

**소형 원적외선 자유전자레이저의 전자빔 에너지 대역폭
확장을 위한 전자빔 광학계 모의 실험**

**Simulation on the Electron Beam Optics for the Wide
Band Compact Far-Infrared Free-Electron Laser**

차혁진, 정영욱, Grigori M. Kazakevitch, 이병철, 조성오, 차병헌, 박승한*
한국원자력연구소 양자광학기술개발팀, *연세대학교 물리학과
ex-hjcha@kaeri.re.kr

현재 한국원자력연구소에서 구동중인 원적외선 자유전자레이저는 소형 가속기인 마이크로트론에서 발생된 전자빔을 전자빔 광학계를 통과시켜 undulator⁽¹⁾로 전달하여 레이저빔을 얻도록 구성되어 있다⁽²⁾. 자유전자레이저를 발전시키기 위해서는 광이득 매질로 이용하는 전자빔의 특성이 매우 중요하다. 전자빔이 빔 라인을 통과하는 동안 손실 없이 전송되며, 마이크로트론의 동작 변수를 바꾸어도 전자빔의 기본 변수들이 최적화될 수 있도록 전자빔 광학계가 설계, 제작되었다. 이를 확인하기 위하여 전송 행렬을 이용한 전산 코드를 자체 개발하여 전자빔의 공간 분포, 에미턴스⁽³⁾, 펄스폭의 변화를 계산할 수 있었다. 사용이 간편하고 계산 속도가 빠른 상용화된 전산 코드인 TRACE 3-D를 이용하여 전자빔 광학계의 중간 부분에서 측정된 전자빔 매개변수로부터 역으로 마이크로트론에서 방출되는 전자빔의 초기 특성을 결정할 수 있었고, 이로부터 사중극자석, 험자석, 편향자석들이 전자빔에 미치는 영향을 해석할 수 있었다.

한국원자력연구소에서는 전자빔 에너지의 가변 최소값을 4.5 MeV까지 대폭 낮춰서 발전 파장을 100~200 μm 에서 90~300 μm 로 확장하기 위한 연구가 진행중이다. 이를 위하여 전자빔 에너지의 변화에 따른 빔 라인에서의 전자빔 진행 과정을 모의 실험을 통하여 비교, 분석하였다. 또한, 현재 구동중인 소형 자유전자레이저는 undulator 중간에 $2 \times 30 \text{ mm}^2$ 크기의 도파관을 사용하여 수평 방향으로 동초점형 자유공간 모드, 수직 방향으로는 도파관 모드의 공진기를 구성하고 있는데, 도파관 내부에서 수평, 수직 방향으로 전자빔과 방사광이 최적 상태로 상호 작용할 수 있도록 모의 실험을 통하여 전자빔 광학계의 전류값을 변화시켜 최적 조건을 구하였다.

모의 실험 결과를 분석함으로써 마이크로트론에서 나온 전자빔이 undulator에 입사하여 자유전자레이저 발전에 최적화 될 수 있도록 전자빔 광학계를 조절할 수 있음을 확인하였고, 이를 응용하여 보다 향상된 양질의 전자빔을 얻을 수 있는 광학계를 구성하여 레이저 발전 이득을 극대화할 수 있을 것으로 예상된다.

[참고 문헌]

1. Young Uk Jeong, et al., "Short-period equipotential-bus electromagnetic undulator for a far infrared free-electron laser"; Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 407, 396-400 (1998)

2. Young Uk Jeong, et al., "First Lasing of the KAERI Compact Far-Infrared Free-Electron Laser Driven by a Magnetron-Based Microtron", Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 475, 47-50 (2001)
3. Sung Oh Cho, et al., "Time-resolved measurement of electron beam emittance and energy spread with optical transition radiation", Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 407, 359-363 (1998)

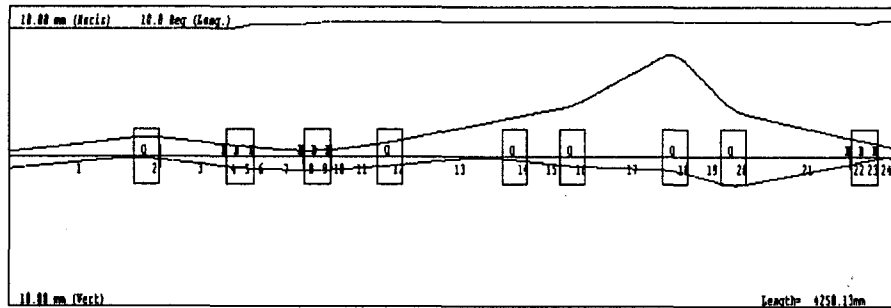


그림 1. 전자빔 에너지 6.5 MeV일 때 빔 라인 통과시 전자빔의 수평·수직 크기 변화