한국정밀공학회 2006년도 춘계학술대회논문집 pp. 273~274 KSPE 06S187

전자빔 가공 포커스 위치 보정용 측정기구에 관한 기초연구

하태호*, 송은지, 이창우, 송준엽 (한국기계연구원)

Study of measurement system for E-beam focus position compensation

T. H. Ha*, E.J. Song, C.W. Lee, J.Y. Song (KIMM)

ABSTRACT

Fundamental research is conducted in order to develop measurement system for E-beam focus position compensation. In this paper, simulation results using Fresnel's formula shows effect of photoresist film thickness according to incident conditions. Also, electromagnetic simulator is developed based on Boundary Element method (BEM) and several results confirm the feasibility of the simulator.

Key Words : Focus (포커스), Measurement (측정), BEM (경계요소법), Electromagnetic simulation (전자파시뮬레이션)

1. 서론

IT 산업의 폭발적인 발전과 더불어 차세대 저장장치의 경우도 고밀도 기록기술의 개발이 필수적이다. 고화질 TV 인 HDTV 의 등장으로 HD 급 영상 2 시간을 저장하는 데 약 25 GB 정도의 용량이 필요하나, 기존의 DVD 로는 HDTV 영상을 불과 몇 분 밖에 기록하지 못하여 이를 해결하기 위한 차세대 디스크의 개발이 진행되고 있다.

2002 년 2 월에 제안 된 차세대 광학디스크 포맷인 Blu-Ray Disc.는 광원을 기존의 파장 650 nm 의 적색 레이저에서 파장 405 nm 의 청자색 레이저와 고 NA (Numerical Aperture) 렌즈를 사용하여 궁극적으로 스폿 사이즈를 미소화 함으로써 고밀도의 정보읽기를 구현한다. Dual-layer 의 Blu-Ray Disc. 는 50 GB 용량을 저장할 수 있으며, 이는 CD 의 70 배 수준이며 기존의 DVD 의 약 5 배 에 달한다.

이와 같은 성능을 구현하기 위하여 트랙 피치 0.32 μm, 최소 Pit 길이 0.15 μm 정도의 패턴을 형성할 필요가 있으며, 양산을 위한 고밀도의 패턴을 가진 원판을 제조하기 위해서는 레이저 빔을 이용하는 기존의 장비의 한계를 극복하는 초정밀 전자빔 원판기록장치가 필요하다.

기존의 E-beam 가공기와는 달리 전자빔 원판 기록장치의 경우, 회전 스테이지가 최대 3,000rpm 정도의 고속 회전운동을 하면서 가공을 행하게 된다. 정밀한 Pit 패턴을 기록하기 위해서는 스핀들의 회전에 따른 Run-out 발생하더라도 디스크 표면에 빔 포커스를 유지하여야 하며, 이를 위해서는 디스크 표면의 높이 측정을 통하여 전자 빔의 초점거리를 조정하는 포커스 제어기능이 필수적이다.

본 연구에서는 레이저를 디스크 표면에 조사하여, 그 반사광을 PSD 소자를 이용하여 Run-out 을 측정시스템을 개발 하고자 한다. 그 기초연구로서 Fresnel's formula 를 이용한 반사율 시뮬레이션을 통하여 입사각 및 편광상태에 따른 검출광의 반사율에 대한 조사를 행하였으며, BEM (Boundary Element Method, 경계요소법)을 이용한 광산란 시뮬레이터의 개발 및 검증을 행하였다.

2. 레이저 조사 조건의 선정

원판제조를 위해서는 통상 수십 nm 로부터 수 μm 정도의 레지스트 막을 형성한 다음, 전자빔을 이용한 기록을 행하게 된다. Run-out 측정을 위하여 일반 Bare wafer 상의 레이저 조사와는 달리 표면에 레지스트 박막이 형성되어 있어 막에 의한 간섭을 고려하여야 한다. 실리콘 웨이퍼상의 PMMA 막을 형성한 모델을 구성하여, Fresnel's formula 를 이용하여 입사광의 편광상태와 레지스트 막의 두께에 따라 간섭의 영향을 조사하여 측정 조건에 대한 검토를 행하였다.

먼저 입사광의 파장은 PMMA 에서의 흡수가 최소이며, 소형화가 가능한 650 nm 의 LD 파장을 선정하였다. 각각 막 두께 50 nm, 100 nm, 400 nm, 700 nm 의 PMMA 를 도포한 실리콘 웨이퍼에 대하여 레이저 입사각도에 따른 반사율을 계산하였다.

한 예로 S 편광입사시의 반사율을 Fig. 1 에 도시하였다. 그림에서 보는 바와 같이 간섭의 영향으로 막 두께 400 nm 의 경우 60° 부근에서, 700 nm 의 경우 69° 부근에서 각각 반사율이 거의 0 에 가까워 위치 측정을 위한 반사광의 검출자체가 곤란함을 알 수 있다. 이와 같이 입사각 및 편광상태를 대상 레지스트 막 두께에 최적화된 조건으로 선

정하지 않음을 알 수 있다.

