

<기술논문>

플라즈마 피치에 따른 150mm 샤워헤드에 대한 CFD 유동해석

김동화[†] · 김호범[†] · 조종두^{*} · 정대교^{**}

CFD flow analysis of 150mm shower heads depending on plasma pitch

Donghwa Kim, Hobum Kim, Chongdu Cho and Deakyo Jeong

Key Words: CFD flow analysis(CFD 유동해석), 150mm shower heads(150mm 샤워헤드), plasma distribution device(플라즈마 분배장치)

Abstract

This study is performed to analyze the fluid flow about 150mm shower heads of semiconductor device. Under the air pressure, the ideal gas of moving fluid is injected as 5m/s velocity into inlet of shower heads and the flow distribution in shower heads is measured according to pitch of plasma distribution device. As results, the maximum and minimum value of fluid velocity are investigated with their position. The velocity values at outlet are also studied. From two experiment using the plasma distribution device, the results of CFD are compared with the experimental results. That results shows stable flow of fluid in that case of corrected design from CFD.

1. 서론

150mm Shower Head는 CVD 공정(반도체 절연막 형성 공정) 장비의 핵심 부품으로써 부품의 특성에 따라 절연막의 균일성 및 증착율 등의 공정 조건을 만족시키는데 필요한 중요 부품이다.

본 논문에서는 반도체 장비에 사용되는 150mm Shower Head의 플라즈마 피치에 따른 분사 가스의 유동 분포를 예측하였다.

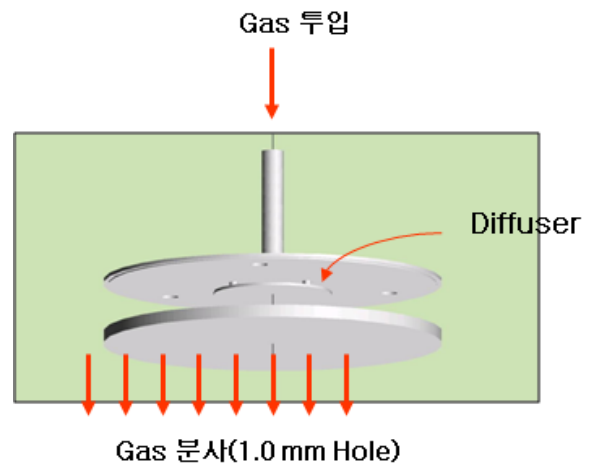


Fig. 1 150mm Shower Head

플라즈마는 유체가 샤워헤드의 입구를 통해 주입되었을 때 그것들을 방산시키는 diffuser를 의미하는데, 본 연구에서는 샤워헤드 내 플라즈마의

† 인하대학교 기계공학과
E-mail : kmdh08@hanmail.net
TEL : (032)860-7321 FAX : (02)868-1716
* 인하대학교 기계공학과
** (주) WIZIT

피치를 조절함에 따라 두 가지 경우로 나누어 각각의 해석을 진행하였다.

2. 설계 및 모델링

모델링에는 3-D CAD Tool인 CATIA V5를 사용하였고 해석 시에는 ANSYS 11.0 WORKBENCH 를 이용하였다. 또한 해석의 정확도를 높이기 위해 3차원 사면체 요소(3D tetrahedron elements)를 사용하였으며 해석을 위한 경계 조건으로서 유체와 샤워헤드가 만나는 부분의 면에서 노슬립 조건을 적용하여 0의 속도를 주었다. 입·출구의 압력은 대기압으로 지정하여 해석하였다. 작동유체는 이상기체라 가정하였고, 유체의 물성은 비압축성(incompressible), 유동은 정상상태 정상유동(SSSF)으로 가정하여 진행하였다.

해석 전단계로서 샤워헤드 내 가스가 유동하는 공간 즉, 유동장을 모델링 하여 해석을 진행하여 유동양상을 파악하고, 또한 플라즈마 피치에 따른 2가지 모델(Type I, Type II)의 유동장을 비교하여 모델의 생김새와 유동 특성 등을 서술하였다.

2D 제작도면을 토대로 CATIA V5를 이용하여 샤워헤드를 3차원으로 솔리드 모델링 하였고, 이어 Fig.3과 같이 유동장(샤워헤드 내 가스가 유동하는 공간)을 모델링 하였다.

