

## 고밀도 기록을 위한 레이저 타이핑 공정 개발

주영철 · 송오성\* · 정영순\*

### Development of Laser Typing Process for the High Density Recording

Youngcheol Joo, Ohsung Song\* and Youngsoon Jung\*

**요 약** 우리가 타자기로 글을 쓸 때는 먹지리본을 햄머가 가격하여 종이 위에 글씨 형태의 먹이 묻는 원리로 진행된다. 이러한 원리를 미세 패터닝에 응용하여, 햄머 역할을 하는 Nd-YAG 레이저로 유리기판/ 100 nm Cr(먹지)/ 실리콘기판(종이) 구조의 적층물에 조사시켜 Cr이 실리콘기판 위에 전사됨으로써 미세 패터닝이 가능한지 확인하였다. 제안된 미세 패터닝은 TeraBit/in<sup>2</sup> 급 고밀도 정보저장 또는 반도체 공정의 생산성 향상을 위해 응용이 가능하다. 선폭 50 μm급 레이저를 주사속도 200과 1500 mm/s, Q-스위치 조건을 10,000~50,000 Hz로 변화시키며 마킹을 실시한 결과 Cr의 전사는 진행되지 않았으나, 최종적으로 입사 선폭의 33% 이하로 마킹이 가능하여 비싼 광학계를 가진 레이저를 대치하여 보다 정밀한 마킹이 가능함을 확인하였다.

**Abstract** A conventional typewriter types letters by hammering a carbon ribbon which is attached at a paper. The laser typing process which write a micro pattern of Chrome on a silicon wafer has been developed. A glass that is coated with 100 nm Chrome (Carbon ribbon) is attached on a silicon wafer (paper). An Nd-Yag laser (hammer) is irradiated on the glass, and the Chrome is transferred on the silicon wafer. Micro patterns are made by controlling laser beam trajectory. The suggested micro patterning can be used at the high density data storage of TeraBit/in<sup>2</sup> or at the improvement of productivity of semiconductor manufacturing procedure.

**Key Words** : laser typing, Nd-YAG, patterning, laser beam width, laser marking, high density recording

## 1. 서 론

일반적으로 글자를 자동으로 정렬시켜 기계적으로 특정 물질을 종이에 묻히는 타자기는 단순하게 글자의 패턴이 새겨진 해머와 해머의 충격에 의해 종이에 검은 색을 전사시키는 먹 리본, 글자가 입혀지는 종이로 구성되어 있다. 매우 간단한 장치이지만 글자가 정렬될 수 있다는 점과 즉석에서 비교적 빠른 시간 내에 구현될 수 있다는 장점이 있다.

본 연구에서는 이러한 타자기의 구성을 채용하여 Fig. 1과 같이 해머의 역할은 레이저가, 먹 리본은 크롬(Cr)이 코팅된 유리기판, 최종적으로 크롬이 입혀지는 종이 역할을 하는 실리콘기판으로 구성된 레이저 타이핑을 제안하였다.

이러한 레이저 타이핑은 여러 가지 응용분야에 적용이 가능한데 가장 유망한 분야는 테라급 고밀도 정보 기록과 반도체 기판들의 레이저 마킹 분야이다.

고밀도 기록은 최근 2005년까지 1 Terabit/in<sup>2</sup> 정도까

지의 초고밀도 기록 및 재생 방법이 필요한 실정이고 [1], 이를 만족하기 위해 1개의 기록단위는 약 100 nm 정도의 잘 정렬된 도메인 패턴이 필요하다. 이러한 목표를 만들기 위해 사진식각법으로 매체를 가공하는 방안[2]이 제안되었으나 DRAM과 같은 반도체 메모리 수준의 생산비가 드는 문제가 있다.

