

## CFD-ACE+를 이용한 ICP-nitriding system의 수치 모델링 Numerical modeling of ICP-nitriding system using CFD-ACE+

주정훈

\*군산대학교 신소재공학과(E-mail: [jhjoo@kunsan.ac.kr](mailto:jhjoo@kunsan.ac.kr)), 플라즈마 소재응용 센터

**초 록:** 고밀도 유도 결합 플라즈마를 이용한 연료 전지 분리판용 질화 장치를 플라즈마를 모사할 수 있는 3차원 전산 유체 역학 프로그램인 CFD-ACE+를 이용하여 해석하였다. 내장형 안테나 타입의 유도 결합 플라즈마의 전자 온도, 밀도 균일성, 가스 유동, 얇은 기판이 촘촘히 적재 되었을 경우의 플라즈마 특성을 모사하였다.

### 1. 서론

질소와 수소를 기본으로 하는 플라즈마 질화는 강의 표면에 흡착된 질소 원자나 분자가 내부로 확산하면서 철 원자와 질화물을 형성하여 경도가 높은 표피층을 형성하므로 기계 부품의 표면 경화에 많이 이용되는 방법이다.<sup>1-3)</sup> 암모니아를 사용하는 열 질화법의 경우 높은 공정 온도로 인하여 상변화가 유발 되므로 적용할 수 있는 강종이 제한적이고 환경오염을 유발하는 암모니아를 사용하는 점이 단점이다. 반면 플라즈마 질화법은 질소와 수소를 이용하여 공정을 하므로 환경 친화적이나 균일도와 질화 속도를 양산에 적절하도록 유지하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 고밀도 유도 결합 플라즈마를 이용하는 시스템의 설계를 수치해석을 통하여 평가하였다.

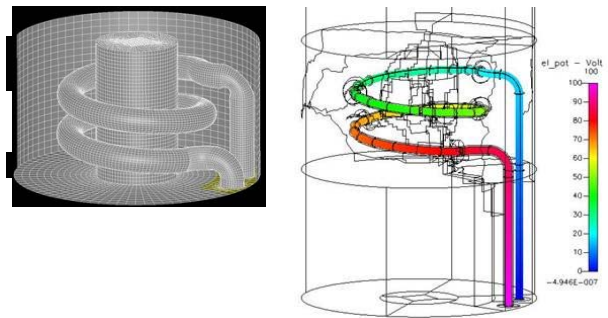


Fig. 1 A numerical model of an internal antenna type inductively coupled plasma nitriding system.

### 2. 본론

온벽 시스템(hot wall system)에 유도 결합 안테나를 내장한 경우의 엔지니어링 문제는 유도 결합 안테나의 형상, 질화용 시편의 위치, 적절한 가스 혼합비를 정하는 일이다.

이를 위해서 2차원과 3차원 모델을 적절히 나누어 이용하였다. RF전력이 침투하는 깊이는 플라즈마의 밀도, rf 주파수에 반비례하며 질화 조건에서 대략 25 - 50 mm이므로 수치 모델에서도 안테나 주변부는 정렬 격자를 사용하여 수치해의 수렴성과 안정성을 향상 시켰다. 시편 표면에 입사하는 질소 원자, 분자, 이온의 플럭스를 이용하여 질화 속도의 균일도를 예측하였다. 기상 반응으로는 내장되어 있는 질소와 수소의 플라즈마 라이브리리를 이용하였고 N<sub>2</sub>와 H<sub>2</sub>가 기상에서 반응하여 NH<sub>3</sub>를 형성하는 반응은 본 모델에서는 제외 하였다. 시편 사이의 간격을 9 mm에서 3 mm까지 좁혀 가면서 유동 특성과 질화의 주 활성종으로 예상되는 N, N<sub>2</sub><sup>+</sup>의 농도 분포를 관찰하였다. 질소 방전에서 질소 원자 이온과 분자 이온의 생성비는 전자 온도의 함수로 고찰된 바 있다.<sup>[4]</sup> 내부 삽입형 유도 결합 안테나 구조는 rf 흡수 효율이 높고 전력 밀도가 높은 부분이 존재하여 질화의 효율을 높일 수 있음을 알 수 있었다.

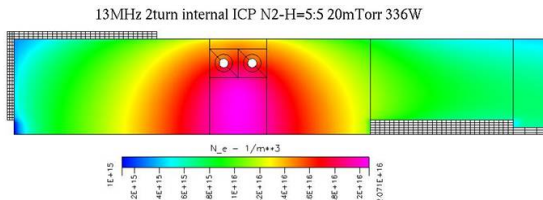


Fig. 2 Electron density distribution of a 2 turn internal ICP system at 336 W of 13.56 MHz discharge with a mixed gas of N<sub>2</sub> : H<sub>2</sub> = 5 : 5 and 20 mTorr.

### 3. 결론

2차원 및 3차원으로 안테나 삽입형 유도 결합 플라즈마 질화 시스템의 수치 모델을 통하여 적절한 안테나의 위치, 질소와 수소의 혼합비, 시편의 적재 간격등을 고찰하였으며 20 mTorr에서 13.56 MHz의 고주파 전력을 400 W 정도 투입한 경우 질소와 수소의 비율을 1:1로 했을 때 안테나 위치에서 전자 밀도는 2×10<sup>10</sup> #/cm<sup>3</sup>가 얻어 졌으며 시편 위치에서는 약 50% 정도 낮은 플라즈마 밀도가 계산 되었다.

### 참고문헌

1. 정봉용, 김용호, 대한금속학회지, 37권 12호(1999) 1522.
2. E. Menthe, A. Bulak, J. Olfe, A. Zimmerman, K.T. Rie, Surf. Coat. Technol., 133-134(2000) 259.
3. Peter Kaestner, Thornsten Michler, Hans Weidner, Kyong-Tschong Rie, Günter Bräuer, Surf. Coat. Technol., 203(2008) 897.
4. K. H. Bai, D. S. Lee, H. Y. Chang, and H. S. Uhm, Appl. Phys. Lett. 80 (2002) 3907