저가형 CD-RW 레이저를 이용한 Lithography 시스템제작

[1]박창신, [2]김태완, [2]이경민, [2]정준영, [1]이동원*
[1]전남대학교 기계공학과 대학원, [2]전남대학교 기계시스템 공학부
*E-mail: mems@chonnam.ac.kr

Fabrication of low-cost laser lithography system using CD-RW laser

[1]Chang-Sin Park, [2]Tae-Waon Kim, [2]Kyung-Min Lee, [2]Jun-Young Jeong, [2]Dong-Weon Lee*
[1]Graduate School of Mechanical Engineering, Chonnam National University,
[2]School of Mechanical Systems Engineering, Chonnam National University

Abstract

This paper represents the construction of laser beam writing system, laser lithography, using new method that guarantees CD-RW laser. The X,Y transition using micro stage was controlled by the computer. Minimun line width of 8.4 μm was obtained by the laser lithography system.

Keyword – *CD-RW laser(CD rewritable 레이저), micro stage(마이크로 스테이지), lithography(노광)*

1. 서론

최근 광 집적회로는 광통신, 광신호 처리 등 여러 분야에 사용되면서 눈부신 발전을 거듭해 왔다. 급속히 늘어나는 정보망을 소화해 내기 위하여 다양한 종류의 광 집적회로가 제안되고 이와 함께 필연적으로 광 소자 제작에 편리한 마스크패턴 제작 방법이 필요하게 되었다. 일반적으로 반도체 소자의 마스크 패턴 제작에 많이 쓰이는 방식은 Photolithography, E-beam lithography, X-ray lithography 방식 등이 있다. 집적 광소자에 필요한 대부분의 광도파로 소자들은 보통의 전자 집적회로와는 달리 한 방향으로는 수 μm 정도로 작고 다른 방향으로는 몇 cm 단위의 크기를 가진다. Photolithography 방법은 고해상도의 광소자 제작이 어렵다. 또한 소자의 길이비 차이가 너무 많이 나면 마스크의 축소 제작 과정에서 왜곡이 생길 수 있으므로 광소자 제작 공정에 적합하지 않다. 그에 반해 E-beam lithography 는 고해상도 마스크를 얻을 수 있으나 복잡하고 고가의 장비가 필요하다[1-2]. 위의 방법들에 비해 레이져 lithography 방법은 값싸고 간단한 장치들로 우수한 광 도파로 소자 제작이 가능하다. 이 방법은 1974 년 Beaker 에 의해 처음 제안되었다[3]. 최근 패턴 제작의 신뢰성 용이성 등을 위해 stage 를 computer 로 제어하는 연구들이 많이 진행되고 있다. 대부분의 레이져 lithography 장치에서는 쉬운 step 모터를 사용하여 이동 stage 를 구동하였다. 그로 인해 마스크 제작 속도가 느려지고 해상도에서 제한되었다.

본 연구에서는 CD write 에 쓰이는 CD-RW 레이저를 이용하여 저비용의 lithography 시스템 제작을 제안하였다. 제안한 시스템은 3 축 구동을 위하여 50nm 의 정밀도를 갖는 마이크로 스테이지를 사용하였으며, PC 로 제어할 수 있는 interface system(LabView)을 이용하여 원하는 소자 패턴을 program 으로 제작할 수 있게 하였다. 또한 lithography 시스템 내에 초음파 센서를 사용하여 레이저의 초점을 맞출 수 있음을 보임으로써 레이저 lithography 과정 중 문제가 되는 초점 문제를 고려하였다. 제작한 시스템을 이용하여 직접 CD 표면에 패턴을 기록하였다.

