

클로로메틸 폴리이미드(CMPI) 박막과 근접장 나노 프로브 레이저 패터닝을 이용한 미세 형상 가공 기술

최무진, 장원석, 김재구, 조성학, 황경현(한국기계연구원)

Micro Patterning Using Near-Field Coupled Nano Probe Laser Photo Patterning Of Chloromethylated Polyimide Thin Film

Moo Jin Choi, Wonseok Chang, Jaegu Kim, Sunghak Cho, Kyunghyun Whang

ABSTRACT

Photo-induced surface alignment is charming as a non-contact photo-patternable alignment technology which can be used in the next generation of displays, such as large area, multi-domain. For decades, many polymer film have been investigated and developed to be used in the photo alignment. Among these photoreactive materials, recently developed polyimide, Chloromethylated Polyimide(CMPI) now became the focus of interests in this area because of its high photosensitivity and superior thermal stability. In this report, we present micro patterning method to form the nanoscale structure by Mask-Less laser patterning using this CMPI film and NSOM probe.

Key Words : 폴리이미드(polyimide), 레이저 패터닝(laser patterning), 폴리머박막(thin polymer film), 레이저 직접 가공(laser direct patterning), 자기현상(self-developing), 나노프로브, 근접장현미경(NSOM)

1. 서론

폴리이미드 미세패턴형성기술

광유도 표면 정렬기술(Photo-induced surface alignment)은 대면적, 다중영역(multi-domain) 등의 차세대 디스플레이기술에 있어서 비접촉식 포토패터닝정렬기술로써 현재 각광을 받고 있다. 이러한 재료로써 아조벤젠폴리머(azobenzene containg polymer)를 포함하여 여러종류의 폴리머들이 개발되어져 왔다. 이 중에서도 특히 최근에 개발된 클로로메틸 폴리이미드(Chloromethylated Polyimide) 물질¹은 기존 재료와 비교하여 열적 안정성 및 광학적 민감성을 동시에 가지는 재료로써 그 효용성은 광정렬기술개발에서 뿐만 아니라 미세패턴형성을 위한 노광기술의 기본재료로써도 고려해 볼 수 있는 재료이다. 이에 본 연구에서는 클로로메틸 폴리이미드 물질의 UV 영역에서의 광민감성(photosensitivity)의 특징을 이용하여 미세패턴형성을 위한 재료로써 사용될 수 있는 가능성을 제시하였다.

2. CMPI

2.1 개요

패턴 형성을 위하여 UV 레이저에 민감하게 반응하는 Chloromethylated Polyimide 라는 폴리머 계열의 시료를 사용하였다. 이 물질은 Fig.1 에서의 화학구조에서 처럼 기본 폴리이미드의 측면에 클로로메틸 기둥기(chloromethyl side group)를 가진 방향성 폴리이미드(aromatic polyimide) 재료로써 높은 광학적 민감성과 열적 안정성을 장점으로 가지고 있으며, 특히 70 nm 정도의 초박막을 형성시킬 수 있어 나노급 패턴 형성 기술 개발에 용이하다. 이후 CMPI 라고 약칭하여 부른다.

2.2 제조방법

우선 기판이 될 실리콘 웨이퍼 위에 1 % CMPI 농도의 사이클로헥사논(cyclohexanone)용액을 떨어뜨리고, spin coater 를 사용하여 400 rpm 에서 20 초, 1200 rpm 에서 60 초 동안 회전시킨 후, 섭씨

100 도에서 10 분간 준비경화, 섭씨 200 도에서 60 분간 본경화과정을 거치면 약 70 nm 두께의 CMPI 박막을 얻을 수 있다.

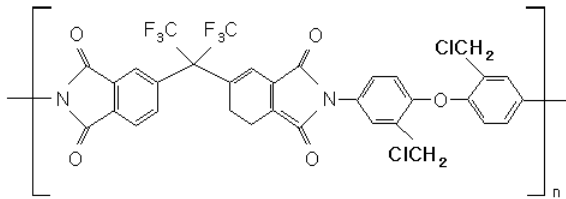


Fig.1 The structure of CMPI

3. Experimental Setup

3.1 Alignment

레이저 장비로부터 발생한 레이저를 NSOM Lithography System(Fig.2)의 Nano Probe 로 성공적으로 전달하기 위한 얼라인 방법으로 이미 광정렬이 보장된 어댑터를 사용하는 방법을 채택하였다. 이 방법은 레이저 도파로인 광파이버를 두 부분으로 나누어서 Free space 를 진행한 레이저를 렌즈를 사용하여 첫 번째 파이버부분에 커플링을 시키고 얼라인을 최적화 시킨 후, 제조시부터 미리 어댑터가 부착된 Probe 쪽의 파이버에 커넥터를 사용하여 연결함으로써 Probe 를 통과한 광을 측정할 필요없이 커플링 및 얼라인을 수행하는 방법이다.