또 하나의 방안은 자가정렬적으로 블록중합체 상분리를 이용하던지[3], 금속 박막에서의 자성-상자성상의 상분리를 이용하는 방안[4] 등이 경제적인 대안 공정으로 제시되었으나 최종 완성된 매체의 정렬도가 떨어져서 효과적으로 정보를 기록, 재생하는데 문제가 있다.

이러한 면에서 제안된 레이저 타이핑 방법은 물리적으로 성공적으로 100 nm급의 미세한 Cr-dot이나 실리콘 피트(pits)를 만들어 정보를 기록하고, 기록된 정보를 다시 레이저의 반사정도로 재생할 수 있다면 경제성과 정보 정렬성을 만족할 수 있는 방안이 될 수 있다.

메모리, 비메모리 반도체 공정과 TFT LCD 등 디스플레이 제품은 공정이 서로 비슷하여 사진 식각 공정 및 박막형성공정을 500회 이상 반복하는 복잡한 공정을 거치기 때문에 dot 또는 미세식각에 의한 마킹을 실

순천향대학교 기계공학과  
\*서울시립대학교 신소재공학과

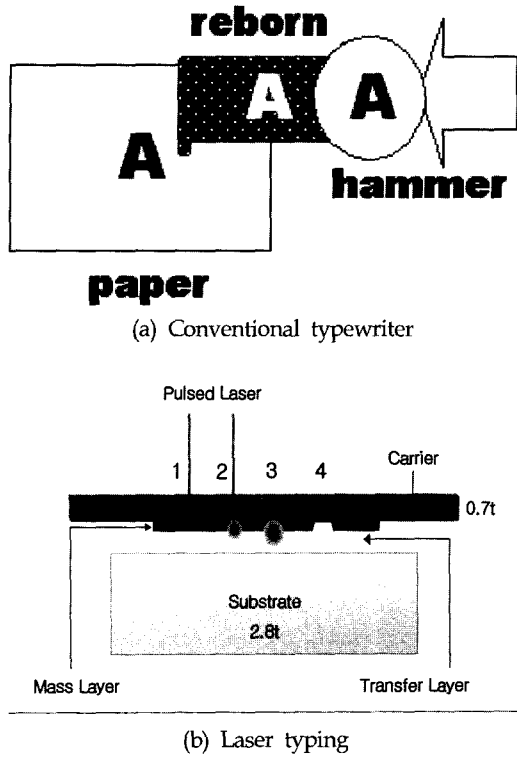


Figure 1. Schematic illustration of the laser typing

시하여 기관, 소자 별로 공정을 확인하는 공정관리가 필수적이다. 기존의 실리콘 기판이나 LCD 유리기판에 채용되는 공정은 육안으로 구별 가능한 매우 큰 수백  $\mu\text{m}$ 급 패턴을 바코드 형태나 숫자로 표면으로부터 사진식각으로 파서 만드는 공정이었으며 이에 따라 표면부 제거에 따른 파티클 생성, 표면 가공에 따른 마이크로 크랙의 생성 가능성 등의 문제가 상존하였다. 따라서 최근에는 이러한 마킹을 수  $\mu\text{m}$ 정도로 사진식각 공정 없이 직접 정밀하게 가공하거나, 표면부를 제거하지 않고 크롬과 같은 안정한 금속물질을 표면부에 접촉시켜 표시함으로써 상기 문제를 해결하려는 노력이 진행 중이다.

이러한 배경에서 제안된 레이저 타이핑이 성공적으로 진행된다면 표면부에 사진식각 공정 없이 미세 패턴을 제작하거나, 크롬 패턴을 타이핑함으로써 파티클 오염 없이 정밀 마킹이 가능하게 되는 획기적 방법이 될 수 있다. 또한 이 기술은 HIC(hybrid integrated circuit) 회로구성이나 초전도체 회로 구성시 기존의 에칭 또는 스크린 방법을 대체할 수 있는 우수한 기술이 될 수 있다.

