

# 레이저를 이용한 하이브리드 TSV 가공공정에 관한 연구

## Study of TSV Drilling using Laser-based Hybrid Process

\*#신동식<sup>1</sup>, 서경<sup>1</sup>, 조용권<sup>1</sup>, 이내용<sup>2</sup>

\*D. S. Shin<sup>1#</sup> (dsshin@kimm.re.kr), J. Suh<sup>1</sup>, N. E. Lee<sup>2</sup>

<sup>1</sup>한국기계연구원 광응용기계연구실

<sup>2</sup>성균관대학교 신소재공학과

Key words : TSV, Laser, Hybrid process, CDE, Drilling

### 1. 서론

최근 IT제품의 소형화 및 다기능화에 따라 집적회로 기술에서 3차원 집적회로(3DIC)를 위한 패키징 기술의 중요성이 점차 증대되고 있다. 이러한 3차원 패키징 기술은 배선의 연결방법, 칩 간 접합방법에 따라 다양한 칩으로 구분되는데 작동성능(functionality) 및 집적도를 고려한다면 와이어 방식의 인터컨넥션 보다는 TSV(Through Silicon Vias)방식의 칩의 적용이 더욱 기대되고 있다.

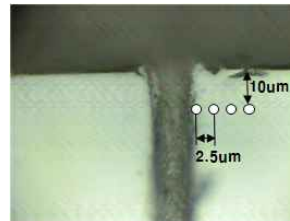
TSV의 제조를 위해서는 실리콘 웨이퍼에 드릴링을 통하여 관통홀을 구성하여야 하는데 일반적으로 레이저를 이용한 드릴링 방법과 DRIE(Deep Reactive Ion Etching)를 이용하는 방법으로 고려되고 있다.

DRIE공정은 기존의 레이저 가공공정에서 불가능하였던 10 $\mu$ m급 이하의 직경을 가공하는데 유용하게 적용이 가능하여 미세 비아홀 가공시장을 선점하고 있다<sup>1</sup>. 그렇지만 DRIE공정은 금속층 가공의 한계, 대면적 가공의 어려움, 낮은 깊이 균일도, 리소그래피 공정으로 인한 공정지연, 환경오염 그리고 플라즈마로 인한 회로의 손상에 자유롭지 못한 한계가 있어 이에 대한 대체공정이 필요한 실정이다.

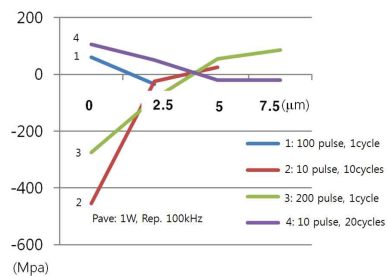
이에 반해 레이저 가공공정은 금속층의 가공이 가능하며 고속가공 공정이며 대면적 품목으로의 적용이 용이하고 웨이퍼의 가장자리와 중간의 깊이 차이가 없으며 리소그래피가 없어 생산성이 뛰어난 장점이 있다.<sup>2</sup>

레이저 가공공정은 상기 장점에도 불구하고 열적응향으로 인한 응력이 존재한다는 단점이 있는데 이를 보완하기 위한 노력은 극초단 펄스 레이저를 이용한 공정으로 진행되고 있다<sup>3</sup>.

극나노초 레이저를 이용한 가공의 경우 상부에 열적응향에 의한 용융물 형태의 재응착층(recast layer)이 형성되었으나 피코초 레이저의 경우 재응착층이 상대적으로 적게 나타났다<sup>4</sup>. 그렇지만 가공부의 측벽에 여전히 최대 600MPa 응력이 존재하고 있는데 이는 멀티칩을 구성하였을 경우 파손에 영향을 미칠 수 있는 결함으로 고려되고 있다 (Fig. 1 참조).



(a)



(b)

Fig. 1 Stress distribution around drilled hole: (a) cross-sectional view of drilled hole and (b) measured stress

이에 따라 새로운 형태의 가공공정형태인 하이브리드 공정을 고안하였는데 이는 레이저와 CDE공정으로 구성되었다. 본 발표에서는 이의 가능성을

검토하여 현장 적용성을 더욱 높이기 위한 실험을 다루고 있다.

