대부분 PLD(Pulsed Laser Deposition)법 위주로 연구되어 왔고, 전극 제작을 위한 그루브(groove) 가공에 대한 스크라이빙(scribing)이나 커팅에 대한 연구는 미진하였다. Nd:YAG 레이저를 이용한 PZT 미세 가공은 적절한 렌즈의 선택을 통해 초점크기를 쉽게 전환함으로써 다양한 선포의 미세 가공이 가능하다<sup>2)</sup>. 이에 본 연구는 Nd:YAG 레이저를 이용하여 빔 주사 속도, 파워, 가스 등의 레이저 공정 변수들을 변화시켜가면서 직접 PZT를 미세가공을 하였다. SEM 관찰을 통해 가공된 PZT 그루브 형상을 비교함으로써 PZT가공성 검증 및 레이저 가공의 적합 조건들을 찾을 수 있었다. 따라서 본 연구로써 본딩, 식각 및 증착 등의 MEMS 공정을 대체하여 보다 빠르고 정밀한 빗살형 PZT 액츄에이터의 그루브 미세 가공이 가능할 것이다.

#### 2. 실험방법

본 실험은 Nd:YAG 레이저를 이용한 압전 세라믹 PZT의 미세 가공으로서 실험 조건은 Table 1과 같다. 실험에 사용된 PZT는 두께 260 $\mu$ m의 압전 세라믹의

로서 EDS 분석한 결과, 화학조성은 Table 2와 같았다.

Table 1 Experimental conditions of Nd:YAG laser

Wavelength(nm)	1064
Power(W)	3.55
Rep.(kHz)	2
Pulse duration(ns)	70
Scanning speed(mm/s)	5, 6, 7, 8

Table 2 Chemical composition of PZT(wt%)

	C	O	Ti	Zr	Pb
PZT	5.52	20.23	4.11	12.42	57.72

PZT 미세 가공에 있어 최적의 가공 조건 설정을 위해서 Nd:YAG 레이저의 빔 주사속도, 파워, 가스 등을 변화시켜가면서 실험하였다. 재료에 미치는 영향을 고려하여 우선 적절한 파워(3.55W)와 펄스(2kHz)를 설정한 후, 주사속도를 변화시키는 스크라이빙 실험을 하면서 그루브 형상을 관찰하였다. 가스 분사 조건에 따라 약간의 차이가 있었으나, 빔 속도가 1 ~ 2 mm/s 일 때 PZT가 관통되었다. 그러나 열충격에 의한 크랙발생 및 깊은 가공 깊이로 인한 잔유물(debris) 미 분출의 문제 때문에 크랙과 잔유물 발생이 적으면서 적정 가공 깊이를 얻을 수 있는 주사 속도 영역에서 실험하였다. 따라서 5, 6, 7 그리고 8 mm/s의 주사 속도로 가공 실험을 하였다. 또한 스크라이빙 시에 생기는 잔유물 제거 효과를 위해 동일한 조건에서 550kPa의 압력으로 각각 질소와 산소를 분사시키는 방법과 동일조건으로 스크라이빙 한 후

0.87W, 5mm/s의 조건으로 디버링(deburring)시키는 실험을 병행하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

Fig. 1은 가공조건과 주사속도에 따른 PZT의 가공체적(ablation volume)으로서 속도에 따라 선형적으로 나타남을 볼 수 있다. 가스를 불어넣지 않은 경우의 가공체적이 가장 높았고, 그 다음으로 산소, 질소 순으로 나타난다.

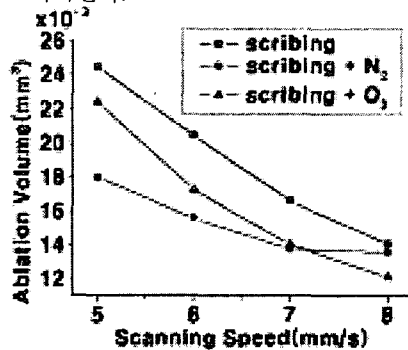
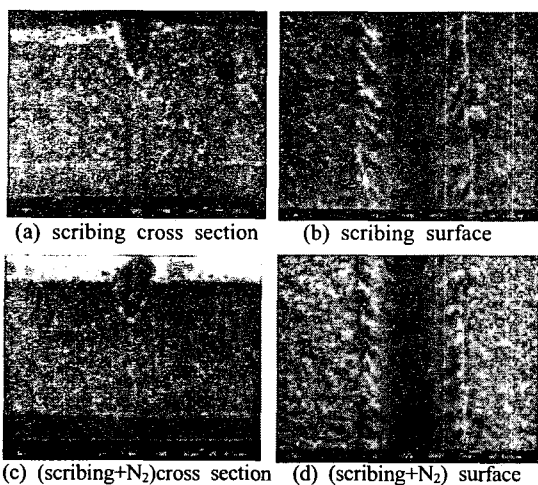