3.2 UV laser 및 NSOM System

UV 영역에 민감하게 반응하는 폴리머 계열의 시료를 사용하여 리소그래피를 시도하기 위해 기존에 사용했던 펄스초 레이저 광원 외에 UV 영역의 레이저를 추가하였다.(Fig.3) 준비한 레이저는 Big Sky Laser Technologies 사의 Brilliant Ultra 라는 모델이며 266 nm 파장에서 펄스당 최대출력을 4 mJ 까지 낼 수 있으며 최대 20 Hz 의 주파수를 가지는 Pulsed Nd:YAG Laser 이다. 펄스당 에너지가 높기 때문에 UV sensitive PR 또는 SAMs 시료의 반응에 충분한 에너지를 공급할 수 있다.

UV laser 를 NSOM 프로브에 전달하고, NSOM System 의 나노구동헤드를 사용하여 미소구동 시킴으로써 원하는 형태의 패턴을 시료 위에 형성시킬 수 있다. Nanonics 사의 NSOM-100 Head 와 200 nm aperture 의 NSOM Probe 가 사용되었다.

4. Experimental Results

4.1 기초실험

우선 UV 광원에 UV-PR 이 반응하는지를 테스트해

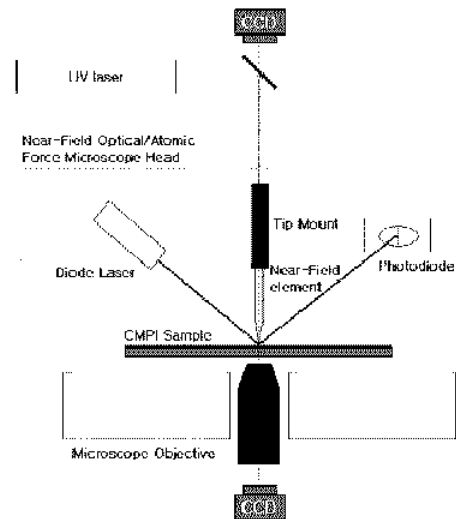


Fig. 1 Schematic diagram of lithography system.

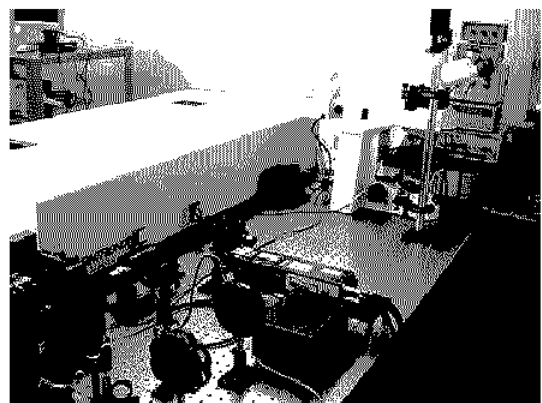


Fig.3 Experimental Setup for UV Laser Lithography

보았다. 200 nm 이하의 aperture 를 가진 probe 를 사용하기 이전에 쉽게 결과 유무를 확인하기 위해 큰 (1 micron 이상) aperture 를 사용하였다. Fig.4 에서와 같이 광에 노출된 CMPI 부분이 선택적으로 제거되었음을 알 수 있다. 이러한 테스트 과정에서 Fig.4(a) 의 상단에 보이는 scratch 를 줄이기 위해 레이저 단속 콘트롤을 위한 Shutter 의 개폐 방식을 불연속적으로 변경하여 실험해본 결과 Fig.4(b) 과 같이 불필요한 scratch 영역이 획기적으로 줄어들었다. 또한, 그림에서와 같이 pulse 레이저에 의한 등간격 dot 형태의 패턴을 형성시키는 부산물을 얻었는데, 이 dot 의 간격 또는 크기는 scan rate, repetition rate, exposure time 등을 조절함으로써 제어 가능한 패턴이 된다. 이러한 기능은 향후에 나노 및 바이오칩에서 필요한 dot 패턴 형성 기술개발에 응용할 수 있을 것으로 기대된다.

