

실리콘 웨이퍼의 화학반응층 분석에 관한 연구

박준민*(부산대 학원), 정해도(기계공학부)

주제어 : 미세 구조물(Micro structure), 화학반응층(Chemically reacted layer), 인덴테이션(Indentation), 스크래칭 테스트(Scratching test), 동마찰계수(Dynamic friction coefficient)

미세 구조물의 구현을 위해 반도체산업에서 개발된 리소그래피(lithography)와 에칭(etching)기술에 기반을 둔 반도체프로세스(silicon process), 집적이온빔(FIB:Focused Ion Beams), 또는 LIGA 프로세스와 같은 가공방법이 개발되어 수행되어 왔으며, 이러한 프로세스는 소형화된 구조물의 구현이라는 장점을 지니고 있으나, 비용과 장비산업의 측면에서 단점을 지니고 있다. 이러한 이유로, 비용의 감소와 시스템의 단순화를 위한 노력의 일환으로 미세 기계가공에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히, M. Yoshiro 등은 실리콘의 스크래칭 실험을 수행하여, 높은 정수압이 프랙처(Fracture)를 줄이는데 중요한 역할을 한다고 발표하였다. 또한, F. Katsuki 등은 수산화칼륨 용액내에서 다양한 pH에 대한 실리콘 팁과 SiO₂막사이의 마모거동을 AFM을 통하여 관찰하여, Si-O-Si의 브릿지(Bridge)를 포함한 실리카가 수산화칼륨에 의해 용해되면서 결합의 파괴가 일어나는 것에 관한 연구를 수행한 바 있다. 가공 칩의 grain 크기가 작아짐에 따라 표면에서의 전단력은 급격히 증가하여 이론상 전단력까지 상승하게 됨으로써 가공을 수행하기 어렵게 된다. 특히, Si wafer와 같은 경도가 높은 경취성 재료에서는 연성재료와 달리 가공력에 따라 탄성, 소성영역으로 가공이 이루어지는 것이 아니라, 탄,소성영역없이 재료파단이 일어나는 특성이 뚜렷이 나타나게 되어, 미세 크랙(crack)이나 프랙처(fracture)없이 기계가공(milling, grooving)을 수행하기 어렵게 된다. 따라서, 본 실험에서는 미세 기계가공에 화학적 에너지를 부가하여, 가공재료 표면에서의 화학반응층을 형성하여 가공을 수행함으로써, 가공면의 품위(표면거칠기, 형상정밀도)를 향상시킬 수 있었다. 이에, 화학반응층에 대한 분석을 위해 MTS사의 Nano-indener XP™를 사용하였으며, 인덴테이션, 스크래칭 및 표면에서의 마찰계수에 대한 실험을 수행하였다. 또한, 표면에서의 화학적 에너지 변화를 관찰하기 위해 XPS분석기를 사용하였다. 본 실험을 위해 사용되어진 재료는 Si wafer (100)이며, 초음파 세척기에서 표면을 이소프로필알코올 내에서 5분간 세정후 실험을 수행하였으며, 실험상에 사용되어진 화학액은 수산화칼륨(KOH)으로, pH 12를 유지하기 위해 버퍼링 케미칼(buffering chemical)로 초산(acetic acid)이 사용되었다. Si wafer와 수산화칼륨에 의해 생성되는 Si(OH)₄는 연성(ductile)모드 특성을 나타낸다. 이러한 현상을 규명하기 위해 사용된 화학액의 농도를 0, 5 10 20wt%로 다르게 하여 실험을 수행하였다. Fig. 1에는 화학액의 농도에 따른 Si wafer 표면에서의 load-depth 응답곡선을 나타내고 있으며, 화학적 농도가 증가함에 따라 팁의 침투깊이(penetration depth)가 263.3nm(0wt%)에서 292.9 nm(10wt%)로 깊어짐을 보이고 있다. 하지만, 화학액의 농도가 20wt%의 경우, critical load와 침투깊이는 오히려 낮아지는 경향을 보이고 있는데, 이는 재료표면에서 단순한 화학반응을 수반한 것이 아니라, 에칭에 의한 영향이라고 판단된다. Fig. 2에는 실리콘 웨이퍼상에 화학반응층을 형성한 후, 반경 10μm의 PCD(Poly crystal diamond)를 이용하여 10mN의 가공력으로 형성된 미세채널의 SEM이미지를 보이고 있다.

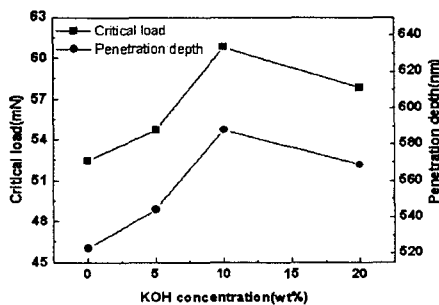


Fig. 1 Penetration depth and critical load for various chemical solutions

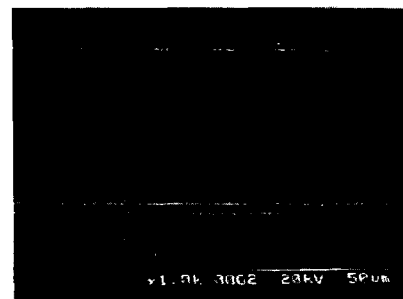


Fig. 2 Fabricated micro channel (KOH : 10wt%, applied load 10mN)