

KLIS의 대전류 빔 인출 실험 결과

김태성^{1,2}, 정승호², 장두희², 김진춘², 이광원², 진정태², 윤병주², 장대식², 서민석², 김범열², 송우섭², 정기석², 인상렬², 오병훈²

¹한국과학기술연합대학교대학원, ²한국원자력연구소

KLIS (Kaeri Large Ion Source) 대형 이온원은 KSTAR (Korea Superconductor Tokamak Advanced Research) 토카막의 8 MW 중성입자빔 가열을 위해 개발되었다. 그 동안 사용하던 아크 플라즈마 용기는 직선형 다극자장 (linear cusp) 버킷 구조를 가지고 있었는데 최근 이를 고리형 다극자장 (ring cusp) 구조로 바꾸고 실험을 진행하였으며, 그 결과 100 keV, 50 A 대의 수소 이온 빔을 인출하는 데 성공했다. 이는 직선형 구조로 얻었던 최대 성능보다 40% 정도 증가한 것이다. 직선형 다극자장에 비하여 고리형 구조가 가지는 특징을 열음극 방출전자의 전리효율 향상, 플라즈마 입자밀도 증가 및 안정성의 증가로 요약할 수 있다. 또 빔인출 가속부의 플라즈마 그리드 전극을 아크방전의 음극 전위와 같은 전위로 놓았을 때 직선형에서와 달리 불안정성 없이 큰 이온전류의 증대를 가져왔다. 한편 빔인출을 하지 않고 플라즈마만 발생시키는 실험에서는 방전이 시작되면 열음극에 거의 가열전류를 흘리지 않아도 이온충돌만으로 온도를 유지할 수 있을 정도로 자발적인 방전이 가능한 실험도 있었다. 자발방전의 경우 방전전류와 방전전압의 변화는 크게 눈에 띄지 않았으나 이온밀도는 국부적으로 큰 폭의 주기적이고 느린 변화를 나타냈다. 전체적인 현재 아크방전효율(빔 전류/아크 출력)은 0.4 A/kW로 아직 낮은 수준이며 인출전압 대 빔전류 값($10^{-6} I_{\text{beam}}/V_{\text{acc}}^{1.5}$: micro-perveance(μP))은 1.7을 상회했지만 이 경우 빔 광학적 측면에서는 인출 그리드의 최적 값에서 벗어난다. 앞으로 아크효율을 증가시켜 보유하고 있는 전원으로 65 A 인출을 달성하는 것과 인출그리드의 최적성능을 $\mu\text{P}>1.7$ 이 되도록 개선하는 과제가 남아있다.