

KRISS/TR--2020-030

나노구조 단차 측정을 위한 측정가이드 Ⅱ

Measurement guide for nanostructure(under 100 nm) step

2020. 12.

한국표준과학연구원

이 측정가이드는 측정·시험 절차가 없는 신제품(기술)에 대한 신뢰성 제고를 위해 개발되었습니다. 현재까지의 축적된 경험과 과학적 사실에 근거해 해당분야 전문가에 의해 작성되었고 새로운 과학적 타당성이 확인될 경우 언제든지 개정될 수 있습니다.

또한, 이 측정가이드에 기술된 내용은 권고사항으로 법적인 구속력을 갖지 않습니다. 제시된 방법은 최신의 규정과 과학적 근거를 바탕으로 기술한 것으로 추후 관련 규정 개정 및 과학의 발전으로 수정될 수 있습니다.

이 측정가이드에 대한 의견이나 문의사항이 있을 경우 한국표준과학연구원 중소기업협력 그룹으로 연락주시기 바랍니다.

전화번호: (042) 868-5411

측정가이드 제·개정 이력

개정 번호	일 시	개정사유	작 성 자	
			소 속	성 명
0	2020.12.15	최초 제정	한 국 표 준 과 학 연 구 원	신채호
최종 제·개정 심의위원			브 루 키 코 리 아 포 향 공 과 대 학 교 한 국 화 학 연 구 원 엔 비 스 아 나	김지용 신훈규 김현우 김정환

※ 심의위원 명단은 '가나다' 순서임.

목 차

개 요	1
1. 적용범위	1
2. 인용표준	2
3. 용어의 정의	3
3.1 원자현미경	3
3.2 표준시료	3
3.3 단차	3
3.3.1 Type A	3
3.4 불확도	4
3.4.1 불확도의 A형 평가	4
3.4.2 불확도의 B형 평가	4
3.4.3 합성표준불확도	4
3.4.4 확장불확도	4
3.5 분산분석	5
4. 단차 측정 불확도 산정방법	5
4.1 측정기의 교정	5
4.2 인증결과 평가를 위한 수학적 모델	6
4.3 합성표준 불확도 수식의 표현	7
5. 요구 사항	7
6. 장 치	8
7. 측정절차	9
7.1 측정기의 교정	9
7.2 피교정 시편의 측정	10
8. 분석 방법	10
8.1 ANOVA 분석	10
8.2 피교정 시편에 대한 단차 표준시편 없을 때 불확도 분석	11
부속서 A (예시) 시험 불확도 평가	12
해설서	12

나노구조 단차 측정을 위한 측정가이드 II

Measurement guide for nanostructure(under 100 nm) step

서 문

이 가이드는 원자현미경을 이용하여 나노구조물(100 nm 이하) 단차를 측정하는 방법에 대해 기술한 내용의 가이드이다. 보통 국제적인 표준기관에서는 자체 개발되어 보유한 메트롤러지 원자현미경(metrology AFM)을 이용해서 나노구조물의 단차의 소급성 및 불확도를 제공하고 있다. 하지만 한국표준과학연구원에서는 메트롤러지 원자현미경을 보유하고 있지 않기 때문에 나노구조 단차 측정을 위한 원자현미경 표준시편(Certified Reference Material : CRM)을 제작하였다. 제작된 시료는 3 line의 단차를 가지고 있으며 다양한 원자현미경에 사용을 할 수 있게 단차 패턴을 다르게 하여 제작되었다. 또한 단차 측정의 신뢰성을 갖기 위해서 본 측정가이드는 한국표준과학연구원에서 제작된 원자현미경 표준시편에 대해 축침식 표면형상측정기(Profiler)의 국제적인 단차 측정 방법에 의존하여 측정하는 방법으로 만들어졌다.