이러한 목표를 이루기 위해서는 가능하면 선풍이 작은 레이저와 유리에 대한 투과율이 우수한 레이저가 필요하다. 레이저의 선풍은 현재 개발된 것 중 가장 작은 것이 10  $\mu\text{m}$ 급이지만 수년 내에 1  $\mu\text{m}$ 급 광학계가 개발

될 수 있을 것으로 예상된다[5, 6]. 따라서 0.1  $\mu\text{m}$ 급 도메인 패턴을 형성하기 위해서는 적어도 레이저 선풍을 기준으로 1/10 수준으로 패턴링이 가능하여야 한다. 만약 선풍적인 전사과정이 가능하다면 본 연구와 같이 기존의 상용화된 50  $\mu\text{m}$ 급 선풍의 레이저로 과연 1/10 수준인 5  $\mu\text{m}$ 정도의 패턴형성이 가능한지 확인하는 것이 중요하다.

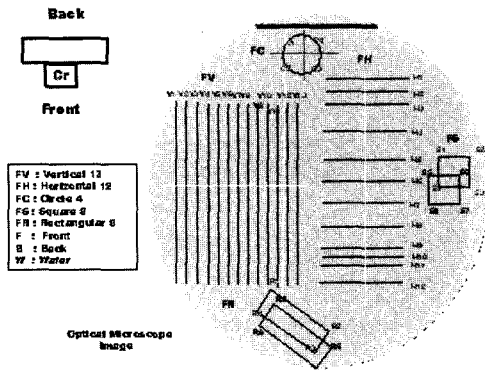
본 연구는 상기 서술한 여러 가지 응용분야의 가능성을 확인하기 위한 기초연구로서 타자기와 비슷한 구조의 glass/크롬층//실리콘 구조를 만들고 레이저 입사선풍의 변화에 따른 실리콘기판에서의 선풍 변화를 확인하였다.

## 2. 실험방법

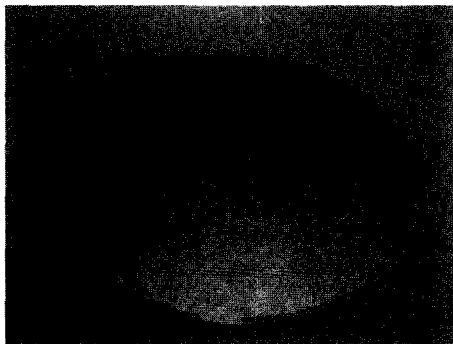
실험에는 직경 100 mm, 두께 500 mm의 Pyrex glass 기판 위에 100 nm 두께의 크롬을 열증착법으로 균일하게 성막하였다. 한편 200 nm 두께의 열산화막을 가진 직경 100 mm의 p형(100) 실리콘 기판을 준비하고 표면을 RCA와 초순수로 세척한 후 준비된 Cr/glass 기판과 Fig. 1에 나타난 구조로 크롬층과 열산화막이 서로 마주보게 하고 상온에서 플랫폼을 기준으로 정렬시켰다. 이러한 실은 가집은 SOI 실리콘 기판쌍 제조의 일반공정과 동일하게 진행되었으며, 완성된 계면은 2 nm 정도의 간격을 두고 위치할 것으로 예상되었다[7].

완성된 적층구조에 레이저를 Fig. 1에 나타난 것과 같이 유리기판의 후면으로부터 조사하였다. Fig. 2(a)에 나타난 것과 같은 직선과 곡선을 포함한 패턴 어레이(array)를 만들기 위해 PC로 레이저 빔을 제어하였다. 실험에 사용된 레이저는 35W DPSS Laser로써 glass/Cr 기판에 조사되는 레이저의 파워를 1.2 W로 고정하고 마킹 면적은 60×60 mm<sup>2</sup>의 범위로 한정하였다. 이때 레이저의 주사속도는 200과 1500 mm/s로 각각 고정시키고, Q-스위치(Q/S) 조건은 주어진 주사속도에서 1000, 2000, 3000, 4000, 5000 Hz로 변환시켜 패턴을 형성하였다. Q-스위치는 레이저의 출력을 향상시키기 위해 특정주파수로 펄스를 만드는 역할을 하는 주파수를 의미하며 이러한 적정주파수에 의해 최대출력을 얻을 수 있다. 컴퓨터 신호에 의해 발전된 레이저는 글라스 기판을 투과하여 크롬 전사층(carrier layer)를 가열시킨다. 가열된 크롬층은 특정조건에서 증발(ablation)되어 궁극적으로 실리콘 기판에 전사(deposition)되거나, 크롬층을 뚫고 최종적으로 미세 식각이 진행 완료되게 하였다.