## 2. 하이브리드 가공공정

한국기계연구원에서는 레이저 가공시 발생하기 쉬운 응력부의 제거를 위하여 하이브리드 공정을 제시하였다<sup>5</sup>. 본 공정은 극초단 펄스 레이저를 이용하여 최소한의 열영향부(HAZ)를 유지한 채 금속층 및 실리콘 층을 가공한 후 건식에칭과 같은 방법을 통하여 가공홀 내부의 용융층을 식각하여 측벽 균일도를 향상시키는 것을 목적으로 하고 있다.

본 하이브리드 공정은 실리콘 및 금속, 유기물 층을 형성하고 있는 회로층의 표면에 PR을 코팅한 후 극초단 펄스 레이저를 이용하여 가공한 후 CDE공정을 이용하여 응력부를 제거하는 공정으로 이루어져 있다 (Fig. 2 참조).

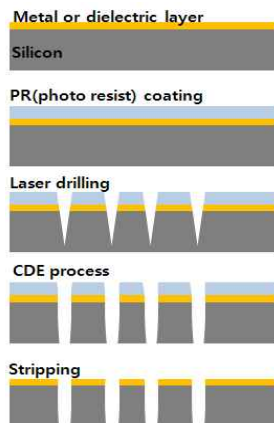


Fig. 2 Fabrication of Through Silicon Via using Hybrid process

## 3. 레이저 및 CDE를 이용한 하이브리드 가공공정

레이저 가공공정과 함께 하이브리드 공정의 구성요소인 CDE(Chemical Downstream Etching)공정은 Plasma 발생부와 공정부를 분리시켜 공정중 Wafer 내의 Damage를 최소화 하기위해 개발된 방식으로서 공급된 Gas를  $\mu$ -wave에 의해 여기 시킴으로써 Plasma 상태로 만들고 이때 생성된 Ion과 Radical을 가능한 손실 없이 Process Chamber 부로 이송시켜 Etching공정이 이루어진다.

본 실험에서 CDE공정으로 사용된 에칭가스는  $NF_3$ 이며 각각 1분 30초에 이르는 가공시간 및

1500sccm에 이르는 에칭가스를 적용하여 에칭한 결과 다음과 같이 가공선평이 다소 넓어진다는 것을 알 수 있었다. 이로서 열응력이 존재하고 있는 측벽 부 깊이가  $2.5\mu m$ 부분을 제거할 수 있었으며 이는 레이저를 이용한 TSV가공공정의 적용 가능성을 제시하고 있다(Fig. 3참조).

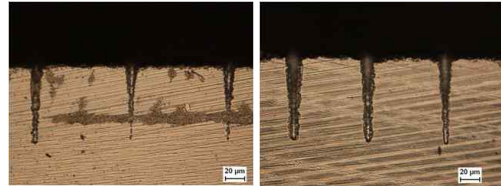


Fig. 3 Cross-sectional view of drilled holes through (a) laser and (b) laser and CDE process(1500sccm, 1.5min)

## 4. 결론

본 발표에서는 한국기계연구원에서의 진행 중인 극초단 펄스 레이저 드릴링 및 CDE를 이용한 하이브리드 공정에 대하여 실험적 가능성을 소개하였다. 하이브리드 공정의 실험결과 기존의 공정에서 부가공정으로 작용하던 마스크공정을 배제한 채 드릴링을 진행할 수 있었으며 건식공정인 CDE공정을 이용하여 레이저에 의해 발생하였던 응력부의 제거가 가능하다는 것을 보여주었다. 이는 향후 패키징시 잔류응력으로 인한 파손에 대한 우려를 해소할 수 있을 것으로 기대된다.

## 후기

본 연구는 지식경제부의 협동연구개발사업의 일환인 “차세대 반도체 MCP핵심기술 개발” 과제의 지원으로 수행되었습니다.

## 참고문헌

1. Alcatel Micro Machining Systems, <http://www.alcatelmicromachining.com>
2. XSiL, [www.xsil.com](http://www.xsil.com)
3. Coherent Inc, [www.coherent.com](http://www.coherent.com)
4. 신동식, 서정, 이제훈, 김경환, "레이저를 이용한 TSV 드릴링 공정", 한국 정밀공학회지 Vol 26(12), 41-46, 2009.
5. Shin, D. S, Suh, J. and Lee, J.H., "Fabrication of Through Silicon Via using Hybrid process," KIMM, No. 0103681, 2009 (patent pending).