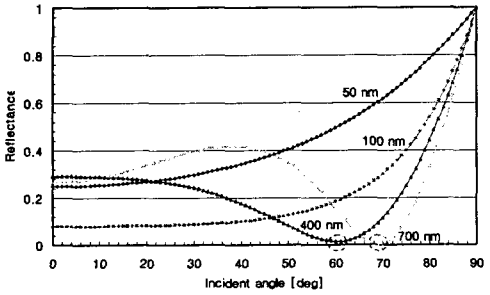

Fig. 1 Reflectance changes according to PMMA *thickness*

3. 광산란 시뮬레이터의 개발

측정에 사용되는 레이저를 이용한 조사시 레지스트의 표면성상등의 의한 영향을 상세히 조사하기 위하여 BEM 을 이용한 광산란 시뮬레이터를 개발하였다. 경계요소법은 경계만을 해석 대상으로 하기 때문에 문제의 차원을 하나 낮추어 취급하게 되므로 FDM, FEM 과 같은 영역형 해법에 비하여 단시간에 계산이 가능하다. Maxwell 방정식을 경계에서의 적분방정식으로 도출하여, 이산화를 통해 얻어진 연립방정식의 해로부터 far-field 에서의 산란분포를 얻게 된다.

개발한 시뮬레이터는 3 Layer 모델의 해석이 가능 하며, 각 Layer 의 물성 및 막 두께의 설정은 물론 자유로운 입사광의 파장, 입사각도, 편광상태의 설정이 가능하다. 또한, 실제와 실험조건에 가까운 레이저 빔 모델링을 위하여, Gaussian Beam 모델을 구현하였다.

Blu-ray 디스크 원판제조에 사용되는 실리콘웨이퍼에 포토레지스트가 도포된 모델을 가정하여 시뮬레이터의 검증을 행하였다. 사용된 파라미터를 Table. 1 에 정리하였다.

Fig. 2 와 Fig. 3 에 서로 다른 막 두께를 가지는 PMMA 코팅 실리콘웨이퍼에 각각 PMMA 의 Brewster 각 (56°) 입사시와 수직입사시의 시뮬레이션 결과를 나타낸다. X 축은 산란각도를, Y 축은 산란광의 강도 값을 나타낸다.

Fig. 2 에서 보는 바와 같이 정반사광이 56°에서 Gaussian 분포의 피크를 가지며 나타나고, 막 두께

Table 1 Simulation parameters

Wavelength	650nm
Polarization state	P polarization
Refractive index	PMMA(1.49), Silicon (3.85)
Incident angle (θi)	56° (Brewster angle of PMMA) 0° (Normal incidence)
Thickness of PMMA	100nm, 400nm, 700nm

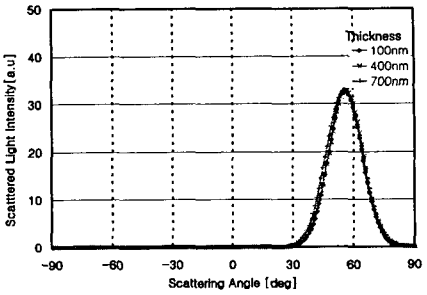

Fig. 2 Simulation results (θi = 56°)

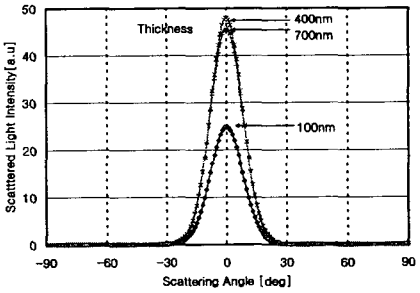

Fig. 3 Simulation results (θi = 0°)

의 변화에 관계없이 일정한 강도분포를 나타내고 있음을 알 수 있다.

수직입사시의 결과인 Fig. 3 의 경우, 산란광 강도가 막 두께의 증가 경향과 무관하게 나타나는데, 이는 막에 의한 간섭의 영향으로 Fresnel's formula 를 이용한 반사율 계산 값과도 동일한 경향을 나타내어 개발한 시뮬레이터가 유효한 해석도구임을 증명하였다.

4. 요약

포커스 위치 보정을 위한 측정기구 개발을 위한 기초연구로서 Fresnel's formula 를 이용한 반사율 시뮬레이션을 통한 측정조건의 검토를 행하였다. 또한, 공기, 포토레지스트, 실리콘 웨이퍼의 3 Layer 모델의 광산란 해석이 가능한 시뮬레이터를 경계요소 법을 이용하여 개발하여 그 유효성을 확인하였다. 이들 툴을 이용한 연구를 통해 보다 최적화된 가공 포커스 보정용 측정기구의 개발이 기대된다.

참고문헌

1. Blu-ray Disc Association, "White paper Blu-ray Disc, 1.C Physical Format Specifications for BD-ROM", Jan. 2005
2. "High density mastering, Does the future belong to EBRs?", Optical Disc systems, Oct. 2000
3. 熊谷, 森田, "電磁波と境界要素法", 森北出版