

시계열 신경망을 이용한 식각 종말점 예측

박민근, 김병환
 세종대학교, 전자공학과

Prediction of Etch Endpoint Using Time-Series Neural Network

Min Geun Park, Byungwhan Kim
 Sejong University,

Abstract -Auto-Cross 시계열 신경망을 이용하여 식각 종말점을 예측하는 모델을 개발하였다. 식각 종말점 신호는 광방사분광기 (OES)를 이용하여 수집하였다. 기존 신호에 대한 예측모델을 개발한 후, 나머지 신호들로 테스트해 그 결과를 비교 분석하였다. 시계열 예측모델은 실제 신호가 제공하지 못하는 EEP 시간대를 제공하였다. 실제신호와 시계열 예측 모델을 병행해 운용할 경우 EEP 탐지 성능의 증진이 기대된다.

1. 서 론

식각공정 중에 원하는 두께까지 식각이 되었을 때, 그 순간을 식각 종말점 (Etching Endpoint-EEP)이라 정의하고 있다. EEP에서 식각은 반드시 종료되어야 하며, 종료되지 않고 그대로 진행될 경우, 이미 형성된 패턴의 프로파일의 변형을 가져올 수 있을 뿐 아니라, 하부 박막에의 과도한 이온 충돌과 플라즈마 방사 데미지로 인해 후속 증착공정에서의 균일도의 확보를 어렵게 하고, 나아가서 제조된 소자의 질 (Quality)을 저하시키게 된다. EEP 검출시스템은 주로 Optical Emission Spectroscopy (OES) 신호에 기반을 두어 개발되고 있다 [1]. 이외에도 EEP는 플라즈마 임피던스 감시 [2], Electrostatic Chuck의 역궤환 전압 [3], 또는 서로 다른 종류의 in-situ 센서[4]의 감시등을 통해 탐지된 바 있다.

패턴간격이 더욱 좁아지게 됨에 따라, 식각에 관여하는 라디칼의 강도가 약해지고 있으며, 이에 따라 EEP의 검출이 어려워지고 있다. 또한 동일 플라즈마 조건에서도 EEP 패턴의 유일성 또는 유사성이 보존되지 않는 특이현상이 발생하고 있으며, 이에 따라 EEP 시스템에 의존해서 EEP를 검출하는 데에는 한계를 보이고 있다. 본 연구에서는 전술한 문제점을 극복하기 위한 하나의 방법으로 시계열 신경망을 이용해서 EEP 예측 모델을 개발한다. EEP 패턴은 Oxide 식각공정 중에 수집하였다.

공정에 대해 OES 패턴이 수집되었으며, 각 웨이퍼 공정에서 총 9개의 라디칼 Peak에 대한 실시간 데이터가 수집되었다. 여기에는 N(409.3), N(410.99), N(493.50), N2(601.36), N2(645.48), N2(575.52), CN(304.20), CN(358.60), CN(388.30)등이 포함된다. ()안의 수치들은 해당 라디칼이 존재하는 파장이며, 단위는 "nm"이다. 본 데이터는 (주)썬미시스코가 개발한 EEP 검출시스템을 이용하여 대략 41초 정도까지 0.2초 간격으로 수집되었다. 보다 미세하게 신호들을 25.2와 41.2sec 사이에서 관찰하였으며, 이 중 #4와 5 신호들이 그림 2와 3에 도시되어 있다. 이 두 신호를 비교해보면 EPD 신호가 크게 다르며, 따라서 이들 신호들을 추적해서 EEP를 일관성 있게 추적하는 것은 어렵다.

