

## 대면적 박판 스탬퍼 정밀 가공을 위한 연구

최두선\*, 제태진, 서승호(한국기계연구원)

### A Study on the Precision Processing of Thin Stamper with Global Area

D. S. Choi, T. J. Je, S. H. Seo(Korea Institute of Machinery & Materials)

#### ABSTRACT

As a process technology of nano pattern with a new conception for economic and practical technology of alternative nano process, process technologies such as Embossing, Imprinting, Molding and Inking are beginning to make its appearance. Among these alternative processes, nano mold process is a process that is of benefit to mass production and keeps excellency of reproduction and high quality of parts. In this study, we experienced micro precision machining technology of nano stamper for the injection mold of optical disk with big capacity. Especially, Flatness and uniformity are important for nano stamper with global area, for the purpose of developing polishing technology of micro precision of Back polishing only being used for nano stamper, we carried out a basic study to secure flatness standards

**Key Words** : Back polishing, Flatness (평탄도), Nano mold (나노 금형), Stamper

#### 1. 서론

최근 1~1000nm 정도의 극도로 미세한 구조물에 관한 기술인 나노 테크놀로지가 여러 분야에 걸쳐 주된 연구분야로 떠오르고 있지만, 나노 스케일의 고생산성을 지닌 웨이퍼 스케일이 패터닝 기술은 아직 없는 실정이다. 따라서 나노테크놀로지로부터 충분한 이득을 얻어내기 위해서 새롭고 값싼 나노 패터닝 기술의 개발이 필수적이다. 이런 나노 패터닝 기술은 나노 단위의 패턴 성형 공정 기술을 기반으로 한 top-down 방식이 가장 유력하다. 이 접근법은 100nm 의 한계를 극복하는 기술로 인식되고 있다. 이에 따라 경제적이고 실용적인 대체 나노 공정 기술의 필요성으로 패턴 공정에 많은 연구가 진행 되고 있는데, 예로 Embossing, Imprinting, Molding, Inking 등의 기술이 대두 되고 있다. 그 중 공정 과정과 시간이 비교적 적게 걸려 나노소자의 대량 생산에 가장 유리하고 재현성이 우수하며 치수 정밀도 부품의 고품질을 유지하고 저비용, 대량 생산이 가능한 공정이 나노 Molding 공정이다.

나노 패턴 성형 공정 기술을 사용하여 초 고밀도 광 정보저장 매체로의 응용이 시급하다. 현재 사용 중인 CD 의 트랙 피치는 1.6 $\mu\text{m}$ , 패턴 사이즈

는 0.83 $\mu\text{m}$  이고 DVD 의 트랙피치는 0.74 $\mu\text{m}$ , 패턴 사이즈는 0.4 $\mu\text{m}$  그리고 Blue-lay Disc(27Gbit)의 트랙 피치는 320nm, 패턴 사이즈는 100nm 이다. 대용량 정보저장을 위한 패턴미디어는 면밀도 100Gbits/in<sup>2</sup> 일 때 80nm, 1 Tbits/in<sup>2</sup> 일 때 25nm 의 패턴 피치를 요구한다.

나노스탬퍼 초정밀 가공 기술은 나노소자의 초정밀 성형을 위한 기반기술이 되며 대면적에 대한 초정밀 평탄화 기술개발이 그 핵심이다. 나노패턴의 파괴, 불충분한 평탄도와 두께공차 등과 같은 불안정한 가공의 결과는 최종 성형품에 치명적인 결함을 초래하게 된다. 또한  $\mu\text{m}$  단위의 미세 사출 성형 공정에 비해 나노 패턴을 가지는 소자 성형의 경우 그 크기가 매우 미세하여 기존의 미세 사출 성형기술의 적용만으로는 성형에 있어 한계가 있고 기존의 미세 금형에 비해 더욱 높은 가공오차와 더욱 정밀한 공정제어가 요구됨에 따라 초정밀 금형의 설계 및 제작 기술과 초정밀 공정제어 기술이 필요하다.

