

광조형법을 이용한 고분자 리소그래피에 관한 연구

정영대*, 이현섭**, 손재혁**, 조인호***, 정해도#

A Study on the Polymer Lithography using Stereolithography

Young Dae Jung*, Hyun Seop Lee**, Jae Hyuk Son**, In Ho Cho*** and Hae Do Jeong#

ABSTRACT

Mask manufacturing is a high COC and COO process in developing of semiconductor devices because of mask production tool with high resolution. Direct writing has been thought to be the one of the patterning method to cope with development or small-lot production of the device. This study consists two categories. One is the additional process of the direct and maskless patterning generation using SLA for easy and convenient application and the other is a removal process using wet-etching process.

In this study, cured status of epoxy pattern is most important parameter because of the beer-lambert law according to the diffusion of UV light. In order to improve the contact force between patterns and substrate, prime process was performed and to remove the semi-cured resin which makes a bad effects to the pattern, spin cleaning process using TPM was also performed. At a removal process, contact force between photo-curable resin as an etching mask and Si wafer is important parameter.

Key Words : Maskless patterning(마스크리스 패턴), Stereolithography(광조형, SLA), Photoresist(감광성 레지스트), Spin Coater(스핀 코터), etching mask(에칭마스크), prime process (프라임공정), semi-cured resin (반경화수지), strip(스트립)

1. 서론

최근 패속시작기술의 발전은 산업계에서 신제품 개발주기를 단축시킴과 동시에 설계의 오류를 최소화하며, CE(동시공학)의 적용을 현실화하고 있다. 이러한 예로 자동차 산업과 항공기부품산업등 시작기술과 금형기술이 적용되는 거의 모든 산업뿐만 아니라 디자인 업계에까지 영향을 미치고 있다.

이러한 패속시작기술은 하나의 공정기술에 여러 가지 응용분야에 대해 동시에 적용되어 발전하여 왔으나 최근에는 그 적용대상과 기능성의 관점에서 특화 또는 전문화되는 양상을 보이고 있다. 그 대표적인 예로 SLA(Stereolithography Apparatus)나 3D PrintingTM의 경우는 다색성(photochromic)을 부여하는 방법¹과 제작기의 정밀성에 의해 칩 패키징등에 장점을 가지고 있으며, 향후 개발이 예상되

접수일: 2004년 7월 14일; 게재승인일: 2004년 11월 19일

* 부산대학교 정밀정형협동과정

** 부산대학교 정밀기계공학과

*** 삼성 SDI

교신저자:부산대학교 기계공학부

E-mail hdjeong@pusan.ac.kr Tel. (051) 510-2463

고 있다, 또한 FDM(Fused Deposition Manufacturing)의 경우 낮은 생산비와 공정 자체의 다색성에 의해 디자인 분야에서 많은 수요를 보이고 있다.

또한 반도체 공정은 IT산업과 통신시장을 업고 온갖 선진국들의 기술전쟁의 장이 되고 있으며, 그 중 photo-lithography(이하 포토)공정은 칩 제작에서 가장 고가이고 성능의 결정에 가장 중요한 역할을 차지하는 부분이라 할 수 있다.

현재 포토공정에서는 수은램프(mercury lamp) 혹은 KrF등의 광원을 이용하여 마스크(mask)에 광원을 선택적으로 투과 혹은 반사시켜 포토레지스트(Photoresist, 이하 PR)에 의해 기판의 표면에 층별 패턴을 형성한다. 이 마스크는 실제 양산의 경우 대량생산용에는 적합하지만, 소량 혹은 주문형 제작에는 비교적 고비용이 소모되기 때문에 효율적이지 못하다. 또한 다층공정에서 층수만큼의 mask가 필요하게 되므로 고비용의 낭비를 초래할 수 있다².

이를 극복하기 위해 직접 기판상에 패턴을 그려나가는 방식인 direct writing방식으로 전자부품과 센서개발공정에 적용하고 있는데³, 이는 복잡한 CAD/CAM 소프트웨어와 고가의 제어장치가 필요하게 되며, 유지와 보수가 필요하며 공정이 다소 복잡한 단점이 있다⁴.

