

〈 논문 〉

# 재사용 가능한 100nm 급 패턴의 퀴츠 마스터 제작 및 퀴츠 마스터를 사용한 사출성형실험

서영호<sup>†</sup> · 최두선<sup>\*</sup> · 이준형<sup>\*</sup> · 유영은<sup>\*</sup> · 제태진<sup>\*</sup> · 황경현<sup>\*</sup>

(2004년 6월 29일 접수, 2004년 12월 17일 심사완료)

## Fabrication of Nanoscale Reusable Quartz Master for Nano Injection Molding Process

Young Ho Seo, Doo-Sun Choi, Joon-Hyoung Lee, Yeong-Eun Yoo, Tae-Jin Je  
and Kyung-Hyun Whang

**Key Words :** Reusable Stamper(재사용 스탬퍼), Injection Molding(사출성형), Quartz Master(퀴츠 마스터), E-beam Lithography(E-beam 리소그래피)

### Abstract

In this paper, we present reusable quartz master fabricated by electron-beam lithography and dry etching process of quartz, and results of injection molding based on the reusable quartz master for the manufacturing of nano-scale information media. Since patterned structures of photoresist can be easily damaged by separation (demolding) process of nickel stamper and master, a master with photoresist cannot be reused in stamper fabrication process. In this work, we have made it possible of the repeated use of master by directly patterning on quartz in nickel stamper fabrication process. We have designed and fabricated four different specimens including 100nm, 140nm, 200nm and 400nm pit patterns. In addition, both intaglio and embossed carving patterns are fabricated for each specimen. In the preliminary test of injection molding, we have fabricated polycarbonate patterns with varying mold temperature. We have experimentally verified the fabrication process of the reusable quartz master and possibility of quartz master as direct stamper.

### 1. 서론

최근 정보량의 증가와 통신속도의 증가로 인해 광저장매체의 용량 증가에 대한 요구가 급증하고 있다. 광저장매체의 용량을 증가시키기 위해서는 광저장매체의 최소 피치 크기를 줄이는 방법으로 가능해진다. 기존의 광저장매체에 대한 패턴식각 기술은 광을 이용한 노광기술로 이루어져 왔다. 그러나 광을 이용한 노광기술은 광굴절에 의한 한계로 인해 500nm 이하의 패턴을 형성하는데 많은 어려움이 따른다. 따라서, 이러한 광 노광기술의 한계를 극복하기 위한 새로운 기술들(1, 2, 3)이 요

구되고 있으며, 그 중에서 전자빔을 이용한 노광 기술은 100nm 이하의 미세패턴의 형성도 가능한 것으로 알려져 있다. 그러나 전자빔 노광기술은 스탬퍼(stepper) 등을 사용하는 광 노광기술보다 많은 공정시간을 요구한다. 이러한 전자빔의 노광시간을 줄이려는 연구도 현재 활발히 진행되고 있다.

현재 사출성형에 주로 사용되는 니켈 스탬퍼는 감광제가 도포된 퀴츠 기판(glass master)에 레이저나 전자빔을 이용하여 패턴을 형성한 후 감광제를 몰드로 사용하여 니켈을 도금하고 분리함으로써 제작되어 진다. 그러나 이러한 제작공정은 감광제를 몰드로 사용하기 때문에 도금된 니켈 스탬퍼(father)와 감광제 몰드를 분리할 때, 감광제의 손상을 피할 수 없다. 따라서, Fig. 1에서 보듯이 제작단가가 고가인 유리 마스터를 통해서 제작된 니켈 스탬퍼(father)를 다시 몰드로 사용하여 또 다른 스탬퍼(mother)를 제작하고, 다시 mother를 몰드로

<sup>†</sup> 책임저자, 회원, 한국기계연구원 나노공정그룹  
E-mail : yhseo@kimm.re.kr  
TEL : (042)868-7079 FAX : (042)868-7149

<sup>\*</sup> 한국기계연구원

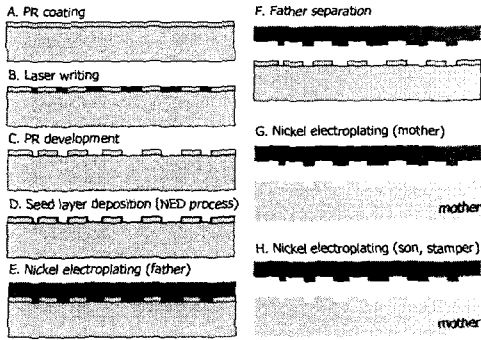


Fig. 1 Fabrication process of conventional nickel stamper for information storage media

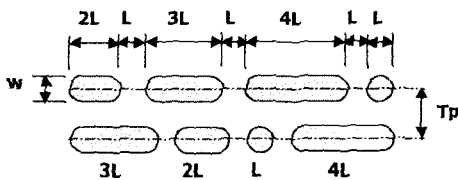


Fig. 2 Basic set of dot patterns for information storage media

실제공정에 사용되는 니켈 스탬퍼(son)를 제작하게 되며, father 와 mother 는 추후 니켈 스탬퍼(son)를 다시 제작할 때 사용된다.