본 연구에서는 초 고밀도 광 정보저장 매체를 생산하기 위하여 나노 스탬퍼 초정밀 후가공의 기초 실험을 하였다. 먼저, 불안정한 가공 상태의 스

탬퍼가 Disc 에 미치는 영향에 대해 조사하고 다면 적 박판 스탬퍼의 두께오차를 3 $\mu$ m 이하로 얻기 위한 공정 개발을 실험을 통하여 조사하였다.

## 2. 스탬퍼의 정밀도가 디스크에 미치는 영향

### 2.1 스탬퍼 두께에 의한 영향

Fig. 1 처럼 스탬퍼의 두께가 너무 두꺼우면 스탬퍼의 탈착 시 고정해주는 holder 에 손상을 가져올 수 있으며, 스탬퍼의 두께가 너무 얇으면 액체 상태의 뜨거운 P.C. substrate 가 스탬퍼와 holder 사이의 빈 공간으로 유입되게 되고 그 후 경화된 P.C.에 의해 holder 의 손상이 온다. 이러한 공정상의 문제점을 유발시키지 않기 위해 스탬퍼 두께를 일정하게 유지한다면 작업 시 스탬퍼를 바꾼 후에도 작업자가 substrate 두께를 조정할 필요가 없을 뿐 아니라, holder 가 접시처럼 되면서 손상되는 현상도 일어나지 않고 두께가 양호한 substrate 를 얻을 수 있다. 또한 스탬퍼 두께의 일정함은 substrate 두께의 일정함에 큰 영향을 주어 품질에 직접적으로 관계가 된다.

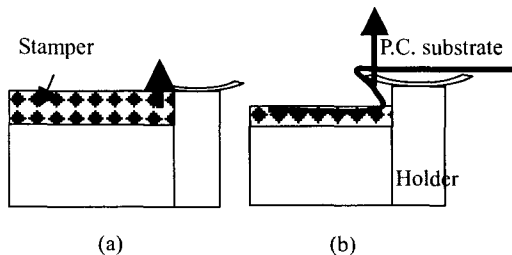


Fig. 1(a) Holder is broken by stamper because thickness is too thick  
(b) Holder is broken by P.C. flashes because thickness is too think

Fig. 2 는 Mold 의 gas vent gap 은 스탬퍼의 바깥 두께에 따라 달라진다는 것을 보여준다. 스탬퍼 바깥 두께가 너무 두꺼우면 gas 의 배출이 되지 않고, 너무 얇으면 Burr 가 생길 수 있다. 그래서 Gas vent gap 은 15~20 $\mu$ m 의 범위가 적당 할 것으로 사료되며 이를 유지 할 수 있도록 스탬퍼 두께의 오차를 3 $\mu$ m 이내로 유지 하는 것이 중요하다.

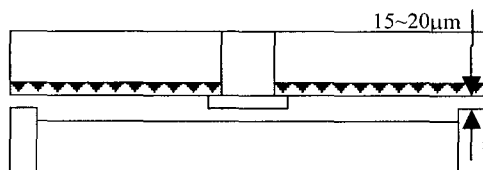


Fig. 2 Mold's gas vent gap depend on stamper outer thickness

스탬퍼 두께의 특정부위 오차가 크다면 substrate 의 두께오차에 영향을 미치게 된다. 따라서 스탬퍼 두께의 일정함을 유지하는 것은 양호한 품질의 substrate 를 얻는데 직접적인 원인이 되며 작업자가 스탬퍼를 바꾼 후에도 다른 injection machine 을 바꾸지 않아도 된다.

### 2.2 스탬퍼 치수에 의한 영향

Fig. 3 에서는 스탬퍼의 안지름이 너무 크면 스탬퍼와 substrate 의 편심이 발생 할 수 있으며, 반대로 스탬퍼의 안지름이 너무 작으면 스탬퍼의 변형이 발생 할 수 있다는 것을 보여준다.

