

도트 패턴을 이용한 회절 격자 금형 제작

노지환*, 이재훈, 손현기, 서정, 신동식, 정용운 (한국기계연구원)

Fabrication of diffraction grating mold using dot pattern

Jiwhan Noh*, Jae-Hoon Lee, Hyonkee Sohn, Jeong Suh, Dongsig Shin and youngun Joung.

IT Machinery Research Center

Korea Institute of Machinery & Materials (KIMM)

ABSTRACT

Diffraction grating is the optical device which has periodic pattern. Decorative logotypes is the one of application of diffraction grating. In this paper diffraction grating for decorative logotype is fabricated by dot pattern in stead of line pattern. A metallic mold for diffraction gratings is fabricated with a mode-locked 12 ps Nd:YVO₄ laser. Laser pulses with a wavelength of 355nm are irradiated on the surface of NOK 80, a mold material, to generate dot patterns. In order to minimize the dot diameter, laser power is set just above the ablation threshold of NOK 80. Results show that the spectrum from the fabricated mold is good enough for some industrial application

Key Words : micro-machining, picosecond laser, ablation threshold, diffraction grating mold

1. 서론

회절격자는 광학적 필요에 의해서 뿐만 아니라 전자 제품의 무지개색 로고까지 많은 분야에 사용되고 있다. 회절격자의 제작과정은 대부분 에칭공정의 간접적 공정이 쓰이고 있으며, 가공 공정 시간이 길다.[1,2,3]

회절 격자의 제작 방법으로 종래에는 에칭 방법을 주로 사용했지만, 레이저를 이용하여 제작하는 방법도 많은 연구가 진행 중이다. 종래에는 레이저를 이용해서 라인 패턴을 이용하여 회절 격자를 제작하였다. 본 논문에서는 라인 패턴 대신 점 패턴을 이용하여 보다 정밀한 회절 격자를 제작하였다. 특히 무지개색 로고를 제작 할 경우 라인 패턴으로 제작하면 가공 선풍을 줄이는데 한계가 있기 때문에 반사율이 큰 무지개색 로고를 제작하기 힘들지만 점 패턴을 사용한다면, 가공폭을 줄일 수 있고, 또한 여러 방향에서 무지개색을 낼 수 있는 회절 격자를 만들 수 있다.

본 논문에서는 피코초 레이저를 이용한 가공의 실험 조건을 제시하고, 광학적 시뮬레이션 데이터와 실험 결과를 비교하며, 피코초 레이저 직접 가공에 의한 회절 격자 금형 제작에 대해서 논하고자 한다

2. 실험

Fig.1 은 실험장치의 대략적인 구성도를 보여준다. 피코초 레이저는 12ps의 펄스폭을 가지고 있으며, 최대 반복율은 640kHz이다. 기본적인 파장

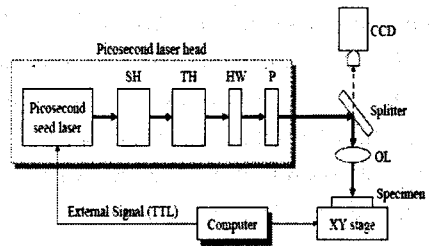


Fig. 1 Schematic of the experimental setup (SH: second harmonic generator, TH: third harmonic generator, HW: half wave plate, P: polarizer, OL: objective lens).

대는 1064nm이다. Fig.1에서 보이듯이 harmonic generator를 이용하여 532nm, 355nm의 파장대를 만들어 낸다. 본 실험에서는 가공 선풍을 최소로 줄이기 위하여 355nm의 파장대를 사용하였다. 위상 지연판과 편광판을 사용하여 레이저 파워를 조절하였다.

3. 회절 격자의 광학적 시뮬레이션

Fig.2 에서는 반사형 타입의 회절격자에 대한 모델을 보여주고 있다. 이에 대한 광학적 수식을 전개해 나가면 다음과 같은 결과식을 유도하게 된다.

$$I(u) = N^2 \cdot d^2 \cdot \left(\frac{\sin\left(\frac{\pi u d}{\lambda}\right)}{\frac{\pi u d}{\lambda}} \cdot \frac{\sin\left(\frac{N \pi u g}{\lambda}\right)}{N \cdot \sin\left(\frac{\pi u g}{\lambda}\right)} \right)^2 \quad (1)$$

위 식(1)에서 I 은 각도에 따른 빛의 강도를 의미하고, N 은 회절 격자의 골의 개수, u 은 각도를 나타내는 항이며, d 은 골 사이에 빛이 반사될 수 있는 거리를 의미하며 g 은 골과 골사이 거리를 의미한다.