이러한 연속적인 추가공정을 통하여 니켈 스탬퍼(son)를 제작하게 되는 근본적인 이유는 유리 마스터의 패턴이 감광제로 제작되어 재사용이 불가능하기 때문이다. 본 연구에서는 마스터의 패턴을 켈츠 기판에 형성하여 감광제를 제거하여 추후 재사용이 가능하도록 제작하였고, 추가 스탬퍼의 제작공정없이 켈츠 마스터를 직접 사출성형기의 스탬퍼로 사용하여 사출성형 실험을 수행하였다.

## 2. 켈츠 마스터 설계 및 제작결과

Fig. 2 는 정보저장기용 미디어에 적용하기 위해 본 연구에서 설계한 dot 패턴의 구성을 나타내는 그림이며, 전체크기는 15mm×15mm 이고 자세한 설계치수는 Table 1 에 나타내었다. 또한, 양각(embossed carving)과 음각(intaglio carving)이 제작공정에 미치는 영향을 파악하기 위해 각각 동일한 치수의 양각 및 음각 패턴을 설계하였다.

Table 1 Dimension of pit structure in Fig. 2

	L	W	Tp	H
Type 1	400nm	400nm	740nm	140nm
Type 2	200nm	200nm	400nm	140nm
Type 3	140nm	140nm	320nm	140nm
Type 4	100nm	100nm	300nm	140nm

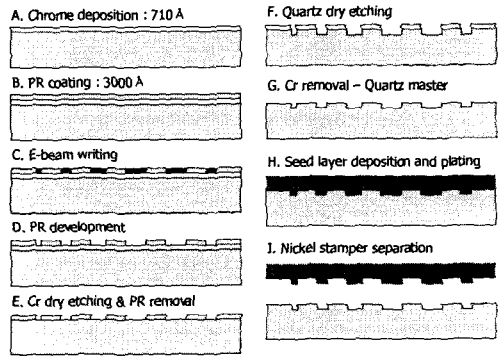


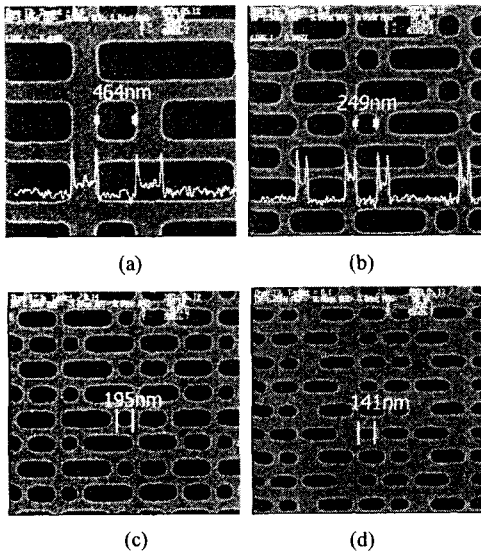
Fig. 3 Fabrication process of reusable quartz master and stamper

이와 같이 설계된 dot 패턴은 Fig. 3 의 제조공정에 따라 제작되었으며, 최적의 전자빔 주사량을 결정하기 위해서 전자빔 주사량을 9 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$  에서 14 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$  까지 0.5 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$  간격으로 주사하여 PR 패턴링 결과를 확인 하였다. 제작공정은 먼저 켈츠 기판에 켈츠 건식 식각 마스크로 사용되는 크롬을 약 700Å 두께로 증착한 후, 크롬 패턴링을 위해서 감광제를 3000Å 두께로 코팅하였다. 패턴링은 전자빔 노광장비를 이용하여 최적의 전자빔 주사량을 찾기위해 주사량을 변화시키면서 노광공정을 수행하였다. 크롬은 Cl<sub>2</sub>/He/O<sub>2</sub> 가스를 사용하여 건식 식각하였고, 켈츠는 CF<sub>4</sub>/He/O<sub>2</sub> 가스로 140nm 깊이를 기준으로 건식 식각을 수행하여, 최종적으로 재사용이 가능한 켈츠 마스터를 제작하였다. 본 연구에서는 이와 같이 제작된 켈츠 마스터를 사용하여 직접 사출성형을 수행하였으며, 이 마스터를 사용하여 니켈 스탬퍼를 제작하는 공정은 현재 진행하고 있다.

