

# 50nm급 패턴 니켈 스탬퍼 제작에 관한 연구

유영은<sup>†</sup> · 오승훈\* · 이관희\*\* · 김선경\*\*† · 윤재성\*\*\* · 최두선<sup>#</sup>

## A Study on the Fabrication of Ni Stamper for 50nm Class of Patterns

Yeong-Eun Yoo, Seung-Hun Oh, Kwan-Hee Lee, Jae-Sung Youn, Doo-Sun Choi

**Key Words:** Nano pattern(나노 패턴), Pattern master(패턴 마스터), Pattern stamper(패턴 스탬퍼), Ni electroforming(니켈 전주), Seed layer(전도층)

### Abstract

A pattern master and a Ni stamper for 50nm class of patterns are fabricated through e-beam lithography and Ni electroforming process. A model pattern set is designed, which is based on unit patterns of 50nm, 100nm, 150nm and 200nm in length and 50nm in width. The e-beam process is optimized to fabricate designed patterns with some parameters including dose, accelerating voltage, focal distance and developing time. For Ni electroforming to fabricate Ni stamper, a seed layer, a conducting layer, is deposited first on the pattern master fabricated by an e-beam lithography process. Ni, Ti/Ni and Cr are first tested to find optimal seed layer process. Currently the best result is obtained when adopting Cr deposited to be 100nm thick with continuous tilting motion of the master substrate during the deposition process.

### 1. 서론

최근 다양한 분야에서 나노 기술이 적용되어 성능이 획기적으로 향상되거나 새로운 기능 구현이 가능한 제품 개발이 활발히 이루어지고 있다. 나노 기술의 대표적인 분야 중의 하나인 나노 패턴 관련 기술은 나노 패턴이 가지는 광학적[1-3], 기계적[4-6] 및 화학적 특성을 이용하여 고효율의 광학 부품, 기능성 표면 부품을 비롯하여 고기능성의 바이오 유체 소자 등 다양한 분야에서의 응용이 가능하여 이에 대한 활발한 연구가 진행되고 있다. 이와 같은 나노 패턴의 특성을 이용한 새로운 고기능성 제품 개발에 대한 연구와

병행하여 나노 패턴 응용 제품의 제작 및 생산에 관한 연구도 활발히 진행되고 있는데, 기존 플라스틱 제품의 대량 생산을 위한 대표적인 공정인 사출 성형 공정 기술은 나노 패턴 응용 제품의 제작에 있어서도 매우 중요하게 인식되고 있다. 현재 양산되고 있는 대표적인 나노 패턴의 응용 제품인 CD, DVD 및 Blu-ray disk[7] 등과 같은 광학 저장 매체의 생산에 사출 성형 공정이 성공적으로 적용되고 있으며, 이외의 다양한 나노 패턴 혹은 구조물 응용 제품의 제작을 위한 성형 기술 개발이 활발히 이루어지고 있다. 특히 더욱 작아지고 있는 최근의 패턴 동향을 고려할 때 이에 대응할 수 있는 스탬퍼, 금형 기술 및 성형 공정 기술은 관련 제품의 제품화 및 양산화를 위한 핵심 기술이 될 것으로 전망된다.

본 연구에서는 50nm급 패턴의 사출 성형 기술 개발을 위해 50nm크기의 패턴을 기반으로 한 모델 패턴을 설계하고 이에 대한 패턴 마스터 및 스탬퍼를 제작하여 관련 공정의 특성 및 이에 의한 영향을 분석하였다.

† 한국기계연구원 나노기계연구본부

\* 부산대학교 나노융합기술학과

\*\* 서울산업대학교 나노아이티공학과

\*\*† 서울산업대학교 금형설계학과

\*\*\* 한국기계연구원 나노기계연구본부

# 교신저자 : 한국기계연구원 나노기계연구본부

E-mail : choids@kimn.re.kr

TEL : (042) 868-7124 FAX : (042)868-7149

## 2. 50nm급 패턴 마스터 제작

### 2.1 패턴 형상

50nm 급 패턴 스탬퍼 제작을 위해서 그림 1에 나타낸 바와 같은 50nm 패턴을 기반으로 하는 모델 패턴 배열을 설계하였다. 설계된 패턴 배열은 50nm의 동일한 폭을 가지는 길이 50nm, 100nm, 150nm, 200nm의 4종류의 단위 패턴으로 구성하였으며, 이러한 단위 패턴이 100nm 피치의 3줄의 횡렬로 구성된 단위 배열을 이루도록 하였다. 이렇게 구성된 단위 배열은 650nm x 250nm의 면적을 가지며, 이러한 단위 배열이 2mm x 2mm 영역에 반복적으로 배열되도록 설계하였다(그림 2). 그 결과 총 1,900만개 정도의 단위 배열이 대상 영역에(2mm x 2mm) 형성되었다. 50nm급 패턴의 대면적 성형 특성 분석을 위해 이러한 2mm x 2mm 면적의 50nm급 패턴 영역을, E-beam 노광 공정에 의한 패턴 마스터 가공 비용을 고려하여, 50mm x 50mm의 면적에 그림 3에서와 같이 9개의 위치에 설계하였다.

