# 타원법의 원리 및 응용

# Ellipsometry - Principle and its Application

김 상 열
아주대학교 자연대학
sykim@madang.ajou.ac.kr

약 100여 년 전에 드루드(Drude)에 의해 발견된 시료 표면에서 반사된 빛의 편광상태 변화가 물질의 광학적 성질과 박막의 두께에 예민하다는 사실에 기초하는 타원법(ellipsometry)은 다음과 같은 몇 가지 고유한 장점으로 인하여 표면 나노 층구조 및 광물성 분석장비로써 크게 주목을 받고 있다.

첫째, 광학적인 장비로 전자나 이온을 사용하는 표면분석장비와는 달리 진공을 필요로 하지 않고 고밀도 플라즈마 심지어는 액체매질에서도 측정이 가능하여 매질에 따른 제약이 없다. 더구나in situ, 실시간 측정이 가능하며 측정과정이 시료와 간섭하지 않는 점도 장점으로 추가된다.

두 번째 장점은 진폭과 위상을 측정함으로부터 유래한다. 2상계 시료의 복소굴절률을 결정하고 3상계 시료의 산화막이나 표면층을 원자부분층(atomic partial coverage)까지 파악하므로 깨끗한 표면을 확인할 수 있으며 물질의 광학상수(복소굴절률)를 정확하게 측정할 수 있다. 또한 기층에서 박막으로의 계면 급준성이나 원자나 분자 또는 이온 등의 흡, 탈착 및 산화와 식각 과정, 표면처리에 따르는 표면상태의 변화, 전해질 내 금속표면의 산화막 또는 부동화 보호막의 형성, 표면 플라즈몬 연구 등에서 많은 응용 예를 찾아볼 수 있다.

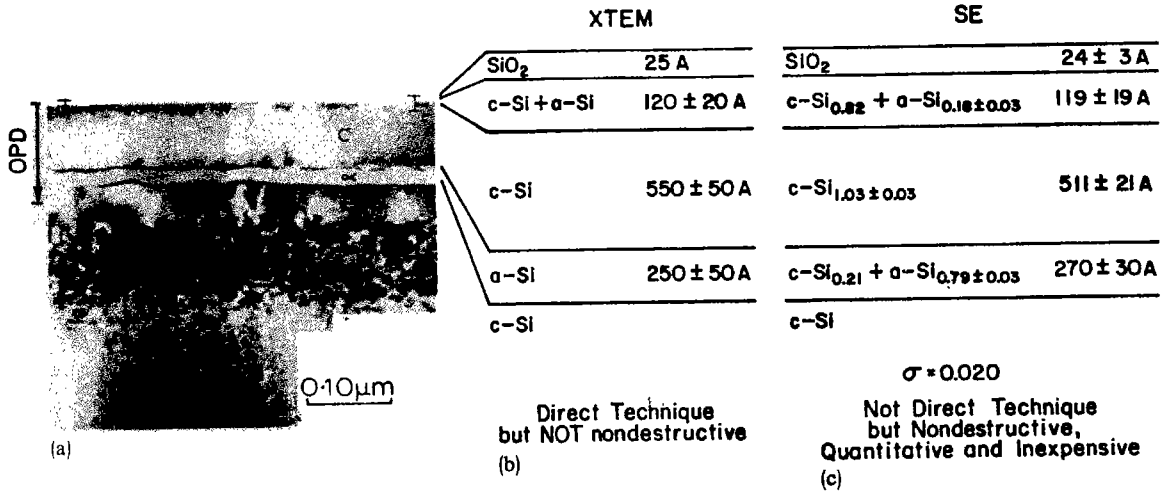


그림 1. 분광타원법을 사용하여 결정한 Si+ 주입된 Si 단결정의 다층구조 깊이윤곽을 XTEM을 사용하여 결정한 다층구조의 깊이윤곽과 비교한 그림. 두께와 결정성 분석에서 분광타원법의 정량적인 분석능력을 확인할 수 있다.[McMarr 등, APL, 47(4), 339 (1985)]

세번째 장점은 컴퓨터의 발달로 인해 타원계(ellipsometer)의 자동화, 데이터 획득속도 및 정밀도 향상, 그리고 분광능력의 확보에 기초한다. 모델링방법을 기초로 한 분광타원계(spectroscopic ellipsometer, SE)의 정량적인 다층구조의 깊이윤곽(depth profile) 분석이 반도체 시료를 중심으로 시작되어 미지 물질의 광학상수결정 및 다층구조 깊이윤곽에 관한 연구가 하나의 연구 흐름을 형성하였다. 유전체는 물론 금속이나 반도체 등 빛을 흡수하는 물질의 복소굴절률과 다층박막구조를 결정하는 연구들이 수행되고 있다.

본 강의에서는 편광에 관한 기본이론과 타원측정 및 데이터분석 방법 등을 간단히 설명하고 타원법의 응용 분야를 몇 가지 대표적인 예를 통하여 소개하고자 한다. 산화막의 정밀두께 측정과 성장과정의 모니터링, in-situ 측정(식각, 박막성장, 상변화 과정) 등 단파장에서의 응용 예와 분광타원계를 사용한 다층구조의 깊이윤곽, 미지 유전체 박막의 분산관계식 및 다층구조 결정, 그리고 반도체나 도체 등의 표면구조 및 광물성 결정 등 분광타원법에서의 응용예를 다루고자 한다.

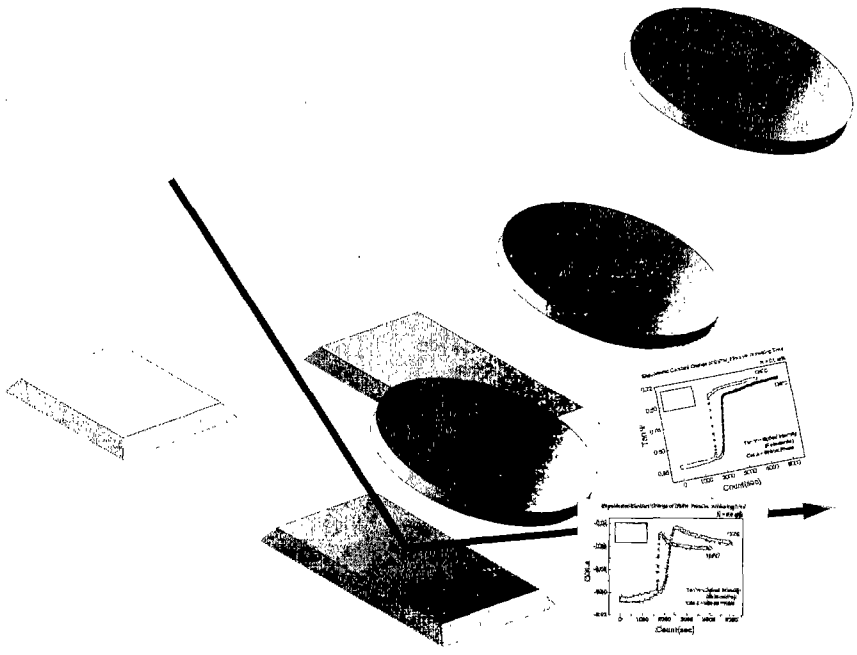

그림 2. 상변화 광기록매체인 Ge-Sb-Te 합금의 상변화 과정을 in-situ 타원법을 사용하여 측정하는 개념도.