

색 측정기술을 이용한 플라즈마 감시

Plasma monitoring using colorimetry

권민지, 김병환

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

초 록: 플라즈마 공정 중에 플라즈마는 공정조건에 따라 다양한 빛을 발산하며, 이를 플라즈마 감시에 활용할 수 있다. 본 연구에서는 반도체 공정 중에서 발생하는 플라즈마의 색상 정보 (X, Y, Tc)를 수집했다. 그리고 공정 조건 중 소스파워와 바이어스파워의 값을 다양하게 변화시키면서 색 정보의 민감도를 비교, 분석 하였다. 소스와 바이어스 파워의 변화에 대해 색 정보는 반대의 경향을 보였다. 또한 소스 파워의 경우 X, 그리고 바이어스 파워의 경우 Tc가 효과적인 감시 변수임을 확인하였다.

1. 서론

색 측정 (Colorimetry)은 서로 다른 스펙트럼을 갖는 시각 자극이 특정 조건하에서 같은 색을 예측하기 위해 사용되는 도구이다. 이 예측은 시각 자극의 삼자극치(Tristimulus values)를 결정하여 이루어지는데, 이 때 삼자극치가 동일하면 정상 color vision을 갖는 표준 관찰자에게 동일한 색으로 보인다. 이 때, 색 측정 방법으로 CIE 표색법이 사용된다. 이는 Grassman의 혼색 법칙에 기초하는데, 이는 3원색이론 (Trichromacy), 조건등색 (Metamerism), 가산성 (Ditivity)에 의거한다. 이 방식은 광원 및 디스플레이 기기의 색특성을 측정하고 불확도를 평가하는 데, 사용되고 있다 [1-3]. 또 플라즈마에서 입자의 집결 변화를 확인 할 때도 사용된다 [4]. 색온도의 경우 디스플레이 산업 현장에서 CIE 표색법 광 특성을 평가하는데, 중요한 품질관리의 지표로 사용되고 있다 [1]. 또 포토센서의 경우 색온도를 이용하는데, 어떠한 기준점에 대하여 디지털 정보로 보관하다가 다른 빛 정보와 차이가 날 경우, 광전체물질을 자극하여 생성된 전도대역의 전자의 양의 차이로 같은 색상을 비교하는데 사용하기도 한다.

본 연구에서는 플라즈마 증착 공정 중에서 CIE 색좌표계의 X축과 Y축, 색온도를 이용하여 플라즈마의 공정 상태 변화를 측정하였다. 그리고 측정된 색상 정보를 분석하여 파워가 변할 때, 변화하는 플라즈마의 특성을 색 정보를 통해 알아보고, 측정된 3가지 요소 중에서 가장 민감한 정보를 평가해보았다.

2. 본론

플라즈마 증착장비 (PLASMATM)를 이용한 silicon nitride 증착공정 중에 색정보를 수집하였다. 첫 번째 실험에서는 소스전력을 500-530W 범위에서 변화시키고, 바이어스 전력을 0W에 고정하였다. 두 번째 실험에서는 소스전력을 500W에 고정시키고 바이어스 전력을 40-48W의 범위에서 변화시켰다. 압력은 제어하지 않았으며, 가스 SiH₄와 N₂는 2와 20 sccm에 고정하였다. 소스전력 500W, 바이어스 전력 40 W에서 수집한 색상 정보를 그림 1에 도시하였다. 증착은 3 분간 진행되었다. 40초에서 60초 구간의 급격한 색온도 (Tc) 변화는 압력을 제어하지 않았기 때문에 발생한 결과로 추측된다. 다른 X와 Y도 동일 구간에서 다른 구간 대에 비해 더 큰 변이를 보이고 있다. 압력을 제어할 경우 이 같은 특이 변이가 없어진 일정한 데이터를 얻을 수 있을 것이다 [2]. 그림 2는 각 수집한 각 정보에 대하여 공정시간 동안의 평균과 표준편차를 구하여 도시한 것이다. 그림 2(a)에서와 같이 소스파워의 색좌표는 파워가 증가함에 따라 증가하고 있으며, X 또는 Y가 Tc에 비해 더 개선된 민감도를 보인다. Y에 비해 X가 더 나은 민감도를 보이며, 따라서 X가 가장 효과적인 감시변수임을 알 수 있다. 한편, 그림 2(b)에서와 같이 바이어스 파워 변화에 따른 색좌표 변화는 소스전력의 경우와 반대이다. 측정오차와 민감도를 동시에 고려할 때, Tc가 더 효과적인 감시 변수임을 알 수 있다. 바이어스 파워는 주로 이온에너지 제어에 관여하고 플라즈마 밀도에 미미한 영향을 미쳐 그 변화를 감시하기가 용이하지 않다. 하지만, 본 연구에서 확인하였듯이 색 좌표 감시를 통해 바이어스 파워의 변화를 탐지할 수 있다.

3. 결론

본 연구에서는 플라즈마 색 정보를 감시하여 플라즈마 고장을 탐지하였다. 플라즈마 색상정보는 작은 값의 파워변화에서도 민감하게 변화한다는 것을 알 수 있었다. 소스전력과 바이어스 전력 변화에 작은 변화에 대해 X와 Tc가 나은 민감도를 보였다. 따라서 플라즈마 색 정보는 그 변화를 탐지하기에 충분한 정도의 민감도를 보였으며, 따라서 이를 플라즈마 고장 감시에 응용할 수 있을 것이라 사료된다.

감사의 글

본 연구는 중소기업 기술혁신 사업(2009)에 의해 지원을 받았습니다.

