

# 피코초 테이저를 이용한 사파이어의 다이싱에 관한 기초연구

## Fundamental Study on Dicing Process using Picosecond Laser

\*#신동식<sup>1</sup>, 서경<sup>1</sup>, 조용권<sup>1</sup>, 최상규<sup>2</sup>

\*D. S. Shin<sup>1#</sup> (dsshin@kimm.re.kr), J. Suh<sup>1</sup>, Y. K. Cho<sup>1</sup>, S. K. Choi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>한국기계연구원 광응용기계연구실

<sup>2</sup>한국기계연구원 로봇메카트로닉스연구센터

Key words : Picosecond Laser, Sapphire, Stealth dicing, Amorphous, Heat transfer

### 1. 서론

최근 인구의 증가 및 산업화의 가속화, 생활수준 향상으로 인한 소비의 증대로 자원 고갈 및 지구온난화 문제가 대두되고 있다. 이에 따라 태양광, LED 조명 및 풍력발전 등과 같은 환경 친화적인 에너지원(그린에너지)의 개발에 전력투구하고 있다. 특히 LED는 에너지 절감효과가 뛰어난 조명으로서 각광을 받고 있다. 본 논문에서는 LED 패키징을 위한 필수 공정인 다이싱 공정의 고속화를 위한 시도로서 극초단 펄스 레이저를 이용한 고속 가공 공정에 대한 기초연구를 다루고 있다. 레이저를 이용한 다이싱의 경우 최근 사파이어 내부에 레이저 빔을 집속시켜 가공하는 스텔스 다이싱이 각광을 받고 있다<sup>1</sup>. 이는 기존의 공정에 비하여 적은 파티클이 발생되며 절단폭이 거의 없어 LED의 생산량을 증가시킬 수 있는 장점이 있는 공정이다. 이는 일반적으로 나노초 기반의 레이저를 사용하여 진행되고 있는데 열적 반응이 야기되어 재료가 손상되는 문제점이 있다. 이는 휘도의 저하를 일으킬 수 있기 때문에 적은 에너지의 레이저빔을 이용한 다이싱 공정의 필요성이 제기되고 있다. 본 논문에서는 이의 해결을 위하여 극초단 펄스레이저인 피코초 레이저를 이용한 스텔스 가공방법에 대한 연구를 다루고 있으며 열적해석과 실험적 검증을 통하여 피코초 레이저의 필요성을 제시하고 있다.

### 2. 실험방법

사용된 열전도 방정식은 식(1)~(5)과 같으며 S항은 x, y, z축에 따른 레이저 빔의 출력분포를 나타내고 있으며 재료내부에 집속점을 기준으로 빔의 점크기는 Gaussian 빔의 기하학적 진행공식에 따라 구성하였다. Fig. 1은 시뮬레이션에 적용된 메쉬의 구조로

서  $60 \times 75 \times 100 \mu\text{m}$ 의 크기로 구성되어 있다. 포커싱 지점의 최소크기는  $1 \mu\text{m}$ 이며 z축방향으로 exponential 함수에 따라 크기를 조절하여 구성하였으며 식(1)~(6)의 편미분 방정식에 따라 해석하였다<sup>2</sup>. 본 해석에 적용된 사파이어의 열용량은 (specific heat capacity)  $0.761 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C}$  그리고 열전도율(thermal conductivity)은  $23.1 \text{ W/m-K}$ 이다<sup>3</sup>.

$$\rho C_p \frac{\partial T(x, y, z, t)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} K \frac{\partial T(x, y, z, t)}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} K \frac{\partial T(x, y, z, t)}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} K \frac{\partial T(x, y, z, t)}{\partial z} + S(x, y, z, t) \quad (1)$$

$$S(x, y, z, t) = I_z \exp(-((x-x_0)^2 + (y-y_0)^2 / r^2) \{ \exp(-(t-t_0)^2 / t_p^2) + \exp(-(t-t_1)^2 / t_p^2) + \dots \} \quad (2)$$

$$I_z = \frac{P_{ave}}{t_p \times \text{Rep.} \times (\pi w(z)^2)} \quad (3)$$

$$w(z)^2 = w_0^2 \left\{ 1 + \left( \frac{z}{z_R} \right)^2 \right\}^{1/2} \quad (4)$$

$$z_R = \frac{\pi w_0^2}{\lambda} \quad (5)$$

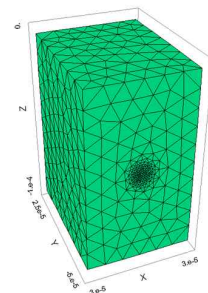


Fig. 1 Mesh structure for simulation of heat transferring by picosecond laser beam

### 3. 시뮬레이션을 통한 피코초 레이저기공특성분석

Fig. 2는 초점크기  $1 \mu\text{m}$ , 펄스폭 8ps, 파장 343nm, 평

균출력 1.23W 및 펄스에너지 3  $\mu$ J 인 조건의 레이저 빔을 사파이어 웨이퍼 내부에 집속시킨 후 5ps가 지났을 때의 온도분포를 나타내고 있다. 집속지점에서의 최고 온도는 4,870K였으며 사파이어의 용융점인 2,313K를 초과한 지점의 분포는 가로 9 $\mu$ m, 세로 40 $\mu$ m의 영역을 갖고 있다.