이런 단점을 극복하기 위해 또 하나의 방법으로 제시하는 것이 SLM(Spatial Light Modulator)을 이용한 동적(dynamic) 마스크법이다. 최근 일본 Osaka Univ.에서 개발되었던 방법으로 TFT-LCD를 이용하여 제품의 단면을 CAD에 의해 디스플레이한 후, 이를 선택적으로 노광하여 사용하였는데, 3차원 구조물 제작시 두께의 제어가 direct writing에 비해 까다로워 실제 적용이 어렵다는 단점이 있다⁵. 또한 국내에는 포항공대의 Micro-stereolithography(MSL)법을 들 수 있는데^{6,7}, 선폭은 최대 $5\mu\text{m}$ 로 좋은 성능을 보이지만, CAD/CAM 소프트웨어를 따로 구성하여야 하고 반도체 패턴용 PR을 주로 사용하기 때문에 direct writing에 적용하기는 비교적 어려웠다.

또 하나의 방법으로 본 연구에서 제시하는 공정은 백 마이크론대의 선폭을 가지는 미세패턴을 형성할 경우, 개발단계에서 설계상의 오류에 의한 많은 수의 마스크들을 필요로 하는 단점을 보완하기 위해 마스크리스 패턴을 SLA에 의해 직접 기판(substrate)으로 사용된 실리콘 웨이퍼상에 형성하고자 하였고, 이를 에칭을 위한 마스크로도 적용하고자 한다.

2. 이론적 배경

2.1 포토 공정

기존의 실리콘 프로세스에서의 패턴형성법은 E-beam을 이용한 direct writing과 마스크를 이용한 노광법이 주를 이루고 있다.

포토공정은 기판의 최상층을 마스크의 선택적인 투과를 통해 패턴을 형성하거나 제거하는 기술이다. 이 작업은 마스크로부터 패턴이 기판으로 옮겨지는 것을 말하며, 이 마스크의 제작은 반도체 공정중의 가장 중요한 작업 중의 하나이다.

포토공정 중 패턴을 형성할 때 사용되는 PR은 빛이나 방사, 열등 여러 형태의 에너지에 노출되었을 때 내부구조가 바뀌는 특성을 가진 화합물이다. 반도체에 적용되는 PR은 선택적인 광반응뿐만 아니라, 최종적으로 에너지에 노출된 부분에 대해 현상(developing)공정에서 positive인지 negative인지에 따라 상이한 패턴이 형성되며, 화학적으로 반응을 종료시켜 안정된 상태를 유지시켜 준다.

2.2. 기존의 패턴형성법

마스크는 필요한 전기적 설계인자들을 물리적으로 나타내는 것부터 시작하는데, 이 마스크는 유리 혹은 투명 기판위에 에멀전(emulsion)이나 크롬(chromium), 산화철 박막 등으로 제작된다.

기존의 포토공정은 Fig. 1과 같이 먼저 마스크를 제작하고, 이를 이용하여 UV 노광하에 PR을 선택적으로 광경화시켜서 패턴을 만들게 된다. 일반적으로 Fig. 2와 같이 먼저 PR도포를 위해 웨이퍼 혹은 기판을 산화시킨 후 스펀코터(spin coater)를 이용하여 PR박막을 기판 상에 형성하고 soft baking한 후에 준비된 마스크를 이용하여 노광을 하면 패턴이 생성된다. 이에 현상(developing)과 hard baking 과정을 거치면 패턴의 제작이 완료된다.

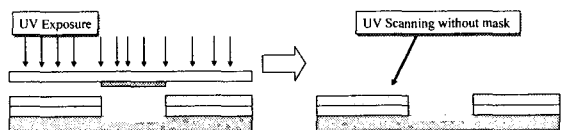


Fig. 1 Photolithography & direct writing lithography

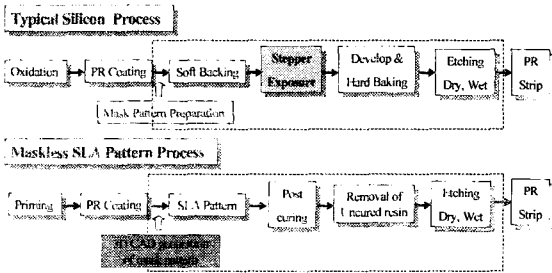


Fig. 2 Comparison of typical silicon process & suggested maskless process

일반적으로 사용되고 있는 포토공정은 마스크의 제작이 필수적이다. 이는 반도체 공정이 고밀도, 고집적화되고 소형화되면서 점차 다층공정이 필요해짐에 따라 적층되는 수에 해당하는 만큼의 마스크를 필요로 하게 된다. 따라서 IC칩 설계 또는 MEMS부품 등의 개발시, 설계상의 오류를 계속적으로 수정 및 보완하는 개발과정에 필수적이기 때문에 마스크는 비효율적인 요소가 내재되어 있다.

