

## 스캐닝 Heterodyne I/Q-간섭계를 이중 구조 시료에 대한 복합진단

### Complex Diagnostics of a Heterogeneous Structure by Using Scanning I/Q-Heterodyne Interferometer

권강혁, 김봉수, 조규만\*

서강대학교 물리학과, \*서강대학교 물리학과/바이오융합기술 협동과정

[malukwon@sogang.ac.kr](mailto:malukwon@sogang.ac.kr)

일반적인 헤테로다인 간섭식 광학 현미경의 경우 신호빛에 유도된 위상변화를 측정하여 표면 구조에 대한 이미지를 얻는다. 하지만 이 경우 표면 구조와 재질 등 물리적, 광학적 특성이 동시에 변하는 표면에 대하여서는 이들을 구분하여 분석할 수 없다. 우리는 위상과 반사율을 동시에 측정할 수 있는 헤테로다인 간섭계를 이용하여 복합적인 표면진단 기능을 갖는 스캐닝 현미경을 개발하였다. 표면으로부터 반사된 빛의 위상과 진폭의 변화를 측정함으로써 표면의 구조 및 재질변화를 유추 할 수 있고 이를 통해 표면의 복합적인 진단이 가능해 진다. 따라서 이와 같은 복합기능 현미경은 생체시료나 이중구조를 갖는 반도체 소자의 경우에도 복합진단에 유용하게 활용될 수 있다.<sup>(1)(2)</sup>

본 논문에서는 그림 1과 같은 이중구조를 갖는 시료를 사용하여 I/Q-헤테로다인 간섭계를 이용한 복합기능 스캐닝 현미경의 성능을 검증하였다. 시료는 quartz substrate위에 Al 구조를 증착하였고, 표면을 보호하기 위해 그 위에 SiO<sub>n</sub>으로 보호막을 입혔다. 우리가 개발한 스캐닝 현미경 기술은 이와 같이 이중구조를 갖는 시료에 대하여 내부구조를 정확하게 진단할 수 있다는 장점을 가지고 있으며 이는 이제까지 사용되어 온 어떠한 현미경 방법으로 얻기 어려운 기능이다. 예를 들어 Al 구조의 두께를 잴 수 있는 전형적인 접촉식 방법인 stylus의 경우 보호막 때문에 사용할 수 없으며, 표면의 3차원 구조를 진단할 수 있는 전형적인 스캐닝 두 빛살 간섭계의 경우에도 substrate와 Al 구조 사이의 반사율 차이 때문에 정확한 분석이 어렵다.

우리가 사용한 I/Q-헤테로다인 간섭계에 대한 자세한 구조는 앞선 학회 발표에서 자세하게 논의된 바 있다.<sup>(2)(3)</sup> 광원으로는 서로 수직으로 선 편광 되고 두 모드로 발진하는 안정화된 He-Ne 레이저 사용하였다. 레이저 빛의 일부를 이용하여 RF mixing에 대한 기준진동자(local oscillator)로 사용하였으며, 나머지 빛의 두 편광성분을 분리하여 헤테로다인 간섭계의 신호빛살과 기준빛살로 사용하였다. 신호 빛과 기준빛의 맥놀이 신호를 상용의 광대역 I/Q-복조화기(demodulator)에서 기준진동자와 mixing 시킴으로써 I-와 Q-신호를 얻을 수 있었으며 이를 컴퓨터로 처리하여 신호빛에 유도된 위상변화와 진폭 변화를 동시에 구분하여 측정할 수 있었다. 시료는 스텝 간격이 500nm인 x-y 이송장치(Sugawa Seiki, KS101-20MS)를 사용하여 광축에 수직하게 스캐닝 하였으며 스캐닝 하는 동안 얻어진 I/Q-값을 컴퓨터에 저장하여 이를 다시 우리가 개발한 데이터 처리 알고리즘을 이용하여 위상 신호로부터는 표면 구조에 대한 3차원 영상을 얻었고 위치에 따른 진폭변화로부터 국부적인 반사율 변화를 mapping 시켰다. 표면구조의 분석을 위해 100X 배율의 대물렌즈(Olympus, LMOFL 100X)를 사용하였고, 신호빛의 초점을 Al 형상 표면위에 맺히게 한 후 이 높이를 기준으로 하여 일정 높이로 스캐닝 하였다.