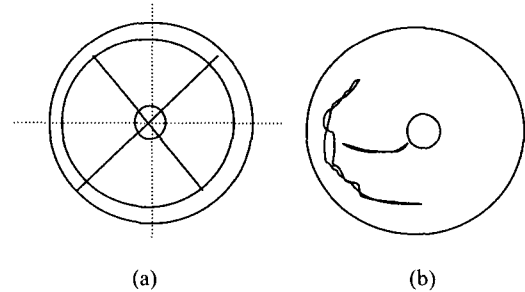


Fig. 3(a) Eccentricity problem happen because inner diameter is too big  
(b) Strain problem happen because inner diameter is too small

스탬퍼가 holder 에 setting 될 때 스탬퍼의 안지름 모서리 부분의 가공상태 또한 품질에 중요한 영향을 미치는데 모서리 부분에 chamfer 나 rounding 이 존재한다면 액체 상태의 P.C.가 그 빈 공간으로 삽입되어 경화가 되고 그 결과 holder 의 손상을 초래한다. 또한 flow mark 또는 변형 현상을 발생시키고, bonding 후 에도 크랙의 원인이 되는 공극을 유발하기도 한다.

## 3. 실험 및 결과

### 3.1 실험방법

스탬퍼의 초정밀 후가공 공정을 조사하기 위한 기초실험으로 스탬퍼의 Back polishing 작업을 하였다. 스탬퍼 두께의 일정함을 유지하는 것은 제품의 품질을 높이고 양호한 공정을 얻기 위해 매우 중요하다. 실험을 위한 시편은 Fig. 4 과 같이 Glass substrate 와 스탬퍼를 박리시킨 후 연마가공을 하였다. 연마 장비의 Head 부에 연마포를 부착할 수 있는 스폰지 패드가 Head 와 편심되게 위치하여 Head 가 회전 하면서 연마되는 지름은 145mm 이다. 실험 조건은 Table 1 에서 저림 연마 패드는 Silicone carbide 로 연마입자는 2 가지 종류를 사용하였고,

Head speed 는 현재 사용되고 있는 공정을 참고하여 3 가지의 다른 속도를 정하였고, Head 압력 조건, 연마가공시간 또한 같은 방법으로 각각 3 가지의 조건을 설정하여 각각의 조건 하에서 스템퍼를 가공 후 두께를 측정하였다. 스템퍼의 두께 측정 위치는 Fig. 4 와 Table 2 에서 보듯 모두 9 곳의 두께를 측정하여 연마 가공 후의 스템퍼 두께 편차를 관찰하였다. 실험에서 사용한 연마장비는 건식 Type 이고 SIBERT INSTRUMENT 사의 MBF-150 를 사용하였고 초음파 두께 측정기를 사용하여 두께를 측정하였다

	Experiment Spec.	Using spec.
Grain size of Pad( $\mu\text{m}$ )	26 58	26 58
Head speed (RPM)	50, 75, 90	75
Table speed (RPM)	65	65
Head pressure (Bar)	0.4, 0.8, 1.2	0.8
Operation time (sec.)	40, 60, 80	40

Table 1. Experiment Condition

	Diameter(mm)
Measurement position	105(①⑥), 135(③④) 45(②⑦), 75(④⑧)
Specimen size	185
Polishing area	145