개 요

반도체 및 디스플레이 산업에서 박막 형성 시 두께를 측정하는 방법으로 엘립소메터를 이용하여 사용해 왔다. 하지만 엘립소메터는 빠르게 측정이 가능하지만 레이저 빔 사이즈(보통 : 20~25 um)로 박막의 부분적인 두께를 알기가 어렵고 동일한 패턴이나 패턴이 없는 박막에 대한 두께만 측정이 가능하기에 사용에 제약이 있다. 축침식 표면형상측정기를 이용한 단차 측정은 박막 패턴의 모양에 상관없이 국소적인 부분에서 측정이 가능하며 다른 측정방식과 달리 샘플 표면을 직접적으로 측정함으로써 보다 정확하고 직관적인 측정을 할 수 있다. 또한 표면의 형상을 3D image로 구현을 할 수 있기 때문에 단차 뿐 아니라 표면의 거칠기도 알 수 있다. 본 측정가이드는 축침식 측정기 중 연구용 원자현미경을 이용한 나노 구조물에 대한 단차 측정 방법으로써 국제적인 측정 가이드와 함께 측정 시 같이 고려해야 하는 계측 값과 분석 방법에 대해 제시하고자 한다.

1. 적용범위

이 가이드는 원자현미경을 이용해서 한국표준과학연구원 표준시편(CRM)을 통한 나노구조물(100 nm 이하) 소재에 대한 측정 방법 및 불확도 산출 방법에 대해 수록하고 있다. 현재 한국표준과학연구원은 원자현미경을 위한 표준시편으로 44 nm, 70 nm, 100 nm 타겟으로 단차 시편을 2020년에 만들어서 제공하고 있으며 따라서 100 nm 이하의 단차를 가진 나노구조물에 본 가이드가 적용된다.

2. 인용표준

ISO 5436-1:2000, Geometrical product specifications(GPS)-surface texture:Profile

method, measurement standards, 2005

ISO/IEC Guide 98-3, Guide to the expression of uncertainty in measurement (측정 불확도 표현 지침), 2008

KRISS/SP-2010-105, 측정불확도 표현 지침, 2010

KRISS R-207-009-2011, 촉침식 표면형상측정기를 이용한 고세장비 기둥 표준시편의 인증절차

KRISS R-207-006-2009, 촉침식 측정기를 이용한 단차 표준시편의 인증절차

KRISS R-207-010-2012, 접촉식 두께측정기를 이용한 웨이퍼 두께 표준시편 인증절차

3. 용어의 정의

3.1 원자현미경(Atomic Force Microscopy, AFM)

원자현미경은 주사 프로브 현미경(Scanning Probe Microscope, SPM)의 한 종류로, 실험시료와 탐침의 원자 사이에 작용하는 힘을 검출하여 이미지를 얻는다. 탐침이 시료표면에 근접 또는 접촉할 때 시료와 탐침 사이에 작용하는 반데르발스 힘, 자기력 등과 같은 다양한 상호작용을 측정함으로써 표면의 형상, 전기적·기계적·광학적 특징 등의 다양한 분석 활용이 가능하다 (그림 1). 원자현미경의 측정방법은 원자간 힘과 거리에 따른 반데르발스 힘을 측정함으로써 각각 다르게 표현되게 된다. 탐침이 시료에 접근함에 따라 캔틸레버의 끝 부분에 형성되어 있는 탐침과 시료 표면과의 미세한 상호 작용력이 작용하며 이를 통해 캔틸레버가 수직방향으로 굽혀지게 된다. 탐침이 점점 시료 표면에 근접하게 되면 탐침 끝의 원자와 시료표면의 원자 사이의 거리에 따라 인력과 척력인 반데르발스 힘이 작용하게 된다. 탐침과 시료표면 원자간 상호작용에 의한 캔틸레버의 각도 변화는 캔틸레버의 윗면에 조사되어 반사되는 레이저 광선의 각도를 편향시키게 된다. 그리고 편향된 레이저의 위치를 포토다이오드(PSPD)로 측정하여 표면의 굴곡을 이미지화한다.

