

분산 백색광 간섭계를 이용한 실시간 박막두께형상측정

In-situ inspection of thin-film layers on patterned structures by dispersive white-light interferometry

김영식, 김승우*

*한국과학기술원 기계공학과

swk@kaist.ac.kr

백색광 간섭계는 미세표면형상의 삼차원 측정을 비롯하여 박막의 두께형상측정 등 여러 측정분야에서 가장 광범위하게 널리 쓰이고 있다. 전통적으로 가장 널리 알려진 백색광 간섭법은 측정면과 기준면사이의 광경로차를 미세 구동기를 이용하여 변화시키면서 간섭무늬를 얻는 백색광주사간섭법이다.^[1] 이외에도 광원의 파장을 파장가변레이저나 음향광학변조기, 또는 액상결정공진기등을 이용하여 변화시키면서 간섭무늬를 얻는 방법도 있다. 본 연구는 앞서 언급한 방법과는 달리 분산장치(회절격자나 프리즘 등)와 신호검출기(CCD나 PD 등)로 이루어진 분광기를 사용해 형성된 백색광 간섭무늬를 파장에 따라 분광시켜 스펙트럼을 분석하는 분산 백색광 간섭계에 관한 것이다.^[2] 이러한 분산 백색광 간섭계의 개념을 도입하여 본 논문에서는 반도체 제조공정을 통해 제작되는 대부분의 투명 절연 층의 형상이나 TFT/LCD 등의 디스플레이에서의 컬럼 스페이서(column spacer)와 칼라 필터(color filter)의 형상 및 두께 측정 등의 불투명 패턴 위에 도포된 다양한 투명 박막의 두께 및 표면 형상을 측정하고자 한다.^[3-4]

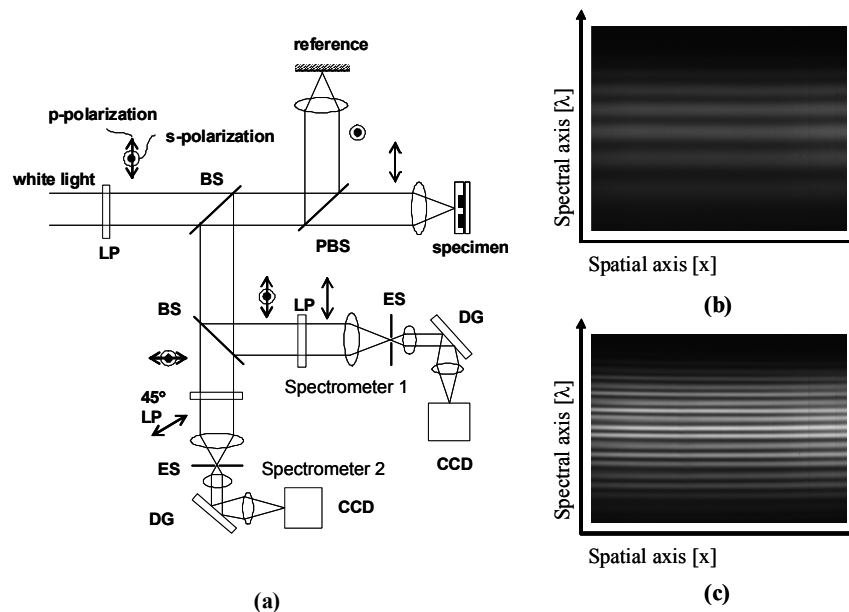


그림 1. (a) Optical configuration of dispersive white-light interferometry; LP: linear polarizer, BS: beam splitter, PBS: polarizing beam splitter, ES: entrance slit, DG: dispersive grating, CCD: charge coupled device, (b) spectrally-resolved interference fringes from spectrometer 1, (c) spectrally-resolved interference fringes from spectrometer 2.

본 논문에서 제안된 간섭계의 구성은 그림 1(a)와 같다. 그림 1에서 보는 바와 같이 평행광으로 선형 편광된 백색광은 편광 광분할기에 의해 수평 편광과 수직 편광된 광으로 분리되어 박막 구조물인 측정면과 기준면에 각각 입사하게 된다. 측정 면에 입사된 광은 박막의 상층부와 하층부에서 각각 반사된 다소 복잡한 형태의

