

LED 사파이어 기판 가공을 위한 MCP 설계 및 가공 조건 연구 Study of Mechano-Chemical Polishing Process for Sapphire Wafers

*강호주¹, 송희영¹, #정명영², 노태영³

*H. J. Kang¹, H. Y. Song¹, #M. Y. Jeong(myjeong@pusan.ac.kr)², T. Y. Roh³

¹ 부산대학교 인지메카트로닉스공학과 대학원, ² 부산대학교 인지메카트로닉스공학과, ³쥘디나옵틱스

Key words : LED, Sapphire Wafer, MCP, CMP, Dry polishing

1. 서론

최근 LED의 수요는 날이 갈수록 증가되고 있으며, 질화물계 반도체를 기반으로 본격적인 LED 응용시대가 도래하게 되었다. LED는 반도체의 빠른 처리속도와 낮은 전력소모 등 장점을 가지고 있고 환경 친화적이면서도 에너지 절약효과가 높아 저탄소 녹색 성장의 국가 전략제품으로 꼽히고 있으며 중요성이 인식되어지고 있다. 특히 청색 LED용 질화물계 반도체인 GaN의 경우 박막성장시에 고온으로 인해 변형 응력을 적게 받는 사파이어 기판을 쓰고 있지만 부정합이 13.6%나 되며 7:8의 격자간의 평균적인 배치로 이루어지는 기하학적 부정합으로 인해 양질의 박막성장을 저해하기에 사파이어 기판의 표면조도, 평탄도의 확보가 필요하다.⁽¹⁾ 이러한 사파이어 기판 표면의 평탄화 공정기술은 소자의 집적도를 향상시키고, 생산된 칩의 구조적인 신뢰를 실현하는 중요한 기술이 되고 있다. 사파이어 기판의 가공 기술에는 Dry polishing 공정과 Wet polishing 공정 2가지가 있으며 Wet polishing 공정 방법인 CMP 공정이 많이 사용되어 지고 있다.

그러나 LED의 고효율 고휘출력을 지향하면서 사파이어 기판의 문제점들을 해결할 수 있는 다양한 방법들이 나오고 있으며 현재 사용되고 있는 CMP 가공 방법 보다 공정효율이 좋은 Dry polishing 방법을 통해서 가공 정도를 높이는 것 또한 그 방법 중 하나이다.⁽²⁻⁵⁾ Dry polishing의 대표적인 것이 MCP(Mechano Chemical Polishing)가공이며 하정반의 소재는 Mild Steel, Artificial Leather, Quartz 등을 사용하는데 Quartz가 가장 효율적으로 알려져 있다. 본 연구에서는 Dry polishing 방법 중 하나인 MCP 방법에 의한 가공 장치를 설계 및 제작하고 그 가공 정도를 연구 하였다.

2. MCP 장치 설계 및 제작

사파이어 기판의 가공을 위해서 Fig 1 와 Fig 2 에서와 같이 4" 사파이어 기판에 대응되도록 MCP 시험 장치를 설계 및 제작하였다. 본 장치는 Dry polishing 에 국한되지 않고 Wet polishing 가공 방법을 적용 할 수 있도록 제작 되었다. 정반의 재료는 Quartz 를 사용하였으며, 원형 Quartz 에 연마제가 지나갈 수 있도록 넓이 5mm, 깊이 5mm 의 음각 패턴을 새겨 넣었다. 연마 가공의 원리는 정반이 회전운동을 하고 상부 캐리어 지지대에서는 역회전을 하여 사파이어 기판의 표면에 압력을 가하는 방식이며, 캐리어의 자체 하중으로 사파이어 기판에 가해지는 압력과 투입되는 연마제(Slurry)의 종류, 입자크기에 의해 그 제거 속도가 달라진다.⁽⁴⁾ 정반과 기판 사이의 미세한 틈으로 연마제가 투입되어 사파이어 기판을 연마하게 되는데 정반에 패턴을 새김으로써 해서 기판과 정반 사이에 연마제가 더욱 많이 균일하게 흐르게 함으로써 사파이어 기판 표면의 균일도를 높이고 연마 속도를 높일 수 있다. 이러한 패턴의 형상에 따라 연마제의 흐름이 달라지게 되어 전체적인 사파이어 기판의 가공 정도에 그 영향을 미치게 된다.⁽⁶⁾ 패턴의 형상은 직교선의 형태를 취하고 있으며 이는 연마제의 빠른 이동이 가능하도록 설계 되었다.



