

KRISS/TR-2019-018

TEM과 MEIS 기법을 이용한 nm 산화막 두께 측정가이드

2019. 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 수정 될 수 있습니다.

이 측정가이드에 대한 의견이나 문의사항이 있을 경우 한국표준과학연구원 중소기업협력센터로 연락주시기 바랍니다.

전화번호: (042) 868-5781

측정가이드 제·개정 이력

개정 번호	일 시	개정사유	작 성 자	
			소 속	성 명
0	2019.10.01.	최초 제정	한국표준과학연구원	김경중
최종 제·개정 심의위원			대구 경북 과학 기술 원 (주) 케 이 맥 나 노 종 합 기 술 원 한국기초과학지원연구원	문대원 민원자 양준모 홍태은

※ 심의위원 명단은 '가나다' 순서임.

목 차

서 문	1
개 요	1
1. 적용범위	1
2. 인용표준	1
3. 용어의 정의	2
3.1 투과전자현미경	2
3.2 중에너지이온산란분광법	2
3.3 길이-단위 소급성 두께측정법	2
3.4 오프셋 소급성 두께측정법	2
3.5 상호보정법	2
4. 상호보정법에 의한 초박막 두께측정	2
4.1 상호보정법에 의한 두께측정 원리	2
4.2 길이 단위 소급성 박막두께측정법	3
4.3 오프셋 소급성 박막두께측정법	4
5. 장 치	5
5.1 고분해능 투과전자현미경(HR-TEM)	5
5.2 중에너지이온산란분광기(MEIS)	5
6. 초박막 두께측정절차	6
6.1 두께측정용 초박막 시편 준비	6
6.2 길이단위 소급성 두께측정법(TEM)에 의한 두께측정	6
6.3 오프셋 소급성 두께측정법(MEIS)에 의한 두께측정	9
6.4 상호보정법에 의한 박막 두께 결정	10
6.5 측정불확도 산출	11
7. 시험 보고서	12
7.1 시험결과의 기록방법	12
7.2 시험 보고서에 일반적으로 포함하여야할 사항	12
해설서	13

TEM과 MEIS 기법을 이용한 nm 산화막 두께 측정가이드

Thin film thickness measurement guide - Thickness measurement of the nm scale oxide film by Transmission Electron Microscopy (TEM) and Medium Energy Ion Scattering Spectroscopy (MEIS) Techniques

서 문

이 측정가이드는 nm 산화막의 두께에 대해 고분해능 투과전자현미경(HR-TEM)과 중에너지이온산란 분광법(MEIS)을 이용한 측정 방법을 제공한다. HR-TEM의 경우 실리콘 기판의 격자상수를 기준으로 두께를 정하므로 두께측정 소급성을 제공한다. 중에너지이온산란분광법은 약 100 keV의 중에너지 영역의 헬륨이온을 시료에 조사할 때 시료표면에서 산란되어 나오는 헬륨이온의 에너지별 세기를 분석함으로써 구성 원소의 종류, 정량 및 깊이분포를 분석하는 방법인데 수 nm 두께의 산화막인 경우 박막 성분 원소의 양을 분석 결과로 얻을 수 있으며, 이것이 박막의 두께에 비례하므로 초박막 두께측정에 매우 적합하다.

개 요

게이트 산화막(gate oxide)은 절연성이 있는 산화물 박막으로 반도체 소자에서 전자의 이동을 제어하는 역할을 한다. 반도체 산업 초기에는 게이트 산화막으로서 실리콘산화막(SiO_2)이 주로 이용되었지만 최근에는 절연성이 높은 실리콘산화질화막(SiON)이나 하프늄산화막(HfO_2) 등 유전율이 매우 높은 고유전 물질이 사용되고 있다. 반도체 소자의 크기가 미세화됨에 따라 더욱 얇은 두께의 산화막이 요구되고 있다. 특히 최근의 시스템 반도체 산업의 발전과 더불어 nm 산화막의 두께측정은 반도체 산업에서 가장 중요한 공정 분석 이슈 중의 하나이다. 이런 이유로 본 가이드라인에서는 nm 산화막의 두께를 신뢰성 있게 측정하는 방법을 확립하고자 한다.

1. 적용범위

대상 기술은 상호보정법 (Mutual Calibration)으로 현재 단일 측정기술로는 정확한 두께측정이 불가능한 nm 두께 영역의 산화막 두께를 정확하게 측정하기 위해 제안된 방식이다. 이는 길이-단위 소급성(length-unit traceability)을 갖는 박막 두께측정 기술과 오프셋 소급성(offset traceability)을 갖는 박막 두께측정 기술의 장점을 이용하여 산화막의 두께를 측정하는 방법이다. 즉 동일한 증착법에 의해 성장되어 특성이 동일하고 단지 두께가 다른 일련의 산화막의 두께를 TEM 등 길이-단위 소급성을 갖는 박막 두께측정기술과 엑스선광전자분광법(XPS) 등 오프셋 소급성을 갖는 박막 두께측정 기술을 이용하여 nm 산화막의 두께를 측정하는 방법이다.

2. 인용표준

ISO-4701, Surface chemical analysis - X-ray photoelectron spectroscopy - Measurement of silicon oxide thickness

ISO-20263, Microbeam analysis - Analytical electron microscopy - Method for the determination of interface position in the cross-sectional image of the layered materials

해설서

이 해설은 본체 및 부속서에 규정·기재한 사항과 이에 관련한 사항을 설명한다.

- 1. 제정의 취지** 절연성 산화물 박막은 메모리 반도체 및 시스템 반도체 소자에서 전자의 이동을 차단하는 역할을 하므로 그 두께에 따라 반도체 소자의 특성이 좌우되기 때문에 산화막 두께 제어 및 측정은 반도체 공정에서 가장 중요한 측정 이슈 중 하나이다. 따라서 nm 두께의 아주 얇은 산화막의 두께측정법에 대한 측정가이드 개발은 대한민국이 메모리 반도체 분야 세계 1위 유지는 물론 시스템 반도체 산업 육성을 통해 진정한 종합 반도체 강국으로 도약하는데 큰 기여를 할 것으로 기대된다.
- 2. 제정의 경위** 본 규격은 한국표준과학연구원 “KRISS 측정가이드 개발” 사업으로 개발되었으며, 학계 및 산업체 전문가로 구성된 위원회의 기술검토를 거쳐 측정가이드로 제정하게 되었다.
- 3. 중요 측정기술** 본 가이드에서는 단일 방법으로는 측정이 불가능한 초박막의 두께에 대해 길이단위 소급성이 있는 두께측정법과 오프셋 소급성이 있는 두께측정법의 장점을 활용하는 상호보정법을 이용하여 측정이 가능하도록 하였다. 이러한 초박막 두께측정 기술은 갈수록 얇아지는 박막 공정을 필요로 하는 차세대 첨단 산업에 필수적인 핵심 기초기술로 다양한 시료에 적용 가능할 것으로 보이며, 경제적인 파급효과 또한 매우 클 것으로 기대된다.

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.