

광반사분광기와 전문가 시스템을 이용한 플라즈마 감시

Plasma monitoring using optical emission spectroscopy and expert system

김대현, 김병환\*

세종대학교 전자공학과 (kbwhan@sejong.ac.kr)

**초 록:** 본 연구에서는 Optical emission spectroscopy (OES)에 CUSUM과 전문가 시스템을 이용하여 플라즈마를 감시하는 기법을 개발하였다. CUSUM과 Dempster-Shafer를 이용하여 고장에 민감한 OES파장을 추출하였으며, 추출된 파장은 플라즈마 감시에 이용될 것으로 기대된다.

1. 서론

플라즈마는 공정변수(소스전력, 압력 등)에 매우 민감하게 반응하여 이상이 생길 경우 플라즈마 상태가 달라진다. 이에 따라 플라즈마 챔버 내에 발생하는 플라즈마 밀도, 전자온도, 전위, 라디칼 농도 등이 변화하게 되고, 이는 공정특성의 변화를 초래하게 된다. 플라즈마의 특성 변화는 고장을 일으켜 제조 공정의 질을 저하시키게 되어 제조상의 손해를 입히게 된다. 이러한 제조상의 손해를 줄이기 위하여 플라즈마 상태변화에 대한 감시가 필요하다. 플라즈마의 상태변화를 측정하기 위하여 OES를 주로 사용하고 있다 [1]. OES는 다 변수 대용량의 데이터를 제공하지만, 각 파장에 대한 영향을 해석할 수가 없어 플라즈마 감시에의 응용이 제한적으로 이루어지고 있다. 예컨대, 주인자분석 기법을 적용하여 확인된 10개 이내의 파장을 감시하기도 한다. 본 연구에서는 이를 해결하고자 OES의 전체 파장에 대한 고장에의 민감도를 해석하는 기법을 제안한다. 이 기법은 CUSUM [2]과 Dempster-Schafer (D-S)전문가 시스템 [3]으로 구성되며, 고장에의 주요인자를 추출하는 기능을 수행한다.

2. 본론

OES 고장 데이터는 silicon nitride를 증착하는 공정 중에 수집하였다. 176nm~1100nm의 파장대를 약 0.3nm 간격으로 하여 180초 동안 10초 간격으로 데이터를 샘플링 하였다. 정상상태의 OES 데이터를 측정해 보면 그림 1에서와 같이 평균 수치에 근접한 모습을 보이는데 반하여 일정시간 후, 즉 고장이 발생한 후 시간에 데이터는 그림 2와 같이 특정한 파장대에서 intensity가 변화한 모습을 볼 수 있다. 이러한 현상을 이용하여 고장에 민감한 특정 파장을 추출하여 감시에 응용할 수 있다. 특정 파장을 추출하기 위하여 CUSUM과 D-S를 사용하였다. 정상상태와 비정상 상태시의 동일 파장에 대한 시변 intensity 정보에 CUSUM에 적용하게 되면 OES 데이터의 intensity가 과도하게 변하는 파장에서 Belief값이 증가하게 된다. 특정 파장의 추출을 위해 Belief 값에 임계값의 설정이 요구되며, 본 연구에서는 이를 0.5로 하였다. 추출한 가장 민감한 파장에서의 정상과 비정상 상태의 플라즈마에 대한 CUSUM belief값을 그림 3에서 비교하고 있다. 그림 3에서 30초대까지는 정상상태와 비슷한 형태를 띠지만, 30초 이후에서부터 Belief가 증가하고 있으며, 이는 플라즈마 고장이 진행되고 있음을 의미한다. CUSUM에서 나온 Belief값을 D-S에 적용한 결과는 그림 4에 나타나 있다. 그림 3과 비교하여 큰 차이는 없으나, 고장이 서서히 진행할 경우, D-S를 적용한 Belief가 보다 민감하게 반응할 것으로 기대되며, 이에 따라 감시 성능을 증진할 수 있을 것이라 기대된다.

