소실파를 이용한 바이오센싱 및 바이오이미징

Evanescent wave based biosensing and bioimaging

김동현
연세대학교 전기전자공학부
e-mail : kimd@yonsei.ac.kr

소실파(evanescent wave)란 표면으로부터 세기가 지수적으로 감소하는 전자기파를 의미한다. 이러한 소실파 기반기술은 물리학, 화학, 재료공학, 생명공학 등의 여러 분야에서 관련 연구가 이루어지고 있을 정도로 많은 관심을 받고 있는 주제이다. 최근에는 금속 표면에 나노미터 스케일의 구조를 제작하여 기존에 알려지지 않았던 광학적 특성을 찾거나 기존의 성능을 개선함으로써 여러 가지 용도의 응용분야에 적용하기 위하여 이러한 현상을 이용하려는 다양한 노력들이 시도되고 있다.

소실파를 이용한 최근의 바이오센싱 및 바이오이미징 기술로서 가장 대표적인 기술로는 표면플라즈몬공명(Surface plasmon resonance)기반 기술 및 전반사이미징법(Total-internal-reflection microscopy)이 있다.

표면플라즈몬은 일반적으로 금속과 같은 전도체의 표면을 따라 진행하는 파동을 의미하는데, 전자기파인 빛이 금속의 표면을 진행하면서 자유 전자와 상호 작용으로 공명을 일으키게 되고 이런 현상이 집합적으로 작용할 경우 표면플라즈몬을 형성하게 되는 것이다. 표면플라즈몬은 금속과 유전 물질 사이의 경계면에서 전자기파와 금속 표면의 전자의 상호 작용으로 형성되고, 이러한 상호 작용에 의한 빛과 전자의 결합 특성으로 인해 금속 표면 근처에서 표면에 수직한 방향으로 field를 형성하게 되는데 생성된 field는 표면을 따라 그 크기가 지수적으로 감소하게 된다. 이러한 공명 현상이 없는 경우에, 입사된 빛은 금속 표면에서 거의 대부분 반사되지만, 공명 현상이 발생하는 조건에서는 표면플라즈몬을 발생시키면서 입사한 빛의 에너지가 플라즈몬으로 전환되거나 또는 금속이나 유전 물질에 흡수되어 반사되는 비율이 현저히 감소하게 된다. 이런 효과는 입사하는 빛의 각도를 조절하거나 파장을 바꾸어가며 금속 표면에서의 반사도를 측정함으로써 실험적으로 확인할 수 있다.

전반사이미징법은 빛의 전반사시 발생하는 소실파를 이용하여 형광염료를 여기시킨 후 발생하는 형광신호를 관찰하는 방법으로 박막상에서 일어나는 생화학반응을 실시간으로 관찰할 수 있는 장점이 있다. 소실파를 사용한다는 측면에서는 표면플라스몬공명과 유사한 방법이라고 할 수 있지만, 형광염료를 사용하고 일반적으로 스캐닝을 필요로 하지 않는다는 점에서 차이가 있다.

본 논문에서는 이러한 표면플라즈몬공명 기술 및 전반사이미징법의 원리와 다양한 응용분야를 고찰하고 나아가 서로 다른 두 기술의 융합의 가능성을 연구해보고자 한다.