

DBD 대기압 플라즈마 해석에 대한 기초 연구

A study on the simulation of atmospheric plasma

신명수¹, 김종호², 김성영³, 이혜진⁴, *#김종봉⁵

Myoung-Soo Shin¹, Jong-Ho Kim², Seong-Young Kim³, Hye-Jin Lee⁴, *#Jong-Bong Kim(jbkim@snut.ac.kr)⁵

서울산업대학교 자동차공학과¹, 서울산업대학교 금형설계공학과², (주)어플라이드 플라즈마³, 한국생산기술연구원⁴, 서울산업대학교 자동차공학과⁵

Key words : DBD(Dielectric barrier discharge), Atmospheric plasma, Simulation

1. 서론

플라즈마란 이온화된 상태의 기체를 말하는데 전자, 양이온, 음이온 등의 하전입자들과 전기를 띄지 않지만 화학적으로 활성화된 물질들로 되어 있다. 기체의 압력이 높은 경우 전자의 충돌 횟수가 많아지고 이것에 의해 평균에너지가 낮아져 방전이 유지되지 않는다. 그러므로 압력이 높아질 경우 가해지는 전압을 더 크게 해줘야 한다.¹⁾ 최근 이런 고압의 플라즈마 즉, 대기압 플라즈마의 연구가 활발히 진행되고 있다. 대기압 플라즈마는 플라즈마의 관리에 있어서 진공 플라즈마보다 더 수월하다고 할 수 있고, 진공 플라즈마에서 요구되는 진공 장비가 필요 없기 때문에 장비 값이 비교적 싸고 작동비용도 저렴하다.

고압 플라즈마에 종류에는 코로나 방전, 유전체 방전, 대기압 글로우 방전등이 있다. 코로나 방전은 침 전극이나 가는 선 도체 또는 날카로운 돌출부위의 모서리에 전압을 인가할 때, 불평등 전계로 인하여 부분방전이 안정적으로 일어나는 현상이다.²⁾ 유전체 방전(Dielectric barrier discharge) 플라즈마는 두 전극사이의 한 위치에서 이온화가 일어나면 유전체 표면에 전하집적이 일어나고, 그 전하에 기인하여 전극간의 전계가 감소되고, 전류의 흐름이 중단된다. 즉, 역전위 형성으로 방전이 정지되어 펄스방전이 일어난다. 글로우 방전이란 두 전극 사이에 전압을 인가하여 이온을 발생시키고, 정상방전이 되면 빛을 내면서 타는데 이것을 글로우 방전이라 한다.¹⁾ 대기압 플라즈마를 이용한 선행 연구로는 DBD를 이용해서 폴리이미드 필름의 표면에 친수성 효과를 알아본 연구³⁾와 대기압 플라즈마 처리를 이용한 고분자 코팅 필름을 만드는 연구⁴⁾, 대기압 절연막 방전 플라즈마 반응기 동작특성을 알아본 연구⁵⁾ 등이 있다. 본 연구에서는 CFD-ACE 라는 시뮬레이션 툴을 이용해 대기압 플라즈마의 특성을 알아보고자 하였는데 시뮬레이션 툴이 대기압에서는 해석이 잘 안 되는 이유로 적은 압력부터 압력을 올려가며 압력상승에 따른 경향을 알아보고 대기압 플라즈마를 예측해 보고자 한다.

2. 장치의 형상

장치의 형상은 Fig.1 와 같으며 각각의 명칭들은 Table 1 에 나와 있다.

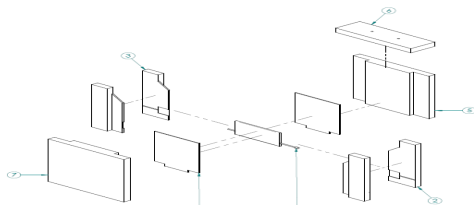


Fig.1 Assembly drawing

Table 1 Part materials

NO	Title	Material
1	Electrode	
2	Insulator(1)	Teflon
3	Insulator(2)	Teflon
4	Insulator	Ceramic
5	Right Side Wall	Aluminum 6061-T6
6	Top Cover	Aluminum 6061-T6
7	Left Side Wall	Aluminum 6061-T6

3. 모델링 및 해석 조건

모델의 형상과 경계 조건은 Fig.2와 같다.

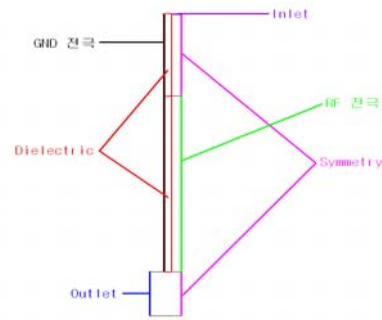


Fig.2 Boundary condition

모델의 총 길이는 120mm이고, 유전체의 길이는 100mm이며, 전극의 길이는 32.5mm다. 유전체와 전극간의 길이는 5mm다. 경계조건은 Inlet에서는 아르곤가스가 y방향으로 0.5m/s의 속도로 들어가고 유전체의 유전율은 10er 이다. RF전극에서는 200V의 전압이 13.56MHz의 주파수를 가지는 정현파로 인가되어지고 있다. 한 스텝은 10⁻⁶s이고 이 시간은 저압 상태를 해석할 때이며, 압력이 높아지면 시간은 더 줄여 주어야 한다. 총 스텝 수는 저압 상태에서는 1000번, 압력이 올라가면서 스텝의 수도 3000번에서 10000번 이상까지 증가시켜 주었다. 압력은 각각 50Pa, 500Pa, 5000Pa, 10000Pa 까지 해석하였다.

