

연마 입자 크기가 사파이어 CMP에 미치는 영향 The Effect of Abrasive Size of Slurry on Sapphire CMP

*이호준¹, #정해도¹, 신운기¹, 이창석¹, 이상직²

*H.J.Lee¹, #H.D.Jeong(hdjeong@pusan.ac.kr)¹, W.K.Shin¹, C.S.Lee¹, S.J.Lee²

¹부산대학교 대학원 기계공학부, ²한국생산기술연구원 정형가공시스템센터

Key words : Sapphire, CMP, Slurry, Abrasive size

1. 서 론

고휘도 LED의 급속한 발전과 시장의 팽창에 의해 활용분야가 광범위하게 넓어져 산업 전반에 사용되고 있고 광 기술로서의 중요성이 인식되고 있다. 청색 LED용 질화물계 반도체인 GaN의 경우 박막성장기 고온에서 이루어지므로 변형 응력을 작게 받는 사파이어(sapphire)를 쓰고 있지만 부정합이 13.6%나 되며 격자간의 평균적인 배치로 인한 기하학적 부정합때문에 양질의 박막성장을 저해하므로 사파이어의 표면조도, 평탄도의 확보가 중요하다[1].

광역 평탄화를 위한 연구는 반도체 공정을 중심으로 광범위하게 연구가 진행되고 있으며, VLSI 반도체 공정에서 광역 평탄화를 이루기 위한 CMP(chemical mechanical polishing) 공정이 제시되었다[2]. CMP 공정은 연마패드(pad)와 사파이어 웨이퍼(wafer) 사이에 화학 슬러리(slurry)를 공급하여 압력을 가한 상태에서 서로의 상대운동으로 연마 가공되어지는 메커니즘을 갖는다. 이러한 연마과정은 Preston의 식으로 표현되어진다[3].

$$RR \text{ (nm/min)} = \eta \cdot \rho \cdot v \quad (1)$$

RR(removal rate)은 재료제거율, ρ 는 접촉면의 연마압력이고 v 는 웨이퍼와 패드의 상대속도이다. η 는 연마 조건으로 정해지는 상수로 Preston 계수이다[4].

본 논문에서는 사파이어 CMP에 적용되는 콜로이달 실리카 슬러리를 사용하여 기본적인 압력과 속도에 대한 연마 특성과 서로 다른 입자 크기의 슬러리를 적용하였을 때 나타나는 사파이어 CMP 특성에 대해 연구하였다.

2. 실험방법 및 조건

기본적인 압력과 속도에 대한 실험에는 표면거칠기(surface roughness) 및 손상층(damage layer)에 대한 변수를 줄이기 위하여 CMP 후의 4인치 사파이어 웨이퍼를 사용하였고 입자 크기에 대한 실험에는 DMP(diamond mechanical polishing) 후의 웨이퍼를 사용하였다. 패드는 연질 부직포(felt) 패드인 Suba600을 사용하였다. 연마 입자는 콜로이달 실리카로서 4nm, 20nm, 100nm 크기의 입경을 가지는 슬러리를 사용하여 재료제거율 및 표면거칠기를 비교 분석하였다. 연마기는 POLI-500(G&P Technology Inc.) 장비를 사용하였다. 구체적인 실험 조건은 Table 1에 나타내었다.

Table 1 Experimental conditions

Wafer	4inch sapphire (After DMP, CMP)
Pad	Felt type (Suba600)
Pressure	100, 200, 300, 400, 500 g/cm ²
Velocity	30, 60, 90, 120, 150 rpm
Slurry	Colloidal silica - 4nm / 15wt% - 20nm, 100nm / 40wt%
Flow rate	400 ml/min
Polishing time	30min, 60min

3. 결과 및 고찰

슬러리 입자 크기에 대한 실험에 앞서 기본적인 연마 변수인 압력 및 속도에 대한 특성 파악을 위하여 20nm 크기의 입자 슬러리를 이용하여 실험을 하였다. 초기 표면거칠기 및 손상층에 대한 영향을 최소화하기 위해 CMP 후의 사파이어 웨이퍼를 사용하여 압력은 100~500g/cm², 속도는 30~150rpm의 조건으로 연마 특성 평가를 하였다.

