

스핀코터의 진동 분석을 통한 이상 진단 시스템 개발

Development of Fault Diagnosis System for Spin Coaters using Vibration Assessment

문준희† · 박희재*

Jun Hee Moon and Heui Jae Pakk

1. 서론

스핀 코터는 원심력을 이용하여 반도체 웨이퍼의 표면을 코팅하는 장비로서 다양한 크기의 장비가 개발되어 여러 반도체 공정에서 사용되고 있다. 본 연구에서 이상진단 시스템을 구축한 대상은 TFT-LCD 컬러 필터 제조시의 박막 필름 코팅에 이용되는 장비이다. TFT-LCD 에서 일정한 두께의 감광층이 패널 위에 형성되어야 하는데, 스핀 코터를 통해 액체 상태의 감광제를 패널 위에 고르게 코팅하게 된다.

본 연구의 목적은 스핀 코터의 진동패턴의 변화를 통해 스핀 코터의 이상을 미리 감지하여 스핀 코터의 성능저하로 인한 수율 저하를 미리 막는데 있다. 스핀 코터에서 발생하는 진동은 회전기계에서 발생하는 진동으로서, 불평형 질량이나 회전 기구부의 파손 등에 의해 발생되며 패널 위의 코팅 막이 균일하지 않게 한다.

이상진단 시스템을 구성하는 가장 이상적인 첫 단계는 스핀 코터에 입력되는 입력 값과 출력 값을 모두 측정하여 시스템 식별과정을 거치는 것이다. 하지만, 본 연구의 대상이 되는 시스템은 실제 TFT-LCD 공정에 가동이 되고 있는 것이어서 라인을 멈추고 임의의 입력을 주고 출력을 얻는 과정을 수행할 수 없었다. 따라서, 스핀 코터에서 발생하는 진동을 가속도 센서로 측정한 출력값만으로 이상을 진단할 수 있는 시스템을 설계하는 것을 시도하였다. 또한, 장비가 고가인 관계로 장비에 이상을 의도적으로 일으킬 수 없었다. 따라서, 본 연구에서는 정상적인 상태의 진동패턴을 측정하고 분석하여 그것을 기준값으로 설정한 후 여러가지 평가척도를 개발하여 이상의 징후를 찾는 시스템을 개발하는 방향으로 연구를 하였다.

2. 스핀 코터를 위한 주파수 영역 패턴 인식

2.1 주파수 영역 신호 처리 방법

단시간 푸리에 변환은 오랜 시간 동안 고주파수 영역까지의 주파수 특성을 관찰하는데 있어서 주파수 스펙트럼의 시간적인 종속성에 대한 정보가 필요한 경우에 사용된다. 시간 창을 작게 잡아서 푸리에 변환을 수행함으로써 시간에 따른 주파수 특성의 변화를 파악하는데 유용한 방법이다. 이와 같은 역할을 하는 것으로는 웨이블릿 변환도 잘 알려져 있으나 이는 장시간의 측정후 어느 시간대에 주파수 스펙트럼의 변화가 있었는지 파악하는 방법이므로, 수행도중 급격한 주파수 스펙트럼의 변화를 알고 신속히 이상을 알 수 있는 단시간 푸리에 변환이 이상진단 시스템 알고리즘으로는 더 적합하다. 다음은 STFT에 사용된 수식이다.

$$STFT(t, w) = \int s(\tau) \gamma^*(\tau - t) e^{-j\omega\tau} d\tau \quad (1)$$

여기서 $s(\tau)$ 는 신호이며, $\gamma(t)$ 는 창 함수(window function)이다. 이산 시스템에서는 창함수의 기술이 간단하여, 시작하는 데이터부터 푸리에 변환을 수행하면 자연스럽게 창함수를 사용하는 효과를 얻을 수 있다. 거기에 푸리에 변환에서 나타나는 누설(leakage)을 막기 위해 Hanning 이나 Kaiser 등의 창을 사용할 수 있다.

단시간 푸리에 변환에 의한 시스템 식별은 시간 영역 시스템 식별 결과와는 달리 주파수 영역에서는 출력값만으로도 시스템이 정상 상태인지 이상 상태인지를 명확히 구별할 수 있다. 따라서, 스핀 코터의 이상진단을 위한 알고리즘으로 주파수 영역에서의 시스템 식별법을 선택하였다.