Fig. 4 와 Fig. 5 는 각각 제작된 음각과 양각의 켈츠 마스터의 결과를 각각 나타낸다. 음각의 경우, Fig. 4 에서 보듯이 12 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$  에서 14 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$  의 전자빔 주사량 범위에서 거의 모든 패턴이 형성된 반면, 양각의 경우, 9 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$  에서 10 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$  의 범위에서 400nm 와 200nm 로 설계된 패턴만 형성되고, 140nm, 및 100nm 로 설계된 패턴은 Fig. 5 에서 보듯이 패턴 형성이 이루어지지 않았다.

**Table 2** Comparison of designed dimension with measured dimension of L in Table 1

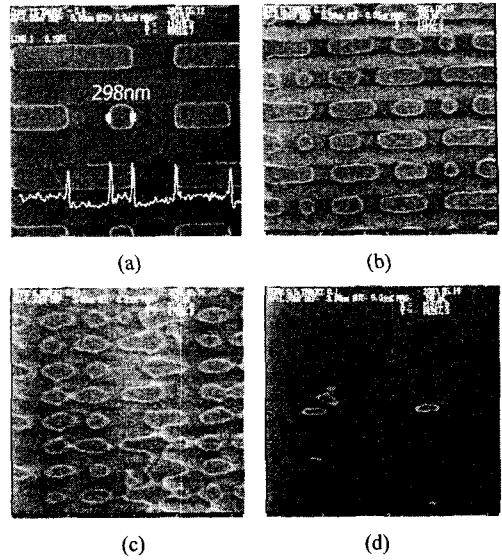
	Design	Measured	
		Intaglio	Embossed
Type 1	400nm	464nm	298nm
Type 2	200nm	249nm	161nm
Type 3	140nm	195nm	×
Type 4	100nm	141nm	×



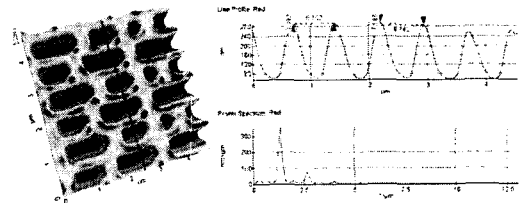
**Fig. 4** Fabricated quartz master of intaglio carving patterns: (a) Type 1 of 400nm-designed dot; (b) type 2 of 200nm-designed dot; (c) type 3 of 140nm-designed dot; (d) type 4 of 100nm-designed dot

E-beam 가공기를 이용한 나노 패턴 가공기술에서 도즈량의 영향으로 양각, 음각의 나노패턴을 동시 제작하는 공정은 불가능함을 알 수 있으며, 따라서 음각공정과 양각공정을 따로 설계 하여야 함을 알 수 있다.

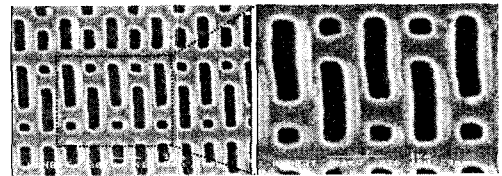
또한, 실제 제작된 패턴의 크기와 설계된 패턴의 크기는 크롬과 필즈의 건식 식각 공정에서 수십 nm의 옆방향 식각이 이루어져 다소 차이가 났으며, 400nm 패턴에 대하여 음각은 약 460nm로 양각은 약 300nm로 패턴이 형성되었다. 이 결과 음각보다 양각 패턴에 대해 건식 식각공정에서 옆방향 식각이 많이 됨을 알 수 있다. 이 논문에서는 건식식각 공정의 정확도 보다 워터마크인 e-beam 가공기에서 PR을 패터닝 할 때 Dose 량에 따른



**Fig. 5** Fabricated quartz master of embossed carving patterns: (a) Type 1 of 400nm-designed dot; (b) type 2 of 200nm-designed dot; (c) type 3 of 140nm-designed dot; (d) type 4 of 100nm-designed dot



**Fig. 6** AFM image of the dot pattern fabricated by injection molding process with embossed carving patterns of type 1 in Fig. 5(a): Temperature = 80°C, Material=Polycarbonate



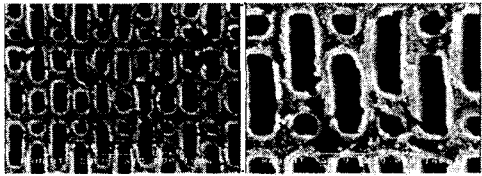
**Fig. 7** SEM image of the dot pattern fabricated by injection molding process with embossed carving patterns of type 1 in Fig. 5(a): Temperature = 100°C, Material=Polycarbonate

패턴의 정밀도만을 고려하였다. 각각의 type에 대한 설계값과 제작된 결과는 Table 2에 나타내었다.

