

건식 식각 장비용 샤워헤드의 형상에 따른 유동해석

A study on the effect of hole-distribution on the showerhead of dry etcher using fluid flow analysis

*고막현¹, #이종길¹, 홍주표²

*R. H. Go¹, #J. K. Lee(ljk@kpu.ac.kr)¹, J. P. Hong²

¹한국산업기술대학교 기계공학과, ²한국기술교육대학교 디자인공학과

Key words : Dry etching, showerhead, flow analysis

1. 서론

최근 반도체의 고집적화, 극미세화 추세에 따른 기술 경쟁 뿐 만 아니라 공급과잉에 따른 시장경쟁도 극심한 형편이다. 이에 따라 반도체 업계에서는 공정의 대형화, 고 효율화 등을 통한 경쟁력 확보에 주력하고 있다.

건식 식각 공정은 웨이퍼 상에 세밀한 패턴을 형성하는 핵심적인 반도체 공정 가운데 하나이며, 샤워헤드는 건식 식각 장치내로 유입되는 기체들을 반응기 내로 분사시키는 역할을 하는 부품으로 건식 식각 장치의 성능을 결정하는 주요 부품 가운데 하나이다.

본 연구에서는 샤워헤드의 형상에 따른 건식 식각 장치 내부의 유동해석을 통하여 최적의 샤워헤드 설계를 위한 가이드라인을 제시하였다.

2. 본론

2.1 해석모델

건식 식각 장치의 유동해석을 위한 모델을 Fig. 1 에 나타내었다. 해석모델은 대칭성을 고려하여 1/36 모델로 구성하였으며, 5,000,000개의 육면체 요소를 사용하였다.

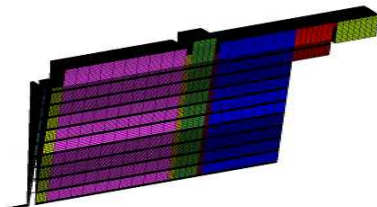
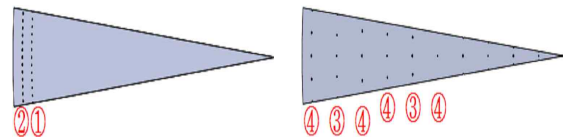


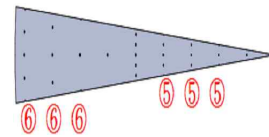
Fig. 1 Simulation model

해석에 사용된 샤워헤드의 형상 모델은 구멍의 배치에 따라 3가지로 구성하였으며, Fig. 2 에 도시

한 것과 같다.



(a) showerhead model 1 (b) showerhead model 2



(c) showerhead model 3

Fig. 2 Showerhead models used in simulation

각각의 샤워헤드 모델에 대한 구체적인 형상 제원은 Table 1 에 나타내었다.

Table 1 Comparison of showerhead model

		Hole diameters(μm)	Number of holes	Total area of holes (mm^2)
(a) model 1	①	350	432	41.6
	②	550	468	111.2
(b) model 2	③	350	432	41.6
	④	550	468	111.2
(c) model 3	⑤	350	432	41.6
	⑥	550	468	111.2

2.2 지배방정식 및 경계조건

본 연구에서는 해석 영역이 0.1torr의 진공이며, 누설 수가 0.1이하이므로 나비에-스토크스 방정식의 적용 가능한 범위로 판단하였다.

다음 식 (1)은 나비에-스토크스 방정식을 나타낸 것이다.

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_V \rho \phi dV + \oint_{A=\partial V} \rho \phi V_n \cdot dA = \oint_{A=\partial V} \Gamma \nabla \phi \cdot dA + \int_V S_\phi dV \quad (1)$$

해석 영역의 레이놀즈 수와 누센 수를 분석한 결과를 바탕으로 층류모델을 적용하였다.

경계조건으로 입구에는 아르곤(Ar)과 프레온 가스(CF₄) 혼합기체가 110sccm 유량으로 유입되는 조건을, 출구에는 펌프의 영향을 고려하여 0.1 torr의 압력 조건을 사용하였다. 혼합기체의 분사 시 플라즈마 효과는 고려하지 않았으며, 해석에 사용된 기체들의 물성치는 Table 2와 같다.