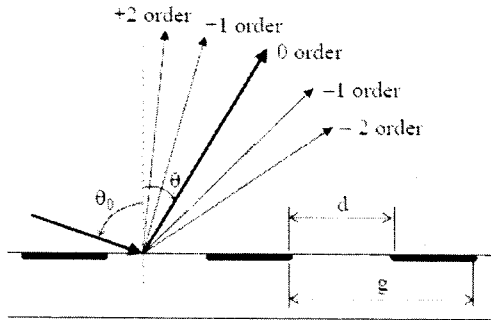


Fig.2 Schematic of the reflective grating

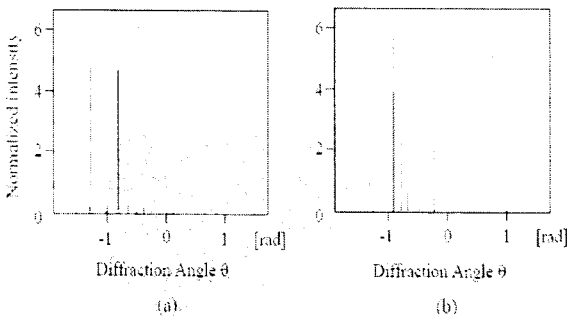


Fig.3 Simulation result, N=50, d = 0.5um (a) g=4um, (b) g=6um

Fig.3 은 수식(1) 을 이용하여 구해낸 시뮬레이션 결과이다. 45 도의 입사각에 대해서 회절된 빛들이 어떻게 진행되는지를 나타내는 그래프이다.

g 에 따라 다른 현상을 보여준다.

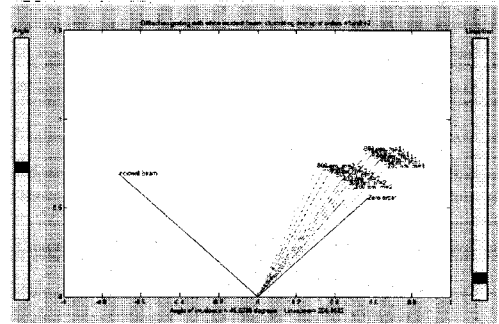


Fig 4. diffraction angle simulation (g=5um)

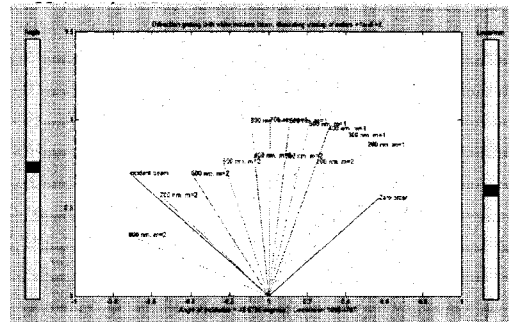


Fig 5. diffraction angle simulation (g=1um)

Fig 4 와 fig 5 에서 g 에 따른 first order diffraction angle 과 second diffraction angle 을 나타내고 있다. 여러 각도에서 무지개색을 보기 위해서는 g=1um 일 때 더 유리하다는 것을 알 수 있다. 따라서 fig 6 과 같은 장식용 로고 회절 격자의 최적화된 미세 구조를 알아낼 수 있다.

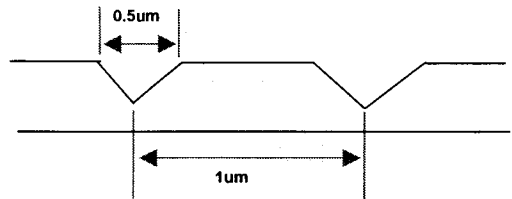


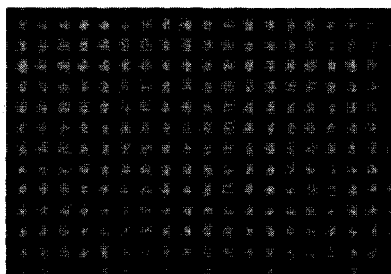
Fig 6. optimized structure of decorative logo type of grating.

4. 실험 결과

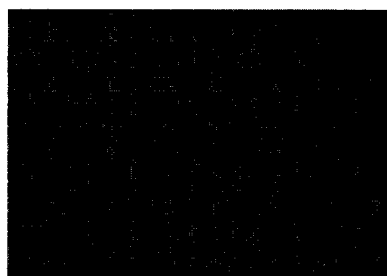
Fig.4 (a) 은 라인 패턴을 이용하여 무지개색 회절 격자를 가공한 것이고, Fig.4(b)은 도트 패턴

을 이용하여 회절 격자를 제작한 것이다. 라인 패턴으로 가공한 결과와 도트 패턴으로 가공한 결과를 비교 해 본다면 도트 패턴으로 가공한 경우가 무지개색을 더욱 많이 발생 시키는 것을 확인 할 수 있다.

Fig.5 (a) 은 라인 패턴으로 가공한 회절격자이며 Fig.5 (b)은 도트 패턴으로 가공한 회절 격자이다. 무지개 색을 나타내는 효율면에서는 도트 패턴이 더 효과적인 것을 알 수 있다.



(a)



(b)

Fig.4 microscopy of diffraction grating. (a) line pattern. (b) dot pattern.

