

미소광부품의 3차원 미세 패턴 측정 기술 개발

박희재*(서울대 기계항공공학부), 김종원(서울대 기계항공공학부),
이준식(서울대 기계항공공학부), 이정호(서울대 대학원 기계항공공학부)

Development of 3-dimensional Pattern measuring technique for Micro-Optic components

H. J. Pahk(School of Mechanical and Aerospace Engineering., SNU), J. W. Kim(School of Mechanical and Aerospace Engineering., SNU), J. S. Lee(School of Mechanical and Aerospace Engineering., SNU),
J. H. Lee(Graduate School of Mechanical and Aerospace Engineering., SNU)

ABSTRACT

Three Dimensional measuring system using optical interference is greatly needed for semiconductor surface or optical surface. The application of this system are : MEMS product, semiconductor surfaces, optical components, precise machined surface, etc. In this paper, Interferometry based measurement system is introduced, which is nondestructive and noncontact inspection system. This system have relatively many advantage, compared with AFM/STM, SEM, Stylus, etc. The developed system can measure the surface topography with high precision and resolution, and with few seconds. And the associated software algorithm is also developed for the ultra precision 3D measuring surface. Various samples that is measured using this system is showed in the latter of this paper

Key Words : Interferometry(간접계), Phase Shift(위상 이동), Interferometric optics(광학렌즈), noncontact(비접촉), nanometer precision(나노미터 정밀도)

1. 서론

비전 및 광응용 초정밀 측정 및 부품 평가 기술은 미소 정밀 부품, 반도체 소자, MEMS Product 등의 초정밀 형상 측정에 필수적인 기술로서 그 응용 범위가 점차 확대되고 있다.

초정밀 형상 측정과 관련하여 AFM, STM, SEM, Stylus, 간접계(Interferometry) 등의 측정 시스템이 있다.(Fig. 1) AFM/STM은 정밀도가 가장 높은 측정 장비이다. 그러나 측정 범위의 제약으로 인해 측정 시간이 오래 걸리는 단점이 있다. SEM은 정확도가 높고 다양한 샘플에 대해 측정이 가능하므로 널리 이용되는 장비이다. 그러나 SEM은 진공 상태에서 샘플을 측정하고 또한 샘플의 단면을 측정해야하는 단점을 가지고 있다. Stylus는 오래전부터 형상 측정에 사용된 장비이다. 그러나 stylus 방식의 측정은 측정물의 표면을 손상하게 되며, 정밀도 및 해상도가 다른 측정 장비에 비해 상대적으로 매우 낮다. 간접계는 비접촉 측정 방식을 이용하기 때문에 측정물의 표면에 손상을 주지 않는다. 또한 Nano 단위의 정밀

도를 가지면서 측정 시간이 매우 짧은 장점을 가지고 있다.

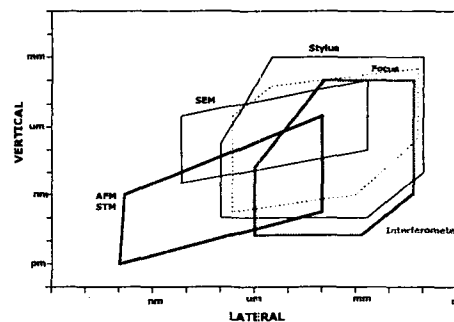


Fig. 1 Comparison for Various Surface Measuring System

따라서 짧은 시간 동안 높은 정밀도를 가지면서 전체 3차원 형상을 쉽게 측정할 수 있는 간접계를 이용하여 미소광부품에 대한 전체 3차원 형상을 측

정한다.

본 논문에서는 3차원 패턴 측정과 관련하여 간섭계의 원리 및 측정 방식을 연구하고, 미소광부품에 대한 측정 결과를 고찰하고자 한다.

