

신경망과 CUSUM 제어차트를 이용한 플라즈마 색 감시

Monitoring of plasma color using neural network and CUSUM control chart

권민지, 김병환*

세종대학교 전자공학과(E-mail:kbkim@sejong.ac.kr)

초 록: 공정의 질 (Quality)과 장비생산성을 향상시키기 위해서는 플라즈마를 엄격히 감시해야 하며, 본 연구에서는 플라즈마 색 정보와 신경망을 결합한 감시 기법을 보고한다. 본 기법은 인-시추 색 정보 수집, 시계열 신경망 모델링, 그리고 CUSUM 제어로 구성된다. 제안한 기법을 소스전력을 변화시켜 발생한 색 정보에 적용하였으며, 신경망 모델은 비정상 플라즈마를 정확하게 탐지할 수 있음을 확인하였다.

1. 서론

플라즈마는 공정조건에 민감하게 반응하며, 플라즈마 고장을 탐지하기 위해 각 종의 인-시추 센서들이 이용된다. 대표적인 센서에는 optical emission spectroscopy (OES), impedance sensor, 그리고 이온에너지 분서기 등이 있다. 이외에 플라즈마 빛의 세기를 파장에 따라 분류한 빛의 스펙트럼을 분석하여 플라즈마 고장을 탐지하게 된다. 한편, 플라즈마 고장의 실시간 탐지를 위해 신경망 기법이 적용되고 있다. 최근 신경망은 OES나 이온에너지 정보를 모델링하여 플라즈마 챔버의 leak을 탐지하는 데에 이용되었다 [1-2]. 그러나, 플라즈마 색 정보를 신경망 기법과 결합한 감시 기법은 보고된 바가 없다.

본 연구에서는 플라즈마 색 정보와 신경망을 결합한 새로운 감시 기법을 제안한다. 이 기법은 플라즈마 색 정보, 시계열 신경망 모델, 그리고 CUSUM 제어 차트로 구성된다. 본기법을 플라즈마 고장 발생 데이터에 적용하여 그 성능을 평가한다.

Table 1. PECVD 공정 조건

공정변수	실험범위	단위
소스전력	500-530	W
바이어스 전력	0	W
압력	제어안함	mTorr
사용가스 (SiH ₄ /N ₂)	2 / 20	sccm
공정시간	180	sec

2. 본론

표1은 플라즈마 색 정보를 수집하기 위한 실험에 이용된 공정 조건이다. 표 1의 각 소스전력에 대해 180 sec 동안 색 온도 데이터를 수집하였다. 소스 전력은 500, 505, 510, 520, 530W까지 순차적으로 증가 시켰다. 500W에 대한 색 정보를 이용하여 시계열 모델을 개발하고 500-530W에 대한 색 정보를 테스트 데이터로 사용하였다. 시계열 모델로는 Auto-correlated 유형의 모델을 이용하였다. 각 색 정보는 총 180개의 샘플 데이터로 구성되었으며, 학습과 테스트 데이터로 각 각 반씩 나누었다. 학습한 모델의 학습 성능과 테스트 데이터로 이용해 확인한 예측성능은 그림 1 (a)와 (b)에 나타나 있다. 그림 1에서와 같이 모델의 예측치가 실제치에 매우 근접하고 있으며, 이는 모델의 학습과 예측성능이 우수함을 의미한다. 실제 데이터를 보면 모든 구간에서 살짝 아래로 튀어나온 구간을 볼 수 있었다. 이는 압력을 제어하지 않았기 때문에 플라즈마 내부에서 진행된 결과라고 추측된다. 개발된 모델은 나머지 소스전력에 대한 데이터에 대해 평가하였으며, 그 결과가 그림 2에 도시되어 있다. 그림 2에서 실제치와 예측치간의 에러를 확인하기가 어려워 각 소스전력에 대한 예측치의 평균을 계산하였으며, 그 결과가 그림 3에 도시되어 있다. 그림 3에서와 같이 소스전력이 증가할 때 예측에러가 감소하고 있으며, 실제 데이터와 같은 경향성을 보이고 있음을 확인할 수 있었다. 다음에 모델 예측치의 미세 변이를 추적하기 위해 CUSUM 제어차트 [2]를 이용하여 Belief를 구하였으며, 그 결과가 그림 4에 도시되어 있다. 그림 4에서와 같이 180초 후의 플라즈마 고장 데이터에 대해 CUSUM Belief는 계속 증가하고 있으며, 이는 고장이 계속 심해지고 있음을 의미한다. 결국, 플라즈마 색 정보의 신경망 모델과 CUSUM 제어차트를 이용하여 플라즈마 고장을 탐지할 수 있었다.