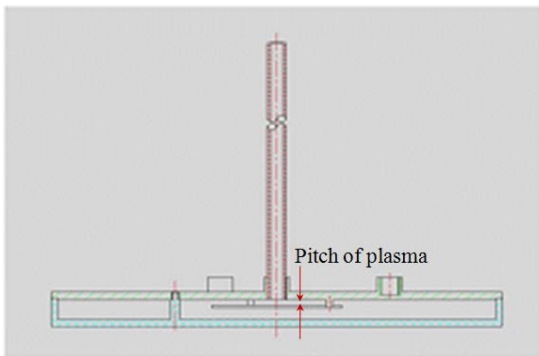


Fig. 2 150mm Shower Head 단면도

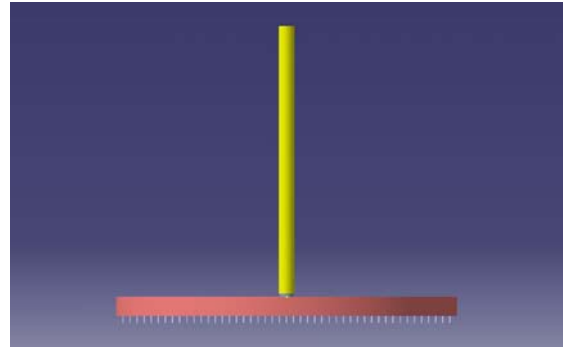


Fig. 3 150mm Shower Head의 유체 모델링

결과 값을 비교하기 위하여 본 논문에서는 플라즈마 피치에 따른 2가지 모델(Type I, Type II)로 나누어 해석을 진행하였는데, Type I 과 Type II의 차이는 상판의 아랫면에서 플라즈마의 윗면까지의 피치가 각각 4.5mm, 5.5mm로서 1mm의 차이가 있다.

본 논문을 통하여 이러한 차이가 유동분포 및 출구에서 유속에 어떠한 영향을 미치는지 연구하였다.

3. 유동해석

샤워헤드의 내·외부는 대칭 형상이므로 대칭면을 따라 모델을 1/6로 나누어 해석을 진행하였다.(Fig. 5)

원래 diffuser인 pin의 총 개수는 1021개이다.

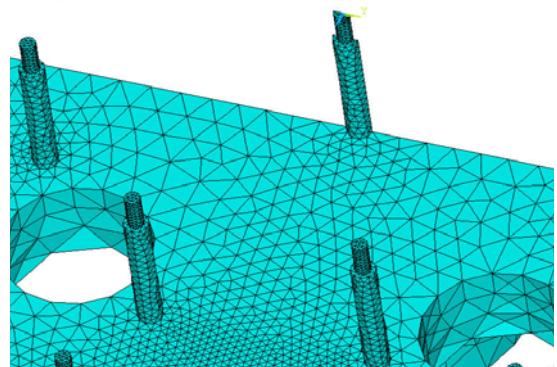


Fig. 4 유한요소모델(1)

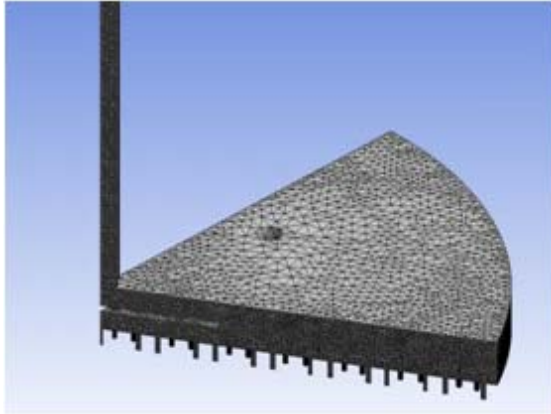


Fig. 5 유한요소모델(2)

경계조건으로 입구과 출구 그리고 대칭면을 제외하고 노슬립조건($v=0$)을 적용하였다. 또한 입구에서는 5m/s의 유속을 지닌 이상기체를 주입하여 형태에 따른 유동장의 결과 값을 비교하였다. 유체의 물성치로 이상적인 상태의 기체가 사용되었다.

Table. 1 절점과 요소의 수

	Type I	Type II
Nodes	2,226,470	1,360,207
Elements	1,437,633	839,989

Fig.5는 유한요소모델의 절점(Node)과 요소(Element)의 개수를 보여준다. 여러 번의 시행착오를 거쳐 요소의 크기를 최적화하여 Type I 과 Type II에 대한 총 절점과 요소 수는 각각 2,226,470개, 1,360,207개와 1,437,633개, 839,989개이다.

