

# 진동을 이용하여 테이퍼 각도 조절이 가능한 펄초 레이저 홀 드릴링

최원석<sup>1,2</sup>, 김훈영<sup>1,2</sup>, 지석영<sup>1,2</sup>, 신영관<sup>1,2</sup>, 정웅현<sup>2</sup>, 전진우<sup>2</sup>, 안상훈<sup>2</sup>, 강희신<sup>2</sup>, 조성학<sup>1,2\*</sup>

## Controllable taper angle femtosecond laser hole drilling with vibration

Wonsuk Choi, Hoon-Young Kim, Seok-Young Ji, Young Gwan Shin, Woonghyun Jeung,

Jin Woo Jeon, Sanghoon Ahn, Heeshin Kang, Sung-Hak Cho\*

과학기술연합대학원대학교 나노메카트로닉스 학과<sup>1</sup>, 한국기계연구원<sup>2</sup>

**Key Words** : Fine metal mask, Femtosecond laser hole drilling, Taper angle control

### 1. 서론

RGB 증착공정에 사용되는 Fine Metal Masks (FMMs)는 고해상도 AMOLED 제조에 중요한 부품이다(1). FMM은 열팽창계수가 적은 Invar alloy으로 만들어지며, 화학적 식각공정으로 제조되는데 두께 이하의 홀 직경을 만드는데 어려움이 있다(2,3). 고해상도 AMOLED 제조를 위해서는 FMM의 두께보다 적은 패턴을 만들어야 하고 패턴의 테이퍼 각도 조절이 필요하기 때문에, 재료에 열적 손상이 적고 정밀가공이 가능한 펄초 레이저 가공이 주목받고 있다. 본 논문은 진동자를 이용하여 펄초 레이저 홀 드릴링시 테이퍼 각도 조절에 대한 연구를 하였다.

### 2. 실험 세팅

Fig. 1에 진동자를 이용한 펄초 레이저 홀 가공 시스템의 개략도를 나타내었다. Lithuania Light conversion사의 Pharos SP 레이저를 사용하였다. 가공 시스템은 펄초 레이저, 빔 전송 광학계, 3축 스테이지, 동축조명, 동축비전, 대물렌즈, 진동자, 평선 제너레이터, 오실로스코프로 이루어져 있다. 대물렌즈는 진동자에 장착되어 평선제너레이터에서 입력한 신호대로 초점위치가 연속으로 변하도록 하였다.

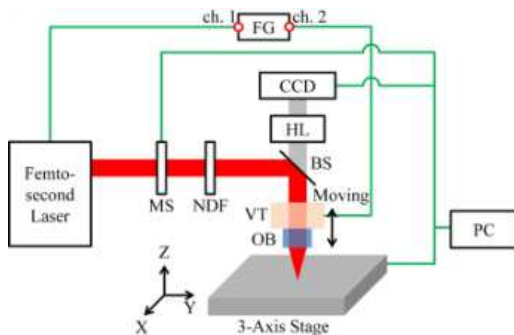


Fig. 1 Schematic of the vibration-assisted femtosecond laser machining system. (MS: Mechanical shutter, NDF: Neutral density filter, BS: Beam splitter, VT: Vibrator, OB: Objective lens, CCD: Camera, HL: Halogen lamp, FG: Function generator).

### 3. 실험 결과 및 고찰

Fig. 2에 가공된 홀의 FIB를 이용한 단면사진을 나타내었다. 파란색 선은 Invar 합금과 백금 코팅의 경계를 나타내고, 붉은 원이 코팅된 백금의 영역을 나타낸다. 진동자의 진폭변화에 따라 홀의 단면의 변화를 알 수 있다. Fig. 3에 진동자의 진폭을 변화시켜 가공 후 계산된 홀의 테이퍼 각도의 그래프와 테이퍼 각도의 정의를 나타내었다. 테이퍼 각도는 입구직경, 출구직경, 두께로 계산되었다. 가공과 측정 시 오차가 있지만, 진동자의 진폭이 증가할수록 테이퍼 각도가 증가하는 경향을 볼 수 있었다.

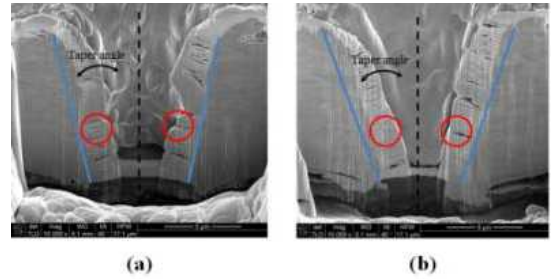


Fig. 2 Examples of cross-sectional images of the hole drilled by vibration-assisted femtosecond laser drilling: Taper angles (a): 10.03°, (b): 14.22°; vibration amplitudes (a): 1.4 μm, (b): 3.1 μm.

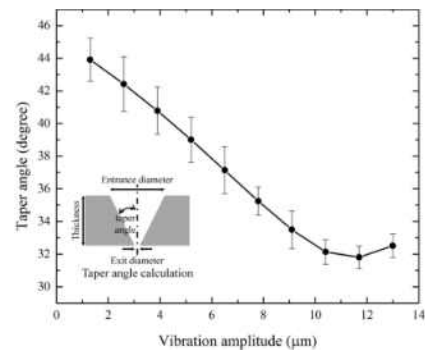


Fig. 3 Plot of hole taper angle via vibration amplitude control using a vibration-assisted femtosecond laser hole drilling system. Inset: the definition of the taper angle.

본 논문에서 진동자를 이용한 펄초 레이저 홀 드릴링 시스템을 이용하여 진동자의 진폭 조절로 31.8° - 43.9°의 홀 테이퍼 각도 조절이 가능함을 보였다. 진동자의 진폭이 증가할수록 홀의 테이퍼 각도가 증가함을 알았으며, 이러한 결과가 홀 사이즈를 유지하면서 테이퍼 각도 조절이 필요한 FMM 제조나, 다른 나노/마이크로 가공 등에 유용하게 사용될 것으로 기대된다.

### 참고 문헌

- (1) Chung, I.L.Y., Kim, J.D., Kang, K.H., 2009, *Ablation drilling of invar alloy using ultrashort pulsed laser*, Int. J. Precis. Eng. Manuf., 10, 11~16.
- (2) Kim, S.H., Choi, S.G., Choi, W.K., Yang, B.Y., Lee, E.S., 2014, *Pulse electrochemical machining on invar alloy Optical microscopic/SEM and non-contact 3D measurement study of surface analyses*, Appl. Surf. Sci., 314, 822~831.
- (3) Fine Metal Masks for OLED Displays, Electronics Division; Toppan Printing Co., Ltd. Available online: [http://www.toppan.co.jp/electronics/english/display/oled\\_metal\\_mask/](http://www.toppan.co.jp/electronics/english/display/oled_metal_mask/)