

Benzocyclobutene에 대한 Reactive Ion Etching의 최적화

박보현, 소대화, 홍상진
명지대학교 전자공학과

Optimization of Reactive Ion Etching of Benzocyclobutene Using Neural Networks

Bo Hyeon Park, Dea Wha Soh, Sang Jeen Hong

Department of Electronics Engineering and Semiconductor Technology Center, Myoungji University

Abstract

차세대 반도체 공정을 위한 많은 노력 중 미세가공의 중요성이 날로 증가함에 따라 reactive ion etching (RIE)에 대한 연구 또한 그 중요성이 커지고 있다. 본 논문에서는 RIE 과정에서 etch rate과 uniformity에 영향을 줄 수 있는 요인 4가지 즉, CHF₃, O₂, chamber pressure, RF power의 변화에 대한 실험 계획법(DOE)을 통해 계획하고, 실험한 후 neural network를 통해 학습함으로써 RIE 공정상의 최적화를 모색하였다.

Key Words : RIE, DOE, Neural networks

1. 서론

오늘날 반도체 미세가공기술의 발달로 인해 LSI (large scale integration)급 소자에서 ULSI (ultra large scale integration)급 소자로의 비약적인 발전을 보이고 있다. 이 같은 이유로 새로운 장비와 최적화된 공정의 지속적인 변화를 필요로 함에 따라 공정 후 실수를 바로잡을 수 없는 etching 공정은 날로 그 중요성이 높아지고 있다.

이러한 etching 공정의 중요성에 의해 본 논문에서는 Benzocyclobutene (BCB)를 reactive ion etching (RIE) 할 때 여러 요소들로 인한 etch rate과 uniformity의 변화에 관한 연구를 진행하였다. BCB는 Low-K dielectric polymer로, 패키징 MCM-D 공정 중 inter-level dielectric (ILD)로 많이 사용되는 물질이다 [1].

RIE를 이용한 본 실험에서는 기본적으로 4가지의 요인 즉, CHF₃, O₂, Pressure, RF power가 RIE의 etch rate과 uniformity에 미치는 영향에 대해 알아보고, 그 결과를 토대로 neural networks를 통하여 학습시킨 후, 입력된 자료와 학습된 상태자료를 비교하여 가장 유사한 상태자료가 가지는 계측 값을 출력하는 방법을 택하여 최적화 하였다. Etching tool은 Plasma Therm 700 series dual chamber reactive ion etch를 사용하였으며, optical emission spectroscopy (OES)를 통해 chamber 내의 상태를 실시간으로 측정하였다.

2. 실험

본 연구에서는 통계적인 실험 계획법 (Design of Experiments)을 사용하였으며[2], 4개의 인자를 2수준으로 하여 D-optimal 방법으로 계획되었다. 실험은 4-inch <100> 실리콘 웨이퍼 위에 5um의 두께로 BCB를 spin coating한 후 250℃에서 1시간 열처리하였다. 그 후 photoresist (AZP 4620)를 coating 한 후 reactive ion

etching을 하여 etch rate과 uniformity를 측정하였다. 실험의 결과는 back-propagation 방법의 tool을 사용하여 modeling 하였다 [2-3].

이 모델은 입력층 (input layer)과 출력층 (output layer) 사이에 하나 이상의 은닉층 (hidden layer)이 존재하는 신경망으로 각 층 내의 연결은 출력층에서 입력층으로 직접적인 연결이 존재하지 않는 전방향 (feed forward) 네트워크이다 [4]. 입력노드는 RIE에 영향을 미치는 4가지 인자와 그들의 상관분석을 통해 인자들 간의 상관관계가 입증된 요인들을 추가하였으며, 은닉층도 안정적으로 수렴하는 결과가 나오도록 학습이 이루어졌다. 또 출력노드는 입력노드에 의한 Etch rate과 Uniformity의 변화를 나타내었다.

3. 결과 및 고찰

3.1 Etch Rate 모델링

그림 1은 2개의 인자간의 상호작용이 결과 값에 미치는 영향을 보여주는 interaction plot이다. 이 plot은 두 개의 선이 교차할 때 두 인자의 상호작용이 결과 값에 영향을 미친다고 판단한다. 이때 인자 4개와 상호작용이 있다고 판단된 결과 중, neural networks 내에서 상관관계가 적거나 노이즈로 생각되는 인자를 제외하고 나머지 모두를 input으로 사용 모델링 하였다.

그림 2는 Chamber pressure와 RF power가 Etch rate에 주는 영향에 대해 나타내고 있다. neural networks로 modeling한 결과 가장 최적화된 조건의 CHF₃ 양은 2-3 sccm, O₂의 양은 20-25 sccm에서 빠른 etch rate을 보였으며, CHF₃는 조금만 증가하여도 Etch rate이 크게 감소하는 반면 O₂는 etch rate의 감소가 더디었다. 또 chamber내의 pressure는 100 mTorr, power는 400 watt에서 빠른 etch rate을 보였다.

3.2 Uniformity 모델링

이 실험에서는 그림 1과 같은 Interaction plot을 그려 상관관계를 확인한 후, 4개의 인자와 상관관계가 있는 인자를 inputs으로 사용, modeling 하였다.

그림3은 CHF₃와 O₂가 Uniformity에 주는 영향을 나타내고 있으며, neural network를 사용하여 modeling을 한 결과 CHF₃와 O₂의 양이 각각 40 sccm, 3-4 sccm이고, pressure는 100-120 mTorr, power는 40 Watt일 때 좋은 uniformity를 얻을 수 있는 것으로 분석되었다.