수평 편광 간섭광을 형성하고, 기준면에 의해 반사된 광은 수직 편광 반사광을 형성한다. 이 두 간섭광과 반사광은 편광 광분할기에 의해 다시 합쳐져 광분할기에 입사된다. 이때, 광분할기에 의해 각각 반사/투과된 광은 두 개의 분광기(spectrometer 1, spectrometer 2)에 입사되게 되어 광 주파수로 분광된다. 분광기 1은 앞 단에 수평 편광기가 놓여 있어, 오직 수평 편광성분의 광만을 통과시키기 때문에 박막 내부에서 다중 반사된 자체 간섭광을 그림 1(b)와 같이 얻고 이를 분석하게 된다. 반면에 분광기 2는 앞단에 45° 편광기가 놓여 있어, 기준면에서 반사된 반사광과 측정면에서 다중 반사된 간섭광과의 간섭을 일으켜 합성 간섭광을 그림 1(c)와 같이 형성하고 이를 분석하게 된다. 즉, 분광기 1에서 분석된 정보로부터 박막의 두께를 구하고, 분광기 1의 정보를 참고하여 분광기 2로부터 박막의 형상을 산출해 박막 구조물의 두께 및 형상을 동시에 측정하게 된다. 뿐만 아니라 분광기 1과 2로부터 얻은 정보를 이용하면 박막의 굴절률까지도 실시간으로 측정할 수 있게 된다. 측정 결과는 그림 2와 같다.

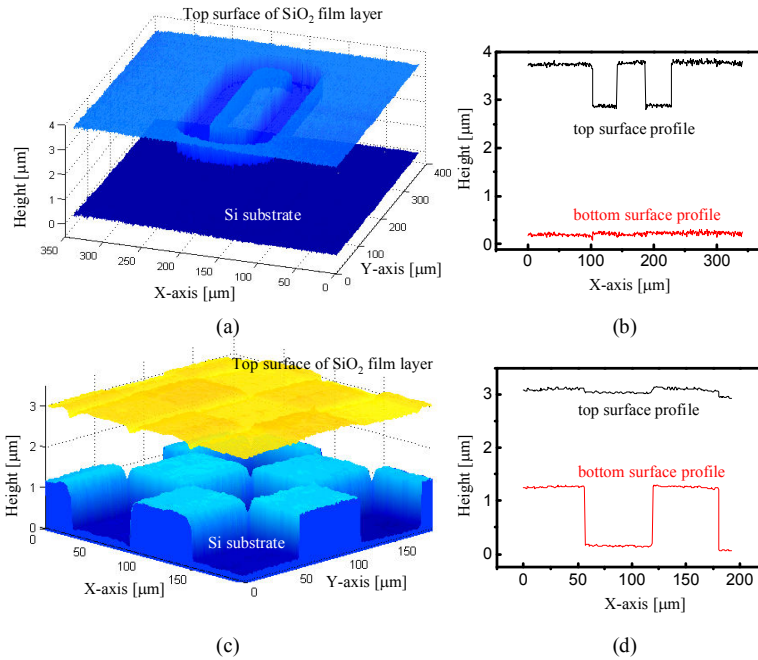


그림 2. Exemplary measurement results: (a) three-dimensional thickness profile of '0' patterned SiO₂ film layer on flat Si substrate, (b) cross section profile of a, (c) three-dimensional thickness profile of film layer deposited on check patterned Si substrate, (d) cross section profile of c.

본 논문에서는 박막의 두께 및 형상을 실시간으로 측정할 수 있는 편광을 이용한 마이켈슨 간섭계 구조의 분산 백색광 간섭계를 제안하고 측정 결과를 얻어 보았다. 그 결과 다양한 형상을 가진 박막 구조물의 두께형상을 효과적으로 빠르게 측정함을 확인 할 수 있었다. 뿐만 아니라 본 방법은 별도의 기계적 이동장치 없이 분광 측정법을 사용해 측정하기 때문에 외부 진동에 강인하여 향후 TFT-LCD 등의 평판 디스플레이와 반도체 산업 등에서 요구하고 있는 다층 박막두께 형상 측정이 가능해, 향후 차세대 측정기술로 각광을 받으리라 예상된다.

Reference

1. P. De Groot and L. Deck, "Three-dimensional imaging by sub-Nyquist sampling of white-light interferograms," Opt. Lett. **18**, 1462-1464(1993)
2. J. Schwider and L. Zhou, "Dispersive interferometric profiler," Opt. Lett. **19**, 995-997 (1994).
3. U. Schell, E. Zimmermann and R. Dandliker, "Absolute distance measurement with synchronously sampled white-light channelled spectrum interferometry," Pure Appl. Opt. **4**, 643-651(1995)
4. U. Schell and R. Dandliker, "Dispersive white-light interferometry for absolute distance measurement with dielectric multilayer systems on the target," Opt. Lett. **21**, 528-530(1996)