

Polishing slurry 온도가 super-polished 기판의 표면거칠기에 미치는 영향

The effect of polishing slurry temperature on the surface roughness in super-polished substrates

이수상, 이재철

고등기술연구원

sslee@iae.re.kr, jcleee@iae.re.kr

고집적, 소형화의 연구가 진행되면서 정밀 광학 기기 및 반도체용 lithography 분야는 점차 단파장의 빛을 많이 사용하게 되었다. 사용하는 빛의 파장이 짧아지면 기판 또는 광학 부품의 표면거칠기에 의한 산란이 증가하고 그 양은 가시광선에서와 같이 무시할 정도로 작은 양의 범위를 벗어나 수~수십 %에 이르게 된다. 이와 같은 이유로 단파장 빛에 적용되는 기판의 표면거칠기를 sub-Angstrom 이하로 해야 되는 필요성이 제기되어 왔다. 기판을 제작할 때 영향을 미치는 주요 인자는 polishing 방법, powder grain size와 경도, pitch의 종류, 가공 조건, 그리고 slurry의 온도이다. 본 연구에서는 기판을 super-polishing할 때 polishing slurry 온도가 기판의 표면거칠기에 미치는 영향에 대해서 조사하였다.

기판을 super polishing하는 방법은 float polishing, bowl feed polishing 그리고 lapmaster type 등이 있는데 본 실험에서는 bowl feed polishing 방법⁽¹⁾을 사용하여 실험하였다. Bowl feed polishing 방법은 가장 보편화된 polishing 장비인 Oskar type을 이용할 수 있고, 또한 slurry 온도의 변화를 원활히 할 수 있는 장점을 가지고 있기 때문이다.

Super-polished 기판의 제작을 위하여 독일 Loh사의 HLP 150 장비에 slurry의 온도를 일정하게 유지할 수 있는 heater를 부착하여 사용하였다. 제작된 모든 기판은 장비축 회전운동을 45 rpm, 편심축 왕복운동을 15 rpm, 압력은 300 N 정도로 하였으며 각 온도별로 polishing 시간은 stirrer를 작동시키면서 60분, stirrer를 제거하고는 15분을 실시하였다. 실험에 사용한 시료는 직경 22 mm이고 두께 4 mm인 Zerodur 기판 6개를 직경 100 mm, 두께 15 mm인 Zerodur plate에 optical contact 한 것을 사용하였으며 polishing powder는 평균직경이 0.5 μm 인 CeO₂를, slurry는 이온수를, polisher용 pitch는 스위스 Gugolz사의 #66을 사용하였다. Slurry 온도는 상온 이하의 온도로 냉각시키는 것은 어렵고, 27 °C 이상에서는 pitch가 너무 연화되어 평면도(flatness)를 악화시키기 때문에 적용 가능한 온도인 22.5, 24.0, 25.5, 27.0 °C 4단계(온도편차 : $\pm 0.2^\circ\text{C}$)로 구분하였다.

기판의 표면거칠기가 1 Å 이하가 되면 기판 세척의 정도나 방법에 따라 측정값이 크게 변한다. 그러므로 올바른 평가를 위하여 반복성을 갖는 세척 방법을 확립하는 것이 중요하다. 본 실험에서는 사용한 세척 방법은 polishing 직후 이온수와 중성세제로 기판을 세척하고 질소 가스로 건조하였다.

Super-polished 기판의 측정은 주로 AFM, TIS, 그리고 간섭계를 사용하는 surface profiler를 이용하는데 본 실험에서는 미국 Zygo사의 Maxim GP를 사용하였다. 이 장비의 최소 수직 분해능(minimum vertical resolution)은 0.01 nm이고 반복 정밀도(repeatability)는 0.005 nm 이하이다.⁽²⁾