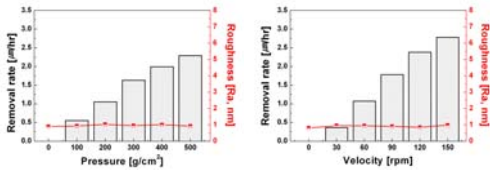


Fig. 1 Removal rate and roughness value while varying the pressure and velocity.

Fig. 1의 그래프에서 알 수 있듯이 압력 및 속도가 증가 할수록 재료제거율도 Preston 식에 따라 증가하는 것을 알 수 있었다. 웨이퍼의 다른 변수를 최소화 하였기 때문에 표면거칠기는 거의 일정하게 유지되었다. 높은 재료제거율을 얻기 위해서는 기계적 입력 변수인 압력 및 속도를 높여주면 되지만 CMP 후의 표면거칠기 및 결함이 중요하기 때문에 동일한 압력 및 속도 조건에서 입자 크기에 대한 실험을 진행하였다.

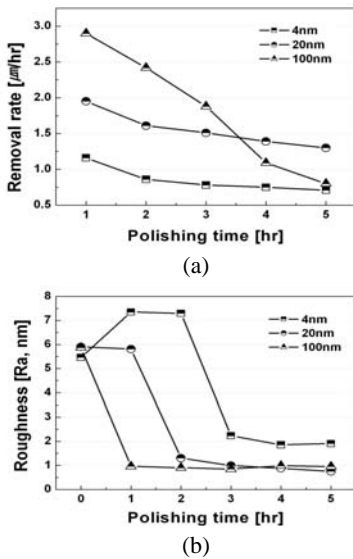


Fig. 2 (a) Removal rate and (b) roughness value as the polishing time of each type of slurry.

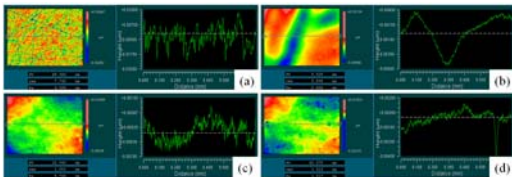


Fig. 3 Roughness value and Zygo images of (a) after DMP, (b) 4nm, (c) 20nm, (d) 100nm at 5run.

Fig. 2는 3가지 입자 크기의 슬러리를 사용하여 연마시간에 따른 재료제거율 및 표면거칠기를 나타낸 그래프이다. 입자 크기가 클수록 초기의 재료 제거율이 크지만 연마가 계속 진행됨에 따라 각 입자가 제거 할 수 있는 양의 한계에 도달하고, 재료제거율은 일정해지는 경향을 띄게 된다. 표면 거칠기 값도 동일하게 입자 크기가 클수록 각 입자가 낮출 수 있는 값까지 상대적으로 보다 짧은 시간 내에 도달하게 된다. Fig. 3의 Zygo 이미지를 통하여 4nm 입자의 경우 스크래치를 제거하지 못하고 넓어지게 하는, 100nm 입자는 4-6nm 깊이의 결함을 제거하지 못하는 한계를 확인할 수 있다.

4. 결론

크기가 서로 다른 3가지의 연마 입자를 이용하여 사파이어 CMP를 실시하였다. 입자 크기가 클수록 재료제거율이 높지만 모든 입자는 연마 한계를 나타내었다. 표면거칠기는 입자 크기가 클수록 한계점에 도달하는 시간이 단축되었고 4nm 입자는 큰 스크래치를 제거하지 못하는, 100nm 입자는 작은 결함을 제거하지 못하는 한계를 나타내었다. 따라서 높은 재료제거율과 결함제거를 위해서는 각 한계를 보완해줄 수 있는 연구가 필요하겠다.

후기

This investigation was partially supported by funds from MKE of Korea through KITECH's research program (19-11-4-150-152-2000-2051).

참고문헌

- Kim, K and Koh, J. C., "GaN epitaxial growths on chemically and mechanically polished sapphire wafers grown by Bridgeman method," J. of KACG, Vol. 10, No. 5, pp. 350-355, 2000.
- Ali, I., Roy and S.r. G. Shinn, "Chemical Mechanical Polishing of Interlayer Dielectric: A review," Solid State Technology, Vol. 37, pp. 63-70, 1994.
- Preston, F. W., "The Theory and Design of Plate Glass Polishing Machines," Journal Society of Glass Tech, pp. 214-256, 1927.
- Cook, L. M., J. Non-cryst. solids, Vol. 120, pp. 152, 1990.