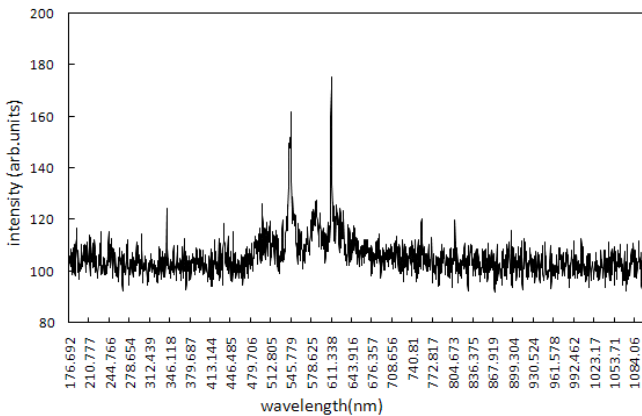


Fig. 1. Normal OES data

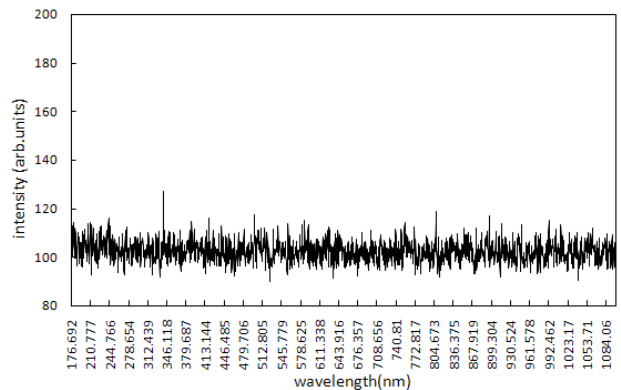


Fig. 2. Abnormal OES data

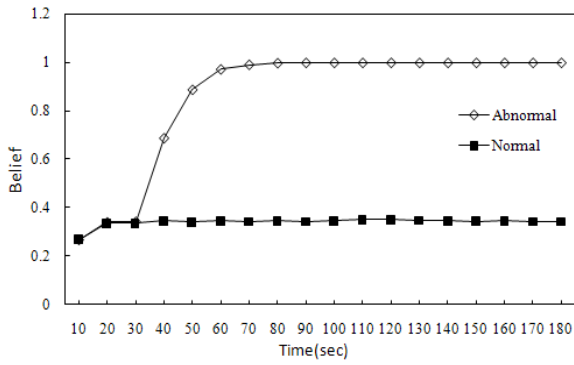


Fig. 3. CUSUM belief of normal and abnormal OES.

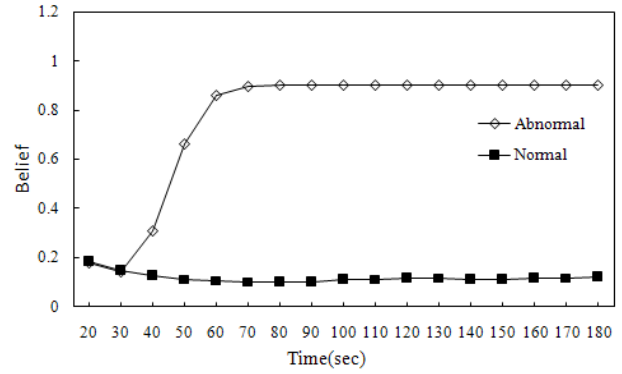


Fig. 4. Belief of D-S system

### 3. 결론

본 연구에서는 플라즈마 고장에 민감한 OES 정보, 즉 파장 정보를 추출하는 기법을 제안하였다. OES 전체 파장에 대해 제안한 방법을 적용하여 고장에 민감한 특정 파장을 추출할 수 있었다. 추출된 파장은 플라즈마 고장을 감시하는데 응용하여 플라즈마 감시 성능을 증진시킬 수 있을 것이라 기대된다.

### 참고문헌

1. H. H. Yue, S. J. Qin, R. J. Markle, C. Nauert, and M. Gatto, "Fault detection of plasma etcher using optical emission spectra," *IEEE Trans. Semi. Manufac.*, vol. 13, No. 3, pp. 374-384, Aug. 2000.
2. D. C. Montgomery, *Introduction to Statistical Quality Control*, John Wiley & Sons, Singapore, 1985.
3. G. Shafer, *A mathematical theory of evidence*, Princeton University Press, 1976.