

나노초 UV 레이저 응용 반도체 기판 소재의 projection ablation 가공

Projection ablation of an IC substrate material using a nanosecond UV laser

*.#손현기¹, 최한섭², 박종식³

*.# H. Sohn (hsohn@kimm.re.kr)¹, H. Choe², J.S. Park³

¹한국기계연구원 광응용기계연구실, ²(주)큐엠씨 연구소, ³(주)리스광시스템 응용광학설계팀

Key words : PCB, projection ablation, metal mask, build-up film, ceramic filler

1. 서론

IC 칩의 실장(mounting)에 사용되는 반도체 기판(IC substrates)은 세라믹 분말(ceramic fillers)이 함유된 폴리머 필름(build-up film)을 반복적으로 적층하는 방식으로 제작된다. 기존 공정(Semi Additive Process)은 에칭을 기반으로 양각 형태(additive)로 도선 패턴을 제작하고 있으나, 향후 반도체 기판의 도선 패턴 선평이 지속적으로 감소할 것으로 전망되어 음각 형태(negative)의 도선 패턴을 제작하는 공정 개발 연구가 진행되고 있다.

레이저 패터닝 공정은 집속된(focussed) 레이저 빔을 이용하는 direct ablation 방식과 가공한 패턴이 형성된 마스크와 균일화된(homogenized)을 레이저 빔을 이용하는 projection ablation 방식이 있다. 일반적으로 후자의 경우에 상대적으로 높은 생산성을 보이나, 대부분의 경우 엑시머 레이저와 금속 마스크(Fine Metal Mask)를 사용해야 하므로, 투자 및 유지비용이 높고, 마스크 제작이 어려운 점이 있다.

본 연구에서는 UV 나노초 레이저와 금속 마스크를 이용하여 레이저 공정용으로 개발되고 있는 반도체 기판 소재에 대한 projection ablation의 적용 가능성에 대한 기초 연구를 수행한다. Projection ablation 실험 장치를 구성하는 f-theta lens와 projection lens를 설계 및 제작하고, 이를 이용하여 기존 에칭 공정의 최소 도선 패턴 이하의 치수(선평/깊이)를 갖는 도선 패턴을 가공한다.

2. 실험 방법

반도체 기판의 projection ablation에 사용된 레이저의 파장은 355nm, 평균출력 33W, 펄스 반복율 300kHz, 펄스폭 40ns이다. 레이저 빔을 집속하는

f-theta lens의 초점거리 150mm, 조사영역 40mm × 40mm이며, projection lens의 비율은 1:1로 설계되었다. Fig. 1에서 사용된 실험 장치를 나타내었다.

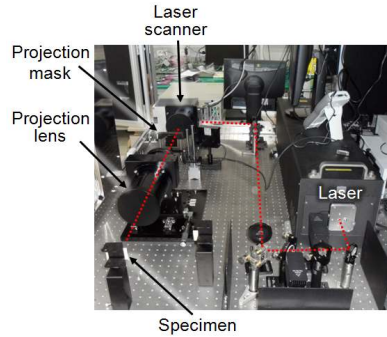


Fig. 1 Experimental setup for the projection ablation

3. 실험결과 및 토론

실험에 사용한 f-theta lens의 초점거리와 조사영역으로부터 최적 설계를 수행하여 설계치를 구하고 제작하였다. 설계 시 레이저 스캐너의 galvanometer의 회전 각도에 따른 성능을 비교하였다.