2. 간섭광학계

2.1 광학계 구성

본 연구에서 사용된 광학계는 다음과 같은 광학적 구성을 가지고 있다.(Fig. 2)

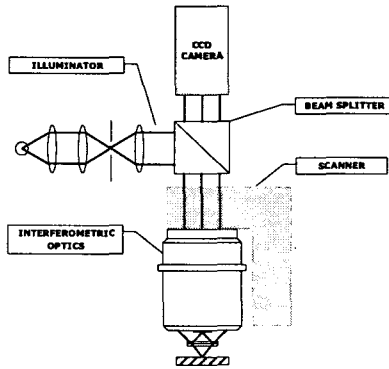


Fig. 2 Optics Configuration

형상 측정을 위한 광의 생성 부분은 Illuminator, Optical Filter, Collimating lens, beam splitter 등으로 구성되어 있다. 이 파트에서 측정 표면에 동축으로 입사하는 입사광을 생성하게 된다. 이렇게 생성된 입사광은 위상 이동 간섭계에 사용된다.

측정 표면의 해석과 관련된 간섭상의 생성은 내부에 기준 미러와 beam splitter를 가지도록 고안된 광학렌즈(interferometric optics) 부분이 담당한다. 나노미터 단위까지의 분해능을 가진 PZT 스캐너를 이용하여 광학렌즈를 구동하게 된다. 측정면 각각의 지점에서 표면 높이는 PZT를 이용하여 스캐닝하는 동안 그 지점의 이미지를 감지함으로써 계산된다. PZT에 의해 스캐닝된 이미지의 획득은 CCD 카메라가 담당하며 이미지 그래버에 의해 디지털 데이터로 변환되어 높이 계산을 위한 컴퓨터로 전송된다.

2.2 광 간섭 알고리즘

위상 이동 및 백색광 간섭법 알고리즘을 이용하여 미소 형상의 3차원 이미지를 구현한다.

Fig. 3은 광경로차이에 따른 간섭무늬의 밝기 변화를 나타낸다. 즉 두 지점의 높이가 같다면 기준경까지의 경로차이가 같아지게 되고, 따라서 두 지점에서의 간섭상의 밝기가 같아지게 된다. 다만 각 지점에서의 반사율이 다르기 때문에 Z축 방향으로 광

학렌즈를 이송시켜 임의로 광경로차이를 변화시키게 되고 그에 따라 기준 위상을 구할 수 있으며 두 지점의 높이 차이는 기준 위상의 차이에 간섭무늬의 파장을 곱함으로써 얻어지게 된다. Fig. 4는 기준 위상을 구하기 위한 알고리즘을 표현하고 있다.

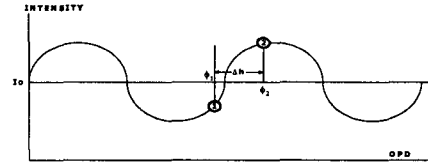


Fig. 3 Intensity vs OPD

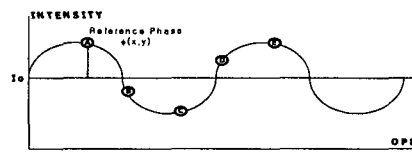


Fig. 4 Bucket Algorithm

기준 위상을 구하는 알고리즘에 의한 기준 위상은 arctan에 의해 값이 구해지기 때문에, 측정면의 높이는 불연속적인 값을 갖게 된다.(Fig. 5) 실제 표현 형상을 구현하기 위해서는 불연속적인 형상들을 연속적이 되도록 Phase Unwrapping을 수행한다.

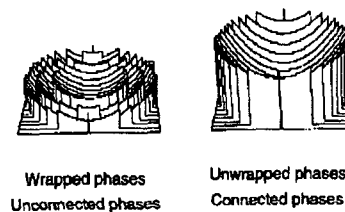


Fig. 5 Phase Unwrapping

3. 형상 측정 및 결과 해석

3.1 표면 형상 해석 알고리즘 구현

미소 부품에 대한 표면 형상과 관련하여 다양한 표면 형상 해석 알고리즘을 구현한다.