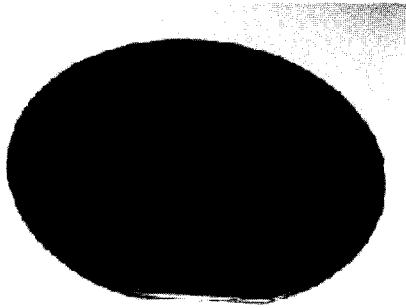
패턴 작업후 유리기판부와 실리콘 기판부를 분리시켜 각각의 패턴현상을 디지털 카메라가 장착된 500배



(a) Pattern design



(b) Front side glass/Cr wafer



(c) Silicon wafer

Figure 2. Laser typing pattern design and results

광학현미경을 이용하여 각 레이저 주사속도와 Q/S 조건에 따른 선폭의 변화를 확인하였다. Fig. 2(b)에 glass/Cr 기판의 패터닝 후 모습과, (c)에 실리콘에 마킹된 이미지를 나타내었다.

### 3. 실험결과 및 토의

Fig. 3에 주사속도(scan speed) 200, 1500 mm/s의 조

건에서 Q/S 주파수를 10000~50000 Hz로 변환시킬때 레이저 선폭의 변화를 나타내었다. 측정된 크롬층의 상부선폭이 레이저의 선폭과 동일하다고 가정하면, Fig. 3에서 Q/S가 증가할수록, 레이저의 주사속도가 증가할수록 빔 선폭이 작아지는 것을 알 수 있다. 주어진 범위의 공정조건에서 우리가 채택할 수 있는 레이저의 입사 선폭은 38~85  $\mu\text{m}$ 임을 알 수 있다. 이러한 미세 패터닝의 궁극적 목적이 고밀도 기록이라고 하면 가능한 한 작은 레이저 선폭을 확보하기 위해서는 레이저 공정 조건을 주사속도와 Q/S를 크게 하는 것이 유리함을 알 수 있었다.

Fig. 4에는 각 주사속도에 따른 레이저의 패턴 모양을 나타내었다. 본 실험의 주요 공정변수인 Q/S와 주사속도를 각각 극단적인 경우로 나누어 나타내 보았다. (a)의 저 Q/S 저 주사속도인 경우는 선폭이 가장 크고 균일한 측면부가 발생하였다. 그러나 버드 흔적이 보일 만큼 잔류물이 남아있어 대부분의 Cr은 실리콘 기판으로 전사된 것을 알 수 있다. (b)의 고 Q/S 저 주사속도인 경우와 (c)의 저 Q/S 고 주사속도인 경우는 비슷한 선폭을 보이고 특히 측면부의 전사간격과 잔류물이 (a)의 경우보다 많은 특징이 있지만 선폭이 (a)에 비해 감소하였다. (d)의 고 Q/S, 고 주사속도인 경우는 선폭이 가장 작지만 전사형태가 스폿 형태로서 고밀도 정보저장과 같은 응용을 위해 적합한 공정조건이라고 판단된다.