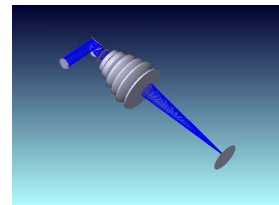
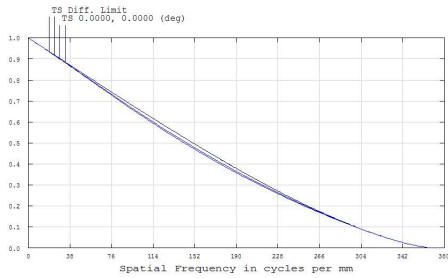
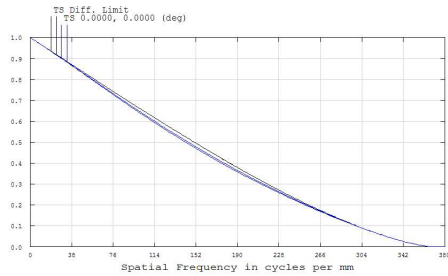


Fig. 2 Ray simulation of the f-theta lens



(a)



(b)

Fig. 3 MTF data at mirror angles of (a) 0°, 0°, (b) 2.8°, 2.8°

설계 후 공차 분석(Newton ring, irregularity, thickness, air gap, surface decenter, lens decenter 등)을 통해 실제 제작된 f-theta lens의 성능을 확인하였다.

Projection lens의 비율이 높을수록 마스크 제작은 용이하게 되나, lens의 직경이 증가하여 제작 및 비용이 크게 증가하게 된다. 본 연구에서는 비율을 1:1로 하여 projection lens를 설계 및 제작하였다.

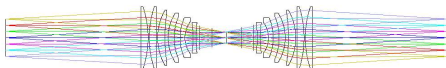


Fig. 4 2D configuration of the projection lens

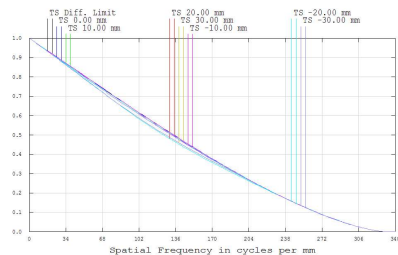


Fig. 5 MTF graph of the designed projection lens

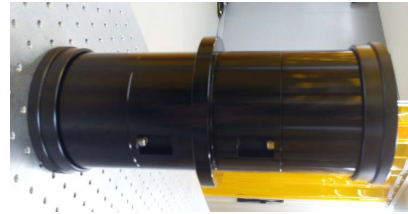


Fig. 6 The fabricated projection lens

제작된 실험 장치를 정밀하게 정렬하고, 패턴 선폭이 15 μ m인 FMM를 적용하여 반도체 기판 소재에 도선 패턴을 가공하였다. 실험에서 레이저 빔은 레이저 스캐너와 f-theta lens를 이용하여 raster 방식으로 조사하였으며, 가공된 도선 패턴의 치수(선폭/깊이)는 약 16 μ m/16 μ m인 것을 확인하였다.

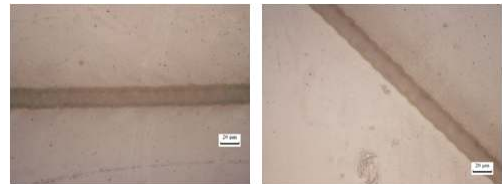


Fig. 7 Optical microscope image of line patterns on an IC substrate polymer

4. 결론

IC칩에 적용되는 반도체 기판 소재의 도선 패턴 가공을 위해 나노초 UV 레이저를 이용한 projection ablation 공정의 적용성을 검토하였다. 실험을 위해 f-theta lens와 projection lens를 최적설계 하였다. 기존의 에칭 공정의 경우 최소 도선 패턴과 유사한 치수를 갖는 도선 패턴의 가공하여 나노초 UV 레이저 기반 projection ablation 공정의 적용 가능성을 확인하였다.

참고문헌

1. Duley, W.W., UV laser: effects and applications in materials science, Cambridge University Press, 148-214, 1996.
2. Sohn, H., Shin, D.S., Choi, J., "Characteristics of direct laser micromachining of IC substrates using a nanosecond UV laser," J. of KSLP, Vol. 15, No. 3, 7-10, 2012.