Table. 2 이상기체 물성치

Fluid	Ideal Gas
Density	$\rho = 1.225 \text{ kg/m}^3$
Viscosity	$\mu = 1.789 \times 10^{-5} \text{ kg/ms}$

유체의 밀도와 점성 등에 관한 물성치는 위의 Table.2에 제시된 바와 같다.

대기압 하에서 입구에 5m/s의 이상기체를 주입한 결과, Type I 과 II에 대한 유속 최대의 세기는 각각 6.906m/s, 7.030m/s이고, 모두 입구부분의 원형봉이 끝나는 지점인 상판과의 연결부위(Neck)에서 발생하였다. 두 최대 유속 값의 차이는 극히 미미한 수준이고 요소와 절점 수 등으로 모델링에 따른 오차수준이었다.

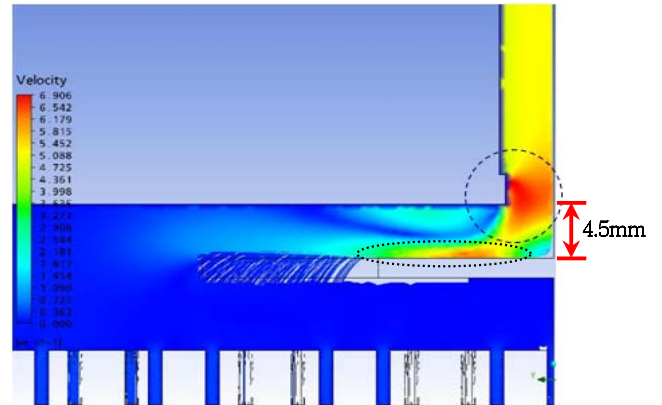


Fig. 6 Type I 에 대한 유속분포도

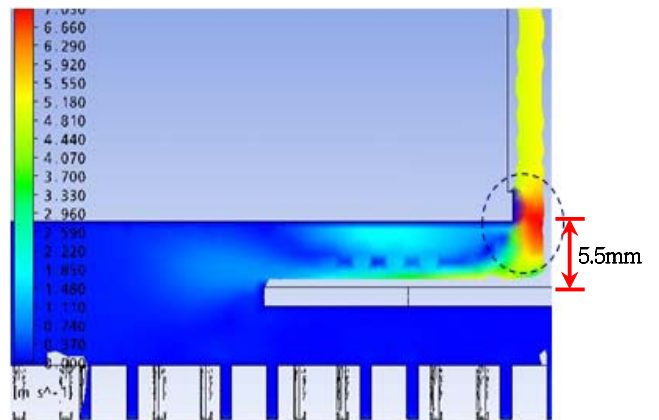


Fig. 7 Type II에 대한 유속분포도

또한, 상판 상에서의 유속분포를 살펴볼 때 Type I에서 보다 급격한 유동 분포를 나타냄을 확인할 수 있었다.

아래 그림은 유체의 흐름인 유선(streamline)의 분포를 나타낸 것인데 단면적이 급격하게 좁아지면서 기체가 역류하고 와류(渦流)가 발생하고 있다.

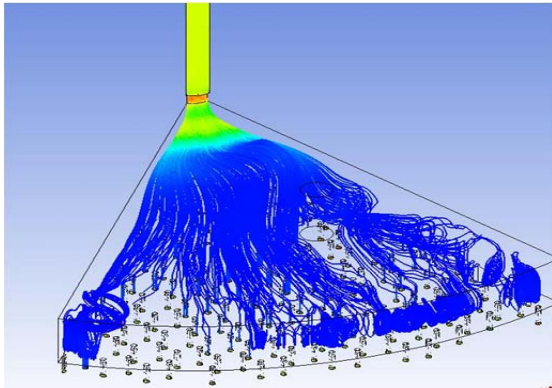


Fig. 8 유체의 흐름(유선)

해석결과 유체가 최종적으로 빠져나가는 지점인 출구에서의 유속은 다음과 같이 정리하였다.