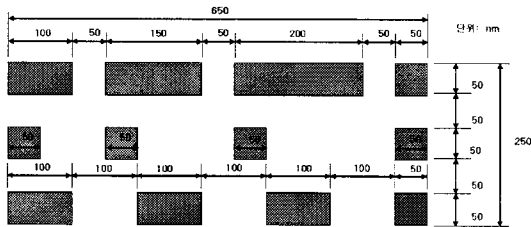


그림 1 50nm급 패턴 단위 배열

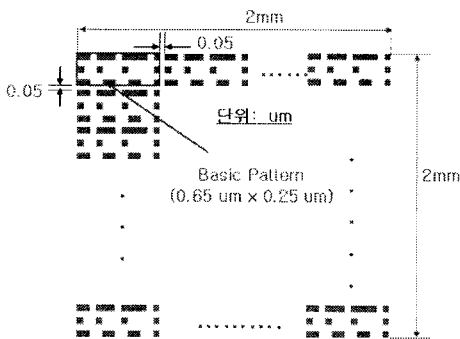


그림 2 50nm급 패턴 단위 배열의 2mm x 2mm 영역에 대한 반복적 배치

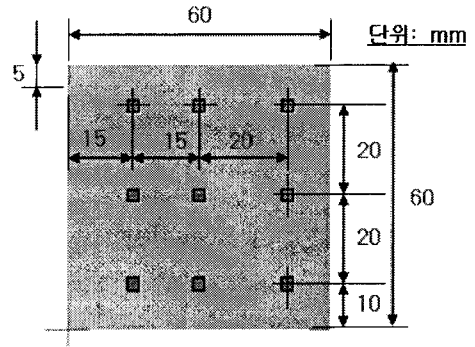


그림 3 50nm급 패턴 성형 마스터 및 패턴 배열 설계

### 2.2 패턴 마스터 제작 공정 및 결과

설계된 모델 패턴 배열의 패턴 마스터 가공을 위해 E-beam 노광 공정을 적용하였으며, 주요 과정을 그림 4에 나타내었다. 실리콘 웨이퍼 위에 E-beam용 네가티브 PR(Photo Resist)인 HSQ를 스핀 코팅한 후 200°C의 hot plate에서 5분간 베이킹 하여 50nm급 두께의 안정화 된 코팅 층을 형성하였다. 형성된 PR층 위에 E-beam 노광을 통해 설계된 모델 패턴 배열을 PR 코팅 층에 패터닝 한후, 현상 단계를 거쳐 50nm급 패턴 PR 마스터를 제작하였다. 최적의 마스터 제작을 위해서 노광량, 현상 시간 등 다양한 공정 변수에 대한 실험을 수행하였으며, 그림 5에 제작된 마스터 결과 사진을 나타내었다.

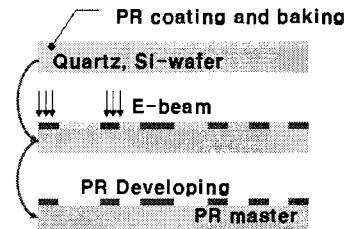


그림 4 패턴 마스터 제작 공정도



그림 5 50nm 패턴 마스터 제작 결과

### 3. 50nm급 패턴 스탬퍼 제작

E-beam 노광 공정에 의해 제작된 패턴 마스터의 경우 고온 고압 공정인 사출 성형 공정에 직접 적용이 불가능하므로 내구성이 우수한 금속 스탬퍼의 제작이 필요하며, 니켈 전주 공정에 의해 PR 마스터의 패턴이 복제 제작된 니켈 스탬퍼는 내구성 및 패턴의 정밀도 등을 고려하였을 때 사출 성형 공정에 매우 적합하다. PR 마스터를 기반으로 한 니켈 스탬퍼의 제작은 크게 PR 패턴 마스터 위에 도전 층 형성을 위한 금속 소재의 seed layer 증착 공정과 증착된 도전 층 위에 니켈 전해 도금을 통해 니켈을 원하는 두께로 증착하여 스탬퍼를 제작하는 과정으로 구분할 수 있다(그림 6). 본 연구에서는 정밀한 50nm급 패턴 제작을 위해 seed layer 증착 소재 및 공정을 중심으로 연구를 진행하였다.

