

전산 유체 모델을 이용한 plasma 장비 개발 시스템의 구축

Development of plasma system design framework by a computational fluid model

주정훈^{a,c*}

^{a*}군산대학교 신소재공학과(E-mail:choijisung@kunsan.ac.kr), ^{bc}군산대학교 플라즈마 소재응용연구센터

초 록: 공정용 플라즈마는 반도체 웨이퍼 가공, 평판형 디스플레이, 자동차 및 산업용 부품 코팅, 장식용 코팅에 널리 사용되고 있다. 이를 위한 장비 개발은 플라즈마에 대한 깊은 이해가 없이는 불가능하여 주로 선진 장비 회사의 모델을 참고하여 유사하게 만드는 수준에서 진행되어 왔는데 2D, 3D modeling이 가능한 전산 유체 모델은 일부 상용화 패키지 S/W 까지 등장하였으나 플라즈마와 수치 해석에 대한 기본적인 지식이 없이는 사용이 매우 어렵다는 단점이 있어 국내의 일부 소자회사의 장비 관련 연구팀 정도에서만 사용이 가능했다. 이를 중견 장비 업체들에 까지 확대하기 위한 작업의 일환으로 2D-ICP, 2D-CCP model의 기본적인 기능을 갖추고 기하적 크기는 파라미터 방식으로 사용자가 조절할 수 있도록 만든 framework을 개발하려는 시도에 대해서 논의 하고자 한다.

1. 서론

전산 유체 플라즈마 모델은 다음의 세 종류의 미분 방정식을 기본으로 한다. 식1은 입자 수 보존식, 식2는 드리프트-확산식, 식3은 에너지 보존 균형식이다. 전자에 대해서 기술한 식1,2는 이온에 대해서 동일한 형태로 기술할 수 있으며 중성 입자들은 식1만 추가하면 된다. 식3의 우변에 있는 각종 전자 참여 반응은 비활성 원자 기체의 경우 이온화 및 여기 반응만 고려하면 되지만 반응성 분자 가스의 경우 다양한 해리 반응들을 고려하여야 하므로 확산 계수, 열역학 상수가 최대한 정확하게 구해져야 한다. 다음 단계로 식3의 우변에 있는 흡수 전력 P가 결정되어야 하는데 식4에 나타내었다.

$$\frac{\partial n_e}{\partial t} + \nabla \cdot \vec{\Gamma}_e = S \quad (1)$$

$$\vec{\Gamma}_e = \mu_e n_e \nabla \phi - D_e \nabla n_e \quad (2)$$

$$\frac{3}{2} \frac{\partial}{\partial t} (n_e T_e) + \nabla \cdot \left(\frac{5}{2} T_e \vec{\Gamma}_e - \chi \nabla T_e \right) = P - n_e \sum_r n_r k_r e_r \quad (3)$$

$$P = P_{Joule} + P_{ind} + P_{ext} \quad (4)$$

이와 같은 방정식들은 모두 경계 조건을 요구하며 일반적인 사용자들이 가장 많은 어려움을 겪고 실수를 하기 쉬운 부분이다. 본 연구에서는 이 부분을 미리 정해진 틀을 제공하여 실수를 최대한 방지하여 유용한 결과를 얻을 수 있도록 설계하고 있다.

2. 본론

기하적 구조는 Python 언어로 각 단계의 절차가 작성되어 있고 여러 가지 크기(챔버 직경, 웨이퍼 크기, 안테나 위치, 가스 주입구의 위치 등)는 변수로 선언되어 있으므로 사용자가 변경하고 싶은 경우 언제든지 원하는 값을 대입하면 된다. 프로그램에서는 플라즈마 고유 변수의 특성을 감안하여 사용자가 입력한 크기의 계산 영역에서 준중성 조건 모델의 경우에는 전력 흡수가 높을 것으로 예상되는 영역의 격자를 필요한 만큼 조밀하게 나누고, CCP model의 경우에는 포아송 방정식을 푸는데 필요한 쉬스 영역 격자를 나눌 수 있도록 고려한 Python routine이 포함된다. 즉, 사용자는 수치 해석에 필요한 전문적인 부분들을 대개 framework에 의존하고 실제로 공정을 모사하는데 필요한 변수들(압력, 전력, 주파수, 가스 혼합비)만 입력하여 공정 결과 (중착 속도, 식각 속도, 플라즈마 밀도, 이온 에너지 분포)를 얻을 수 있도록 구조화 되어 있다. 아울러 일반적인 사용자 인터페이스보다 플라즈마 공정 장비에 전문화된 인터페이스를 제공하여 불필요한 부분들이 드러나지 않도록 한다. 특히 solver의 제어를 위한 수치 해석적인 부분들은 모두 제거하여 사용자가 용이하게 운영할 수 있도록 할 예정이다.

3. 결론

플라즈마 공정 및 장비 개발자들이 손쉽게 접근할 수 있는 사용자 스마트 인터페이스를 갖는 2D-ICP, CCP용 framework을 기획하고 개발 단계에 있다. 이를 통하여 플라즈마 물리학에 익숙하지 않은 엔지니어들도 유용한 결과를 직접 산출할 수 있게 되도록 할 예정이며 이는 parametric geom과 python언어 기반 시스템으로 개발되고 있다.

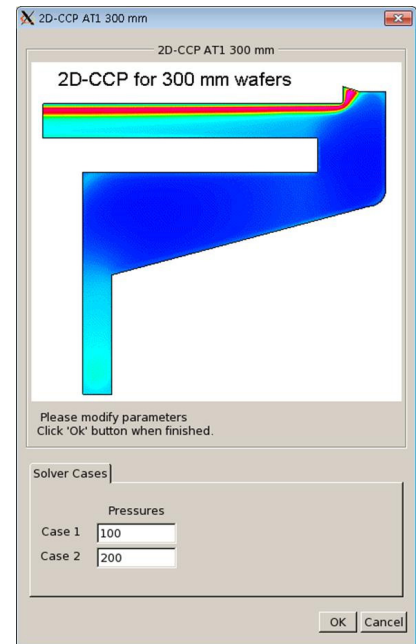


Fig. 1 Simplified user interface