

IEC 장치에서 이중 그리드 음극의 영향 Effect of Double Grid Cathode in IEC Device

주흥진[†], 김봉석, 황취동, 박정호, 고광철^{*}

Heung Jin Ju, Bong Seok Kim, Hwui Dong Hwang, Jeong Ho Park, Kwang-Cheol Ko^{*}

한양대학교

Hanyang University

Abstract : We have proposed a new configuration for the improvement of neutron yield without the application of external ion sources in an inertial electrostatic confinement (IEC) device. The application of a double grid cathode to the IEC device is expected to generate a higher ion current than a single grid cathode. This paper verifies the effect of the double grid cathode by both fluid and particle simulation. Through the fluid simulation the optimal shape and applied voltage of the double grid cathode is determined, and through the particle simulation the usefulness of that is confirmed.

Key Words : Neutron yield, Inertial electrostatic confinement device, Double grid cathode

1. 서 론

IEC 장치는 구의 중심부를 향해 주입된 이온과 전자가 정전계에 의해 그리드 음극 내부에 포집되어 핵융합에 의해 중성자를 발생시키는 장치로써, 수십 kV의 인가전압 및 수 mTorr의 압력에서 글로방전을 일으킨다[1]. 이 장치는 구조가 간단하고, 소형이며, 휴대가 가능하므로 다양한 분야에 응용될 수 있다.

본 연구에서는 IEC 장치의 응용에서 중요한 요소인 중성자 생성률을 높이기 위해 기존에 주로 이용된 외부 이온원을 주입하는 방식[2-3] 대신 새로운 음극 형상으로 이중 그리드 음극을 제안한다. 다양한 이중 그리드 음극 구조에서 높은 이온 전류를 발생시킬 수 있는 최적의 인가전압 및 음극의 형상이 설계되었으며, 이온 궤적을 계산하여 빔-빔 충돌에 의한 중성자 생성 가능성을 확인하였다.

2. 결과 및 토의

Flux-corrected transport-finite element method[4]를 이용하여 하전입자의 거동 및 finite element method를 이용하여 퍼텐셜 분포를 계산하였다. 내부 음극에 -1000 V의 일정한 전압을, 외부 음극에는 다양한 음전압을 인가하여 그 특성을 확인하였고, 또한 두 음극간 거리 및 양극과 외부 음극간 갭 거리도 변화시켜 최적의 음극 구조를 계산하였다. 그 결과, 이중 그리드 음극 구조에서는 음극 근처에 형성된 높은 전계로 인해 단일 그리드 음극 구조에 비해 높은 이온전류가 발생됨을 확인할 수 있다. 비록 이온전류에 영향을 미치는 음극 내부의 퍼텐셜 우물 구조가 단일 그리드 음극 구조에 비해 약하게 나타나지만, 두 음극 사이에서의 전계 집중의 영향이 크게 작용함을 확인할 수 있다.

또한 다양한 음극 구조에서 충돌을 고려하지 않은 이온 궤적운동을 해석하였다. 초기에 무작위로 위치시킨 중수소 입자에 대해 수 μs 까지의 비행시간동안 이온의 궤적을 확인하였으며, 이온의 수명을 계산하였다. 그 결과, 초기에 음극 부근에 존재하던 이온들은 음극과의 충돌로 대부분이 소멸되고, 양극 근처에 존재하던 이온들은 중공형태의 음극을 통과하여 왕복 운동을 하게 된다. 또한 음극 내부에 위치한 이온은 내부의 작은 전계에 의해 거의 정지해 있으며, 왕복운동을 하는 이온과 충돌하게 된다. 이중 음극 구조는 음극의 투명성이 작고, 또한 음극 근처의 고전계에 의해 중수소 이온이 음극과의 충돌 가능성이 크기 때문에 단일 음극 구조에 비해 이온의 수명이 작다. 그러나 이온빔의 음극 내부로의 집중도가 크므로, 높은 전계에 의해 가속된 이온들의 빔-빔 충돌에 의한 중성자 발생 가능성은 더 높다고 볼 수 있다. 따라서 이중 음극 구조에서는 IEC 장치의 특성인 스타모드 방전 특성을 더 명확하게 확인할 수 있다.

참고 문헌

- [1] K. Yanauchi, Fusion Technology, Vol. 39, No. 3, p. 1182, 2001
- [2] R. F. Radel et al, Fusion Sci. and Tech. Vol. 52, No. 4, p. 1087, 2007
- [3] K. Nozaki et al, ISDEIV 2006, Vol. 2, p. 650, 2006
- [4] R. Löhner et al, Int'l J. Num. Method in Fluids, Vol. 9, p. 1093, 1987

[†] 교신저자) 고광철, e-mail: kwang@hanyang.ac.kr, Tel: 02-2220-0348
주소: 서울시 성동구 행당1동 한양대학교 전기공학과