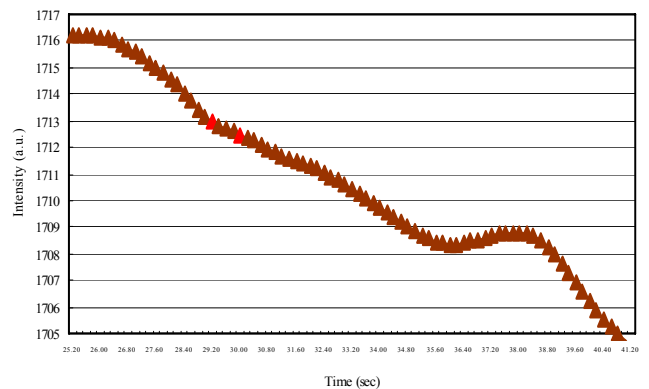


그림 3 #4 웨이퍼 공정에서 수집된 N(409.3) 신호

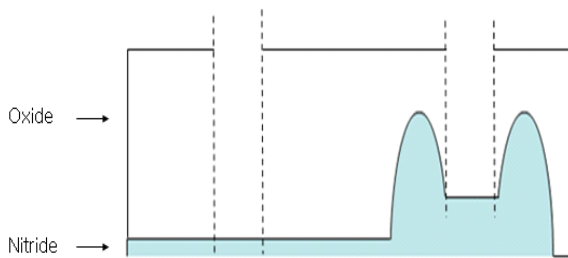


그림 2 식각 패턴의 구조

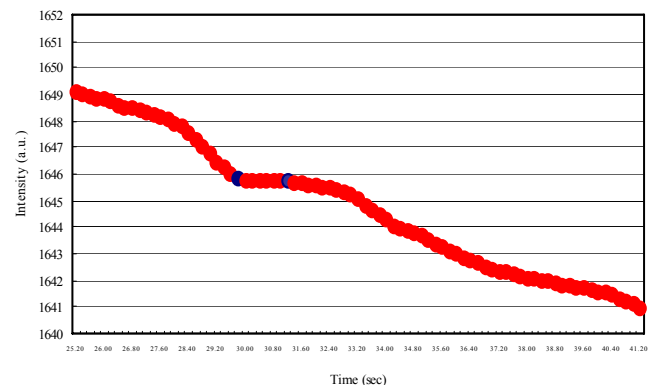


그림 4 #5 웨이퍼 공정에서 수집된 N(409.3) 신호

2. 본 론

2.1 OES 데이터 수집

OES 패턴은 나이트라이드위에 7000 Å의 옥사이드가 증착된 구조이며, 그림 1에 그 구조가 도시되어 있다. 총 5개의 웨이퍼

2.2 신경망 EEP 예측 모델

Auto-Cross 시계열 신경망을 이용하여 N(409.3) 신호를 예측하는 모델을 개발하였다. 은닉층 뉴런수는 5에 고정하였고, 다른 학습인자는 Default 값에 고정하였다. 즉 신경망의 입력에는

전체 9개의 라디칼 정보가 이용되었다. 5개의 신호 중에 기준 신호로 2개를 결정하기로 하였다. 결정방식은 #5에 대한 시계열 모델을 만든 후 다른 신호들을 하나씩 제거하면서 테스트 에러의 변화를 보고, 가장 에러의 변화가 큰 신호를 다른 하나의 신호로 결정하였다. 우선 #5의 신호를 학습과 테스트 데이터로 나누었으며, 시계열 모델의 과거와 미래 정보의 양은 동일한 "1"로 고정하였다.

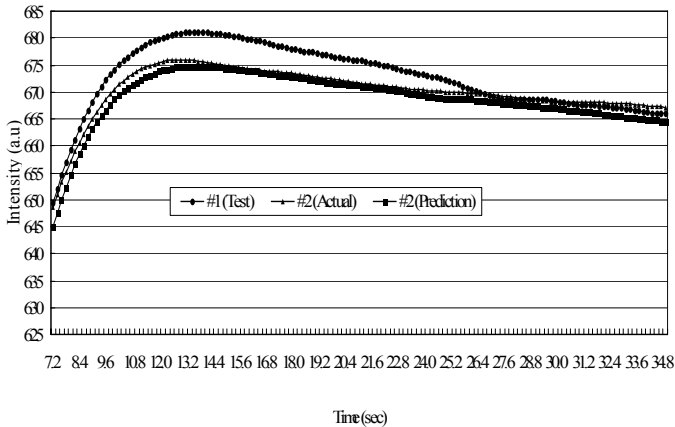


그림 5 #1 모델과 #2 신호에 대한 테스트 결과 비교

모델개발에 이용된 학습과 테스트 패턴은 각각 1과 1이다. #5에 대한 시계열 모델의 테스트 에러는 0.411이었고, 이것에 가장 차이를 많이 보이는 신호는 #1 신호였으며, 그 테스트는 에러는 0.436이었다. 결국, #1과 #5신호가 결정되었으며, 이들에 대한 시계열 모델을 만든 후 다른 신호들을 테스트하였다. 본 연구에서는 #1모델에 대한 테스트 결과만을 보고한다. 그림 4는 #1 모델에 대한 #1 신호의 실제 테스트 데이터이며, 나머지 2 데이터는 #2 신호에 대한 모델 예측치와 그 실제치이다. #1 신호에 대한 실제 테스트 데이터는 모델 예측치가 어느 정도 정확하게 EEP를 검출할 수 있는지를 확인하기 위해 삽입한 것이다. 보다 세세하게 EEP의 탐지성능을 확인하기 위해 그림 5를 확대한 그림이 그림 5에 도시되어 있다.

