

플라즈마 식각 라디칼의 신경망 모델링 A Neural Network Model of Plasma Etch Radicals

김우석, 김병환
세종대학교, 전자공학과

1. 서론

식각공정 중에 복잡한 물리화학적인 반응을 통해 박막 특성이 결정된다. 식각 라디칼(Radicals)은 프로파일의 형태와 식각률을 결정하는데 중요한 역할을 수행한다. 특정 플라즈마 화학(Chemistry)에 대해서 지배적인 라디칼들이 존재하고 있지만, 라디칼 발생의 비선형성으로 인해 공정조건에 따라 그 변화를 해석적으로 예측하는 것은 매우 어렵다. 그럼에도 불구하고, 플라즈마 식각공정에의 라디칼의 영향을 평가하고 관련 식각 메커니즘을 해석하는 데에는 라디칼을 예측하는 모델이 요구된다.

2. 본론

본 연구에서는 식각 라디칼을 예측하는 모델을 소개한다. 예측모델은 일반화된 회귀신경망(Generalized Regression Neural Network-GRNN)¹⁾을 통계적 실험계획표를 이용하여 수집한 데이터에 적용하여 개발하였다. GRNN의 구조는 그림 1에 도시되어 있다. 식각 공정은 SF₆ 헬리콘(Helicon) 플라즈마를 이용하여 수행되었다. 체계적인 모델링을 위해 식각공정은 2⁴⁻¹ 부분인자 실험계획표²⁾에 의해 수행이 되었으며, 관련 변수는 RF 소스전력, 바이어스 전력, 온도, 그리고 SF₆ 유량 등이었다. 테스트 패턴은 W 3500Å-TiN 600Å-Ti 500Å-Silicon Dioxide 4000Å으로 구성되었다. GRNN의 예측성능을 증진하기 위해 유전자 알고리즘(Genetic Algorithm-GA)³⁾이 응용되었다. GA는 그림 1의 GRNN의 패턴층에 위치하고 있는 뉴런의 학습인자인 spreads를 최적화하는데 응용되었다. Spread 범위를 0.3에서 1.0범위까지 변화시키며 GA-GRNN 모델을 개발하였으며, 그 결과는 그림 2에 도시되어 있다. 그림 2에서와 같이 가장 작은 Root Mean Square Error(RMSE)는 spread range 0.5에서 결정되었으며, 그 값은 5.18이었다. 비교를 위해 spread 값을 0.3에서 1.0으로 변화시키며, 종래의 방식으로 GRNN모델을 개발하였으며, 그 결과가 그림 3에 도시되어 있다. 그림 3에서와 같이 가장 작은 RMSE는 spread 값이 0.9와 1.0에서 얻어졌으며, 그 값은 8.01이다. 결국, GA-GRNN 모델은 GRNN 모델에 비해 예측 성능을 35%정도 향상시키고 있음을 알 수 있다. 한편 비교를 위해 통계적 회귀모델을 개발하였으며, 총 4종류의 모델을 개발하였다. 4종류의 모델 중, 가장 작은 RSME는 7.05였다. 통계모델과 비교하여, GA-GRNN 모델은 대략 26%정도 향상된 예측성능을 보이고 있다.

3. 결과

본 연구에서는 신경망을 이용하여 식각 라디칼을 예측하는 모델을 개발하였다. GRNN의 예측 성능은 GA를 이용하여 최적화하였으며, 종래의 방식으로 개발된 GRNN과 통계적 회귀모델들과 그 성능을 비교 평가하였다. 결과적으로, GA-GRNN 모델은 GRNN과 통계적 회귀 모델에 비해 대략 35%와 26%정도 예측성능을 향상시켰다. 개발된 라디칼 모델은 공정조건에 따라 라

디칼의 변화를 예측하고 관련 시각 메커니즘을 해석하는데 유용하게 활용될 수 있다. 또한 박막공정의 Run-to-Run 제어기 설계 시 보다 예측성능이 우수한 모델의 적용으로 공정제어의 효율을 증진시킬 수 있을 것이라 기대된다.