전체 형상에 대한 3D 이미지 구현, 얻어진 형상 데이터에 내포된 노이즈 제거를 위한 이미지 필터링, 표면 거칠기 등의 알고리즘 구현을 통해 좀더 실제에 가까운 형상을 추출하게 된다. Fig. 6은 기계 가공된 표면에 대한 표면 형상 해석 알고리즘의 구현 예이다.

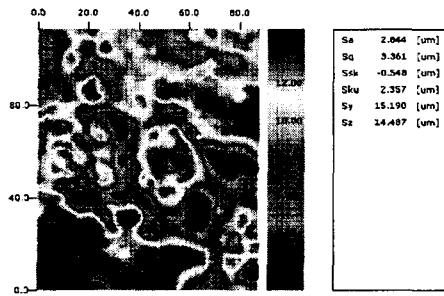


Fig. 6 Surface Characterization

3.2 Application

본 연구에서 구현된 간섭 광학계 및 형상 해석 알고리즘을 이용하여 반도체 웨이퍼, MEMS Product, 광학 부품, LCD Pattern 등 다양한 미소 형상의 측정에 응용될 수 있다.

3.2.1 Lensed Fiber

지름이 5micrometer 이하인 매우 작은 lensed fiber에 대한 형상 측정 및 해석 결과이다.(Fig. 7, 8)

Cylindrical Lensed Fiber의 지름 및 표면 거칠기에 대한 결과가 원하는 사양에 맞게 측정되었음을 확인할 수 있다.

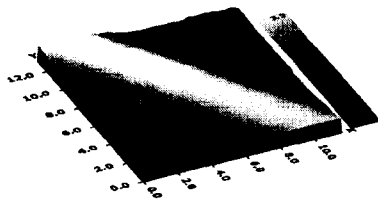


Fig. 7 3D Shape for Lensed Fiber

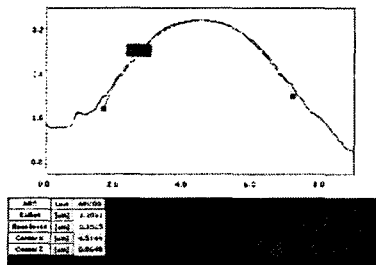


Fig. 8 Analysis for Lensed Fiber

3.2.2 LCD Pattern

Fig. 9와 Fig. 10은 TFT-LCD pattern에 대한 2차원 및 3차원 형상을 나타내고 있다. Fig. 11은 측정된 LCD pattern에 대한 형상 해석 결과를 보여주고 있다.

LCD pattern의 surface profile, 높이 데이터 등이 원하는 사양과 일치되도록 측정되었음을 확인할 수 있다.