3. 제안된 패턴형성법

MEMS분야에서나 다층 PCB분야에 있어, 특히 개발단계나 설계상의 오류에 의해 많은 마스크들이 요구된다. 이런 단점을 보완하고자 패속조형공정중의 하나인 SLA(Stereolithography Apparatus, 광조형기)를 이용하여 마스크 없이(mask-less) 패턴을 형성하는 방법을 제안하고자 한다.

이를 위해 SLA에 사용되는 광경화성 수지를 PR로 사용하여 패턴을 형성하고, 그 패턴에 대한 정보를 3차원 CAD시스템을 통해 모델을 설계한다. 추출된 STL 포맷을 바탕으로 SLA를 위한 CAD/CAM 시스템을 통해 식각되어야 하는 부분을 반전시켜 SLA의 구동부에 전달한 후, 이를 구동부에 연결된 갈바노 미러에 의해 direct writing을 수행하여 패턴을 형성하고자 한다.

전체 공정의 흐름은 Fig. 3과 같다. 기판상에 광경화성 수지에서 패턴에 대응하는 부분을 자외선 레이저인 He-Cd laser에 의하여 경화시킨 후, 반경화(semi-cured) 혹은 미경화된(uncured) 수지를 제거하여 PR패턴을 형성하고, 이를 마스크로 이용하여 선택적 에칭을 통해 패턴을 완성한다.

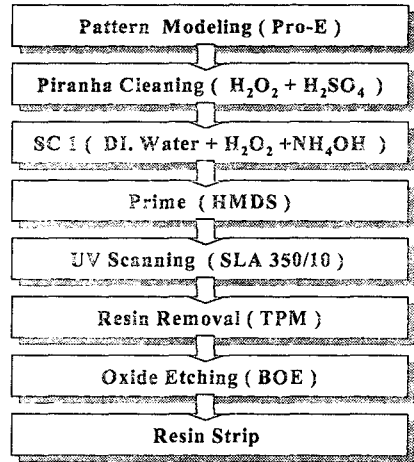


Fig. 3 Proposed overall process flow

3.1 마스크용 3D CAD 데이터 제작

기판 위에 도포된 광경화성 수지를 경화시켜 패턴을 형성하므로 SLA장비가 그 부분을 인식할 수 있도록 패턴에 해당하는 부분에 대한 3D Modeling을 수행한다.

통상적으로 사용되는 SLA와 같은 패속조형장비의 경우 CAD데이터로 STL(Stereo-lithography)포맷을 사용한다. 본 실험에서도 이 포맷을 사용하여 두 가지 형태의 패턴을 설계하였다. 하나는 positive인 패턴 A로 일정 선간격(line-space)을 가지나 선폭(line-width)을 0.5mm를 기준으로 각각 0.05mm씩 변화를 주어 선폭의 변화와 패턴형성모양에 대한 관계를 관찰하고자 하였다. 이와는 반대로 negative인 패턴 B로 일정선폭을 가지나 선간격을 0.2mm를 기준으로 각각 0.05mm씩 변화를 주어 에칭 mask용 PR패턴과 에칭된 패턴의 형성과 모양에 대해 관찰하였다.

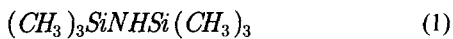
이런 방식으로 패턴을 설계한 이유는, positive의 경우 SLA가 가지는 최소선폭보다는 클 것이라는 전제하에 총 25개의 패턴을 0.5mm를 기준으로 0.05mm만큼씩 폭을 줄인 패턴을 제작하였고, negative의 경우 적어도 SLA가 가지는 최소선폭보다는 작을 것이라는 전제하에 0.2mm를 기준으로 0.05mm만큼씩 폭을 줄인 패턴을 제작하였다.

CAD데이터를 추출을 위해 Pro-Engineer 2002를 사용하였으며, 기판위에서 패턴을 형성하였기 때문에 지지대(support) 형성을 생략하였다.

3.2 전처리 공정(Pre-processing)

수지를 도포하기 전에 기판표면에 잔류물이나 이 물질이 남게 되면 기판과 경화된 PR과의 접합성에 영향을 미치게 된다. 이는 후처리과정에서 패턴이 떨어지거나 에칭결과에 결함(defect)을 초래하므로 반드시 제거해 주어야만 한다.