2. 저가형 레이저 lithography 시스템 설계 및 제작 및 특성 평가

구성된 레이저 lithography 장치는 크게 CD-RW laser, Mirco stage, 레이저 초점 거리조정을 위한 초음파 센서 그리고 제어부로 구성이 되어 있으며, 전체적인 레이저 lithography 시스템은 그림 1 에 나타내었다. 사용한 CD-RW laser 는 0.6 의 개구율 렌즈가 장착된 780 nm 파장의 semiconductor laser 이며, 표 1 에 사항(Model: SH-S202N)을 나타내었다. 레이저와 기록할 수 있는 샘플표면과의 거리조정, 즉 레이저의 초점을 정확히 조정하기 위하여 초음파 센서를 장착하여 거리에 따라 출력신호를 분석하여 레이저의 초점을 맞추었다. 또한 50 nm 의 분해능을 지닌 3 축 마이크로 스테이지(Newport, LIS series)를 이용하였으며, 스테이지 컨트롤은 Motion controller(Newport, ESP 300)를 LabView system 에 연결하여 원하는 소자를 프로그램화하여 입력하면 소자 패턴이 이루어지도록 구성하였다. 그림 2 는 CD 표면에 직접 초음파 센서를 이용하여 레이저 초점에 따라 패턴의 선폭을 조사하였으며, 레이저와 CD 사이의 거리가 0.3mm 일때 8.4 μm 의 최소 선폭을 얻을 수 있었다. 그림 3 은 프로그램화 한 패턴을 제어 프로그램에 인식하도록 하여 CD 표면에 그려낸 패턴을 나타내었다. 여기에서 CD 표면의 최소 선폭 주위 10 μm 에서 표면이 타들어가는 현상이 발생하여 울퉁불퉁한 패턴이 제작되었다. 본 연구에서 사용된 레이저 파장 λ = 780 nm 이며, 집속 렌즈 초점 거리 f = 0.3 mm, 빔 반경 W= about 10 μm 이다. 레이저 광의 중심이 정확이 집속 렌즈의 중심과 일치하고 수직으로 입사한다고 가정할 때 광의 최소 집속 반경 W_0 는 식 (1)과 같이 주어지며, 집속 깊이 Z 는 식 (2)로 주어진다. 여기서 광의 세기 세기 분포는 Gaussian 으로 가정되었다. 계산된 최소 선폭 W_0 = 9.936 μm 이며, 집속 깊이 ΔZ = 129.17 μm

$$W_O = \frac{4\lambda f}{3\pi w} \quad (1)$$

$$\triangle Z \simeq \pm \frac{0.32\pi W_O^2}{\lambda} \quad (2)$$

이다. 계산된 이론치와 본 실험에서 얻어진 결과를 비교해 볼 때, 최소 집속 직경의 이론치와 거의 근접함을 확인할 수 있다. 또한, Nano scan 장비를 통하여 측정한 결과, 약 집속 직경의 10 μm 이내에 약 8.4 μm 의 최소 선폭으로 노광이 되었다. 이는 CD writer 에 의해 기록되는 media 의 크기(~500nm)에 비해 큰 선폭이지만 빛의 산란 및 레이저의 출력량, 그리고 스테이지의 구동 속도와 정확한 레이저의 초점을 고려하면 500nm 이하의 최소 선폭을 갖는 laser lithography 시스템 제작을 할 수 있을 것이다.

3. 결론

본 연구에서는 간단하게 구할 수 있는 저비용의 CD-RW Laser 를 이용하여 쉽고 정확하게 초점을 찾을 수 있는 레이저 lithography 시스템을 3 축 마이크로 스테이지와 LabView 시스템을 이용하여 구현하였다. 구현한 시스템은 초점 거리에 따라 선폭에 대한 연구 결과로 0.3 mm 일 때 8.4μm 의 최소 선폭을 나타내었으며, 프로그램화를 통하여 원하는 패턴을 제작하여 보았다.

감사의 글

이 논문은 2007 년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 국가지정연구실사업으로 수행된 연구임 (Grant R0A-2007-000-10157-0).