Table 2 Properties of ingredient gases

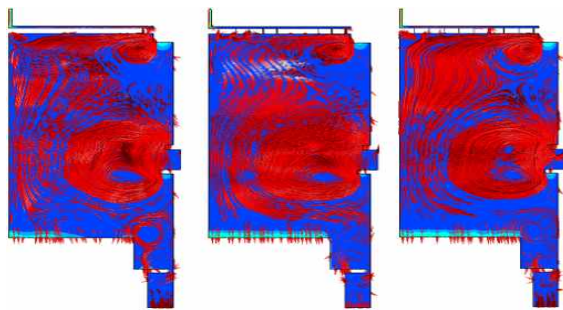
	Density (kg/m ³)	Viscosity (kg/m·s)	Molar Mass (kg/kmol)
Ar	1.633	2.39 × 10 ⁻⁵	39.95
CF ₄	3.72	8.7 × 10 ⁻⁶	88.01

2.3 수치해석기법

본 연구에서는 SIMPLE기법⁽¹⁾을 적용하고자 범용 유동해석모델인 ANSYS-CFX⁽²⁾를 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

해석을 통하여 예측된 건식 식각 장치 내부의 유선과 속도를 Fig. 3에 나타내었다. 예측된 유선을 비교해 보면 전체적으로는 비슷한 양상을 보이고 있다. 샤워헤드에서는 와류가 발생되지만, 출구에는 Fig. 3(b)에서만 와류가 발생되지 않음을 알 수가 있다.



(a) model 1 (b) model 2 (c) model 3
Fig. 3 Predicted streamline distributions

입구의 면적이 전체의 면적에 비해 미소하여 건식 식각 장치의 입구에서 최대 유속이 발생하며,

내부 압력은 정상 상태의 영향으로 균일한 분포를 보였다. 예측된 최대 속도와 압력을 Table 3에 나타내었다. 웨이퍼 기판에서의 유속은 모델 1에서 보다 모델 2와 3에서 일정하게 나타난다. 이는 웨이퍼 간의 에칭속도의 불균일성 저하와 연관되어 의미가 있는 것으로 판단된다.

Table 3 Predicted maximum velocity and pressure in chamber

	Velocity (m/s)	Pressure (Pa)
(a) model 1	1.851 × 10 ⁻¹	13.33
(b) model 2	1.845 × 10 ⁻¹	13.33
(c) model 3	1.851 × 10 ⁻¹	13.33

4. 결론

본 연구에서는 건식 식각 장치에 대하여 샤워헤드의 형상에 따른 유동해석을 수행하였다.

동일한 면적의 미세구멍을 가진 샤워헤드의 유동특성은 유사하게 나타남을 알 수 있고, 웨이퍼 기판 위에서의 유속의 분포는 구멍을 샤워헤드의 외곽에만 배치한 모델보다는 전 영역에 걸쳐 배치한 모델에서 더 균일하게 나타났다.

추후 샤워헤드의 형상에 따른 건식 식각 장치 내의 유동특성에 대하여 결과의 정확성을 높이기 위해서는 선행한 해석과 플라즈마 효과를 고려한 전자기장 해석의 병행을 통한 체계적인 분석이 추가적으로 이루어져야 할 것으로 판단된다.

후기

본 연구는 중소기업기술혁신개발사업의 연구비로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Tae Sung software & engineering, INC., "Pressure Based Method," ANZINE, 14, 16-20, 2010.
2. Tae Sung software & engineering, INC., Ansys CFD Training Manual CFX Basic, 2010.
3. 황영규, 허중식 "플라즈마 식각장치내 노즐의 위치에 따른 희박기체유동 및 알루미늄 식각률의 변화에 관한 연구," 대한기계학회논문집, 10, 1406-1418, 2002.
4. 이홍로, "건식 에칭," 표면공학, 16, 451-464, 1999.