그림 2는 우리가 사용한 시료에 대한 일반 광학현미경 이미지이며 그림 3에 해당 시료에서  $50\ \mu\text{m} \times 15\ \mu\text{m}$ 을 선택하여 스캐닝한 (a)시료표면의 3차원 구조에 대한 이미지와 (b)같은 영역의 반사율 이미지가 나와 있다. 은 실험에 사용된 시료에 대한 구성도이다. 시료는 quartz 위에 Al pattern을 증착하고, 이것을 보호하기 위해서 전체를  $\text{SiO}_n$ 으로 덮었다. 이와 같이 시료의 pattern을 보호하기 위해서 산화막을 사용하였을 경우, AFM 등과 같은 접촉식 장비를 사용하면 산화막 내부 pattern을 측정하는 것이 아니라 pattern을 감싸고 있는  $\text{SiO}_n$  막을 측정하는 것이기 때문에 Al pattern의 정확한 폭과 두께에 대해 정확하게 측정하지 못한다는 단점과 Al pattern의 결함을 측정하지 못한다는 단점을 가지고 있다. 하지만  $\text{SiO}_n$  막은 투명하기 때문에 본 장치를 이용하여 대물렌즈의 초점을 Al pattern에 맺히게 하여 위상과 반사율을 동시에 측정한다면 pattern 구조에 대한 정확한 구조적 이미지와 물질 정보를 얻는다. 이 시료에 대한 표면 구조 분석을 위해서 100X 대물렌즈를 사용하였다. 그림 3.(a)의 결과로부터 유전체 보호막 내부에 있는 Al 구조의 두께가 약 150nm로 측정되었으며 해당 패턴의 제작자를 통해 이 값이 실제값과 같음을 알 수 있었다. 그림 3.(b)에 희미하게 나타난 띠 형태의 무늬는 보호막에 의한 간섭효과로 보인다. 이와 같은 결과를 바탕으로 향후 보다 복잡한 구조를 가지는 시료에 대한 연구와 생물학적인 시료에 대한 연구를 수행할 예정이다.

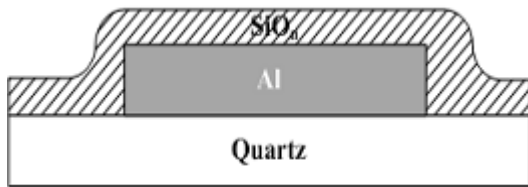


Fig. 1 Al pattern sample에 대한 구성도

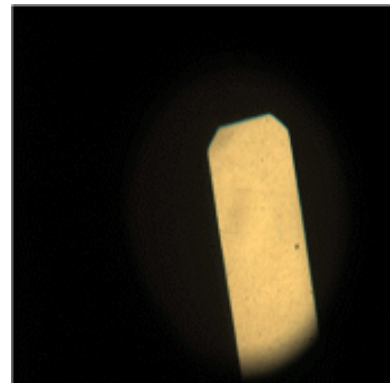


Fig. 2 (a) Al pattern에 대한 현미경 이미지

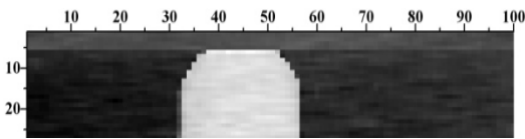


Fig. 3(a) 스캐닝 I/Q-간섭계를 이용하여 측정된 시료의 3차원 구조 이미지

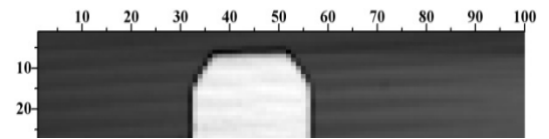


Fig. 3(b) 스캐닝 I/Q-간섭계를 이용하여 측정된 시료의 반사율 이미지

1. Heeseong Jeong, Jong-Hoi Kim, Kyuman Cho, Optics Communications, vol. 204, pp. 45-52 (2002)
2. 문 준, 정희성, 조규만, “하이브리드형 헤테로다인 I/Q 간섭계를 이용한 변위센서”, COOC 2003
3. 권강혁, 김봉수, 조규만, “스캐닝 헤테로다인 간섭계를 이용한 국부적인 반사율 측정용 현미경”, Photonics conference 2007