

마이크로파플라즈마를 리용한 나노재료제조장치에서 원료 및 회리기체주입계통연구

권철호, 김승진

경애하는 최고령도자 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《정보기술, 나노기술, 생물공학을 비롯한 핵심기초기술과 새 재료기술, 새 에네르기 기술, 우주기술, 핵기술과 같은 중심적이고 견인력이 강한 과학기술분야를 주타격방향으로 정하고 힘을 집중하여야 합니다.》

최근 마이크로파플라즈마에 의한 나노재료제조기술이 널리 도입되고있다. 나노재료 제조장치에서 핵심부분인 회리기체주입기에서의 기체흐름특성이 2차원적으로 고찰[1]되고 대기압플라즈마에서 긴 불길을 얻는 방법[2]이 소개되었으나 회리기체주입기의 합리적인 주입각도에 따르는 불길안정성과 방전관벽보호문제는 구체적으로 소개된것이 없다.

우리는 원료 및 회리기체주입기에 대한 3차원모의실험을 통하여 플라즈마방전관에서 불길의 안정성과 방전관벽보호문제를 해결하였다.

1. 모의실험을 위한 기초단계

마그네트론(자전관)에서 발생한 마이크로파는 도파관을 통하여 전파된다. 도파관의 한쪽은 막혀있어 마이크로파가 반사되며 1/4파장이 되는 다른쪽끝은 구멍을 내어 석영방전관을 설치하고 그곳에 점화하면 마이크로파플라즈마가 발생한다. 플라즈마불길의 온도는 수천℃에 달하므로 석영관과 도파관을 보호하기 위하여 석영관벽면을 따라 회리기체를 주입한다. 그러면 석영관안벽에 회리바람이 형성되어 높은 온도의 플라즈마불길이 직접 석영관에 닿는것이 방지되며 안전한 플라즈마불길이 지속적으로 유지된다.

기체주입기는 주원료가 방전관의 중심축방향으로 주입되고 회리기체는 방전관의 축방향과 일정한 각 α 를 가진 4개의 관으로 주입되도록 설계하였다.(그림 1)

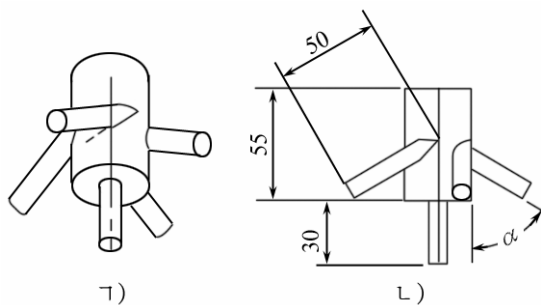


그림 1. 기체주입기의 립체도(Г)와 측면도(Л)

기체흐름을 모의하기 위하여 FLUENT응용프로그램의 CFD서고에서 정의된 연속방정식과 운동방정식, 에네르기방정식들이 리용되였다.

경계조건으로 벽에는 단열부착조건을 주고 입구에는 속도조건, 출구에는 대기압력조건을 주었다.

2. 모의실험결과

각이한 각도에서의 회리기체자리길과 온도분포에 대한 모의실험결과를 그림 2에 보여 주었다. 그림 2에서 왼쪽은 회리기체자리길을, 오른쪽은 불길의 온도분포를 보여준다.