먼저 super-polished 기판과 일반 polished 기판의 표면거칠기를 비교하기 위해 같은 재료로 상온(실제 온도 : 22.5 °C)에서 일반 polished 기판의 표면거칠기를 측정하였고, 같은 방법으로 super-polished 기판의 표면거칠기를 측정하였다. 일반 polished 기판의 표면거칠기는 1.40 \AA rms (P-V: 8.9 \AA) 이었고 super-polished 기판의 표면거칠기는 0.63 \AA rms (P-V : 3.45 \AA)이었다. 그 후 slurry 온도를 $1.5 \text{ }^\circ\text{C}$ 씩 증가시켜 super-polished 기판의 표면거칠기를 측정하였는데 온도를 증가시킬 때마다 표면거칠기가 향상되어 $24.0 \text{ }^\circ\text{C}$ 인 경우 0.58 \AA rms (P-V : 3.16 \AA), $25.5 \text{ }^\circ\text{C}$ 인 경우 0.54 \AA rms (P-V : 2.785 \AA), $27 \text{ }^\circ\text{C}$ 에서는 0.48 \AA rms (P-V : 2.59 \AA)를 갖는 기판이 제작되었다. 실험 결과의 재현성 확인을 위한 실험도 실시하였는데 측정에 따른 미소한 오차 ($\pm 0.2 \text{ \AA rms}$)는 있었으나 온도에 따른 경향은 유사했다. 그림 1은 실험 결과를 그래프로 보여주는 것으로 slurry의 온도가 높을수록 표면거칠기가 향상되는 것을 볼 수 있다. 이는 slurry의 온도가 높을수록 polishing powder가 pitch에 침투가 잘되기 때문에 polishing시 극미세 cutting작용이 이루어지기 때문이다. 본 실험의 결과 super polishing시 slurry의 온도가 정밀도에 중요한 영향을 미친다는 것과 최적의 표면거칠기와 평면도(flatness)를 갖는 super polished 기판의 제작을 위해서는 적정 slurry 온도 선정이 중요하다는 것을 알 수 있었다.

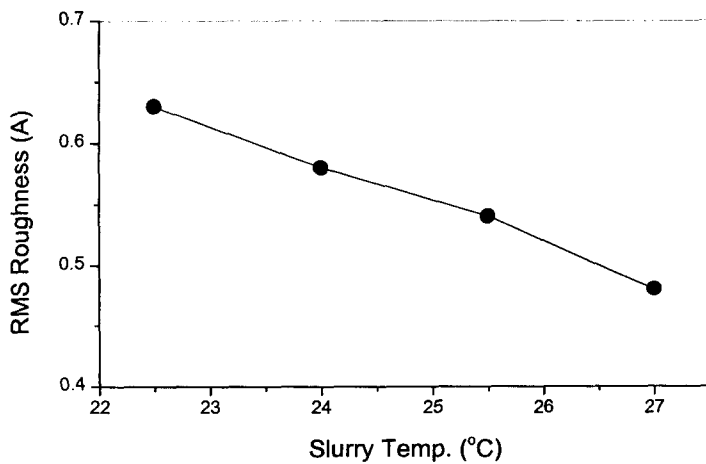


그림 1 Slurry온도별 super-polished 기판의 표면거칠기

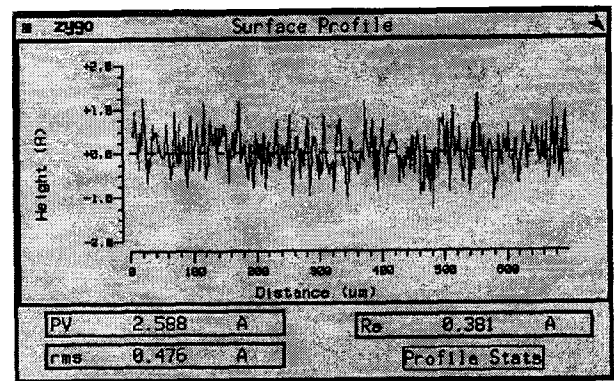


그림 2 Super-polished 기판의 표면거칠기 (Slurry온도 : $27.0 \pm 0.2 \text{ }^\circ\text{C}$)

참고 문헌

1. J. V. Wingerden, H. J. Frankea, "Production and measurement of superpolished surfaces", Opt. Eng. **31**, 1086 (1992).
2. K. H. Guenther, P. G. Wierer, J. M. Bennett, "Surface roughness measurement of low-scatter mirrors and roughness standards" Appl. Opt. **23**, 3820 (1984).

F
C