Table 2. Measurement position

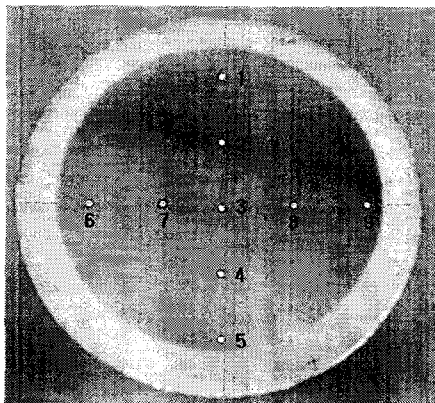


Fig. 4 Measurement point on the specimen

### 3.2 실험 결과

스템퍼의 평탄화를 위한 적당한 가공 조건을 찾기 위한 실험 중, Fig. 5 에서 보는 것은 실험 조건이 연마패드의 입자가  $58\mu\text{m}$ , 75RPM 으로 80sec. 동안 가공하면서 Head 압력을 변화 시킨 결과이다. 이 그래프에서 볼 수 있듯이 Head 압력이 높아지면 제거율이 높아지는 것을 알 수 있으나 1.2 Bar 의 경우 가압 할 때 특정부위에만 편중 되어 가압 되는 현상이 심해지는 현상을 보여 최저값과 최고값의 편차가 크게 나고 실제적인 두께측정 값 또한 편차가 심한 것을 알 수 있었다.

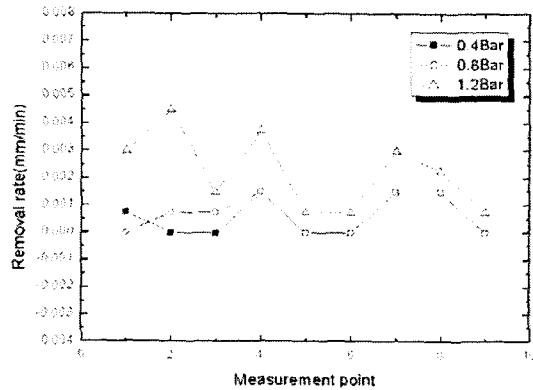


Fig. 5 Removal rate for pressure

또한, 대체로 연마 패드의 Grain size 가  $26\mu\text{m}$  로 가공한 결과치가  $58\mu\text{m}$  의 패드로 가공한 결과 보다 두께 편차에 있어 작은 것을 볼 수 있었다. 그리고 회전하는 Head 압력이 중심과 바깥부가 차이를 보여 스템퍼의 외주에 해당하는 지름 135mm 지점은 연마가공이 잘 되지 않는 현상을 보였다. 이는 특히 연마입자  $58\mu\text{m}$  를 사용하였을 때 더 심한 것을 알 수 있었다.

$26\mu\text{m}$  의 Grain size 의 연마입자의 여러 조건 중에서 가장 스템퍼의 두께가 양호한 것을 표현한 것이 Fig. 6 이다. 연마 조건으로, Grain size 는  $26\mu\text{m}$ , Head 압력은 0.8Bar, 가공 시간은 80sec. 이고 Head speed 가 50 RPM 일 때와 75 RPM 일 때의 결과를 나타낸 것이다. 그래프에서 볼 수 있듯이 스템퍼 두께의 편차는 Head speed 가 75RPM 일 때  $3\mu\text{m}$  인 것을 볼 수 있다.

Fig. 7 에서는 Fig. 6 에서 75RPM 인 경우의 data 와 기존의 공정으로 가공했을 경우의 data 를 비교한 것이다. 기존의 연마 공정 조건은 연마 패드의 Grain size 는  $26\mu\text{m}$  이고 Head 의 압력은 0.8Bar 그리고 Head speed 는 75RPM, Table speed 는 65RPM, 가공 시간은 40sec. 이다. 기존에 사용하는 공정으

로 했을 경우는 스탬퍼의 두께 편차가  $6\mu\text{m}$  정도로서, 실험으로 찾은 조건으로 가공 한 것과 비교하여 스탬퍼의 두께 편차가 비교적 큰 것을 볼 수 있었다. 일정한 스탬퍼 두께의 결과를 얻기 위해 Head pressure, Head speed, 가공 시간, 연마포의 종류를 변화하여 실험에서 적용되었던 변수와 더불어 스탬퍼의 표면에 압력을 고르게 가압 할 수 있는 조건을 만들어주는 것 또한 중요한 변수 될 것으로 사료된다