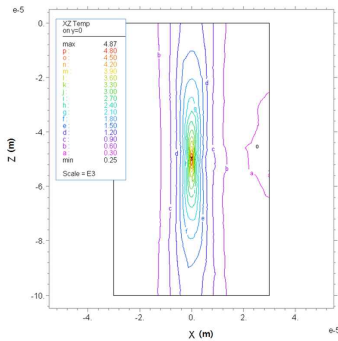


Fig. 2 Contour diagram of temperature by simulation of heating on the focus area:  $\tau$ : 10ps,  $P_{ave}$ : 1.23W, Rep.: 400kHz

Fig. 3은 피코초 레이저 및 나노초 레이저를 이용한 사파이어의 가공시 집속지점에서의 온도분포를 X축 Z축에 따라 구성한 그래프이다. 여기에 적용된 나노초 레이저 빔의 조건은 펄스폭 30ns, 파장 343nm, 평균출력 1.23W 및 펄스에너지 3  $\mu$ J 으로서 동일한 빔크기의 피코초 레이저 빔과 동일한 조건에서 펄스폭만 변경한 경우로서 가공시 최고 상승온도는 1000K에 불과하였다. 이는 한개의 나노초 펄스를 조사했을 경우 온도분포로서 용융점까지 높이기 위해서는 높은 에너지가 주입되어야 한다는 결론을 낼 수 있다. 이는 피코초 레이저 빔의 경우 동일한 에너지를 사용하였음에도 4807K까지 올릴 수 있었던 결과와 비교하면 대조적이라 할 수 있다. Fig. 4는 Fig. 2에서 적용되었던 결과의 확인을 위하여 동일한 변수로서 사파이어를 가공하는 장면 및 결과이다. 가공부는 가로 8.25 $\mu$ m 및 세로 69.8 $\mu$ m의 시뮬레이션 결과와 근사적으로 일치한다는 것을 보여준다.

**4. 결론**

본 논문에서는 LED의 다이싱을 위한 이론적 고찰 및 실험적 검증을 다루고 있다. 대표적 결과로서 피코초 레이저는 나노초 레이저에 비하여 현저하게 높은 에너지를 적용하여도 사파이어의 용융점이상까지 손쉽게 상승시킬 수 있는 장점이 있다는 사실이

다. 이는 사파이어 다이싱의 고속공정을 개발하기 위한 중요 근거자료로서 적용될 수 있을 것으로 판단된다.

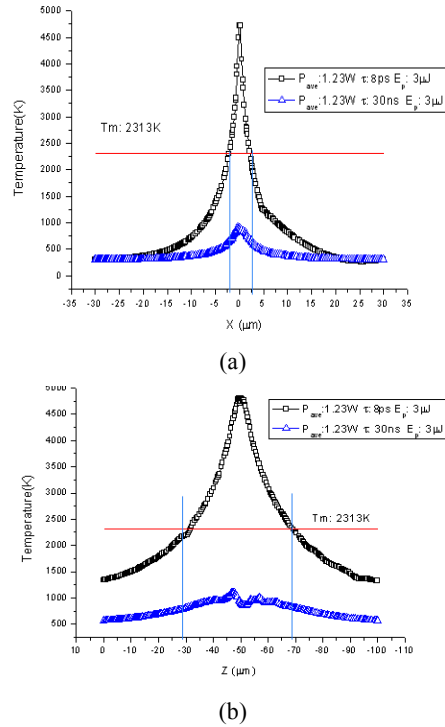


Fig. 3 Temperature distribution according to (a) x-axis and (b) z-axis on the focus area

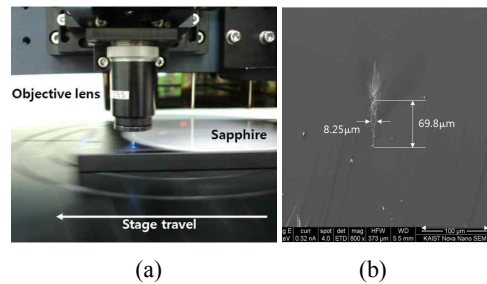


Fig. 4 (a) Experimental setup and (b) cross-sectional view of sapphire wafer after stealth dicing by picosecond laser

**참고문헌**

1. HB LED & LED PACKAGING Process, equipment and materials, yole development, 2009
2. 김도훈, "레이저 가공학", 경문사, pp. 217, 1990
3. Matweb, www.matweb.com