

## 공초점 원리를 이용한 현미경 자동초점

박정재\*, 김승우(KAIST)

주제어 : 자동초점, 공초점 현미경, 단일모드 광섬유, 광원 변조

현미경을 이용한 자동화된 검사 공정에 있어서 무엇보다 중요한 과정은 초점조절이며, 피 측정물의 선명한 현미경 영상을 얻기 위한 빠르고 신뢰도가 높은 자동초점조절 방법들은 일련의 검사공정에 있어서 필수 불가결한 요소로 자리매김 하고 있다. 일반적으로 널리 사용되고 있는 수동형 자동초점조절 방법들은 측정물체 표면의 영상대비 정보를 이용하는 방법으로 구성이 비교적 간단하지만, 최대 대비 위치를 찾기 위한 주사과정이 필요하므로 시간 소모가 크고, 시편에 대한 의존도가 높다는 단점이 있다. 반면, 능동형 방법은 보조광원을 사용하여 방향성이 실린 정보를 이용하기 때문에 수동형 방법에 비해 빠른 초점조절이 가능하지만, 별도의 검출기가 필요하고 광축 정렬이 매우 어렵다는 단점을 갖는다.

본 논문에서는 편출대신 광섬유를 사용하는 공초점 현미경 구조와 하나의 광섬유가 광원과 검출기의 역할을 동시에 수행하는 reciprocal scheme을 적용함으로써 간결하게 시스템을 구성하면서 광축 정렬을 용이하게 하였으며, 광원 변조를 통해 방향 정보가 실린 초점 오차 신호를 획득함으로써 빠른 초점조절을 구현하였다. Fig. 1은 본 논문에서 제안한 자동초점조절 시스템을 나타낸다. LD에서 출발한 광은 2x1 광결합기를 거쳐서 PZT에 고정되어 있는 광섬유 끝단으로 전파되고, 일정한 주파수와 진폭을 갖는 신호로 변조된다. 무한 보정 광학계를 거쳐서 측정 시편 표면에서 반사된 광은 다시 같은 경로를 통해 광섬유 끝단으로 입사되고, PD를 통해 검출된다. 종방향 특성 곡선상의 임의의 위치에서 변조 신호에 대한 출력신호는 그 위치에 따라 진폭과 위상이 달라지게 되는데, 광강도가 가장 크게 나타나는 초점 위치에서 진폭이 가장 최소값을 갖게 되며, 초점 위치를 지남에 따라 출력 신호 사이의 위상이 반전된다. 변조 신호와 반사된 변조 신호는 lock-in amp.의 두 입력으로 들어가게 되고, 반사된 변조 신호에 실려 있는 초점 위치에 대한 방향정보와 거리정보를 DC신호로 추출해내게 된다. 즉, Lock-in amp.상의 신호처리는 크게 PSD를 통한 곱과 저대역 통과필터로 구성되는데, 그 결과 종방향 특성 곡선의 미분 신호에 해당하는 초점 오차 신호를 얻게 된다.

Fig. 2는 거울면을 이용하여 예상되는 초점 위치에 대해 양쪽 방향으로 10 $\mu$ m 떨어진 위치에서 자동초점조절을 수행한 결과를 보여주는데, 제어가 끝난 위치에서 lock-in amp.신호는 양쪽 방향 모두 설정된 초점 영역 내로 수렴하였으며, 양쪽 방향의 초점 위치를 나타내는 위치 차이는 0.24 $\mu$ m으로 설정된 초점 영역에 대한 오차 범위인 0.6 $\mu$ m 내로 들어왔음을 확인하였다. 또한, 변조진폭 크기에 대한 신호의 영향을 실험을 통해 확인하였으며, 시편의 반사도와 기울기의 변화에 따른 lock-in amp.신호의 변화를 관찰함으로써 적용 가능한 측정대상의 조건을 예상할 수 있었다. 마지막으로 거울면에 대한 반복 실험을 통해 P.V.값으로 0.5 $\mu$ m를 얻었으며, 광원 변조의 유무에 따른 종방향 특성 곡선 반복 비교 실험을 통해 광원변조가 측방향 분해능에 영향을 주지 않음을 확인할 수 있었다.

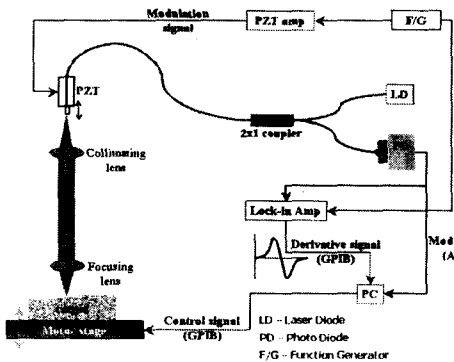


Fig. 1 공초점 원리를 이용한 자동초점 시스템 개략도

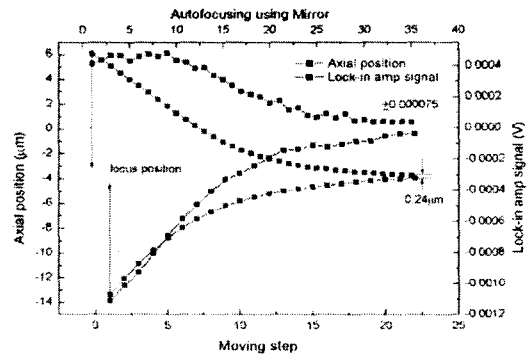


Fig. 2 거울면에 대한 자동초점조절 과정