Fig. 1 Mechano Chemical Polishing Machine for sapphire wafer

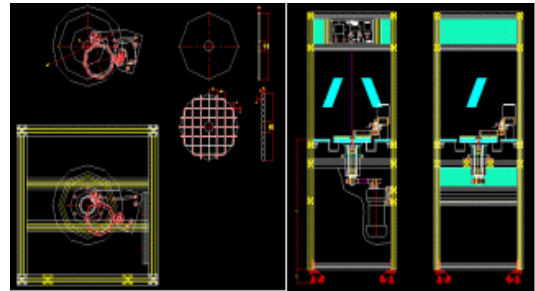


Fig. 2 MCP 시험 장치

MCP 또는 CMP 가공에서 중요시 되는 것이 사파이어 기판을 가이드 해주는 캐리어(Carrier)의 형상이다. 캐리어의 중심을 따라 정반의 회전운동과 더불어 사파이어 기판 또한 회전운동을 하게 되기 때문에 정중앙에 배치하는 것은 기판과 정반의 균일한 가공을 방해하게 된다. 본 MCP 시험 장치에서는 Fig 3 에서와 같이 캐리어의 형상은 정반의 형상과 직경에 의해서 그 외경이 결정되어지며, 사용목적인 사파이어 기판의 크기에 따라 내경에 영향을 미친다. 본 연구의 캐리어는 SUS-304 재질을 이용하여 4인치사파이어 기판을 가공 할 수 있도록 설계되었으며 중심에서 5mm의 편심을 주었고 외경과 내경의 차이가 좁으면 가공시에 가해지는 압력에 의해 캐리어 자체에 손상이 오게 되기 때문에 외경과 내경 차이를 최하점이 3mm 이상이 되게 제작을 하였다. 내경의 크기는 4"사파이어 기판 직경의 1.2 배로 설계하여 사파이어 기판이 캐리어 내부에서 회전 운동하도록 하여 사파이어 기판의 평행 마모를 방지하고 정반과 기판에서 생기는 마모의 균일성을 보장하게 설계를 하였다.

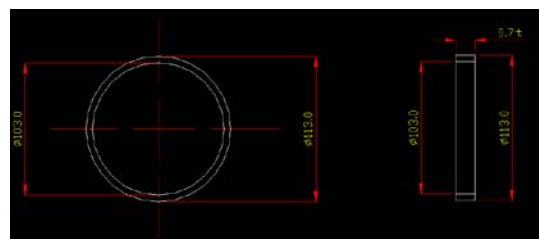


Fig. 3 MCP 용 4인치 캐리어(Carrier) 형상

3. 사파이어 가공 실험

MCP 시험장치를 이용하여 웨이퍼의 가공면을 원자층 수준의 평탄면을 만들수 있게 평탄화 작업을 하였으며 Fig 4 에서 나타나듯이 기계화학적 연마방식에 의해서 그 가공속도는 대략 1 시간당 10 μ m 수준이다. MCP 연마의 경우 정반과 슬러리에 의해 연마되어 지고 슬러리와 공작물의 실제 접촉점에서 물리적인 충돌이 생기고 이 최외곽층이 충돌 및 마찰력으로 인해 탈락한다. 가공조건에 의해 급속히 반응하여 웨이퍼 표면에서부터 연마 가공이 이루어져 연마제의 입자에 의해 마모되어 사파이어 기판을 가공하게 된다.⁽⁴⁾ 본 연구에서는 SiO₂ 연마제를 사용하였으며, 그 입자크기는 0.11 μ m 이다. Fig 3 과 같이 각 가공 조건인 RPM, 가공시간에 따라 사파이어 기판의 두께를 측정하여 본 MCP 시험 장치의 성능을 실험하였다.