참고문헌

1. 박성중, 이동훈, 김용완 박승남, 한국광학회, 20권 2호 (2009) 110.
2. 공수철, 백인재, 유재혁, 임현승, 양신혁, 신상배, 신익섭, 장지근, 장호정, 한국표면공학회, 39권 3호(2006) 93.
3. V. A. Ageev, A. K. Vershina and A. M. Bulochik, Journal of Applied Spectroscopy, Vol. 67, No. 6 (2000) 2000
4. A. Reinholdt, R. Pecenka, A. Pinchuk, S. Runte, A.L. Stepanov, Th.E. Weirich and U. Kreibig, Eur. Phys. J. D, vol31 (2004) 69.

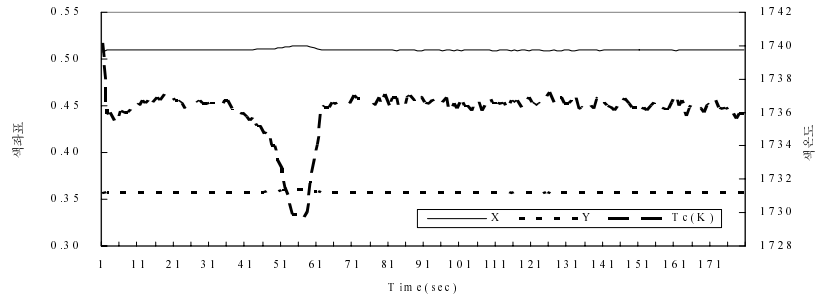
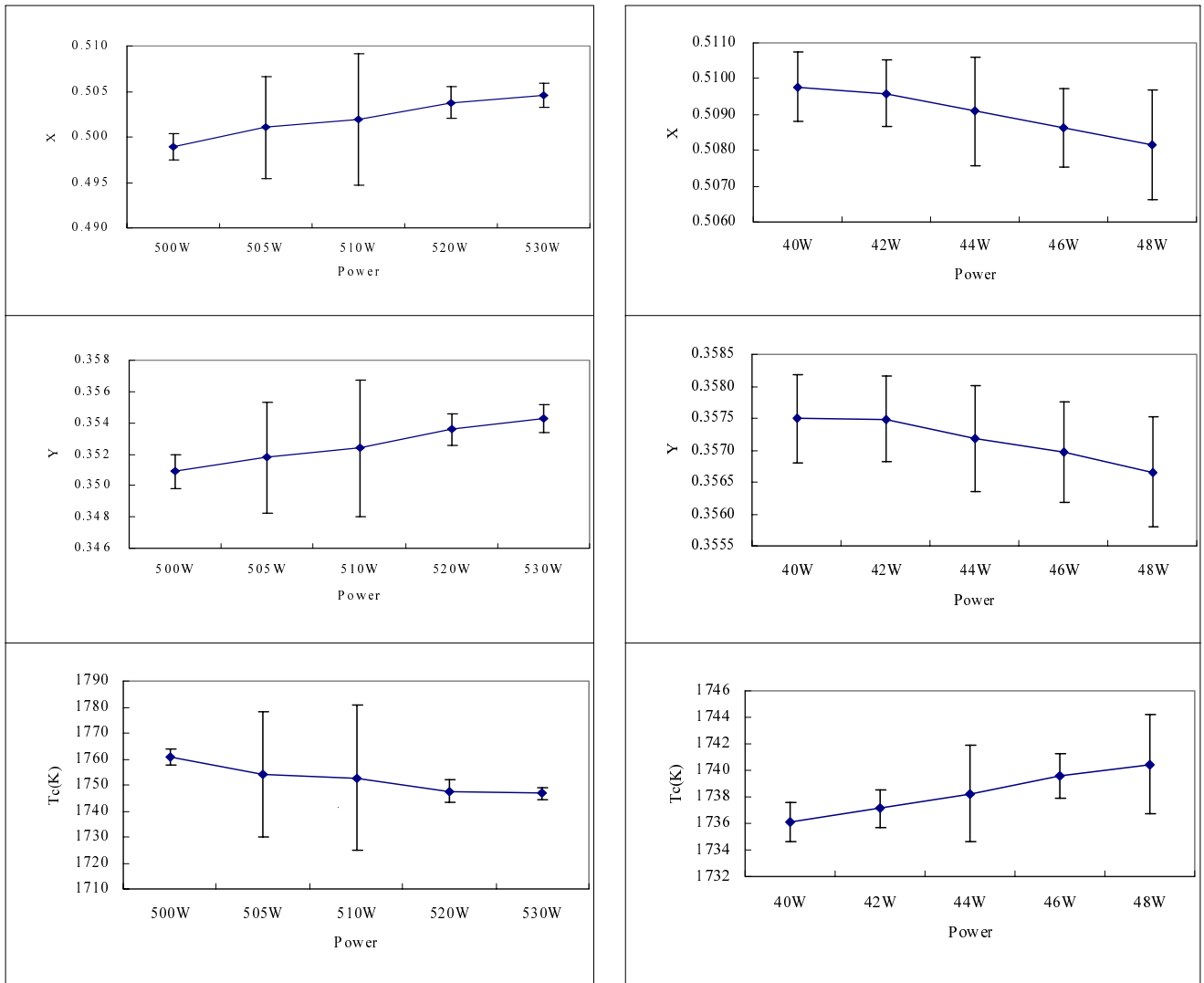


Fig. 1. Color data of plasma



(a) Rf source power

(b) Rf bias power

Fig. 2. Variations in plasma color