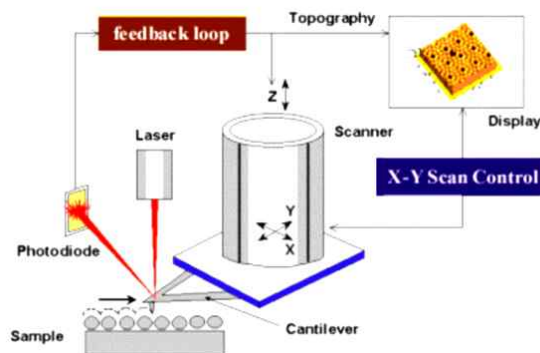


그림 1. AFM의 측정 원리

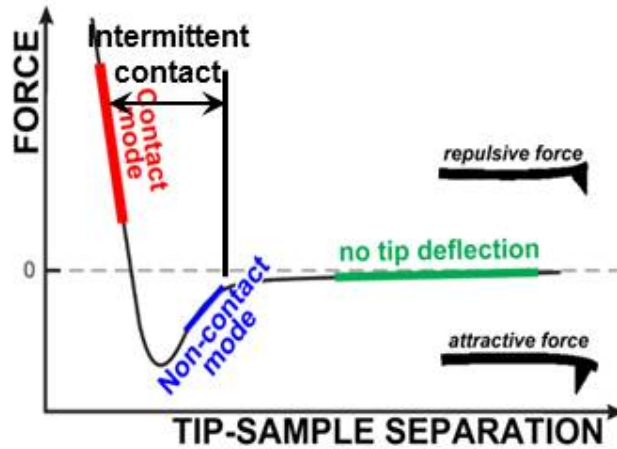


그림 2. AFM의 측정 방법

3.2 표준시료(Certified Reference Material, CRM)

표준 측정시 사용되는 시료로 본 실험에서 사용되는 단차 표준 시편은 높이 차를 갖는 두 개의 면으로 구성된 계단 형태의 단차 형상을 가지고 있다. 표준시편의 단차 인증값과 교정하고자 하는 측정기의 측정값을 비교하여 측정기의 세로배율을 교정한다.

3.3 단차(Step Height)

측침식 기기의 수직현상 요소를 교정하기 위한 것으로 크게 Type A1형, A2형으로 나눌 수 있다.

3.3.1 Type A : 깊이 측정 표준

1) A1형 : 평평한 바닥에 넓은 폭

곧 바닥과 윗면이 평평하며, 같거나 증가하는 깊이나 높이가 한 시편에 여러 개 존재하는 것도 있다. 각 폭은 측침의 형상이나 상태에 민감하지 않도록 충분히 넓게 가공되어 있다.

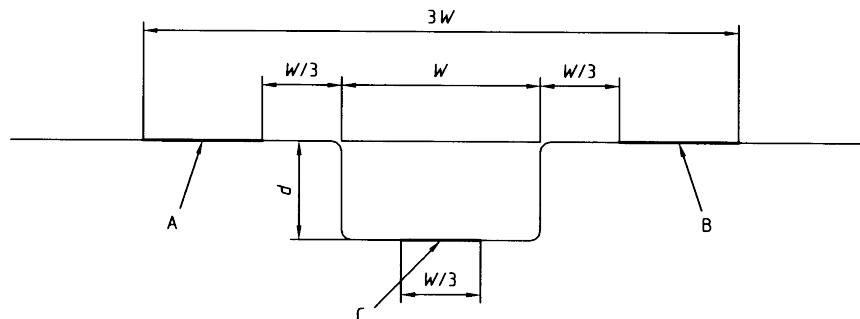


그림 4. Type A1

2) A2 형 : 굽은 바닥에 넓은 폭

A1형과 비슷하나, 곧 바닥이 측침의 형상이나 상태에 민감하지 않도록 충분히 큰 반경을

주 의

1. 이 보고서는 한국표준과학연구원에서 시행한 주요사업의 연구 보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 한국표준과학연구원에서 시행한 주요사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.