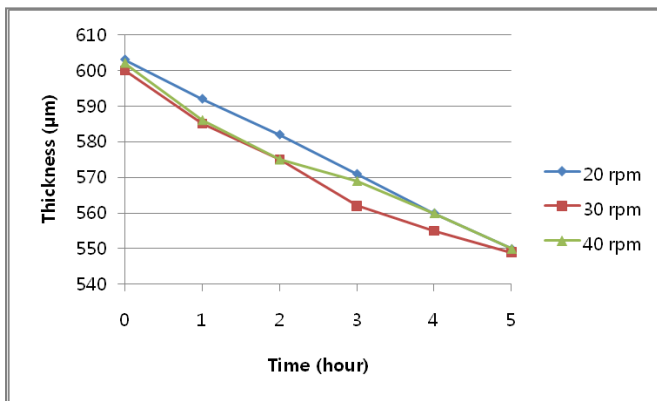


Fig. 4 MCP 시험 장치의 시간에 따른 가공 정도

4. 결론

사파이어 기판을 위한 MCP 시험 장치를 설계 및 제작하였으며, 그 가공 정도를 알아 보았다. 본 실험에서 보여 지듯이 가공 정도가 일정 시간을 지나가면서 떨어지게 된다는 것을 알 수 있다. 이는 연마제 자체의 변형과 캐리어 자체의 두께에 의해서 일정 이하에서는 그 압력이 작아짐으로 해서 연마 정도가 줄어드는 것을 볼수 있으며 계속적인 사파이어 가공 작업을 위해서는 다양한 종류의 두께로 만들어진 캐리어와 2 단계 이상의 작업이 필요로 함을 알수 있으며, 가공되는 치공구들에 따라서 그 작업 속도 또한 달라 짐을 알수 있다. RPM 에 따르는 변화는 50RPM 이상에서는 강한 회전력의 힘으로 정반에 새겨져 있는 패턴과 사파이어 기판의 충돌로 인하여 기판 자체에 손상을 주게 되고 이로 인해 원하는 가공을 위해서는 다른 안전 장치를 필요로 한다.

사파이어 기판의 가공에서 초기 속도가 가장 높았으며 3 시간이상의 가공이 지속되면 가공 정도가 떨어지기에 연마제를 교환하여 다시 가공하거나 캐리어의 두께가 작은 것을 사용하여 지속적인 가공을 요구한다. MCP 는 가공 속도면에서 빠르며 가공 후 평탄도 또한 높기 때문에 향후 다양한 연구를 통하여 많은 분야에 응용 될 것이라 사료된다.

후기

본 논문은 2009 년 중소기업청 연구소설립지원사업의 지원 연구비에 의하여 수행 되었음.

참고문헌

1. Kim, K. and Koh, J. C., 2000, "GaN epitacial growths on

chemically and mechanically polished sapphire wafers grown by Bridgemen method," Journal of the Korea Association of Crystal Growth, Vol. 10, No. 5, p. 350.
 2. Singger, P. H., 1992(Mar), Semiconductor International, P. 44.
 3. Sung-Hwan Cho, Hyoung-jae Kim, Kyoung-Jun Kim and Hae-Do Jeong, 2002, "The Study on the CMP of Transparent Conductive ITO Thin Films for the Organic Electro-Luminescence Display," Trans. Of the KSME A, Vol. 26, No. 5, pp. 975~985.
 4. Debin Wang, Takeo Shinmura, Hitomi Yamaguchi "Study of magnetic field assisted mechanochemical polishing process for inner surface of Si3N4 ceramic components Finishing characteristics under wet finishing using distilled water" International Journal of Machine Tools & Manufacture 44 (2004) 1547~1553
 5. K. T. Lam, S. C. Hung, "Effects of the sapphire substrate thickness on the performances of GaN-based LEDs", 2009 Semicond. Sci. Technol. 24, 065002