2.2 이상 진단을 위한 알고리즘

진동 패턴의 측정을 위해 주파수 영역에서 의미있는 파워 스펙트럼의 크기를 선별하였다. 대략적으로 입력범위의 5% 이상으로 하면 10 개 내외

† 교신저자; 서울대학교 마이크로열시스템 연구센터

E-mail : junimoon@snu.ac.kr

Tel : (02) 880-7545 (내선:2302)

* 서울대학교 기계항공공학부

의 의미있는 성분의 크기를 알 수 있었고, 정상적인 스핀코터의 로터가 시동된 후 정상상태에 이르렀을 때의 값을 저장하여 기준값으로 사용하였다.

다음에 스핀 코터가 작동되어 정상상태에 이르렀을 때에 기존에 정상이라고 평가된 신호의 파워 스펙트럼과 비교하여 어느 범위 이상이 되면 비정상이라고 평가되도록 하였다. 이는 대체적으로 정상값의 평균이 50% 이상이 달라지고, 표준편차가 3σ 를 넘어갈 때 비정상이라고 평가되도록 하였다.

3. 스핀 코터 이상진단 시스템의 개발

3.1 하드웨어의 구성

본 연구를 통해 개발된, Spin Coater 의 이상진단을 위한 H/W와 S/W의 통합 시스템은 Fig. 1과 같다.

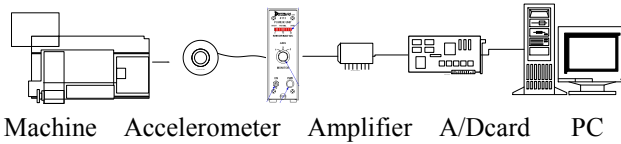


Fig. 1 System configuration

가속도계와 증폭기는 미국 Dytran 사의 3100B를 사용하였으며, A/D board는 대만 Adlink사의 PCI-9118을 사용하였다.

3.2 소프트웨어

데이터의 획득과 분석을 위해서 Visual C++ 언어를 사용하여 프로그래밍을 하였다. 다음의 Fig. 2는 완성되어 측정을 수행하고 있는 프로그램의 모습이다.

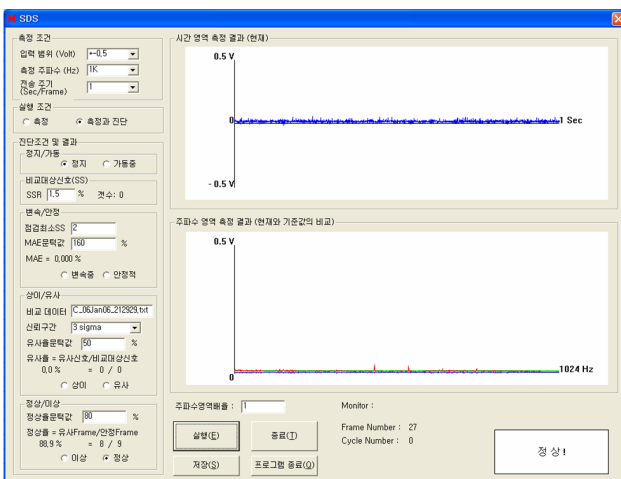


Fig. 2 Monitor appearance in the actual test

4. 결론

본 연구에서 개발된 이상진단 시스템은 입력 신호를 알기 어렵거나 이상 상태에 대한 정보를 획득하기 어려운 시스템의 이상진단을 위해 개발되었다. 향후 이상의 발생되었을 경우의 데이터를 축적하여 향상된 성능의 이상진단 시스템을 구축할 수 있을 것이 기대된다.

참고 문헌

- (1) Ganta, G. and Tonoli, A. , 1997, " A harmonic finite element for the analysis of flexural, torsional and axial roto-dynamic behavior of discs," Journal of Sound and Vibration, Vol.207, No.5, pp.693-720
- (2) Yang, B.S., Hwang, W. W., Kim, D.J. and Tan, A., 2005, " Condition Classification of Small Reciprocating Compressor for Refrigerators using Artificial Neural Networks and Support Vector Machines," Mechanical Systems and Signal Processing, Vol.19, No.2, pp.371~390
- (3) Chae, H.C., Ryu, I.C. and Han, C.S., 2003, " 3-Dimensional Modeling and Sensitivity Analysis for Vibration Reduction of the Spin-Coater System(in Korean)," Journal of the Korean Society of Precision Engineering, Vol.20, No.2, pp.209~217
- (4) Giovanni Betta, Consolatina Liguori, Alfredo Paolillo, and Antonio Pietrosanto, "A DSP-Based FFT-Analyzer for the Fault Diagnosis of Rotating Machine Based on Vibration Analysis", IEEE TRANSACTIONS ON INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT, VOL. 51, NO. 6, DECEMBER 2002
- (5) Press, Teukolsky, Vetterling, Flannery, " Numerical Recipes in C++, 2nd Edition," Cambridge University Press, 2002