

한국원자력연구원의 1 kJ Nd:Glass 레이저 시설 Construction of the 1 kJ Nd:Glass laser facility at KAERI

임창환, 홍성기, 고광훈, 김민석, 김영원, 이동원*

한국원자력연구원 양자광학기술개발부

*한국과학기술원, 물리학과

chlim@kaeri.re.kr

레이저핵융합은 지금까지 연구되어 왔던 중심점화 방식에 비해 10배 이상의 핵융합 이득(G=핵융합 에너지/레이저에너지)을 얻을 수 있는 고속점화나 충격 점화와 같은 핵융합 효율을 높이기 위한 새로운 점화 연구를 중심으로 활발히 연구되고 있다.⁽¹⁾ 그러나 국내의 레이저핵융합에 관한 연구는 1994년 한국과학기술원의 신명레이저(에너지 80 J, 펄스폭 40 ps, 파장 1053 nm) 개발 이후 큰 진전이 없었으며, 최근 초단펄스 고출력 레이저를 이용한 핵반응 연구나 외국 시설을 이용한 고에너지밀도 플라즈마 연구와 같이 핵융합과 관련한 기초연구가 수행되어 왔다. 한편, 한국원자력연구원은 일본 오사카대학 레이저에너지학연구소(ILE; Institute of Laser Engineering)로부터 Nd:Glass 증폭기 일부와 고전압 충방전 시스템을 기증받아 고에너지밀도 플라즈마 과학, 양자공학, 핵융합 기반연구 등에 활용할 1 kJ Nd:Glass 레이저 시설을 구축하였다.⁽²⁾ 본 논문에서는 구축된 1 kJ KAERI Laser Facility (KLF)에 관한 연구결과에 관하여 기술하고자 한다.

그림 1은 구축된 KLF의 레이저와 빔 패턴을 보여주고 있다. 현재 사용 중인 발진기는 Nd:YAG 레이저(model Quanta-Ray Pro-230)가 사용되었으며, 톱니개구(8mm)와 공간필터를 이용하여 회절무늬가 있는 Gaussian 형태의 발진기 빔의 공간분포를 flat-top 형태로 개선하였다.⁽²⁾ 발진기에서 나온 레이저빔은 직경 15 mm, 20 mm, 40mm, 60mm, 80 mm로 구성된 6단계의 rod 증폭단을 통해 100 J 까지 증폭되었으며, 최종 7번째의 110 mm의 디스크 증폭기에서 250 J 이상의 에너지를 얻을 수 있었다. 각각의 증폭기는 공간필터와 함께 설치되었으며, 이 공간필터는 공간 고주파수 성분 제거와 빔 expander 역할을 한다. 레이저는 플라즈마를 고밀도, 고온으로 압축할 수 있도록 4개의 빔라인으로 구성하였다.