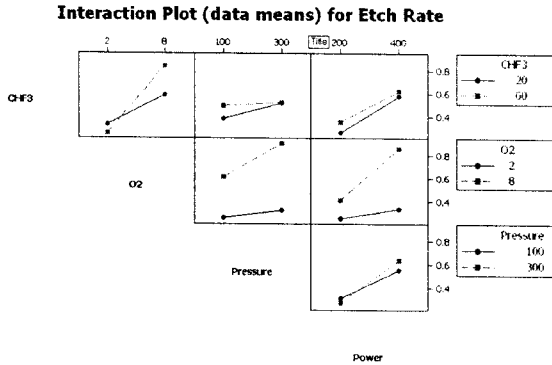


그림 1. Interaction plots for Etch Rate

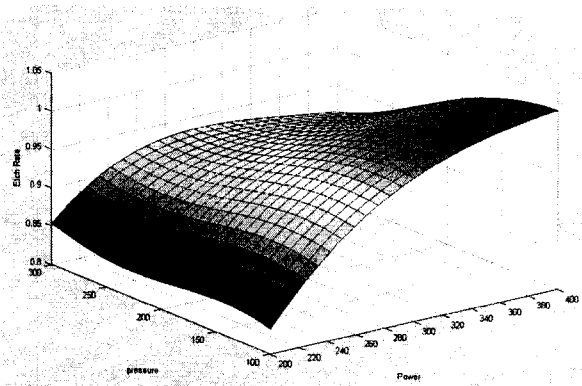


그림 2. Chamber pressure와 RF power가 etch rate에 주는 영향 (CHF₃ 40 sccm, O₂ 5 sccm)

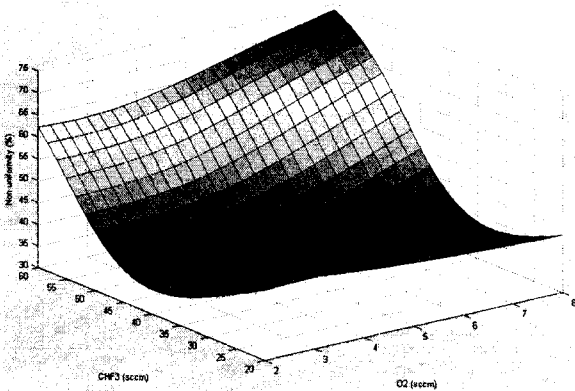


그림 3. CHF₃와 O₂가 Uniformity에 주는 영향 (pressure 200 mTorr, RF power 300 Watt)

4. 결론

본 논문에서는 RIE 공정상의 최적화를 위해 실험계획법을 사용, 실험을 계획하여 적은수의 실험을 능률적으로 실시한 후 실험 데이터를 neural networks를 사용, Etch rate과 Uniformity에 관해 모델링 하였다. 이때 CHF₃와 O₂, pressure, RF power의 변화를 관찰한 결과 각각 20-25 sccm, 2-3 sccm, 100 mTorr, 400 Watt일때 빠른 etch rate을 얻을 수 있었다. 또 CHF₃, O₂, chamber pressure, RF power가 각각 40 sccm, 3-4 sccm, 100-120 mTorr, 400 Watt일 때 좋은 uniformity를 얻을 수 있었다. 이는 BCB의 RIE 공정에서 Fluorine은 화학적인 작용을 하며, 농도가 5%이상으로 증가했을 경우 Etch rate은 감소하고 [5], 또 O₂의 농도가 증가할수록 Etch rate은 증가하지만 O₂의 농도가 20%를 넘을 시 SiOx/Fy가 etching하려는 물질 측면에 생성되어 etching을 방해하기 때문에 분석 된다 [6].

이번 연구를 통해 4인자 2수준 내에서 RIE의 빠른 Etch rate과 좋은 Uniformity를 유지 할 수 있는 공정 조건을 찾아낼 수 있었으나, RIE 공정상에서 Etch rate과 Uniformity에 영향을 줄 수 있는 더 많은 인자들이 있을 것으로 보여 진다. 이런 이유로 앞으로 남은 여러 인자들을 가지고 실험과 분석을 통하여 RIE 공정의 최적화를 위해 많은 연구가 필요할 것이라 생각된다.

참고문헌

- [1] E. B.Liao, W. H. Teh, K. W. Teoh, A. A. O. Tay, H. .H. Feng, R. Kumar, "Etching control of Benzocyclobutene in CF₄/O₂ and SF₆/O₂ plasmas with thick photoresist and titanium masks," *Thin Solid Films*, Vol. 504, pp. 225-256, 2006..
- [2] G. Box, W. Hunter, and J. Hunter, *Statistics for Experimenters*, New York: Wiley, 1978.
- [3] 영준근, 남기성, "유저자 알고리즘을 이용한 비선형 모형의 D-최적 실험계획법에 관한 연구," *품질경영 학회지*, 제28권, 제2호, pp. 135-146, 2000.
- [4] 이신동, "정보처리 이론의 한계와 신경망 이론," *The Journal of Research in Education.*, Vol. 6, pp. 231-247, 1994.
- [5] Percy B. Chinoy, "Reactive Ion Etching of Benzocyclobutene Polymer Films," *IEEE Trans. Comp. Pack. and Manufac. Technol.*, Vol. 20, No. 3, pp.. 199-206, 1997.
- [6] 정귀상, 정수용, higehiro Nishino, "Si(100)기판위에 성 장된 3C-SiC 박막의 반응성 이온식각 특성," *전기전자재료학회논문지*, Vol. 17, No. 7, pp. 724-728, 2004.