Fig. 5에는 레이저의 선폭에 따라 실리콘에 각인되어 최종 전사될 때까지의 선폭변화를 나타내었다. (a)의 200 mm/s인 경우에는 모두 Q/S 증가에 따라 선폭이 감소하지만 오히려 후면부에 10%정도 증가했다가 최종 실리콘에는 40% 정도 감소하여 패터닝이 되는 것을 알 수 있었다. 전 실험범위에서 크롬이 실리콘 표면에 증착되어 패터닝 되는 것은 불수 없었으나 조건에 따라

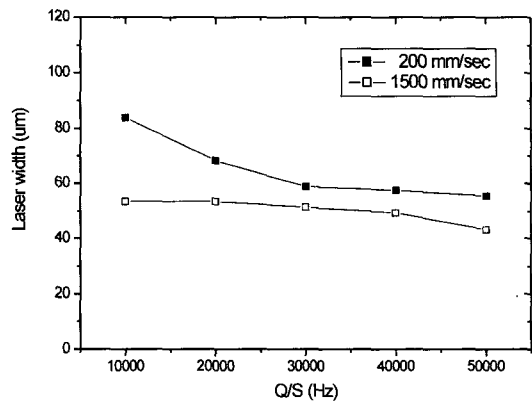


Figure 3. Laser width evolution with scan speed and Q speed switch frequency

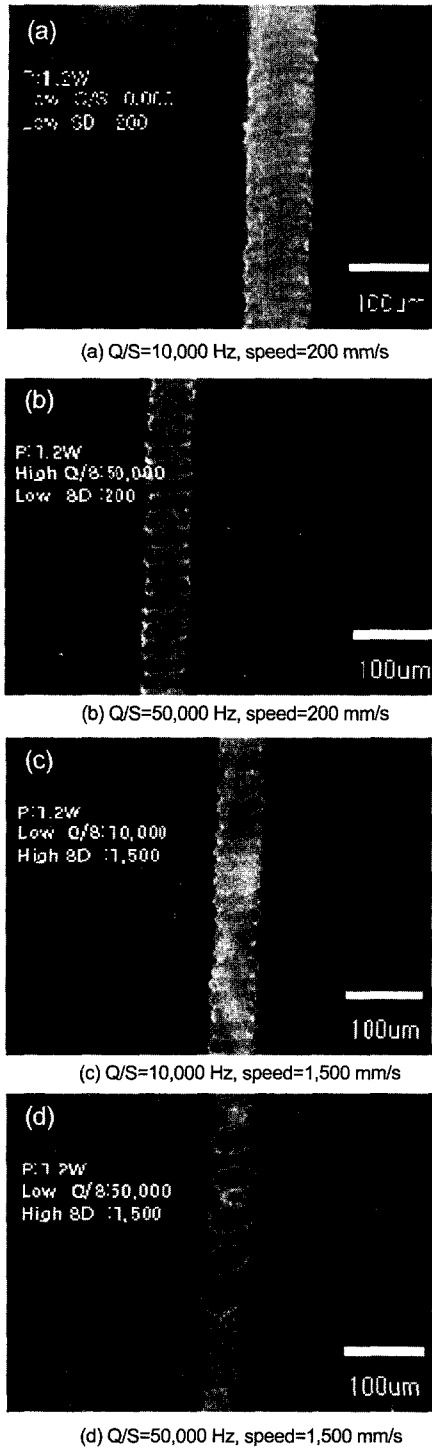


Figure 4. Optical microscope images of front sides of glass/Cr wafer

Q/S가 30,000 Hz인 경우 최고 입사선폭의 66% 까지

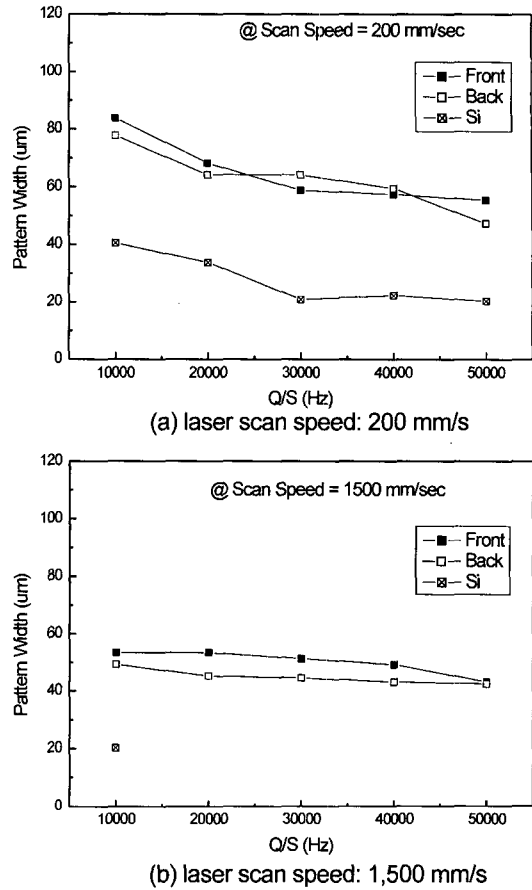


Figure 5. Plot of the pattern width changes with Q-switch frequency

감소가 가능하였다. (b)에는 1,500 mm/s의 주사속도인 경우를 나타내었는데 이 경우에는 Q/S가 10,000 Hz인 경우만 실리콘에 전사되고 나머지는 전사가 되지 않았다. 한편 (a)와 달리 레이저 입사부보다 실리콘 접촉면의 크롬층 선폭이 10% 정도 더 큰 특징이 있었다. 이는 주사속도가 큰 경우가 하부 지지층으로부터의 반사에 의해 크롬 하부층에 열전달이 더 커진 것이라고 추정되며, 만약 하부 지지층을 유리등의 레이저 투과물질로 만들거나 석면 등의 비반사 물질로 제작한다면 이러한 문제가 개선 될 수 있다고 생각된다.

#### 4. 결 론

일반적인 타자기와 같은 원리로 레이저로 Cr층을 조사하여 입사선폭보다 더 미세한 선폭을 실리콘에 만들거나 크롬을 실리콘 층에 전사시킬 수 있는지의 가능성을 확인하였다.