**Table 3** Measured width ratio of groove to dot after injection molding process

Mold Temperature	Polyoxymethylene (POM)	Polycarbonate (PC)
65°C	0.333	N/A
80°C	0.600	0.667
100°C	N/A	0.690

\*Width ratio of groove to dot of quartz master : 0.68

**Fig. 8** SEM image of the dot pattern fabricated by injection molding process with embossed carving patterns of type 1 in Fig. 5(a): Temperature = 80°C, Material=Polycarbonate

### 3. 사출공정결과

사출성형은 양각패턴을 기준으로 예비 사출 성형시험을 수행하였으며, 양각 패턴의 웰츠 마스터는 300nm 급 패턴과 160nm 급 패턴을 가지고 있다. 웰츠 마스터의 전체 크기는 16mm×16mm 이며, 상기 웰츠 마스터를 직접적으로 스탬퍼로 사용하여 실험을 수행하였다. 사출성형 조건에서 사출재료, 사출 금형 온도, 사출압력은 각각 polycarbonate, 270°C, 100°C(80°C) 그리고 25kg/cm<sup>2</sup> 이다. 예비 사출시험을 수행한 결과 300nm 급의 선폭은 비교적 잘 성형 되었으나, 160nm 급의 선폭은 성형성이 떨어지게 나타났다.

Fig. 6, Fig. 7 과 Fig. 8 은 사출된 소자의 AFM 과 SEM 사진을 각각 나타낸다. 현재 사출된 결과는 제작된 웰츠 마스터의 740nm-pitch 는 비교적 잘 전사하고 있으나, 형성의 측면에서 다소 왜곡이 있다. 또한 polycarbonate(PC)의 경우, 100°C 의 금형온도(Fig. 7)에서 80°C 의 금형온도(Fig. 8)보다 좋은 전사성을 보임을 SEM 이미지를 통해 확인하였으며, 향후 사출성형 실험조건의 최적화로 보다 정확하게 마스터의 패턴을 형성할 수 있을 것으로 생각된다. Table 3 은 온도와 재질에 따른 성형도를 나타내는 표이며, Polyoxymethylene(POM)의 경

우 녹는 점이 낮아 PC 보다 낮은 온도에서 성형이 가능하다. 금형의 온도를 65°C에서 80°C로 증가시켰을 경우 성형성이 향상되지만, PC 에 비해 성형결과가 나쁘게 나타났다.

### 4. 결론

본 연구에서는 재사용이 가능한 100nm 급 정보 저장기용 dot 패턴이 형성된 웰츠 마스터의 제작과 상기 웰츠 마스터를 직접 사출성형에 적용하여 예비결과를 얻었다. 음각의 경우 최적의 전자빔 주사량에서 100nm 의 설계치에 대해 약 40nm overetch 된 141nm 의 선폭을 가지는 웰츠 마스터를 제작하였고, 양각의 경우에는 최적의 전자빔 주사량에서 200nm 의 설계치에 대해 역시 약 40nm 정도 overetch 된 161nm 의 선폭의 웰츠 마스터를 제작하였다. 상기 웰츠 마스터 중에서 양각 패턴을 사용하여 예비 사출시험을 수행한 결과 PC 를 사용하였을 경우, 300nm 급의 선폭의 좋은 형성성을 확보하였다. 본 연구에서 제안한 웰츠 마스터는 향후 100nm 급의 높이와 폭을 가지는 바이오칩과 나노소자 등의 대량생산 기술에 적용할 수 있을 것으로 사료된다.

### 후기

본 연구는 21 세기 프론티어연구개발사업인 나노메카트로닉스기술개발 사업단의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다

### 참고문헌

- (1) Lehmann, F., Richter, G., Borzenko, T., Hock, V., Schmidt, G and Molenkamp, L.W., 2003, "Fabrication of sub-10-nm Au-Pd Structures Using 30 keV Electron Beam Lithography and Lift-off," *Microelectronic Engineering*, Vol. 65, pp. 327~333.
- (2) Alexei L, Bogdanov, Tommy Holmqvist, Piotr jedrasik and Bengt Nilsson, 2003, "Dual Pass Electron Beam Writing of Bit Arrays with Sub-100 nm Bits on Imprint Lithography Masters for Patterned Media Production," *Electronic Materials*, Vol. 67-68, pp. 381~389.
- (3) Sumio Hosaka, Hayato Sone, Yoshitaka Takahashi, Toshimichi Shintani, Keizo Kato and Toshiharu Saiki, 2003, "SNOM Imaging of very Fine Pits Formed by EB Lithography of Ultrahigh Density Optical Recording," *Microelectronic Engineering*, Vol 67-68, pp. 728~735.