본 연구에서는 반도체 공정에서 사용되고 있는 RCA세정공정 중의 하나인 Piranha 세정공정을 이용하여, 황산과 과산화수소와 물을 1:1:4로 혼합하여 패턴이 형성된 하부층에 유기물 오염이 잔류하지 않도록 하였다.



또한 무기물인 실리콘 웨이퍼와 유기물인 광경화성 수지와와의 접합성을 높이기 위해 Prime처리를 수행한다. 본 실험에서는 스피코터를 이용하여 HMDS(Hexa-methyl di-silazane)를 도포한 후, 60℃에서 1시간 정도 방치하였다. 식 (1)은 HMDS의 분자식을 보여주고 있으며, 이 과정은 기판의 재질에 따라 달라지는데 일반적으로 50~80℃의 온도에서 NH_3 가 되어 증발되고 이에 의해 기판표면이 소수화(hydrophobic)되어 이후에 도포될 광경화성수지와의 밀착성을 증대시킨다.

본 논문에서는 다음 절에서 최종 패턴형성에 prime처리가 어떤 영향을 미치는 가를 측정하고 비교하였다.

3.3 수지도포과정

광경화성 수지를 일정한 두께로 도포하기 위한 하나의 방법이 스피코팅(Spin coating)인데, 이 방법은 기판의 상면에 광경화성 수지를 도포한 후 고속 회전(spin)에 의하여 일정한 두께의 광경화성 수지층을 형성하는 방법으로 특히 여러 막의 형성방법 중에서 초박막의 형성이 매우 유리하며 균일한 두께층을 성형하는 것이 가능하다는 장점을 가지고 있다.

본 시스템에서는 현재 SLA에서 사용하고 있는 상용수지인 SL5170을 이용하였으며, SLA장비 내에서 가공조건 또는 셋업(setup) 변경이 없이 바로 적용할 수 있도록 하였다. 그러나 현재 SLA에서 사용되고 있는 광경화성 수지는 비교적 점도가 높고 일정 이상의 전단력(shear)을 주게 되면 기포(bubble)가

발생되어 패턴형성에 악영향을 미치게 되므로 본 연구에서는 전단력을 주지 않고 jig에 고정된 후 SLA장비내의 squeezer를 이용하여 기판을 SLA장비내에 고정시켰다.

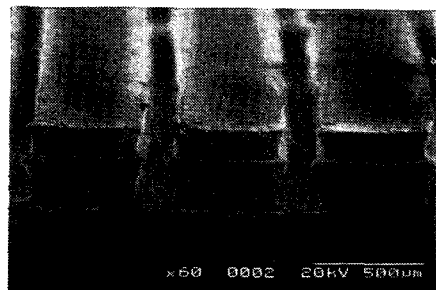
3.4 SLA에 의한 패턴형성

SLA에 의한 direct writing방법은 3D CAD 데이터로부터 만들어진 단면 데이터를 바탕으로 경로를 생성한 후 갈바니 미러(galvanic mirror)를 사용하여 원하는 부분의 광경화성 수지에 주사하게 된다.

박막으로 코팅된 광경화성 수지는 SLA장비에 내장된 UV(He-Cd) 레이저로 인해 경화되는데, 3D CAD로부터 얻어진 STL로부터 주사경로(scan path)를 생성한다. Fig. 4(a)는 HMDS prime처리가 된 패턴이고 Fig. 4(b)는 prime처리를 하지 않은 패턴을 SEM으로 촬영한 결과이다.



(a) with HMDS prime



(b) without HMDS prime

Fig. 4 SEM photographs of wafer surfaces of maskless PR mask patterns

Fig 4(a)에서도 나타난 바와 같이 prime처리에 의해 생성된 패턴은 소수화 되었기 때문에, prime처리를 하지 않은 Fig 4(b)와 비교하여 실리콘 웨이퍼 기판과 광경화성수지와와의 접합성이 증대됨을 보이고 있다. 특히 이 패턴을 에칭 마스크로 적용할 때는, 기판과 형성된 패턴간의 접합성이 높아야 하므로, 이 과정은 필수적이라 할 수 있다.

또한 접합성 뿐만 아니라 표면상태에 있어서도 경화된 패턴부와 미경화된 수지와와의 분리(separation)가 원활하여 깨끗한 PR패턴형상을 얻을 수 있었다.