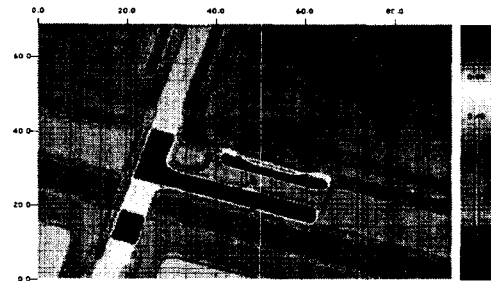


Fig. 9 2D Shape for LCD Pattern

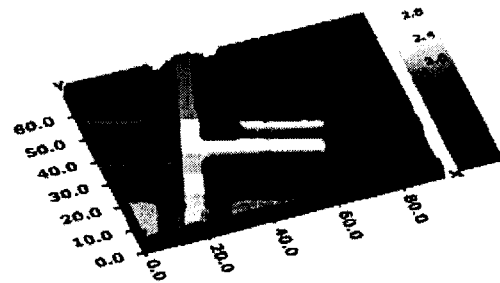


Fig. 10 3D Shape for LCD pattern

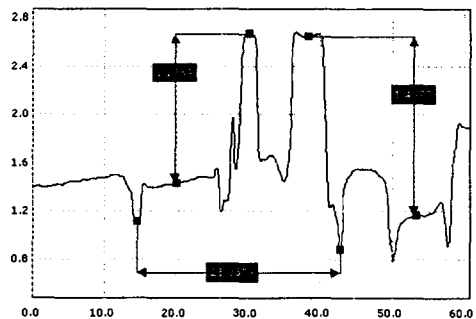


Fig. 11 Analysis for LCD pattern

3.2.3 Light Guide Plate(LGP)

Fig. 12는 Light Guide Plate의 3차원 측정 이미지를 나타내고 있으며, Fig. 13은 그에 대한 surface profile을 해석한 결과 그림이다. LCD 소자를 발광시키기 위해 필요한 부품 중의 하나인 LGP의 표면 특성에 대한 성능 평가를 수행할 수 있음을 알 수 있다.

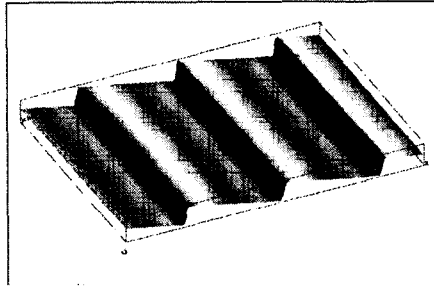


Fig. 12 3D Shape for LGP

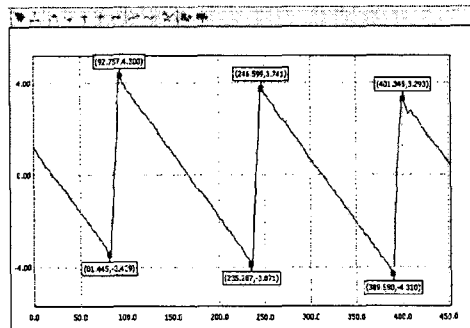


Fig. 13 Analysis for LGP

4. 결론

본 연구를 통해 측정물에 손상을 주지 않으면서 초미세 형상을 측정할 수 있는 시스템을 개발하였다. 또한 측정 결과를 손쉽게 해석하고 그 결과를 시각적으로 볼수 있는 알고리즘 및 소프트웨어를 구현하였다.

개발된 시스템은 나노미터 수준의 정밀도를 가지면서 초미세 형상에 대한 측정 시간을 대폭 줄일 수 있었다. 본 시스템을 이용하여 반도체 웨이퍼, 미세 광부품, 정밀 기계 가공품, LCD pattern 등의 표면 형상 측정에 응용될 수 있음을 보였다. 높은 정밀도와 분해능을 가지고서 이들 표면 형상들을 측정하였으며, 그 결과는 만족할 만하였다.

본 연구를 이용하여 초정밀 미세 가공품 등 기존의 측정 장비로는 불가능했던 형상을 측정할 수 있으며, 시간과 비용 측면에서 많은 절약 효과를 기대

할 수 있다.

본 연구를 통해 개발된 측정 시스템 및 알고리즘은 나노 기반 기술의 응용뿐만 아니라 향후 바이오 기반 기술에의 응용성까지도 연구를 통해 확보할 수 있을 것이다.

참고문헌

1. H.J.Pahk, and W.J.Ahn, T.J.Kim, H.J.Kim, "Development of nano profiling system based on high magnification interferometry optics: application to very small polished lens shape", Proc. of the 9th Conference on Optoelectronics and Optical Communications, pp. 33-34, 2002, Korea
2. D.Malacara, M.Servin, Z.Malacara, "Interferogram analysis for optical testing", pp. 247-283, Marcel Dekker, Inc., 1998.
3. H.J.Pahk, and W.J.Ahn, "Interferometry based nano profile measurement system for optical surfaces and devices", Proc. of International workshop on Optical Display and Information Processing(ODIP), pp. 166-190, 2002, Korea
4. 박희재, 안우정, "비초점 정밀 계측 방식에 의한 새로운 광학 프로브를 이용한 반도체 웨이퍼의 3차원 미소형상 측정 기술", 한국정밀공학회지, 제 17권, 제1호, pp. 129-137, 2000.