

Simulation of High Power Microwave Generation from Virtual Cathode Oscillator

정윤, 조대식, 최명철, 조태승, 김진구, 임재용, 고재준, 조광섭, 최은하
 광운대학교 물리학과 대전입자빔 및 플라즈마 연구실

1. 서론

새로운 형태의 고출력 마이크로웨이브 발진 장치인 가상음극발전기(Virtual Cathode Oscillator)를 2차원적 Particle-in-cell 코드인 Magic을 이용하여 시뮬레이션하였다. 가상음극 형성을 위한 다이오드 구조의 최적설계에 초점을 맞추었으며 입력되는 전자빔의 전류밀도에 따른 Circular wave guide 내의 TM모드에 대한 주파수를 계산하였다. 또한 시뮬레이션 결과로 에너지 변환 효율을 계산하였다.

2. 본론

가상음극장치를 위한 기본적인 전자빔 파라미터는 본 대학이 소유한 상대론적 전자빔가속기인 천둥(300 kV, 20 kA)에 맞추었고 최적 설계를 위해 다이오드 구조를 변화시켰다. 전자빔은 Solid빔을 사용하였고 양극과 음극의 간격, 음극의 크기등을 변화시켰으며 양극의 구조와 두께등도 바꾸어 실행하였다. 모든 경우에 있어 가상음극 형성의 필수요소인 공간전하한계 전류 이상의 전자빔이 방출됨을 확인하였고 위상공간도표를 통하여 가상음극의 형성을 관찰하였다. 관측되는 발진주파수는 입력 전자빔의 플라즈마 주파수(ω_p)와 일치하였으며 도파관으로는 Circular waveguide를 사용하여 전자빔이 도파관의 축을 따라 진행하므로 TM 모드에 관한 관찰을 하였다. 전자파를 발진시키는 전류밀도에 따른 주파수(1~100 GHz)를 관찰하였고 전파축방향에 따른 전류의 진동도 관찰하였다. 시뮬레이션 결과물 토대로 파워(~수GW)와 에너지 변환 효율(~10%)을 계산했다.

3. 결론

가상음극의 최적설계를 위해 2차원 Particle-in-cell 코드를 이용해 TM 모드에 대한 시뮬레이션을 실행하였다. 한계전류이상의 전자빔에 의한 가상음극의 형성을 확인하였으며 가상음극의 주파수가 입력되는 전자빔의 플라즈마 주파수(ω_p)와 거의 일치함을 확인하였다. 다이오드 구조와 전류밀도등을 변화시켜 1~100 GHz의 주파수 변화와 파워(~GW)를 관찰하였으며 에너지 변환 효율은 약 ~10% 정도로 나타났다.