3.5 후처리 과정

Fig 4(a)는 prime처리와 후처리과정을 거쳐 에칭을 수행하기 전 단계의 negative 패턴을 보여주고 있다. 특히 negative의 경우는 흰 부분이 패턴이 생성된 부분으로써 에칭시 남아있는 부분이 된다. 하지만 광경화에 사용된 빛 에너지의 가우시안 분포(gaussian distribution)에 의해 경계부근에서 반경화나 미경화된 부분이 존재하게 된다. 특히 이는 경화된 패턴과 기판간 혹은 패턴과 패턴간의 형상오차가 될 확률이 높다.

이 부분의 제거를 위해 spin coater를 이용하여 계면활성제를 일정한 rpm으로 저속 회전시키면서 웨이퍼에 남아 있거나 패턴에 붙어 있는 미경화수지나 반경화수지를 제거한다.⁸

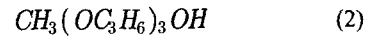
Fig. 5(b)는 미경화수지의 잔존을 확인하기 위해 prime처리를 하지 않고 패턴을 형성한 후, 광경화성 수지의 경화부분을 제거하여 아직 남아있는 반경화수지 및 미경화된 수지부분에 대해 SEM사진을 통해 관찰하였다.

Fig. 5(b)에서 나타난 바와 같이 미경화수지에 의해 에칭공정에 영향을 미칠 정도의 영향을 주는 것을 알 수 있으며 이는 Beer-Lambert Law⁸에 의해 광경화성 수지의 표면에 조사된 He-Cd laser beam의 중심으로부터 반응이 시작되어 완전경화가 이루어지지만, 가장자리부로 갈수록 반경화 혹은 미경화된 부분들이 남아 있음을 알 수 있다. 이 부분들은 결국 에칭을 수행하였을 때 패턴의 오차율이 되며, 결국 식각성능에 좋지 않은 영향을 끼치게 된다.

이의 제거를 위해 상용 SLA에서 많이 이용되고 있는 에테르(ether)계 알콜류 중 광경화성 수지의 주성분인 에폭시에 가장 계면분리효과가 좋다고 알

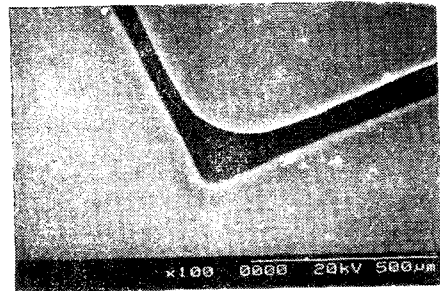
려져 있는 TPM(Tri-propylene glycol mono-methyl ether)을 사용하였다. 식(2)는 TPM의 분자식으로 실험에 사용된 재료는 Dow Chemical의 DOWANOL™ TPM 원액을 사용하였다.

본 실험에서는 5초간 용액에 dipping후, 10분간 TPM을 연속적으로 공급하면서 spin drying을 수행하였으며, 이의 결과를 Fig. 5(a)에 나타내었다. 또한 Fig. 5(b)에서는 prime처리를 하지 않은 패턴을 나타내어 이의 결과를 비교하였다.

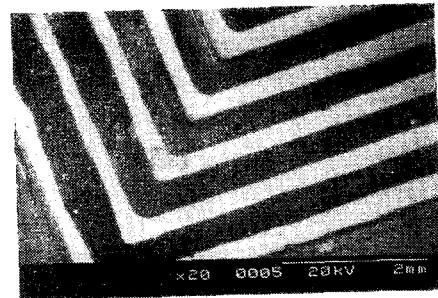


3.6 경화된 패턴의 에칭마스크로의 적용

본 공정을 통해 얻어진 negative 패턴을 이용하여 에칭을 수행하여 에칭 마스크로서의 특성을 분석하였다. 에칭트로는 Diluted HF(물:HF=10:1)를 사용하여 wet-etching을 수행하였다.