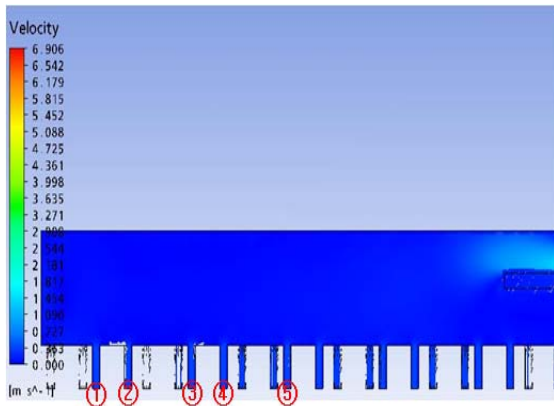


Fig. 9 Type I 에 대한 출구에서의 유속분포

Table. 3 지점에 따른 유속 값(Type I)

point	Velocity	point	Velocity
①	0.352m/s	④	0.358m/s
②	0.354m/s	⑤	0.360m/s
③	0.356m/s		

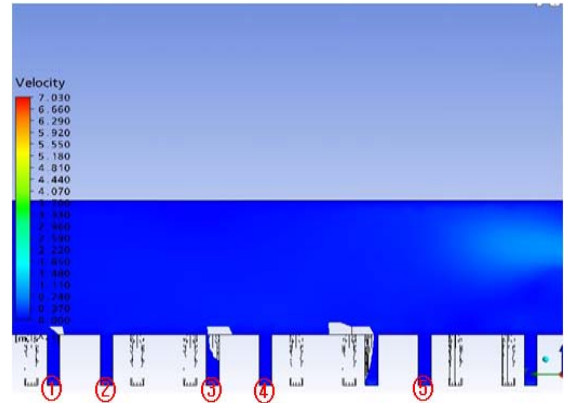


Fig. 10 Type II 에 대한 출구에서의 유속분포

Table. 4 지점에 따른 유속 값(Type II)

point	Velocity	point	Velocity
①	0.320m/s	④	0.308m/s
②	0.328m/s	⑤	0.360m/s
③	0.363m/s		

지점에 따른 유속 값을 비교해 본 결과 상판의 피치가 약간 더 높은 Type I 의 경우에서 Type II 의 경우보다 비교적 더 높은 유속분포를 보이는 것으로 판단되었다.

이는 유동장의 크기 정도 및 플라즈마의 피치 등에 관련이 있는 것으로 판단되어 진다.

4. 결 론

해석 결과 두 Type I, II 에 대한 최대 유속 분포는 모두 입구 부분의 원형봉과 상판과의 연결부위(Neck)에서 집중적으로 분포하며, 최대 유속의 세기는 각각 6.906m/s, 7.030m/s로서 극히 미미한 수준의 차이를 보였으며, 상판의 두께는 영향이 없었다.

또한, 유속분포로부터 상대적으로 상판이 두터운 Type II 의 경우에서 보다 느린 유체의 흐름을 확인할 수 있었고, 이에 따라 유체가 마지막으로 통과하는 pin의 끝부분에서도 지점에 따른 유속 값을 비교해본 결과 유속의 흐름이 Type II 에서 비교적 적은 값을 가진 것으로 판단된다.

후 기

본 연구는 유한요소 시뮬레이션해석을 통해 플라즈마 피치에 따른 유동분포를 예측하고자 하였으며, 이에 따라 부위별 유속이 어떠한지 검증할 수 있었다.

샤워헤드 내 플라즈마의 피치가 낮을 경우 유동이 안정성을 가지게 될 것이며, 이로 인하여 유동공급은 보다 원활하게 이루어질 것으로 판단되어진다.

앞으로 이상의 연구 결과를 바탕으로 **Bolting** 치수 변경과 같은 구조 변경으로 변형을 최소화할 수 있는 최적 설계에 대한 연구가 수반되어야 하며, 하판 및 상판 두께 변경으로 열 변형을 최소화 시킬 필요가 있다. 또한 재질 변경에 관한 연구 역시 모색되어야 할 것이다.

참고문헌

- (1) Tae Sung software & engineering, INC., 2007, "Ansys workbench manual", pp.7~82
- (2) Wonjun Choi, Jooyong Kim, Hobum Kim and Chongdu Cho, 2008, "Optimum Design of the Swing Check Valve using by 2-way FSI Analysis", *KSME*, pp.70~75
- (3) Jung-yup Kim, Hyun-Jun Shin and Ji-Ho Yoo, 2004, "Modal Experiment for Tunnel Flow of Subway equipped with Platform Screen Door Systems", *International journal of Air-conditioning and Refrigeration*, Vol.0, No.0, pp.185~193
- (4) Noh, K. H., Park, M. Y., S. H., Lee, J. W. and Byun, Y. H., 2007, "Fluid Structural Interaction Analysis for High Angle of Attack Maneuver Missile," *KSCFE*, pp. 111~114