Nd-YAG 레이저의 주사속도를 200, 1,500 mm/s로, Q/S를 10,000~50,000 Hz로 변화시키며 진행한 결과 실리콘 층에 크롬의 전사는 볼 수 없었고 입사선폭보다 1/3 정도의 선폭의 미세 각인이 가능하였다. 크롬의 전사는 하부기판을 투명한 유리로 대체하면 가능하다고 예상되었고 실리콘 미세각인은 기존의 광학계를 활용하여 선폭 1/3 수준의 마킹이 가능하다는 의미가 있었다. 이 기술은 HIC 회로구성이나 초전도체 회로 구성시 기존의 에칭 또는 스크린 방법을 대체할 수 있는 우수한 기술로 사료된다.

### 감사의 글

본 연구는 한국과학재단 지역협력연구센터사업(과제번호: R-12-2002-052-04003-0) 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

### 참고문헌

- [1] P.C. Hariharan, Journal of Magnetic Society Japan, Vol. 25, p. 1245, 2001.
- [2] C.A. Loss, H.I. Smith, T.S. Schatterburg, M. Farhoud, M. Hwang, M. Walsh, M.C. Abraham, Microelectronic Engineering, Vol. 53, p. 67, 2000.
- [3] B.H. Sohn and B.H. Seo, Chemical Materials, Vol. 13, p. 1752, 2001.
- [4] Y. Maeda, S. Hirano, and M. Asahi, Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 24, p. 951, 1985.
- [5] Irving P. Herman, Optical Diagnostics for Thin Film Processing, Academic Press, 1996.
- [6] 레이저 기술, pp. 42-43, 2월, 2003.
- [7] S.H. Lee, O.S. Song, C.S. Yoon, and C.K. Kim, Materials Science in Semiconductor Processing, Vol. 5, p. 519, 2003.