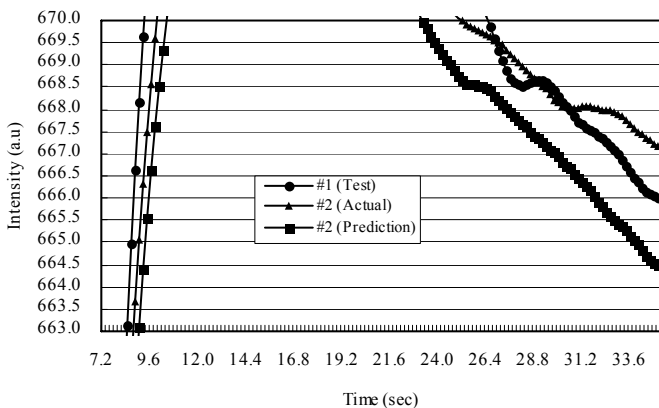


그림 6 그림 4의 상세 그림

그림 5에서와 같이 #1신호의 경우 28-29.2 sec사이에서 EEP를 확인할 수 있으며, #2의 경우 30.6-31.4 sec 사이에서 검출할 수 있다. 그러나 모델 예측치에 기초할 경우, 대략 25.6-26.4 sec 사이에서 EEP를 탐지할 수 있으며, 이는 기준 시간 30 sec에서 다소 벗어나는 수치이지만, 나름대로 EEP 검출에 예측모델이 응용될 수 있음을 보이고 있다. #4 신호에 대한 EEP 탐지 성능은 그림 6에 도시되어 있다. 그림 6에서와 같이 #4 신호의 실제치를 추적해서는 EEP 탐지가 어렵다. 예측치 패턴에 근거할 경우, 두 시간 대역, 즉 26.6-27.6 sec와 32.8-34.2 sec에서의 EEP 탐지가 가능할 수 있다. 전자의 시간대의 경우 너무 EEP 탐지가 너무 이르며, 오히려 후자의 시간대의 패턴이 #1 신호의 패턴과 유사

성이 더 강해, 더 효과적인 EEP 탐지라 할 수 있다. 결국, EEP 예측 모델은 실제 신호가 제공하지 않는 EEP 탐지 시간대를 제공하고 있다는 점에서 매우 의미있는 결과라 할 수 있다. 비슷한 결론을 #5 신호에 대해서 얻었지만, 불행히도 #3신호에 대해서는 실제 데이터는 EEP 탐지 시간대를 제공하였지만 예측모델은 제시하지 못하였다. 결론적으로 예측모델만으로는 EEP의 검출이 한계가 있지만, 실제 신호 추적과 함께 운용할 경우, 본 사례보고에서와 같이 실제 신호가 제시하지 못하는 EEP 시간대를 제공하고 있다는 점에서 EEP 탐지 성능을 증진하는 데에 기여할 수 있다고 사료된다.

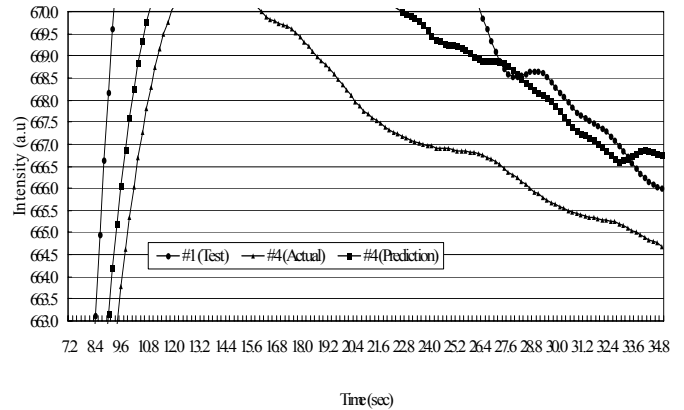


그림 7 #1 모델과 #4 신호에 대한 테스트 결과 비교

3. 결 론

본 연구에서는 시계열 신경망을 이용하여 EEP를 탐지하는 예측모델을 개발하여 평가하였다. 예측모델은 실제 신호가 제공하지 못하는 EEP 시간대를 제공하고 있다는 점에서 나노 패턴링에서 탐지하기가 어려워지고 있는 EEP의 탐지를 가능하게 해준다.

감사의 글

이 논문은 2006년 정보 (교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (KRF-2006-511-D00096).

[참고 문헌]

1. J. O. Stevenson, P. P. Ward, M. I. Smith, and R. J. Markle, "A plasma process monitor/control system," Surf. Interf. Anal. 26, 124 (1998)
2. M. Kanoh, M. Yamage, and H. Takada, "End-point detection of reactive ion etching by plasma impedance monitoring," Jpn. J. Appl. Phys. 40, 1457 (2001).
3. E. A. Hudson and F. C. Dassapa, "Sensitive end-point detection for dielectric etch," J. Electrochem. Soc. 148 (3) C236 (2001).
4. J. T. C. Lee, N. Blayo, I. Tepermeister, F. P. Kiemens, W. M. Mansfield, "Plasma etching process development using in situ optical emission and ellipsometry," J. Vac. Sci. Technol. B, 14(5), 3283 (1996).