

음극 크기에 따라 가상 음극 발진기를 이용한 고출력 마이크로파 발생 및 진단

점민우, 최명철, 최성혁, 조광섭, 서운호, 최은하, 엄환섭,* 신희명
광운대학교 전자물리학과 / Charged Particle & Plasma Lab.
*아주대학교 분자과학 및 기술학과

음극의 크기에 따라 발생된 전자빔 전류가 도파관 영역에서 공간 전하 한계 전류를 초과할 경우 형성되는 가상 음극(Virtual Cathode)을 이용한 축 방향으로의 고출력 마이크로파 발생 및 진단에 관한 연구를 수행하였다. 먼저 실험에 앞서 전산모사를 통해 결과를 예측하고 실험을 통해 확인하는 순으로 하였다. 전산 모사는 2-1/2차원 Particle-In-Cell(PIC) 코드인 "MAGIC"을 사용하여 축 방향으로 진행되는 새로운 개념의 가상 음극 발진기를 모사하고, 정확한 결과를 얻기 위해 강렬한 상대론적 전자빔 발생 장치인 "천둥"(최대 전압 600 kV, 최대 전류 70 kA, 60 ns)을 사용하여 전산 모사에 넣어줄 전류값을 얻었다. 음극의 반지름이 2.5 cm일 때 전파되는 최대 출력이 약 800 MW인 마이크로파가 발생되었고, 이 때 출력 변환 효율이 약 30 %임을 전산모사를 통하여 알 수 있었다. 또한, 전파하는 전기장의 축방향 성분 (E_z)의 반지름 방향에 대한 분포 특성을 통하여 주된 전파 모드가 TM_{01} 와 그 상위모드의 조합으로 이루어졌음을 알았고, 이 때 기대되는 동작 진동수는 5~7 GHz임을 전산 모사 결과로부터 알 수 있었다. 실험을 통해서도 음극의 크기가 2.5 cm일 때, 최대 출력이 약 520 MW인 마이크로파를 발생하였고, 이 때 출력 변환 효율은 약 8 %이고, 방전 사진을 통해서 주된 동작 모드가 TM_{01} 와 그 상위모드의 조합으로 이루어졌음을 알았고, 이 때 주된 출력 진동수는 5~6 GHz임을 알 수 있었다.