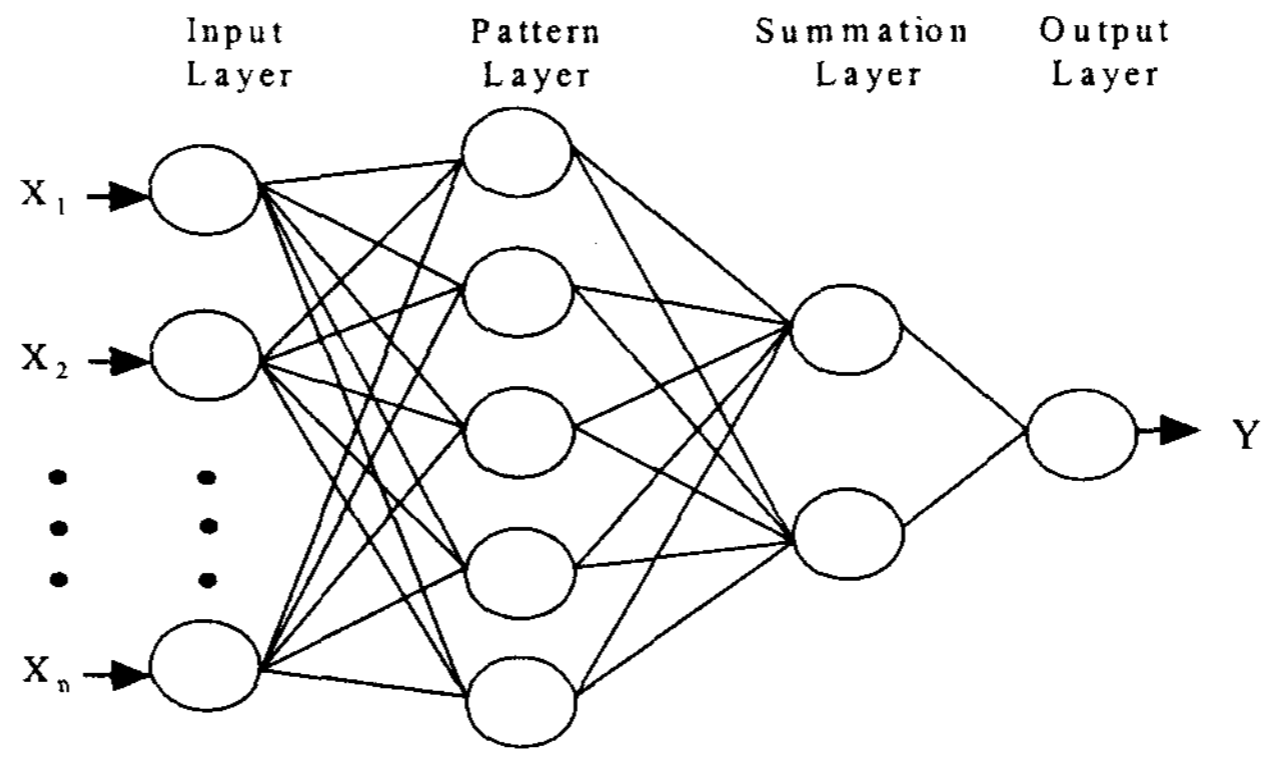


그림 1. GRNN의 구조

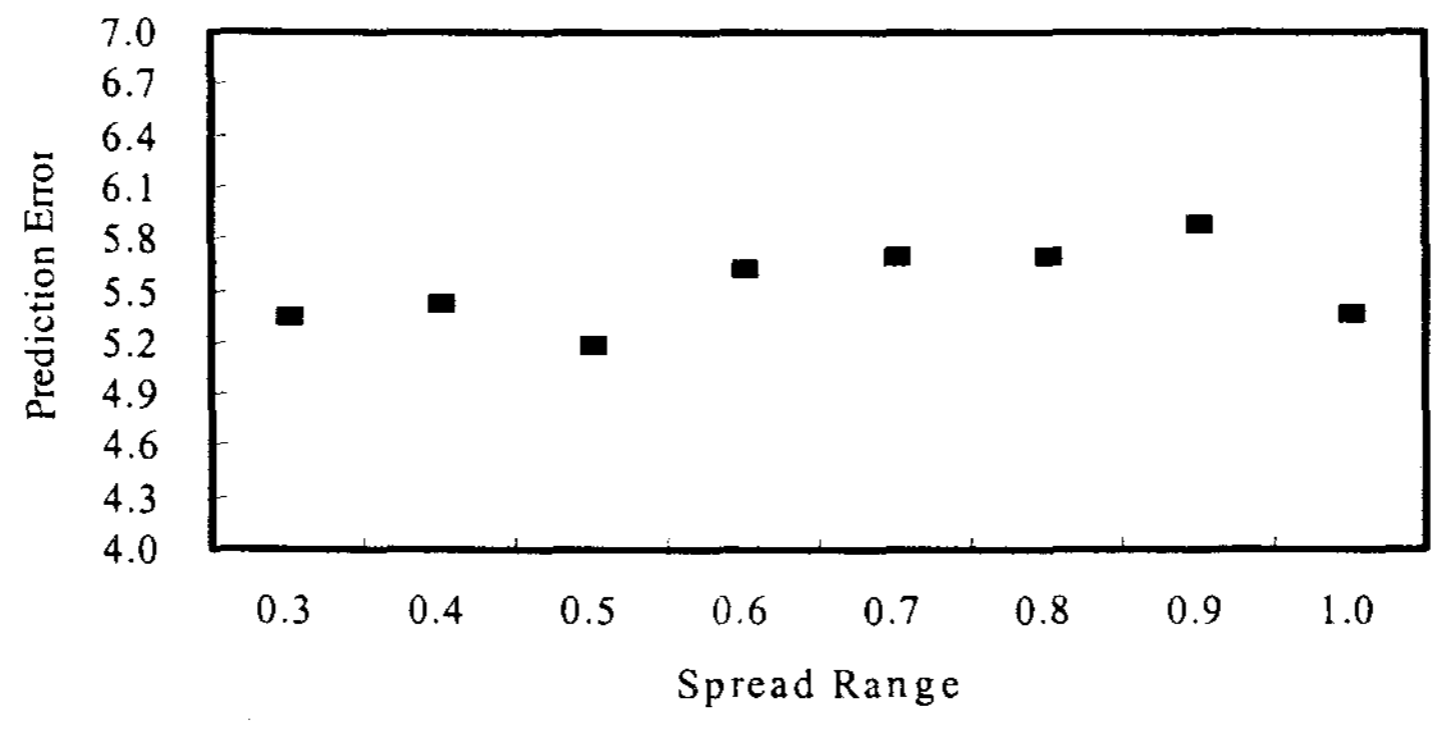


그림 2. Spread range에 따른 GA-GRNN의 예측성능 변화

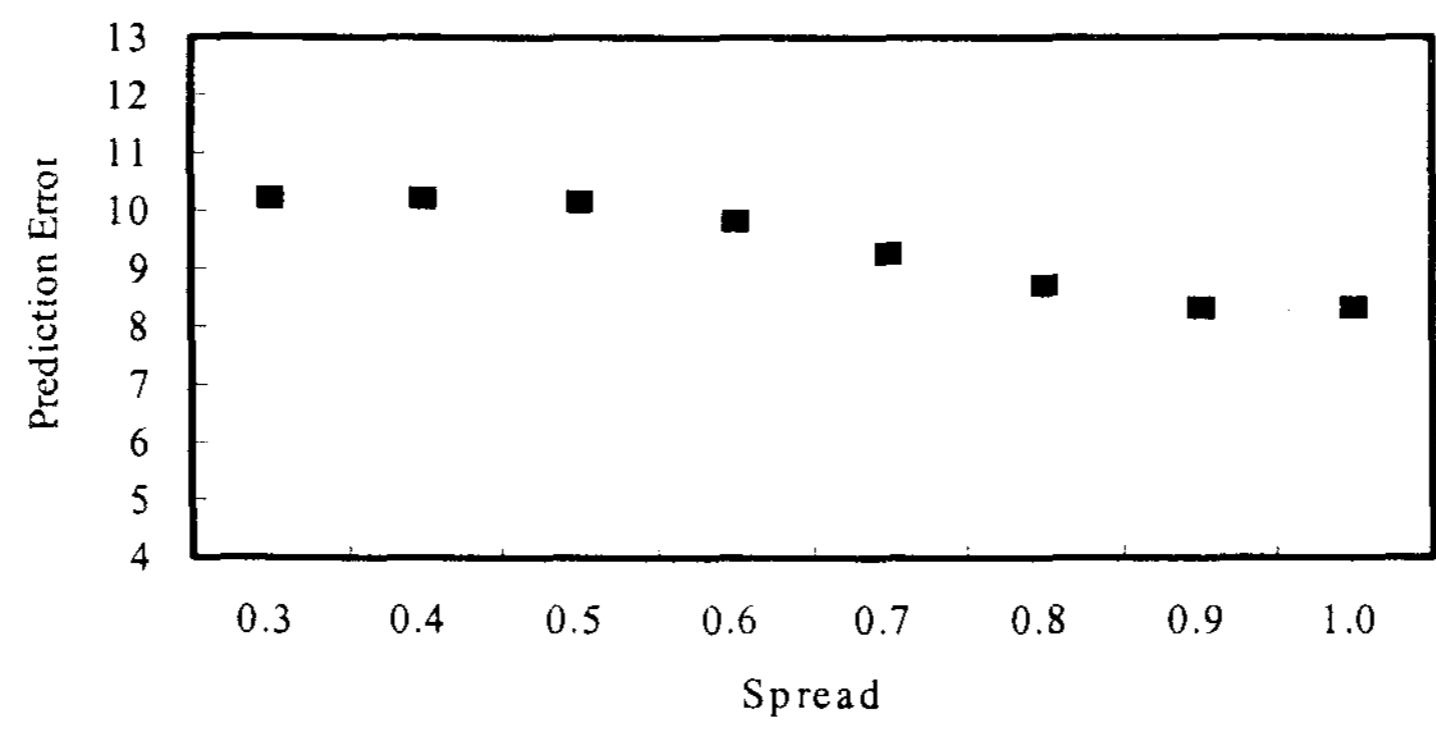


그림 3. Spread에 따른 GRNN의 예측성능 변화

참고문헌

- 1) D. F. Specht, IEEE Trans. Neural Network 2 (1991) 568.
- 2) D. C. Montgomery, Design and Analysis of Experiments, John Wiley & Sons, Singapore, 1991.
- 3) D. E. Goldberg, Genetic Algorithms in Search, Optimization & Machine Learning, Addison Wesley, Reading, MA, 1989.