(a)



(b)

Fig. 5 SEM photographs of maskless patterned wafer surfaces of (a) negative patterning with priming and (b) uncured resin without priming

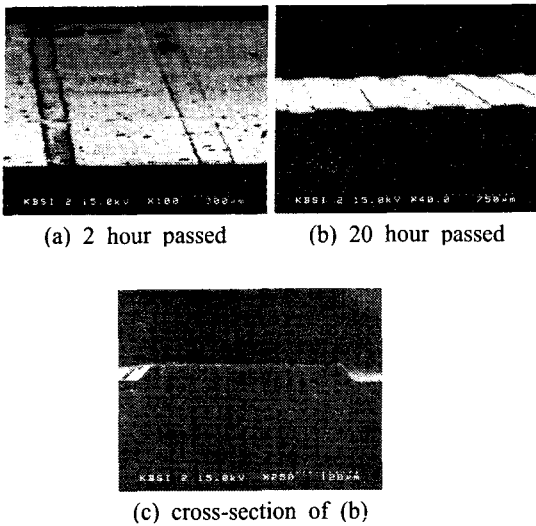


Fig. 6 SEM photographs of etched pattern by etching mask by SLA

4. 실험결과 및 고찰

4.1 마스크 패턴의 치수정밀도 분석

Fig. 7은 Fig. 5의 패턴 A와 패턴 B를 광학현미경으로 관찰한 후, 그 결과를 나타낸 그래프이다. 패턴 A의 경우는 선폭만을 측정하여 Fig. 7(a)에 나타내고, 패턴 B의 경우는 선간격만을 측정하여 Fig. 7(b)에 나타내었다. 전자의 경우는 positive 패턴에 해당하고 후자의 경우는 negative 패턴에 해당한다.

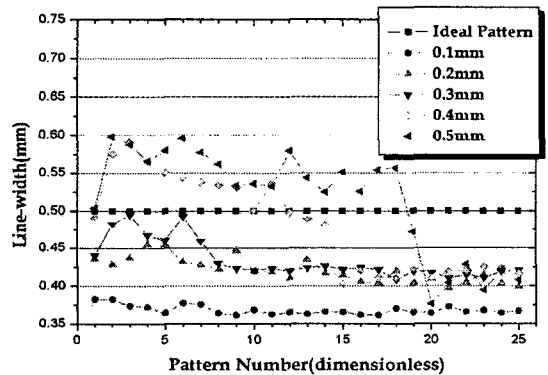
Fig. 7(a)의 경우 선폭의 설계치와 실측치와는 많은 차이가 있음을 알 수 있다. 이는 사용된 장비에서 실제 레이저로 한 선을 그을 때 0.36mm로 고정되어 있다는 것을 알 수 있다. 일반적으로 SLA의 정밀도는 0.1mm의 최소선폭으로 알려져 있으나 사용되는 광경화성 수지의 품질 및 상태와 사용환경 등에 따라 많은 차이가 나는데, 한번의 scanning으로부터 얻어지는 선폭은 레이저의 광량이나 광학부의 조정 혹은 위치변경, recoater의 위치조절과 같은 기계적인 조작만으로는 정밀도의 획득이 힘들고, PR의 경화특성을 조절하는 등의 화학적인 측면의 개선이 요구된다고 할 수 있다.

따라서 Fig. 7(a)와 같이 positive 패턴의 경우는 SLA의 정밀도를 그대로 반영하는 것이라 할 수 있으며, 향후 다양하고 정밀화된 SLA공정의 진보에

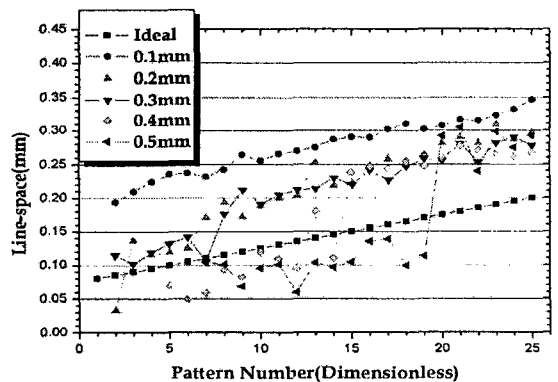
의해 개선될 수 있으리라 전망된다.

Fig. 7(b)는 이를 극복하기 위해 선폭간의 간격을 이용한 패턴방식인 negative형이며 etching mask로 사용되는 패턴 B를 측정한 그래프이다. 먼저 전체적으로 본다면, 두께가 두꺼울수록 패턴의 설계치에 근접함을 관찰할 수 있다. 이는 Beer-lambert law⁸에 따라 광경화성 수지에 수반되는 수축(Shrinkage)과 장비가 가지는 근사오차(cut-off error) 등에 의해 일정한 간격을 내지 못함을 알 수 있다.