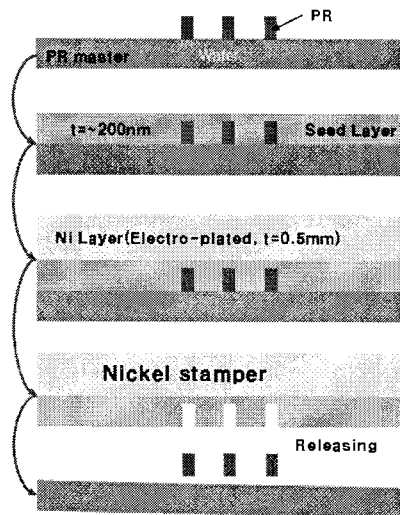


그림 6 Seed layer 증착 및 니켈 전주 공정에 의한 스탬퍼 제작 개략도

#### 3.2 Seed layer 증착

니켈 전해 공정을 통한 스탬퍼 제작을 위해서는 증착 대상물 표면에 적절한 전도성을 부여하는 것이 필수적이며, 이를 위해서 적절한 금속 소재를 표면에 증착 시키는 것이 필요하다. 본 연구에서는 Ni, Ni+Ti 및 Cr을 이용하여 seed layer를 증착하였으며, 각 소재의 증착에 사용된 공정 및 조건을 표 1에 나타내었다.

표 1 Seed layer 증착 공정 조건

	1	2	3	4	5	6
소재	Ni	Ni	Ti/Ni	Ti/Ni	Cr	Cr
공정	E-beam	sputter	sputter	sputter	E-beam	E-beam (tilted)
두께 [nm]	200	200	5/200	5/200	100	100

Seed layer 증착 실험 결과 소재 및 공정 조건에 따라 증착 막의 박리 및 크랙, 패턴 미충전 등의 불량 현상이 발생하였으며(그림 7), Cr소재 및 E-beam 공정을 적용하여 패턴 마스터 기판의 각도를 연속적으로 변화시키며 증착을 수행한 경우 개선된 스탬퍼를 제작할 수 있었다(그림 8).

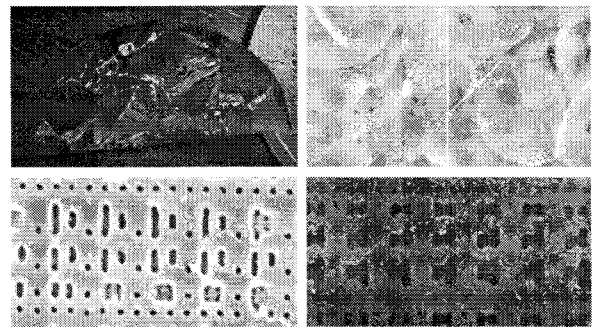


그림 7 Seed layer 증착 및 스탬퍼 제작 공정에서의 불량 현상



그림 8 Cr seed layer e-bam 증착 및 니켈 전주 공정에 의한 50nm급 패턴 니켈 스탬퍼

### 4. 결론

E-beam lithography 공정 및 니켈 전주 공정을 이용하여 50nm급 패턴 마스터 및 사출 성형에 적용이 가능한 니켈 스탬퍼를 제작하였다. 패턴 정밀도 향상을 위해 e-beam 공정에서의 가속 전압, 노광량, 초점 거리 및 현상 시간 등의 공정

변수를 최적화하였다. E-beam lithography 공정에 의해 가공된 패턴 마스터를 기반으로 니켈 스탬퍼를 제작하기 위해 필수적인 전도층 형성을 위한 seed layer 공정에서, 소재(Ni, Ti/Ni, Cr) 및 공정 조건에 따른 패턴 스탬퍼 제작 특성에 관한 실험을 수행하였다. 이러한 공정 최적화를 통해 2mm x 2mm 면적의 50nm급 패턴 배열 영역이 9개의 위치에 분산 배치되어 있는 50mm x 50mm 크기의 니켈 스탬퍼를 제작하였다.

## 후 기

본 연구는 교육과학기술부가 주관하는 21세기 프론티어연구개발사업의 일환인 나노메카트로닉스기술개발사업단의 연구비 지원(08k1401-00530)에 의해 수행되었습니다.

## 참고문헌

- 1) K. Kintaka, J. Nishii, A. Mizutani, H. Kikuta and H. Nakano : Optics letters, 26(2001), 1642
- 2) J C Martinez-Anton : J. Opt. A : Pure Appl. Opt. 8(2006) S213
- 3) KM Baker : Applied optics, 38(1999), 352
- 4) W Lee, M-K Jin, W-C Yoo and J-K Lee : Langmuir, 20(2004), 7665
- 5) K, Kim and C. J. Kim : Proceedings of the IEEE Conerence on MEMS, Las Vegas, NV, Jan. 2002, pp. 479-482.
- 6) T. N. Krupenkin, J. A. Taylor, T. M. Schneider and S. Yang : Langmuir, 20(2004), 3824
- 7) A. E. Bell and C. J. Cookson, C. J. : Signal Processing Image Communication 19(2004), 909.