

# LED용 사파이어웨이퍼 다이아몬드 래핑공정의 기구학해석

## Kinematics of Lapping Process in Sapphire Wafer for LED

\*#김형제<sup>1</sup>, 김성렬<sup>1</sup>, 조형호<sup>1</sup>

\*#H.J.Kim<sup>1</sup>(hyjakim@kitech.re.kr), S.R.Kim<sup>1</sup>, P.S.Kang<sup>1</sup>, D.Y.Kim<sup>1</sup>, H.H.Jo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>한국생산기술연구원

Key words : LED, Sapphire, Lapping, Kinematics, Wear

### 1. 서론

LED 광원은 디스플레이용 백라이트, 자동차, 조명 분야 등 그 적용범위의 빠른 증가에 따라 LED용 웨이퍼의 생산량은 급격히 증가하고 있는 추세이다[1]. LED용으로 주로 사용되는 기판의 SiC, GaN, 사파이어( $Al_2O_3$ ) 등이 있으나 현재는 사파이어 기판이 LED제조의 대부분을 차지하고 있는 실정이다.

사파이어 기판은 모스경도 9에 가까운 매우 높은 경도를 가진 재질로서 가공이 매우 까다롭고 장시간의 가공과 다단계의 가공을 거쳐야 하므로 잉곳(ingot)의 기관화 과정에서 공정의 최적화와 이를 위해 공정에 대한 이론적 접근이 중요하다.

사파이어 잉곳의 기관화 공정 중 다이아몬드 연마입자와 구리 혹은 레진-구리정반을 이용한 사파이어웨이퍼의 래핑공정은 일반적으로 MP (Mechanical Polishing) 혹은 DMP (Diamond Mechanical Polishing)로 불리며, 다이아몬드입자를 이용한 래핑공정은 전단계의 양면래핑공정에서 발생한 표면거칠기의 감소, 웨이퍼 내부에 축적된 가공조건과 취성파괴 모드에서 누적된 크랙의 깊이경감 및 웨이퍼의 두께편차를 더욱 정밀하게 만들어 주는 주요한 목적을 가진다. 또한 후속과정인 화학기계적 연마공정의 공정 부담을 줄여주는 핵심적인 가공 공정이다.

본 논문에서는 이러한 래핑과정에서 웨이퍼 두께 변화를 일으키는 주요 요인 중 래핑장비의 회전 속도 비에 의해 웨이퍼상에 발생하는 가공 불균일도에 대한 연구를 수행하고 이를 위해 래핑장치의 기구학적인 해석과 회전수 비에 따른 웨이퍼 내 가공량 변화를 해석적인 방법으로 접근하여 그 결과를 제시한다.

### 2. 다이아몬드 래핑공정의 기구학해석

다이아몬드 래핑공정의 기구학적인 해석을 위하여 Fig 1에 나타난 바와 같이 구리 정반과 웨이퍼가 부착되어 있는 캐리어를 도시하였다. 래핑공정은 캐리어와 정반의 정속 회전에 의해 이루어지며, 정반 위에 0.5~8 $\mu$ m정도 직경의 다이아몬드 입자를 공급하며, 캐리어를 정반측으로 일정한 압력을 가하면서 가공이 이루어진다. 이때, 웨이퍼가 고정 부착되어 있는 캐리어와 구리정반의 회전수를 각각  $\omega_w, \omega_p$ 라고 정의하면 웨이퍼 상의 한점의 상대 미끄럼 거리는 다음과 같이 결정 된다.

$$S_r = \int ds = \int v dt$$

$$= \int_0^t D\omega_p \left\{ 1 + \left( \frac{r}{D} \right)^2 \left( 1 - \frac{\omega_w}{\omega_p} \right)^2 + 2 \frac{r}{D} \left( 1 - \frac{\omega_w}{\omega_p} \right) \cos \omega_w t \right\}^{\frac{1}{2}} dt$$

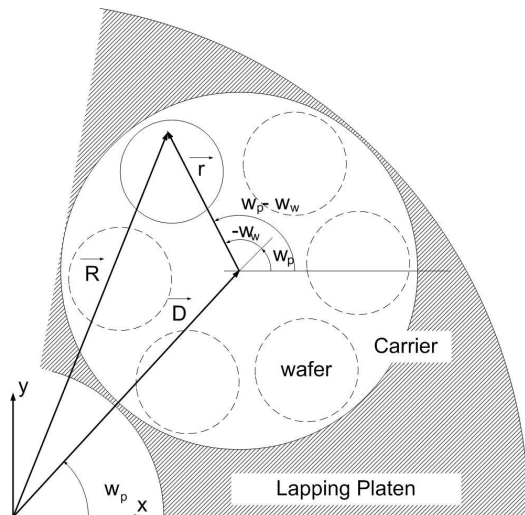


Fig. 1 Schematic for kinematics analysis of lapping process for LED application.