또한 두께가 얇은 경우 패턴의 설계치와는 상당한 오차가 보임을 알 수 있었으나 비교적 일정하게 유지됨을 알 수 있다. 하지만 오차율이 커서 본 SLA장비에서의 해상도인 0.36이하의 패턴을 형성하고자 한다면, 그 해상도 이상의 패턴선폭을 가져야만 한다고 볼 수 있다.



(a) Line-width according to line-space in a pattern A



(b) Line-space according to line-width in a pattern B

Fig. 7 Optical measurement of etching mask pattern

먼저 Fig. 7(a)의 패턴A의 선폭을 살펴보면 선폭이 클수록 패턴의 정밀도가 떨어지는 것을 알 수 있다. 이는 위에서 살펴본 바와 같이 최소단일선폭이 0.36mm이라고 볼 수 있으며, 실제 SLA에서는 0.36mm 이상이 되는 선폭을 구현할 때 두 개 이상의 선으로 인식하여 두 번 이상의 zigzag 스캐닝을 수행한다는 것을 의미한다. 또한 SLA는 3차원 조형을 위주로 하는 장비인 이유로 전체적인 파트의 수축률을 고려하기 때문에 0.4mm 이상의 선폭을 가지게 되면 두 번 이상의 스캐닝을 거치게 되므로 설계된 치수를 초과 혹은 감소한 패턴을 생성하게 되는 것으로 보인다. 이는 SLA의 공정 특성으로 보여지며, 선간격이 좁아질수록 이러한 오차들이 더 커지는 것을 알 수 있다.

Fig. 7(b)의 패턴 B의 선간격을 살펴보면 선폭의 정밀도와 거의 유사함을 보인다. 이는 일정 선폭에 대한 다소 비선형적인 오차가 발생됨으로써 자연히 선간격도 바뀌게 된다. 이 두개의 패턴을 분석해보면 패턴의 선폭이 작을수록 선폭과 선간격의 정밀도는 증가하게 되지만 SLA가 가지는 스캐닝 특성에 따라 상당한 오차를 만들어내게 된다.

결론적으로는 SLA에 의한 직접 패턴형성에서의 positive 패턴의 정밀도를 좌우하는 인자는 가공장비나 광경화성 수지의 경화성능에 따른 최소단일선폭(minimum single line-width)이라고 규정지을 수 있으며, negative 패턴의 정밀도를 좌우하는 인자는 광경화성 수지와 가공장비의 정밀도(precision)라고 규정지을 수 있다. 이는 광경화성 수지의 수축률과 레이저의 광량 및 spot 크기조절에 의해서만 좌우된다고 설명할 수 있다.

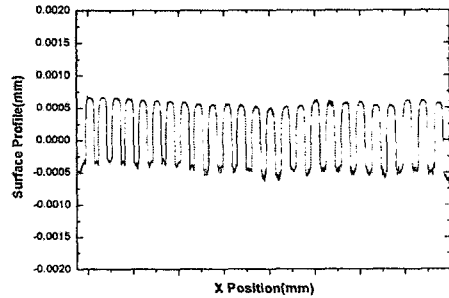
4.2 에칭된 패턴의 치수정밀도 분석

SLA와 광경화성 수지로 제작된 패턴을 에칭용 mask로 적용의 가능성과 적합성을 판단하기 위해 장시간 에칭을 수행하여 Fig. 6과 같이 약 30 μ m의 깊이를 가지는 패턴을 제작하였다.

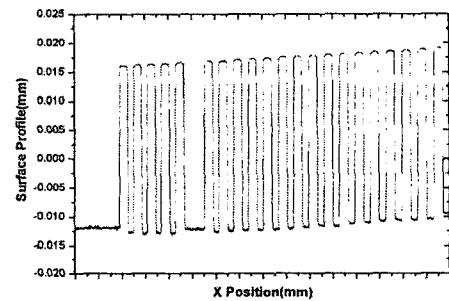
에칭된 패턴의 치수정밀도를 분석하기 위해 패턴을 접촉식 조도계인 Surf-tester를 이용하여 Fig. 8과 같이 패턴의 형상을 측정하였다.

Fig. 8(a)의 경우는 에칭시간이 짧은 2시간을 기준으로 25개 패턴이 모두 제대로 형성되어 있는 것을 볼 수 있다. 여기서 기준으로 잡은 2시간은 반도체 공정 중에 수행되는 에칭 중 가장 긴 시간으로

잡은 것이다.