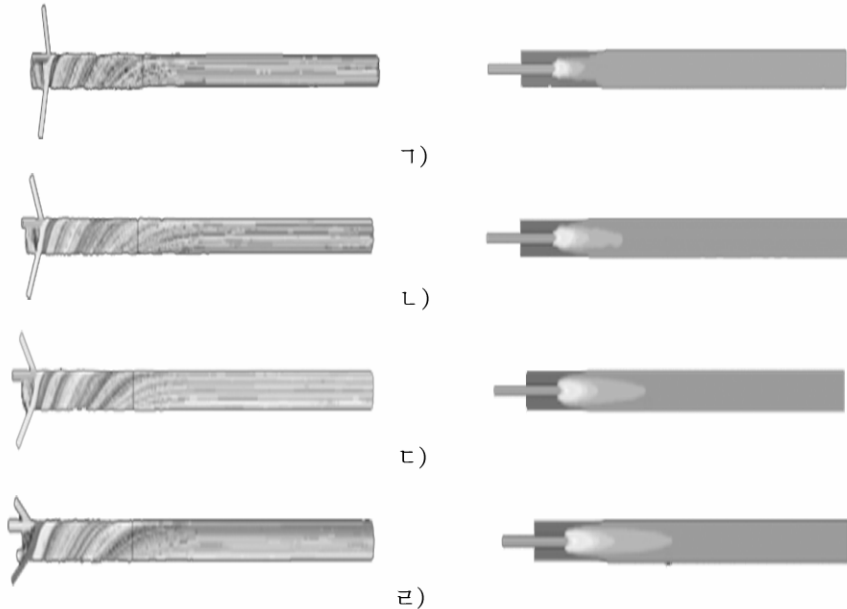


그림 2. 각이한 각도에서의 회리기체자리길과 온도분포에 대한 모의실험결과
1)~4)는 주입각도가 각각 75, 60, 45, 30° 인 경우

그림 2에서 보는바와 같이 플라즈마불길이 있는 앞부분에서는 기체의 흐름자리길이 명백히 회리모양을 이루며 주입각도가 작을수록 회리구간이 약간 길어진다. 각도가 너무 작으면 4개의 방향으로 들어간 회리기체자리길사이에는 공백이 생겨 방전관의 국부적인 구역이 가열되어 파괴될수 있다. 한편 각도가 너무 크면 회리구간이 작아져 방전관 벽을 보호할수 없게 되며 방전관의 내부온도도 떨어지게 된다.

회리기체주입각도변화에 따르는 온도분포곡선은 그림 3과 같다.

그림 3에서 보는바와 같이 회리기체주입각도가 클수록 중심축방향에서의 온도는 낮아진다.

모의실험결과 회리기체주입각도가 60° 일 때 회리기체는 석영관벽을 가장 원만히 보호한다는것을 알수 있다.

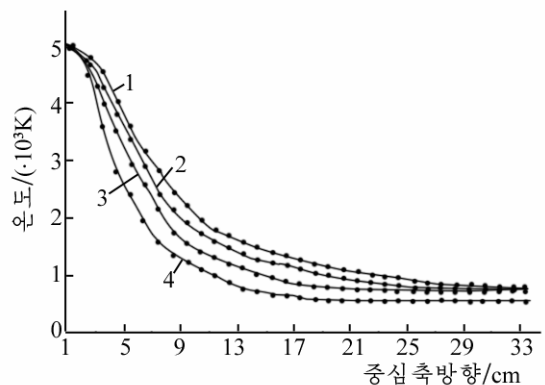


그림 3. 회리기체주입각도변화에 따르는 온도분포곡선

1~4는 주입각도가 각각 30, 45, 60, 75° 인 경우

회리기체주입각도가 60° 일 때 회리기체자리길의 측면도와 정면도를 그림 4에 보여주었다.



그림 4. $\alpha = 60^\circ$ 일 때 회리기체자리길의 측면도(a)와 정면도(b)

원료기체자리길에 대한 모의실험에 의하면 원료기체는 중심의 좁은 구역으로 흐르면서 회리기체와 혼합되거나 란류를 형성하지 않는다. 제안된 설계에서 회리기체주입각도를 60° 로 선정하여 기체주입기를 제작하고 실시 실험을 진행한 결과 방전관은 안전하였다.

맺 는 말

마이크로파플라즈마에 의한 나노재료제조장치의 원료기체 및 회리기체주입기를 FLUENT응용프로그램을 리용하여 모의실험한 결과 회리기체주입각도를 60° 로 선정하는 것이 합리적이다. 이때 플라즈마불길은 지속적으로 발생하였으며 방전관은 안전하였다.

참 고 문 헌

- [1] M. Schwabe et al.; Phys. Rev. Lett., 112, 115002, 2014.
- [2] Y. Takemura et al.; IEEE Trans. Plasma Sci., 37, 8, 1604, 2009.

주체109(2020)년 3월 5일 원고접수

On the Raw and Swirl Gas Injection Unit in Nano Materials Preparing Instrument Using Microwave Plasma

Kwon Chol Ho, Kim Sung Jin

We considered three-dimensional simulations about the raw and swirl gas injector to stabilize plasma torch in the discharge tube and to protect the wall of discharge tube. As a result of simulations, it was effective when the angle of swirl gas injection was set as 60° .

Keywords: microwave plasma, swirl gas, simulation