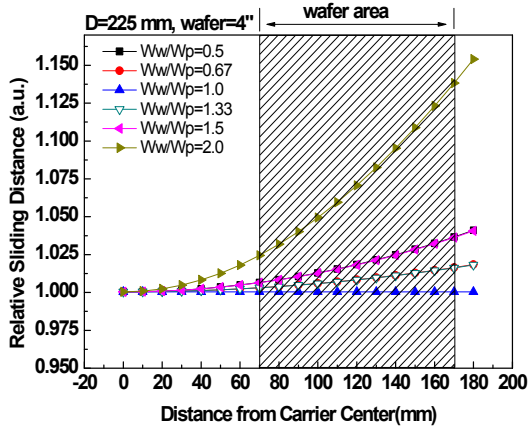


Fig. 2 Sliding distance profile across the ceramic carrier where 6 wafers are attached.

Fig. 2의 해석결과에서 알 수 있듯이 웨이퍼가 부착되어 있는 세라믹 캐리어와 래핑 정반 사이의 회전수 비 ( $R = \omega_w / \omega_p$ )에 따라 웨이퍼측의 가공 형상이 변함을 알 수 있다. 웨이퍼의 가공 형상은 R의 절대 값이 1에서 멀어질수록 캐리어의 외주부분에 가까운 쪽이 많이 가공됨을 알 수 있으며 캐리어가 빠르거나 느리거나에 상관 없음을 알 수 있다. 또한 래핑량은 R이 1인 경우에 전면에서 완전 균일한 결과를 얻을 수 있음을 알 수 있다. 즉, 회전수 비의 제어를 통해서 캐리어의 외주부분 래핑량을 크게 하는 방향으로 밖에 제어할 수 없음을 알 수 있다.

Fig 3에 회전수 비 R에 따른 웨이퍼 면상의 가공량 균일도를 평가한 결과를 표시하였다. 결과에서 알 수 있는 바와 같이 웨이퍼 내의 가공량의 균일도는 R값이 1일 때 0%로서 가장 낮은 값을 가지며, R값이 1에서 멀어질수록 연마 균일도가 나빠짐을 알 수 있다. 그러나 연마균일도 변화의 크기 값을 확인하면 정반의 회전수에 비해 캐리어의 회전수를 50%이상 변화시킨 경우에도 Max-Min 균일도는 3% 미만으로 나타남을 알 수 있다.

따라서 일반적인 경우 캐리어의 회전수를 정반 회전수에 비해 50%이내에서 조절하기 때문에 3% 이상의 두께편차가 나는 것은 기구학적 요인에서

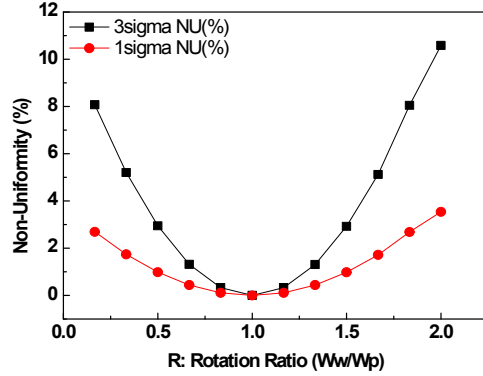


Fig. 3 Nonuniformity of sliding distance with various combination of RPM (carrier versus platen RPM)

기인하는 것이 아님을 알 수 있으며, 정반의 마멸이나 압력 집중 등에 의한 현상임을 알 수 있다.

### 3. 결론

사파이어 래핑 공정에서 웨이퍼와 래핑 정반 사이의 상대운동량은 캐리어와 정반사이의 회전수 비에 의해 정의될 수 있음을 보였다. 또한, 웨이퍼 면상에 이론적인 래핑량은 캐리어와 래핑정반의 회전수가 동일할 때 래핑불균일도는 0이되며, 래핑량은 R 값이 1에서 멀어질수록 캐리어의 외주부분 제거량이 커지게 된다. 즉, 캐리어의 회전속도가 래핑정반보다 빠르거나 혹은 느리거나에 관계없이 오직 회전수 비 R이 1에서 최소값을 가지는 함수 형태를 가짐을 알 수 있다.

웨이퍼 면상에 이론적인 래핑량의 불균일도는 캐리어의 회전수 대 래핑정반의 회전수 비의 값 R 이 1에서 멀어질수록 증가하게 되나  $0.5 < R < 1.5$  사이의 범위에서 불균일도는 3% 미만이 된다.

### 참고문헌

1. Yole Development, "Sapphire Market 2010", www.yole.fr
2. H.J Kim, H.D. Jeong, "Effect of process conditions on uniformity of velocity and wear distance of pad and wafer during chemical mechanical planarization," Journal of Electronic Materials, Volume 33, Number 1, 53-60, 2004.