3. 결론

본 연구에서는 플라즈마 색 정보와 신경망을 결합한 플라즈마 감시 기법을 개발하였다. 모델 예측치는 CUSUM 제어 차트에 연계되어 고장 믿음치를 발생하였다. 제안한 기법은 비정상 플라즈마를 효과적으로 탐지하였으며, 향후 반도체 제조용 플라즈마의 실시간 감시에 적용되어 장비 생산성과 소자 수율을 증진하는 데에 기여할 것으로 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. B. Kim and S. Kim, "Monitoring of plasma processing chamber using ion energy analyzer and time-series neural network," *Surf. Eng.*, DOI 10.1179/174329409455449, 2009.

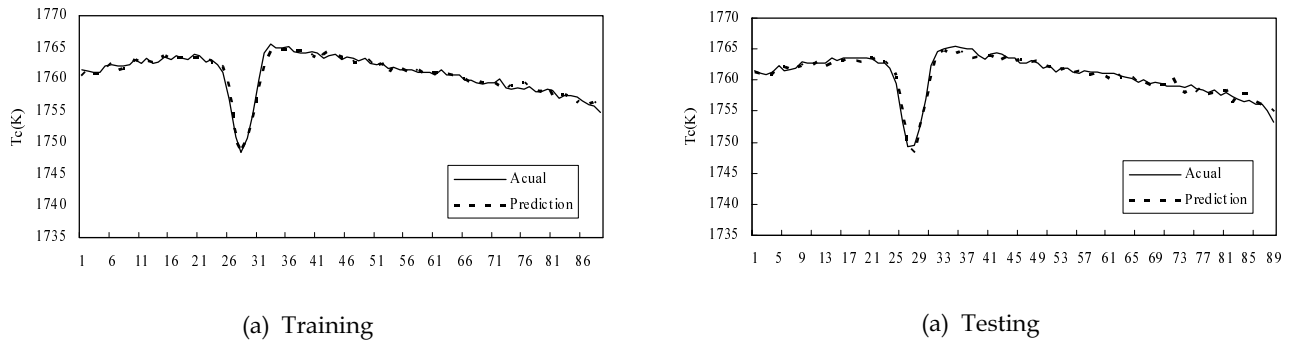


Fig. 1. Performance of model training and testing

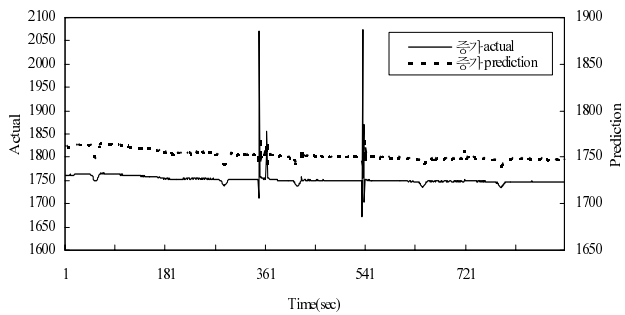


Fig. 2. Performance of model validation

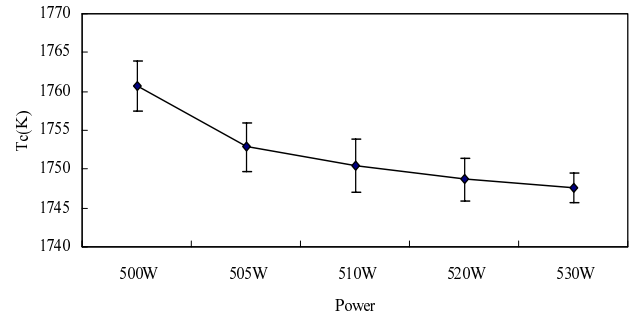


Fig. 3. Variation in model predictions

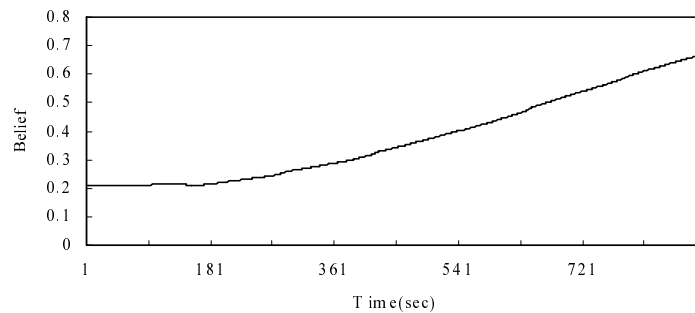


Fig. 4. CUSUM belief from model prediction