참고문헌

1. S. M. Sze, McGraw-Hill International Co., 267-300 (1983)
2. D. J. Elliott, McGraw-Hill International Co.,43- 163 (1982)
3. R. A. Becker et al., Apl. opt. 17, 1069 (1978)
4. Melles Griot, Optics guide 4, 17-19 (1998)

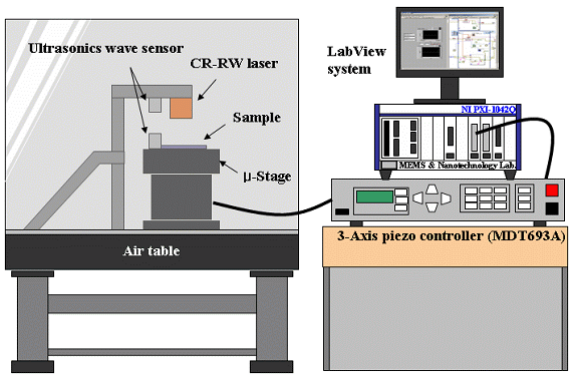

Fig. 1 Schematic diagram of the low-cost lithography system using CD-RW laser

Table 1. Specifications of the CD-RW laser

Laser type	Semiconductor laser
Wavelength	780 nm
Output power	40 mW
Pixel resolution	600 DPI

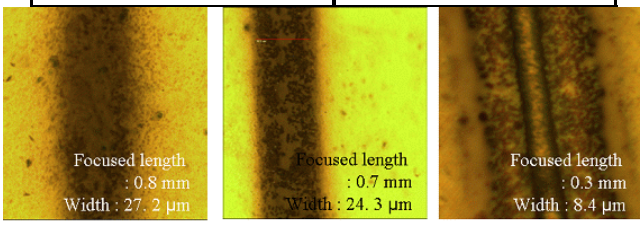

Fig. 2 Optical images of a variety of pattern according to focused length, (a) 0.8mm, (b) 0.7mm and (c) 0.3mm

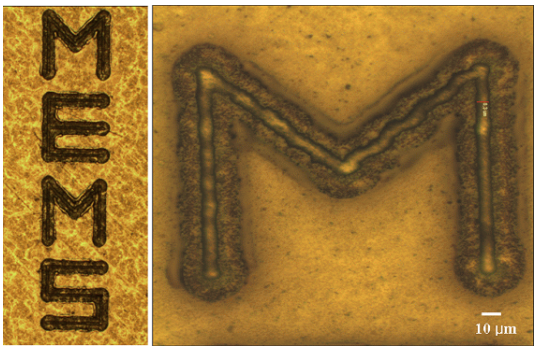

Fig. 3 Optical images of patterned CD with the minimum size of 8.4 μm

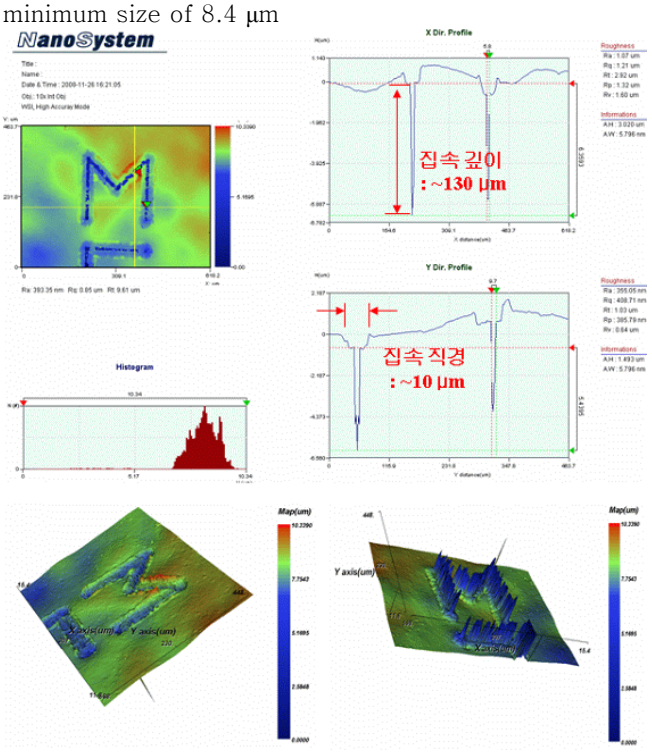

Fig. 4 Results of 3D profile information using Nano scan.