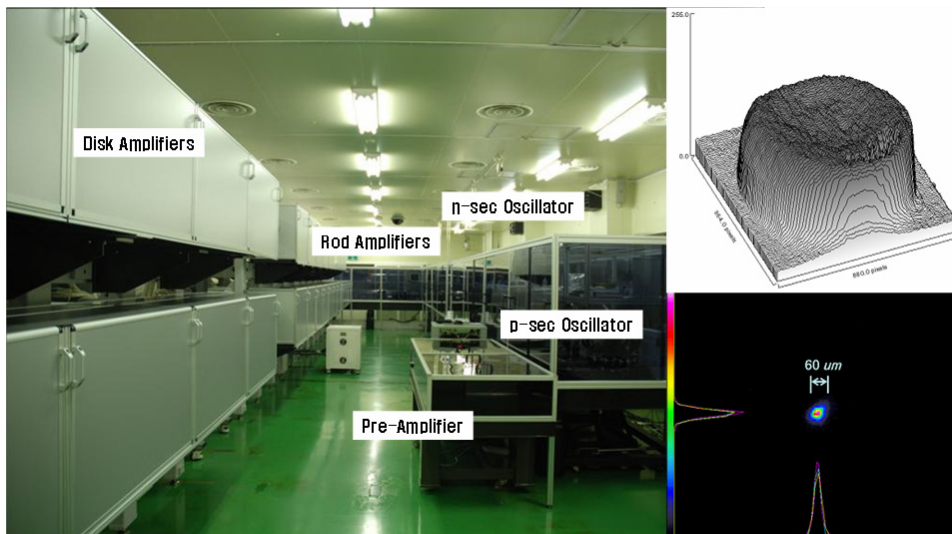


그림 1. 한국원자력연구원의 레이저 시설과 디스크 증폭기에서의 공간분포

그림 2 (a)는 CW의 광섬유레이저의 출력을 고속의 임의파형 발생기와 EO 변조기를 이용하여 시간적으로 임의파형의 레이저를 발생한 결과이다. 레이저는 400 psec-수십 nsec 영역에서 자유롭게 성형할 수 있으며, Nd:Glass의 중심파장에 맞도록 Yb 계열의 광섬유레이저가 발진기로 사용되었다. 이와 같은 임의파형 레이저를 기 구축된 증폭단에서 증폭하기 위해서는 nJ의 에너지를 수십 mJ까지 높여야 하며, 광섬유 증폭기와 소형 rod 증폭기를 이용하여 50 mJ까지 증폭된 결과를 얻을 수 있었다. 현재는 안정성 향상을 위한 실험이 수행 중이며 2009년도 하반기부터는 수십 J 이상의 임의파형 레이저 증폭이 가능할 것으로 예상된다. 그림 2 (b)는 Yb가 첨가된 광섬유레이저를 이용한 초단펄스발진기의 구성도이며 제작된 발진기의 스펙트럼 폭은 70 nm, 펄스폭은 40 fs, 에너지 1 nJ로 초단펄스 전단부의 발진기로 사용될 예정이다.

한국원자력연구원(KAERI)에서는 1 kJ Nd:Glass 레이저 시설(KLF: KAERI Laser Facility)을 구축하였으며, 2009년 중반부터는 고에너지레이저를 이용한 연구를 희망하는 국내외의 연구그룹에게 개방될 예정이다. 본 레이저 시설은 4개의 beam-line으로 구성되었으며, 각각의 beam-line에서 250 J 이상의 레이저 에너지를 제공할 수 있다. 본 시설의 구축으로 국내의 레이저핵융합 기반연구, 고에너지밀도 플라즈마, 레이저 가공, EUV 광원 등 다양한 레이저 관련 연구 활성화에 기여할 것으로 전망하고 있다.

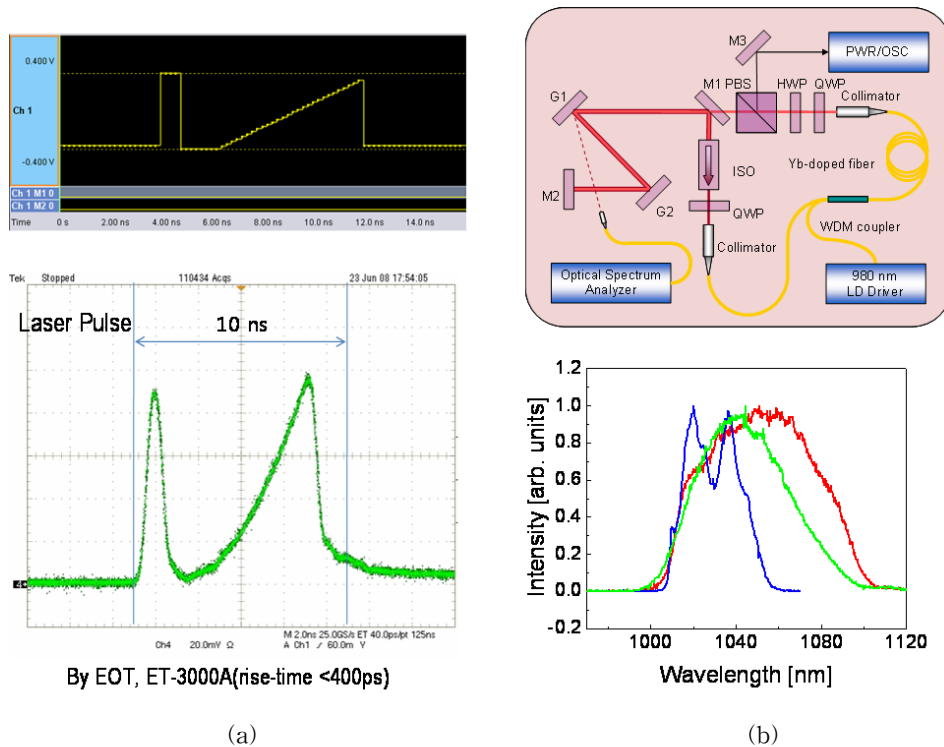


그림 2. (a) 110 mm 디스크 증폭기 이후 레이저의 near-field 패턴과 (b) far-field 패턴

참고문헌

1. Peter J. Wisoff, Mark W. Bowers, Gaylen V. Erbert, Donald F. Browning, Donald R. Jedlovec, "NIF Injection Laser System", Proceedings of SPIE, 5341, 146-155 (2004).
2. Changhwan Lim a Sung-Ki Hong, Dong-Hyun Yun, Long-Zhe Li, Jae-Jin Goo, Kwang-Hoon Ko, Ki-Tae Lee, Jeong-Tae Jin, Dae-Sik Chang, Min-Suk Kim, and Cheol-Jung Kim, "Status of the 1 kJ Nd:Glass Laser Facility at KAERI for Basic Researches on Quantum Engineering" ICUIL (International Conference on Ultra-High Intensity Lasers Development, Science and Applications) (2006).