4. 해석결과 및 고찰

우선 50Pa의 시뮬레이션 후의 플라즈마의 전자 밀도, 전자 온도를 각각 아래의 Fig.3, Fig.4, 에 나타내었다.

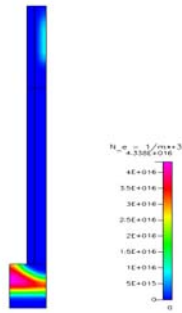


Fig.3 Electron density [50 Pa]

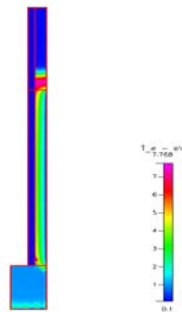


Fig.4 Electron temperature [50 Pa]

위의 그림은 압력 50Pa일 때를 나타낸 것인데, 아래쪽 벽면을 웨이퍼라 생각하고 Wall로 처리 해주었기 때문에 위와 같은 형상으로 나타나는 것으로 생각된다. 압력이 올라가도 발생 형상은 저압의 모습과 비슷하게 나타나는 것을 볼 수 있었다. 압력의 증가에 따른 밀도 및 온도의 변화를 알아보기 위하여 유전체와 전극사이의 단면(x방향)과 아래쪽의 웨이퍼면과 장치 사이의 단면(y방향)을 잘라서 밀도와 온도의 변화를 알아보았다.

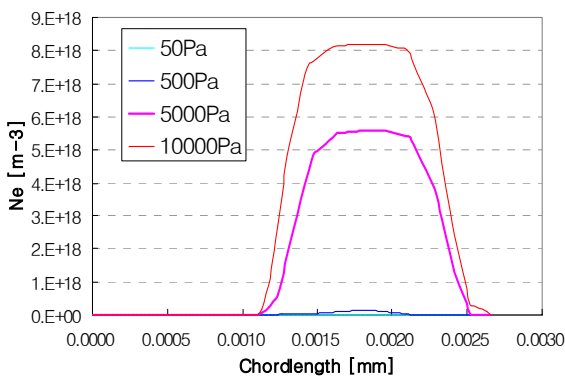


Fig.5 Electron density along section X

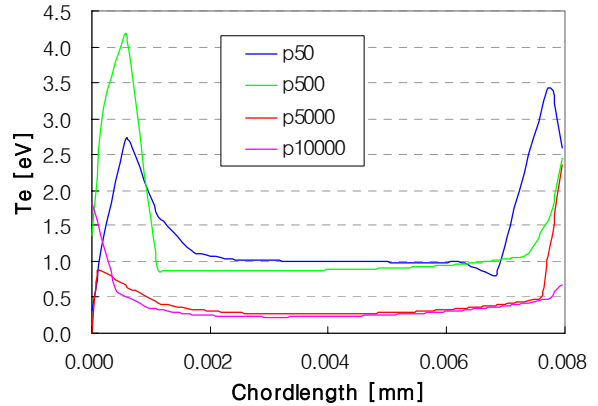


Fig.6 Electron temperature along section Y

그림을 보면 압력이 상승하면 전자의 밀도는 증가하고 전자의 온도는 감소하는 것을 볼 수 있었다. 이와 같은 경향을 따라서 대기압에서도 저압 상태의 플라즈마보다 전자밀도의 밀도는 많은 상태이고, 전자의 온도는 낮은 상태일 것이라고 예측해 볼 수 있다.

5. 결론

위의 시뮬레이션을 통해서 대기압 플라즈마의 상태를 예측해 볼 수 있었는데, 더 많은 자료를 얻기 위해서는 압력의 증가에 따른 식을 도출해 봄으로써 더욱 정확한 대기압 플라즈마의 상태를 예측할 수 있을 거라 생각한다.

향후 과제로는 시뮬레이션을 통한 식을 도출해 더 정확한 대기압 플라즈마의 상태를 구해보고 실제 실험값과 비교해 봄으로써 어느 정도 차이가 있는지 알아 볼 수 있겠다.

후기

본 논문은 서울테크노파크의 차세대패키징 공정·장비 실용화 사업(과제번호 : 10029793)의 일환으로 지식경제부 지원을 받아 수행되었으며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고 문헌

1. 남기석, "대기압 플라즈마 기술현황", 열처리공학회지, 232 238, 2003.
2. 윤영호, 유경호, "대기압 플라즈마 표면처리 장치", NICE, 25, 268 271, 2007.
3. 조충희, 강방권, 김경수, 최병규, 김세훈, 최원열, "대기압 저온 플라즈마 처리에 의한 폴리이미드의 친수화 효과", 전기전자재료학회논문지, 2, 148 152, 2005.
4. 정진석, 양인영, 명성운, 최호석, 김종훈, "대기압 플라즈마를 이용한 전도성 고분자 코팅 필름 제조", 폴리머, 31, 308 314, 2007.
5. 박봉경, 김윤환, 장봉철, 조정현, 김근호, "정전 용량에 따른 대기압 DBD 반응기의 동작 특성 연구", 한국진공학회지, 10, 440 448, 2001.