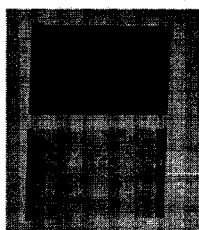


Fig.5 photography of diffraction grating. (a)upper grating(line pattern) (b)lower grating (dot pattern)

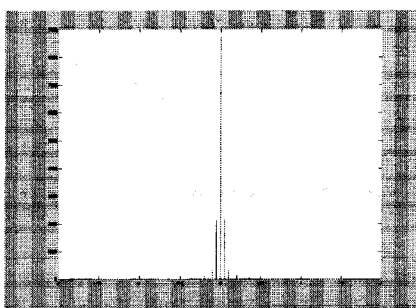
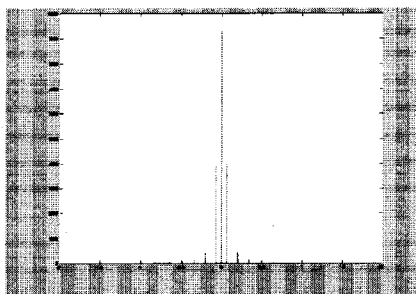
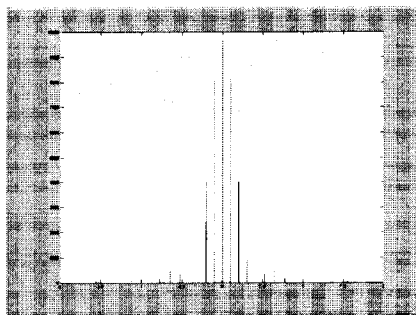
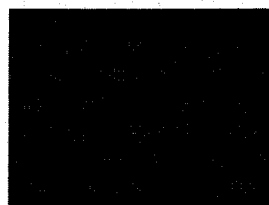


Fig. 6 simulation of diffracted ray
N 100, W=400nm

(a) Pitch 4um, (b) Pitch 6um, (c) Pitch 8um,



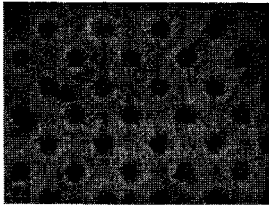


Fig.7 microscopy of diffraction grating
 (a) dot pitch 4um, (b) dot pitch 4um ,10um
 (c)dot pitch 10um

무지개색 회절 격자에 있어서 중요한 것은 도트 사이의 거리이다. Fig. 6 은 400nm, 레이저 빔이 조사 되었을 때 회절 빔의 각도를 시뮬레이션한 결과이다. 가로축을 각도를 나타내고 세로축을 광량을 의미한다. 가장 높게 나타나는 빛은 0 차 회절이고 그 다음 양 옆에 있는 것이 1 차 회절이다. 무지개색이 많이 발생시키려면 1 차 회절의 광량이 커야 하므로, (a)인 경우가 가장 무지개색이 선명히 나타나는 것을 알 수 있다. 다시 말해 도트 간격이 4um 이하 정도가 되어야 무지개 색이 나타난다고 할 수 있다.

Fig.7 은 도트 패턴용 회절 격자의 현미경 사진이다. (a)은 점 사이 거리가 4um 이고, (b) 은 가로 점 사이 거리는 4um , 세로 점 사이 거리는 10um 이다. (c)은 점 사이 거리가 10um 이다.

Fig.8 은 도트 패턴용 회절 격자의 사진이다. (a)은 점 사이 거리가 4um 이고, (b) 은 가로 점 사이 거리는 4um , 세로 점 사이 거리는 10um 이다. (c)은 점 사이 거리가 10um 이다. 그림에서 알 수 있듯이 (a)가 가장 밝은 무지개색을 나타냄을 알 수 있다. 점 사이 거리가 10um 이상이 되면 무지개 색이 거의 나타나지 않음을 알 수 있다.

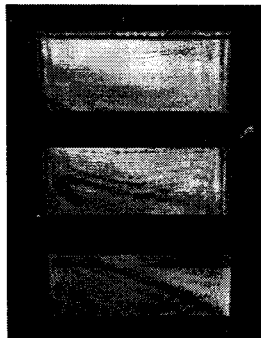


Fig.8 photography of diffraction grating
 (a)upper grating(dot pitch 4um), (b)middle grating (dot pitch 4um ,10um), (c)lower grating(dot pitch 10um)

5. 결론

본 논문에서는 피코초 레이저를 이용하여 무지개색을 나타내는 회절격자 금형을 제작하였다. 기존의 라인 패턴대신 점패턴을 이용하여 더 많은 광량의 무지개색을 발생시키는 회절 격자 금형을 제작하였다.

참고 문헌

- [1] W.Mckinney "Diffraction gratings: manufacture , specialization, and application" SPIE 28th Annual Intern.Techn. Symp., Tutorial 25,San Diego 1984.
- [2] E.W.Palmer "diffraction gratings " Rep. Progr,Phys.38,975-1048 (1975)
- [3] G.W.Stroke "diffraction grating" in handbook of Physics,v.29,1256-1259 (1967)