

이온빔 밀링을 위한 Cold hollow cathode ion source의 구조에 관한 연구

A study on the structural characteristics of Cold hollow cathode ion source for ion beam milling

*최성창¹, 강인철¹, 한재길¹

*#S. C. Choi(scchoi@step.or.kr)¹, I. C. Kang, J.K.Han¹

¹송도테크노파크 나노소재기술실

Key words : Ion source, Cold hollow cathode, Ion beam milling, Saddle field ion source

1. 서론

이온원은 구조와 전원의 종류에 따라 arc, pulsed, kaufman, cold hollow cathode, radio frequency, electron cyclotron resonance 이온원 등으로 구분된다. 이중 cold hollow cathode 이온원은 이온빔의 질이 우수하고 내구성이 높으며, 반응성 기체 사용이 가능하고 저가의 직류 전원 공급장치 이용하기 때문에 가격이 저렴하다는 장점이 있다. 일반적으로 cold hollow cathode¹⁾ 이온원은 자석을 이용하여 플라즈마를 발생시키는 방식이 보편적으로 이용되어져 왔으나 최근에 자석을 사용하지 않고 saddle field를 이용하는 saddle field 방식의 cold hollow 이온원이 개발되었다. 이온원에 전자석이나 영구자석을 사용할 경우 플라즈마 발생에는 유리하지만 소형화에는 어렵다. 반면 saddle field 이온원의 경우 전극을 적절히 배치하여 saddle field를 만들어 주면 전자가 saddle field 내에서 진동하게 되어 자석 없이도 플라즈마 발생이 가능하다. Saddle field 이온원의 경우 자석이 없어 구조가 간단하고 소형화가 용이하기 때문에 최근 이온 밀링 공정의 이온원으로 연구개발 되고 있다.

본 연구에서는 Saddle field ion source 구조의 다른 방출 이온 빔의 특성을 연구하여 성능 향상을 위한 변수를 규명하고자 한다.

2. Cold hollow cathode ion source 의 구조

Saddle field 이온원은 구형 cavity 안에 도넛 모양의 원판을 삽입하여 anode로 사용하는 구조²⁾와, 두 개의 wire를 anode로 사용하는 방법등이 개발되었으나 구형 cavity 구조의 경우 가공이 어렵고 두 개의 wire를 이용하는 이온원은 대형화에는 유리한 소형화에는 어려운 점이 있다.

본 연구에서는 Fig. 1과 같은 실린더형 이온원을 제작하였고 screen 전극 및 anode 전극 구조를 Table 1과 같이 변화시키면서 이에 따른 특성 변화를 살펴보았다. 또한 이온빔 인출구의 크기도 2~4mm로 변화시키면서 특성을 관찰하여 보았다.

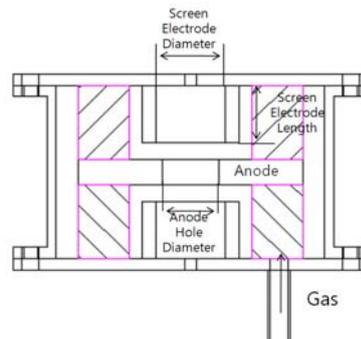


Fig. 1 Schematic Diagram of Saddle field ion source

Table 1 Saddle field ion source structure parameters (Unit :mm)

	Screen electrode diameter	Screen electrode length	Anode hole diameter
Type 1	8	12	6
Type 2	10	12	6
Type 3	10	10	6
Type 4	10	10	10

3. 실험결과 및 고찰

Fig. 2는 전극구조에 따른 이온빔 전류와 방전전류 변화를 보여 준다. 방전전류 양은 내부 구조에 따라 다르지만 인가 전압(V)에 선형적으로 비례하여 증가하며, 이온빔 전류는 Child-Langmuir 방정식에 따라 $V_i^{3/2}$ 에 비례하여 증가하는 경향을 보여준

다. Type 4의 경우 anode 구조가 방전 전류량에 직접적으로 영향을 미치며 이온빔 전류의 양을 감소시키는 원인이 됨을 보여준다. Screen electrode의 직경은 플라즈마 발생 영역의 크기와 비례한다. 따라서 Screen electrode의 직경이 큰 Type 2,3의 경우가 Type 1의 경우 보다 더 많은 이온빔을 방출함을 알 수 있다.

