

신경망과 웨이브렛을 이용한 플라즈마 식각공정 모델링

Modeling of plasma etch process using neural network and wavelet

이수진^{a*}, 김병환^a, 유임수^b, 우봉주^b

^{a*}세종대학교 전자공학과 (E-mail:kbwhan@sejong.ac.kr), ^b(주) 씨미시스코

초 록: 플라즈마 감시를 위한 신경망 진단 모델을 개발한다. 이를 위해 광반사분광기, 웨이브릿, 주인자 분석, 그리고 신경망을 이용하였다. 플라즈마 식각공정데이터에 적용하여 비교평가한 결과 모델의 예측성능이 식각특성, 분산비율, 그리고 웨이브릿의 종류에 따라 차이를 확인하였다. 개발된 모델은 웨이퍼 단위의 플라즈마 감시시스템의 개발에 응용될 수 있다.

1. 서론

플라즈마 식각공정은 미세 박막의 패터닝에 이용된다. 식각공정 중에는 다수의 공정변수 (소스전력, 압력, 가스 등)이 관여하며, 이들의 서로 다른 조합에 따라 식각특성이 다르게 된다. 식각공정의 특성예측을 위해 공정변수와 식각특성 또는 플라즈마 특성과 식각특성간의 관계를 신경망을 이용하여 모델이 개발된 적이 있다. 후자의 모델의 경우 광반사 정보가 주로 이용되며, 데이터 수집을 위해 광반사분광기 (optical emission spectroscopy)가 이용된다. OES 정보는 관여하는 라디칼 종이 반대하며, 그 차수를 줄이기 위해 주인자 분석 (principal component analysis-PCA) 기법이 이용된다. 한편, 정보의 미세패턴 분석을 위해 웨이브릿 (wavelet)이 이용된다. 그러나, 웨이브릿을 OES 패터닝에 적용한 신경망 모델이 개발된 사례가 없어 그 연구가 요구된다.

본 연구에서는 OES, PCA, wavelet, 그리고 신경망을 결합한 예측모델을 개발한다. 실험데이터는 식각공정 데이터이며, 이산치 웨이브릿 변환 (discrete wavelet transformation-DWT)와 연속적 웨이브릿 변환 (continuous wavelet transformation-CWT)을 적용하여 개발된 모델의 예측성능을 비교 평가한다.

2. 본론

플라즈마 식각공정은 Magnetically enhanced chemical vapor deposition 장비를 이용한 silica 식각공정이다. 체계적인 모델링을 위해 통계적 실험계획법이 적용되었으며, 실험에 이용된 변수와 범위는 20-80 CHF₃, 10-40 CF₄, 300-800 RF Power, 압력 50-200 mTorr 등이다. 측정된 식각 특성에는 실리카 식각률, 프로파일, 그리고 균일도 등이다. 균일도는 웨이퍼의 중앙을 포함하여 5 곳에서 측정된 것에 대해서 계산하였다. 역전과 신경망을 이용하였으며, 관여된 학습인자에는 은닉층 뉴런수, 학습허용도, 초기웨이브릿범위, 그리고 은닉층과 출력층의 뉴런 활성화함수의 경사 등이다. 학습인자는 모델의 학습과 예측성능에 영향을 미치며, 이들 인자의 전체적인 영향을 최적화하기 위해 유전자 알고리즘을 적용하였다. 최적화된 모델 성능은 그림 1에 도시하였다. 그림 1 (a)의 식각률 모델에서 가장 작은 예측에러는 99%의 CWT 모델에서 발생하였다. 프로파일의 경우 그림 1(b)에서와 같이 99% DWT 모델에서 가장 작은 예측에러가 발생한다. 균일도 모델의 경우, 99%에서 두 모델의 성능이 비슷하며, 동시에 다른 분산률에 비해 예측에러가 작아 보인다. 이 같은 비교평가를 통해, 공정특성별로 다른 웨이브릿을 적용할 때 더 우수한 예측성능을 얻을 수 있음을 확인하였다. 개발되는 모델은 플라즈마 상태를 감시하는 컴퓨터제어시스템에 응용할 수 있다.

3. 결론

본 연구에서는 플라즈마 식각특성을 예측하는 모델을 OES, 웨이브릿, PCA, 그리고 신경망을 결합하여 개발하였다. 웨이브릿의 종류와 식각특성에 따라 신경망 모델의 예측성능이 달랐다. 개발된 모델은 웨이퍼 간 (wafer-to-wafer) 플라즈마 감시 시스템의 개발에 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

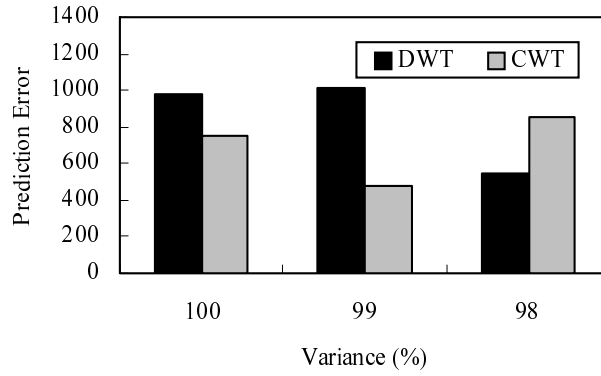
감사의 글

본 연구는 중소기업청의 기술혁신개발사업 (선도)에 의해 지원되었습니다.

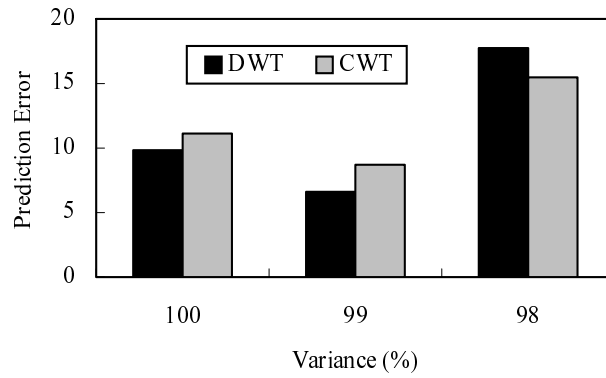
참고문헌

1. B. Kim, M. Kwon and S. Kwon, Microelectron. Eng. 86, 63 (2009).

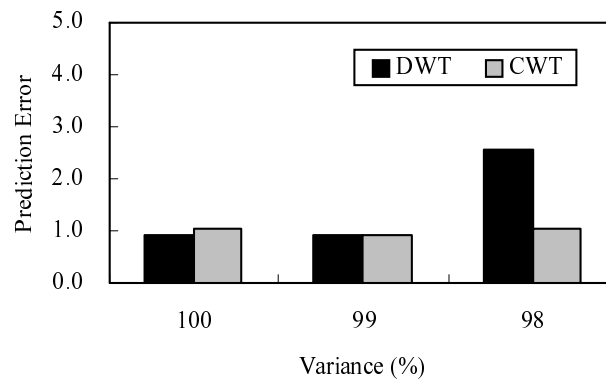
2. B. Kim and M. Kwon, Appl. Spectrosc. 61, 73 (2008).
3. D. C. Montgomery, Design and Analysis of Experiments, John Wiley & Sons, New York 1991.
4. L. Fausett, Fundamentals of Neural Networks, New Jersey, Prentice Hall, 1986.



(a) 시각률 모델



(b) 시각 프로파일 모델



(c) 시각 균일도 모델

Fig. 1. Comparison of the prediction performance of neural network models.