Fig. 1 Ablation volume of PZT after Nd:YAG laser Processing(scanning length : 10mm)

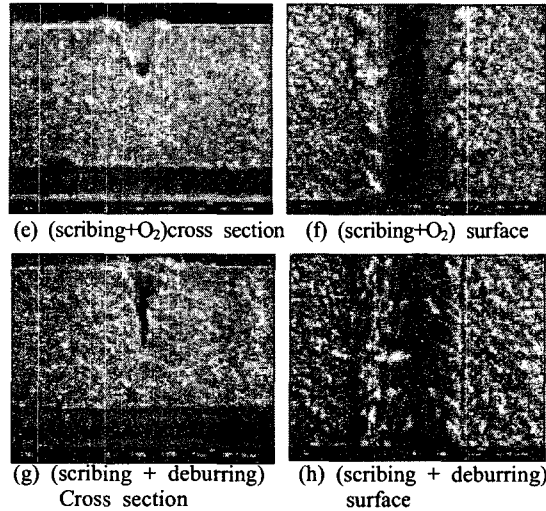
Nd:YAG 레이저를 이용하여 5mm/s의 주사속도로 가공한 PZT 단면 및 표면 형상은 Fig. 2와 같다.

Fig. 2의 (a), (b)는 Table 1의 실험조건과 같이 가공한 것으로 표면부의 선폭은 68 $\mu$ m, 깊이는 72 $\mu$ m이며, 가우시안 빔 형상의 그루브가 생성되었다. 그러나 가공의 여파로 그루브 표면과 내부에 잔유물이 생성되었다. Fig 2의 (c), (d)는 위와 같은 조건에서 질소를 분사하면서 가공한 것으로 가공선폭과 깊이는 각각 60 $\mu$ m이었다. 질소를 불어넣어줌으로써 잔유물 제거 효과를 볼 수 있었다. Fig.2의 (e), (f)는 가공시에 산소를 불어넣은 공정으로 80 $\mu$ m의 선폭과 56 $\mu$ m의 깊이를 얻을 수 있었다. (c), (d)와 같이 잔유물 제거 효과를 볼 수 있었고 질소를 분사한 (c), (d)에 비해 더 깊은 가공 깊이의 그루브를 얻을 수 있었다.

Fig.2의(g), (h)는 동일한 조건에서 가공한 다음,



(c) (scribing+N₂)cross section (d) (scribing+N₂) surface



(e) (scribing+O₂)cross section (f) (scribing+O₂) surface

(g) (scribing + deburring) Cross section (h) (scribing + deburring) surface

Fig. 2 Micrographs of PZT cross section and surface using the micromachining of Nd:YAG laser : 3.55W, 2kHz, 5mm/s, 70ns

0.87W, 5mm/s로 디버링한 것으로서, 깊고 높은 세장비의 그루브 가공이 가능하였으나 잔유물이 오히려 더 많이 발생함으로써 전극 형성을 위한 무전해 도금 공정의 적용에 부적합 하였다.

### 4. 결론

본 논문에서는 빗살형 PZT 액츄에이터의 전극 패턴 제작에 적용되는 본딩, 식각 및 증착의 MEMS 공정을 Nd:YAG 레이저 스크라이빙 공정으로 대체하기 위한 가능성을 제시하였다. 강도가 약해서 취급 및 가공이 어려웠던 PZT의 그루브 가공을 여러 가공 조건에 따른 Nd:YAG laser 실험을 통해, 그루브 형상을 관찰하고 잔유물을 최소화할 수 있는 방안을 모색함으로써 보다 신속하고 정밀하게 PZT 그루브 가공을 할 수 있다는 점을 보여주었다. 그루브 가공시 발생할 수 있는 잔유물 발생과 관련하여 질소와 산소를 가공시에 각각 분사하여 잔유물을 최소화할 수 있었다. 그러나 질소 분사 방식보다 산소 분사 방식이 더 높은 가공체적을 보임으로써 같은 가공 조건 하에서는 산소 분사 방식이 PZT 그루브 가공에 더 적합할 것으로 판단된다. 그러나 더 깊은 그루브 가공을 위해 깊이가 깊어지면서 발생하는 잔유물 제거 방법에 대한 연구와 전극 패턴 제작을 위한 무전해 도금공정의 적용에 대한 연구가 더 필요할 것이다.

### 참고문헌

1. M.C. Kim, et. al., "Dielectric and Piezoelectric Properties of  $x\text{Pb}(\text{Al}_{0.5}\text{Nb}_{0.5})\text{O}_3-(1-x)\text{Pb}(\text{Zr}_{0.52}\text{Ti}_{0.48})\text{O}_3$  Thin Films Prepared by PLD" Journal of KIEEME Vol. 16, No.9, P.795, September 2003
2. 양성빈 외, "UV 레이저 빔 중첩 가공에 의한 마이크로 채널 제작", 한국정밀공학회 2003년도 추계 학술대회논문집