(a) 2 hour passed



(b) 20 hour passed

Fig. 8 Surface roughness measurement of etched pattern

Fig. 8(b)는 상당히 오랜 시간인 약 20시간 동안 에칭을 수행한 결과이며, 선폭이 작은 패턴의 경우 몇 개가 소실된 것을 볼 수 있다. 이는 선폭이 작을수록 에칭트중에서 수축이 발생되었기 때문이라고 생각된다.

5. 결론

본 실험에서는 상용으로 사용되고 있는 광조형기인 SLA를 이용하여 패턴으로 사용될 부분을 3차원 CAD작업을 거친 뒤, 상용으로 사용되고 있는 광경화성 수지인 SL5170을 이용하여 기판으로 실리콘 웨이퍼의 표면에 패턴을 제작하는 공정과 이 패턴을 이용하여 패턴식각을 수행하는 공정을 제시하였다.

본 공정은 반도체 제작공정에서 60%정도의 생산비를 차지하는 노광공정에서 마스크의 제작공정을 단축하고, 제작비용을 절감할 수 있다는 장점이 있다. 또한 현재 상당한 수준에 올라있는 반도체

기술에 비추어볼 때, 반도체 시장에 적용될 정도의 정밀도에는 다소 미치기 어려우나 최근 많은 제작이 예상되는 MEMS나 마이크로 머신부분, 특히 meso-scale의 펌프 및 밸브등의 분야에는 상당한 수요가 예상된다. 본 연구에서 제안한 공정의 장점을 요약하여 보면

비용의 측면에서 시제품 개발 혹은 소량제작의 경우 고가의 마스크 제작비용을 줄일 수 있다.

시간적인 측면에서 마스크의 제작시간이 없어지고 CAD/CAM에 의한 제작시간 도출이 가능할 뿐만 아니라 제작자에게 CAE를 통한 해석등의 다양한 부가적 기능을 제공할 수 있다.

단점으로는 정밀도의 측면에서 positive인 경우 SLA장비의 정밀도를 높이기 어려워 선평의 개선이 용이하지 못하다. 이를 위해 전용장치의 개발이 요구되며 광경화성 수지의 정밀도를 높이고 광학기술 등의 요소기술과의 개선보완이 요구된다. 또한 설계치와 실측치의 오차가 최대 10%정도로 비교적 크다는 것도 단점이라 할 수 있다.

미경화수지의 제거가 단층작업의 경우는 비교적 용이하지만 다층의 경우는 어려웠다. 이를 위해 반도체 공정에서 사용되고 있는 ashing공정을 적용하여 미경화부분을 깨끗이 제거한 후 post-curing 공정을 적용할 필요가 있다.

후 기

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구과제인 (R01-2003-000-11612-0)의 지원으로 수행되었으며 이에 관계자 여러분께 깊이 감사드립니다.

참고문헌

1. Jeong, H., Son, J., Im, Y., Cho, J., "A Study on color properties of multi-color functional prototype development using SLA," Proc. of kspe, pp. 824-828, June, 2000.
2. Harriot, R., "Limits of lithography," Proc. of the IEEE, Vol. 89, No. 3, pp. 366-374, March, 2001.
3. Pique, A., Chrisey, D., "A novel laser transfer process for direct writing of electronic and sensor materials," Applied Physics A69 - Material Science & Processing, pp. 279-284, 1999.
4. Paufler, J., Brunn, St., Korner, T., Kuhling, F., "Continuous image writer with improved critical dimension performance for high-accuracy maskless optical patterning," Microelectric Engineering, Vol. 57-58, pp. 31-40, 2001.
5. Hayashi, T., Miyoshi, T., Tanaka, Y., Takahashi, S., "Direct 3D forming using TFT-LCD mask," The 8th International Conference on Rapid Prototyping, pp. 172-177, 2000.
6. Farsari, M., Birch, P., "A novel high-accuracy microstereolithography method employing an adaptive electro-optic mask," Journal of Material Processing Technology, pp. 167-172. 2000.
7. Chung, S., Im, Y., Jeong, H., "A study on micro-replication of real 3D-shape structures using elastomeric mold : from pure epoxy to composite based on epoxy," Int. Journal of Machine Tools & Manuf, Vol. 44, pp. 147-154, 2004.
8. Jacobs, P., "Rapid Prototyping & Manufacturing," Society of Manufacturing Engineers, 1992.