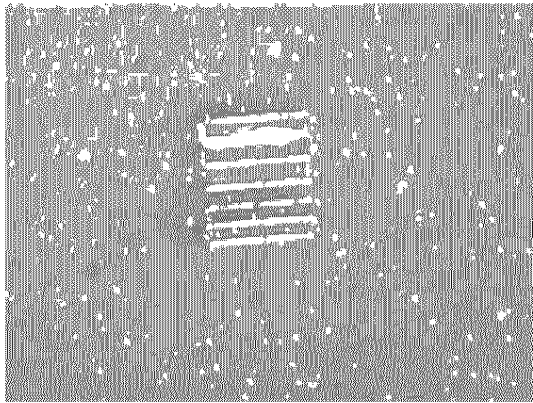


Fig.4(a) Test of interaction between CMPI and UV Laser

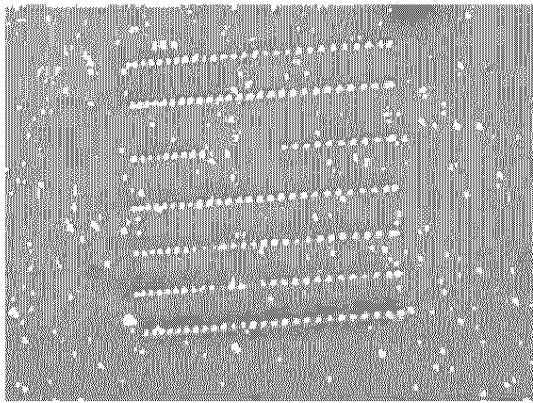


Fig.4(b) Test of interaction between CMPI and UV Laser

4.2 미세패턴형성

최종적으로 형성한 라인 패턴은 Fig.5 와 같다. 평균적인 선폭은 약 200 nm 내외이며 이는 정확히 probe 의 aperture size 와 동일하다. Fig.6 에서와 같이 최소선폭이 120 nm 인 영역 또한 발견된다. 본 리소그래피 실험은 Non-contact 모드에서 수행하였고, 펄스당 약 1 μJ 의 에너지(NSOM System 진입직 전 기준)가 사용되었으며, pixel 당 추정되는 노출시간(exposure time)은 약 300 ms, 스캔영역은 약 82 micron by 82 micron 이며, 라인당 256 개의 pixel 을 정의하여 패턴을 형성하였다. 이러한 광-재료 상호작용의 형상은 UV 와 폴리머 재료를 사용하여 lithography 실험을 수행하여 위쪽으로 돌출한 형태의 패턴을 형성시킨 다른 연구그룹의 결과와 유사하다.²

5. 결론

클로로메틸 폴리이미드를 리지스트로 사용하여 레이저 포토 패터닝을 수행하여 국부적인 미세패턴

을 형성시켰다. 이는 나노프로브 기술을 이용하게 되면 UV 레이저를 이용한 미세구조물에 관한 최근 연구결과³에서와 같이 레이저를 직접 시료에 조사함으로써 마스크 없는 직접 가공이 가능하다는 것을 보여주고 있으며, 또한, 레이저 조사 후 현상 등의 후속작업이 불필요한 자기현상(self-developing)의 특징을 장점으로 함으로써 노광 공정을 단축시켜 보다 효율적인 노광 기술 개발을 위한 응용에 적용 가능할 것으로 기대된다.

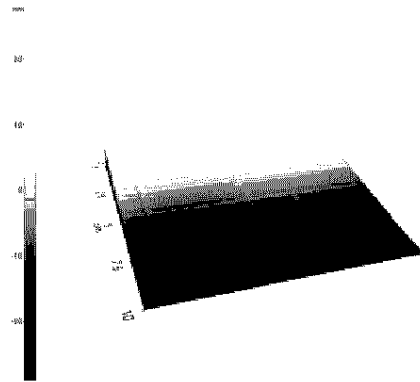


Fig.5 Three Dimensional AFM Image of line pattern

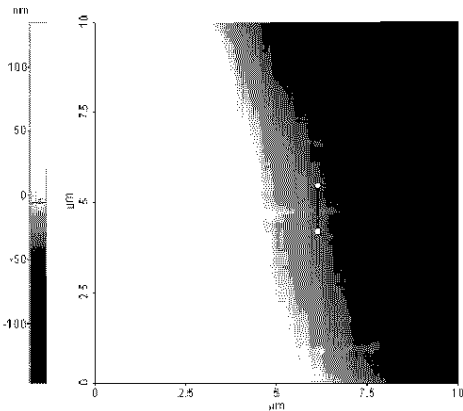


Fig.6(a) AFM Image of line pattern

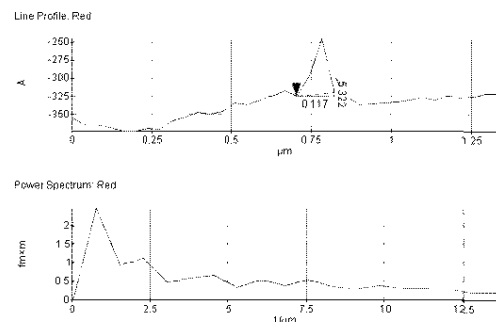


Fig.6(b) Measurement of line width

후 기

본 연구는 21 세기 프론티어연구개발 사업인 나노메카트로닉스기술개발사업단의 연구비 지원(M102KN010001-02K1401-00710)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. Aiqing Zhang, Xiangdan Li, Changwoon Nah, Keejun Hwang, Myong-Hoon Lee, "Facile modifications of a polyimide via chloromethylation. I. Novel synthesis of a new photosensitive polyimide," *Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry*, Vol. 41, pp. 22-29, 2003.
2. F. H'dhili, R. Bachelot, A. Rumyantseva, G. Lerondel, P. Royer, "Nano-patterning photosensitive polymers using local field enhancement at the end of apertureless SNOM tips," *Journal of Microscopy*, Vol. 209, pp.214-222, 2003.
3. 신보성, 양성빈, 장원석, 김재구, 김정민, "UV 레이저 어블레이션에 의한 3 차원 형상 미세 구조물의 연속제작," *한국정밀공학회*, Vol. 21, pp. 30-36, 2004.