

고밀도 플라즈마 내에서의 plasma species의 변화 The generation of nitrogen ion species in high-density plasma with HCD

김상권^{1,2*}, 김성완¹, O. Takai²

(1) 한국생산기술연구원, 플라즈마응용팀

(2) 나고야대학교, 재료공학부

초 록 : 고밀도 플라즈마 질화를 위해 장비 내에 보조 HCD (Hollow Cathode Discharge) 전극을 설치하여 고밀도의 플라즈마가 발휘되도록 장비를 구축하였다. 기존 bias 플라즈마 질화는 1-10Torr의 공정압력인데 반하여 10⁻¹-10⁻² Torr 의 비교적 고 진공에서 고밀도의 플라즈마를 발생시켰다. HCD 질화는 bias plasma 질화 공정의 플라즈마를 비교하면 가스 비의 영향이 매우 큰 것으로 관찰되었으며 기존에 발표된 플라즈마 질화 관련 모델과 비교하여 관찰된 플라즈마 내에서의 ion species가 실제 공정에서도 영향을 미치는 것을 알 수 있었다.

1. 서론

질화공정장비 메이커에서 저마다 독자적인 브랜드로서 질화공정을 소개하고 국내에서 상당한 장비를 수입하여 사용하고 있지만 막상 제품에 있어서는 차이가 뚜렷하지 않고 특별한 용도를 개발하여 사용하고 있지 못하다. 특히 국내의 경우 소재산업과 연계하여 특성을 살리지 못하는 것도 그 요인이다. 국내의 주요산업 중 플라즈마 질화의 사용이 많지 않아 CO₂와 그린 산업과 연계하여 질화가 상당한 부분을 차지하게 될 것으로 기대되고 있다.

그러나 기존의 플라즈마 질화장치로 더 균일한 질화와 저급소재에 적용하여 소재를 고급화한다는 측면에서 표면에 형성되는 화합물 층의 조절은 큰 변수이다. 이러한 문제의 해결방안으로서 원자질소를 더 많이 형성하고 저온에서 반응을 시켜 변형량은 줄이고 질화의 속도는 개선하는 연구를 진행하였다. 특히 플라즈마내의 ion species를 컨트롤 함으로써 저온에서 질소확산이 빠른 것을 확인하고, 짧은 시간에 깊이 넣어 얇은 침탄을 대체하여 피로강도가 필요한 곳에 사용하게 될 수 있도록 구현하고자 하였다.

2. 본론

본 연구에서 HCD효과를 나타내기 위해 진공장비의 외벽을 positive 로 내부에 음극 이중 스크린을 사용하여 플라즈마 장비를 구축하여 사용하였다. Bias plasma와 HCD 고밀도 플라즈마의 명확한 차이는 질화의 주요종이 N₂⁺라는 것은 유사하나 A고밀도 플라즈마장치의 경우 진공도가 높아질 수록 강도 면에서 매우 강해지는 것과 질소의 함유량이 높아질 수록 NH_x종의 활동도가 높아지는 것을 관찰할 수 있었다. 변수로서 300K-673K, 0.1~1Torr의 압력, N₂:H₂ = 3:1, 1:3, DC에 의한 bias plasma의 조건에서 질화를 실시하며 OES로 플라즈마를 분석하였고, 이후 제품의 표면 단면분석을 통해 제품에서의 차이를 보여주고 있다. 특히, 플라즈마를 OES로 측정 한 결과를 토대로 고밀도 플라즈마 내에서 ion species를 비교하였다.

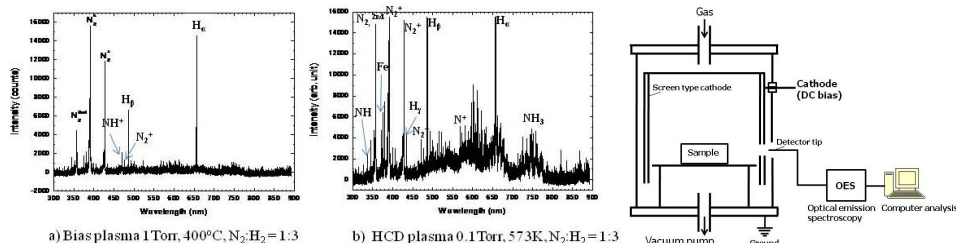


Fig. 1. Competition of ion species between bias plasma and HCD plasma and schematic diagram of OES analysis devices.

3. 결론

Bias에 의한 glow discharge와 0.1Torr 이하에서 HCD 내에서 이온의 밀도를 높인 고밀도 플라즈마 질화를 실시하였다. 고밀도 내에서 OES에서 관찰결과 bias 내의 glow discharge 내에서 스퍼터링에 의한 가열 및 반응 보다 고밀도 플라즈마 질화의 경우 N₂⁺를 비롯 각종 ion species의 강도가 매우 큰 것을 관찰할 수 있었다.

특히 원자형태의 질소를 많이 만드는 것이 N₂⁺ 이 참여하는 것을 예측할 수 있었으며 공정 내에서 진공도가 높음에도 불구하고 질화의 속도 면에서 기존의 bias 플라즈마 질화 보다 빠른 질화속도를 관찰할 수 있었다. 따라서 질화의 경우 원자형태의 질소를 만들는데 N₂⁺의 기여도가 매우 크다는 것과 질소와 수소의 비에 따라서 플라즈마 내에 NH_x기의 강도가 변화하는 것을 알 수 있었다. 이 때 질화층 내에서도 표면층의 조직에 차이가 있는 것을 알 수 있었다.

참고문헌

1. H. Hudis. J Appl Phys **44** (1973) 1489.
2. I. A. Taylor, G. M. Lanchester, A. Ignatien and J. W. Rablais. Chem Phys **68** (1978) 1776.
3. H. D. Hagstrum. Phys Rev **123** (1961) 758.