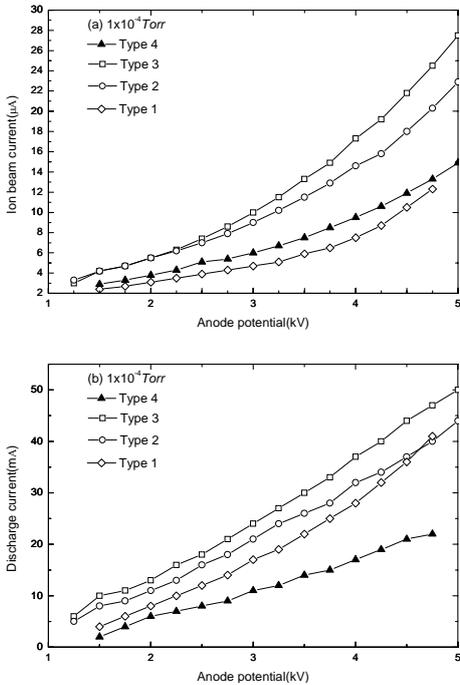


Fig. 2 The changes of (a) ion beam current and (b) discharge current depending on the structural parameters.

Fig. 3은 인출 개구의 크기 변화에 따른 이온빔 전류의 변화를 보여준다. 이온빔 전류는 개구의 면적에 비례하기 때문에 4 mm 개구를 사용할 경우 2 mm 개구를 사용할 경우 보다 4배 정도 전류가 증가하게 된다. 그러나 실제 Fig. 3을 보면 전류 값은 약 8배 정도 증가하는데, 개구 면적의 증가효과 외에 주입되는 가스의 양이 증가로 인한 효과로 가스량이 증가 할수록 플라즈마 발생빈도가 증가하여 이온빔 전류가 더욱더 증가하게 된다. 과도하게 가스가 주입 될 경우 글로우 방전으로 모드가 변화하면서 이온빔 전류는 급격히 감소하게 된다.

개구가 작을 경우 이온원 내부에서 외부로 나가는 가스의 양이 적기 때문에 이온원 내부의 가스 양을 증가시키기 어려운 반면 개구가 커질수록 더 많은 양의 가스주입이 가능하기 때문에 플라즈마 발생할 확률이 증가하여 이온빔 전류가 증가하게 된다.

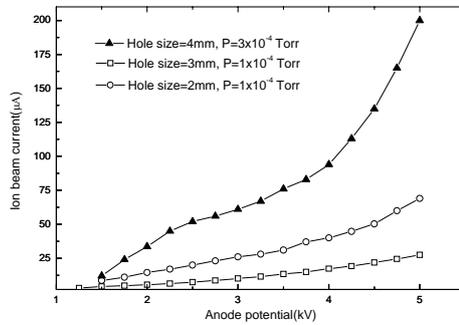


Fig. 3 The changes of ion beam current depending on the ion extracting aperture sizes.

4. 결론

Saddle field 이온원의 경우 다른 이온원과 다르게 내부 전극 구조가 이온빔 전류량에 매우 큰 영향을 미친다. 이온빔 전류량을 증가시키기 위해서는 적절한 전극 배치를 통한 Saddle field 형성, 플라즈마 발생 공간 확대, 그리고 최적의 개구 크기 등이 고려되어야 하며 본 연구를 통하여 초소형 고성능 이온원의 개발 가능성을 확인할 수 있었다.

후기

본 연구는 지식경제부 주관의 청정제조기반산업원천기술개발사업인 “고효율 에너지빔 응용 초미세 부품 제조용 In-line 시스템 개발”의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. S. C. Choi, I. C. Kang, J. K. Han, T. G. Kim, B. K. Min, "A Feasibility study on the cold hollow cathode gas ion Source for multi-Aperture focused ion beam system" J. of the KSPE Vol. 28, No 3, pp.383-388, 2011..
2. J. Franks, "Properties and application of saddle field ion sources" J. Vac. Sci. Technol., 16(2), 181-183, 1979.