

반응가스중에서 레이저에 의한 난가공재료의 미세가공

이 경 철, 정 재 훈, 이 천
 인하대학교 전기공학과

514 nm 파장의 Ar 이온 레이저를 현미경 대물렌즈를 이용하여 집속한 뒤 CCl_2F_2 가스 분위기에서 페라이트와 실리콘을 건식식각 하였다. Mn-Zn 페라이트는 VCR, audio, HDD, FDD 용 헤드로 이용되는 물질이다. 이러한 기록매체의 고정밀 가공법은 화학습식식각과 기계적인 가공법 등이 있지만 페라이트가 본래 깨지기 쉽고, 화학적인 반응성이 대단히 낮기 때문에 가공에 한계가 있다. 레이저 유도 식각은 단시간에 높은 종횡 비를 갖는 홈을 형성할 수 있고 빔의 집속특성에 따라 수 μm 의 선 폭을 갖는 홈을 형성할 수 있다. Mn-Zn 페라이트를 레이저 유도 건식식각하여 4 μm 이하의 선 폭을 갖는 홈을 가공하였다. 반응가스 중에서 페라이트가 레이저에 의해 식각되는 반응 매커니즘은 페라이트 표면에 분포하는 CCl_2F_2 가스분자들이 레이저 빔에 의해 해리 되고 기관의 MnO, ZnO 혹은 Fe_2O_3 분자들과 화학 결합을 형성한 후 레이저의 열에너지에 의해 기화한다. Auger 측정결과 이러한 반응을 통해 기관 표면에는 할로젠족 가스 분자(Cl 혹은 F)와 Mn, Zn, Fe 이 반응하여 일부 생성된 퇴적물을 확인할 수 있었고 이러한 반응 퇴적물은 초음파 세척기를 통해 제거가 가능하다. 레이저 유도 습식식각의 반응 용액의 농도의존성을 살펴본 결과 수소 반응기가 많은 고농도의 인산수용액에서 더 깊은 홈을 얻을 수 있었는데 건식식각의 경우에도 반응가스압이 높을수록 종횡비가 큰 홈을 얻을 수 있었다.

또한 이러한 레이저 가공기술을 이용하여 실리콘 기판위에 마이크로단위의 초소형 구조체들의 고속 가공 실현성 여부를 타진하기 위한 실험을 수행하였다. 실리콘 웨이퍼를 용융(melting)하기 위한 문턱값(threshold value) 은 공기 중에서는 980 mW, 3×10^{-1} Torr 의 진공에서는 400 mW, 그리고 CCl_2F_2 (1atm) 가스분위기 하에서는 300 mW 였다. CCl_2F_2 가스 500 mbar (375 Torr), 레이저 빔 출력 600 mW, 빔 주사속도 8 $\mu\text{m}/\text{sec}$ 에서 최소선폭 1.5 μm 를 얻었고, 동일 가스압, 출력 1.2 W 에서 빔 주사속도를 10 $\mu\text{m}/\text{sec}$ 로 했을 때 최대 홈깊이 41.3 μm 를 얻을 수 있었다.

집속된 아르곤 이온 레이저를 이용한 실리콘 건식식각에서 1회 스캐닝한 경우 매우 높은 식각율과 종횡비를 얻을 수 있었으나, 상변이에 의한 ripple 발생과 또한 높은 종횡비를 얻으면서 가공속도를 빨리 할 수 있는 측면에는 한계가 있었다. 빔을 depth of focus 만큼 조절하면서 재집속한 후 다중스캐닝하는 방법으로 종횡비를 높게 하며 선 내부의 ripple을 제거할 수 있었다. 최대 종횡비를 보여주는 주사속도에 비해 20 배 정도 빠른 속도에서 최대 10 회정도 다중스캐닝하여 최소 2~3배 빠른 가공속도를 얻을 수 있었다.