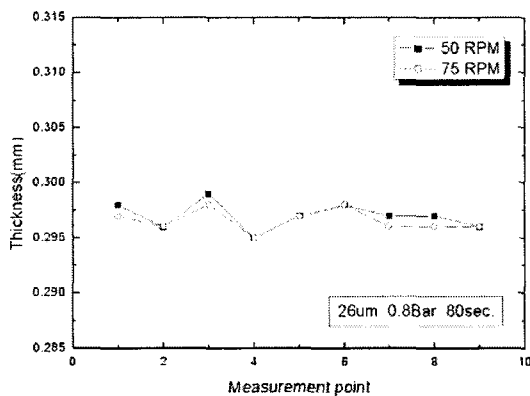


Fig. 6 Thickness declination

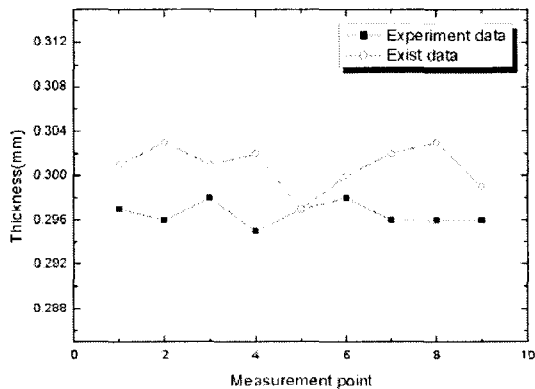


Fig. 7 Comparing experiment data with exist data

#### 4. 결론

본 연구에서는 나노 스탬퍼의 후 가공 공정을 위한 기초 실험을 하였다. 스탬퍼의 Back polishing 공정이 중요한 이유는 스탬퍼의 두께가 일정치 않다면, Holder의 파손이 생길 수 있고 스탬퍼의 파손의 원인이 되는 공극을 만들 수 있으며, Burr를 발생하는 등의 심각한 문제를 발생시키기 때문이다. 따라서 스탬퍼의 두께를 일정하게 유지하는 것은

매우 중요한 공정으로 다루어져야 한다. 그 공정을 조사하기 위하여 연마포의 종류, Head speed, Head 압력, 가공 시간 등을 변수로 하여 양호한 스탬퍼 두께를 얻기 위한 실험을 하였다. 기존의 가공 공정에 비해 양호한 결과를 얻었지만, 일정한 두께 유지하기 위한 공정개발을 위하여 더 깊은 연구가 필요할 것으로 사료된다. 그리고 향후, 정밀한 스탬퍼 가공은 나노 스케일의 인젝션 몰드를 제작할 수 있는 기초가 될 것이다.

#### 후 기

본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 나노메카트로닉스기술개발 사업단의 연구비 지원(02-K14-01-006-2-0)에 의해 수행되었습니다.

#### 참고문헌

1. V.S. Chathapuram, T. Du, K.B. Sundaram, and V. Desai, "Role of oxidizer in the chemical mechanical planarization of the Ti/TiN barrier layer," Microelectronic Engineering, Vol. 65, pp. 478 - 488, 2003.
2. Ashraf bastawros, Abhijit Chandra, Yongjin Guo, and Bo Yan, "Pad effects on material-removal rate in chemical-mechanical planarization," Electronic Materials, Vol. 31, pp. 1022 - 1031, 2002.
3. 정해도, "화학 기계적 폴리싱(CMP)에 의한 층간 절연막의 광역평탄화에 관한 연구," 한국 정밀 공학회지, 제 13 권, 제 11 호, pp. 46-56, 1996.
4. 김영민, 성기병, 강신일, 이준석, 이승원 "단열층이 DVD 기판의 복굴절 및 전사성에 미치는 영향," 대한기계학회논문집 A 권, 제 26 권, 제 4 호, pp. 631-636, 2002.