

# 양자공학 기반연구를 위한 1 kJ급 Nd:Glass 레이저 구축

## Design and development of 1 kJ Nd:Glass laser for the basic research of quantum engineering

임창환\*, 진정태, 김민석, 홍성기, 이동원, 윤동현, 고광훈, 이기태,  
박현민, 권성옥, 백성훈, 유병덕, 김철중

2005년 12월 26일 제출  
한국원자력연구소, 양자광학기술개발부  
대전시 유성구 덕진동 150번지  
\* chlim@kaeri.re.kr

좁은 공간에 고출력, 고에너지 레이저를 집속할 때 발생하는 고밀도, 고에너지 플라즈마 연구는 상태 방정식, 실험실 천체물리, 전자가속 등 기초 분야 뿐 아니라 X-선 및 극자외선 광원 개발, 원전 유지보수 등 다양한 산업 활용 분야를 갖고 있어 최근 미국, 프랑스, 일본, 중국 등 선진강대국에서 크게 주목받고 있는 연구 분야이다. 한국원자력연구소는 물리나 광학의 원천기술 뿐 아니라, 미래 산업에 파급효과 큰 양자공학 기반 연구를 위하여 1 kJ급 고에너지 Nd:Glass 레이저 시설을 구축하고 있다.

고에너지 레이저 시설은 양자공학 기반 분야에서부터 청정에너지 연구에 이르기 까지 다양한 활용분야를 갖고 있어 국가 전략적으로 확보되어야 할 중요 시설이나 우리나라에서는 아직 관련시설을 확보, 운영하지 못하고 있다. 또한, 고에너지 레이저 시설은 산업체 응용, 에너지 개발 등에 중요한 기반 시설이지만 군사 분야에서의 활용 가능성 때문에 선진강대국에서 기술 노출을 꺼리는 민감 기술이었으나, 일본 오사카대학 레이저 핵융합 연구소로부터 도입한 Nd:Glass 레이저 시설의 재생 및 활용은 국제적으로 민감한 연구 분야에 대한 우리나라의 중간 진입 계기가 될 것이다. 본 발표에서는 kJ급 Nd:Glass 레이저 구축을 위한 진행상황과 앞으로 계획에 대해서 서술하도록 하겠다.

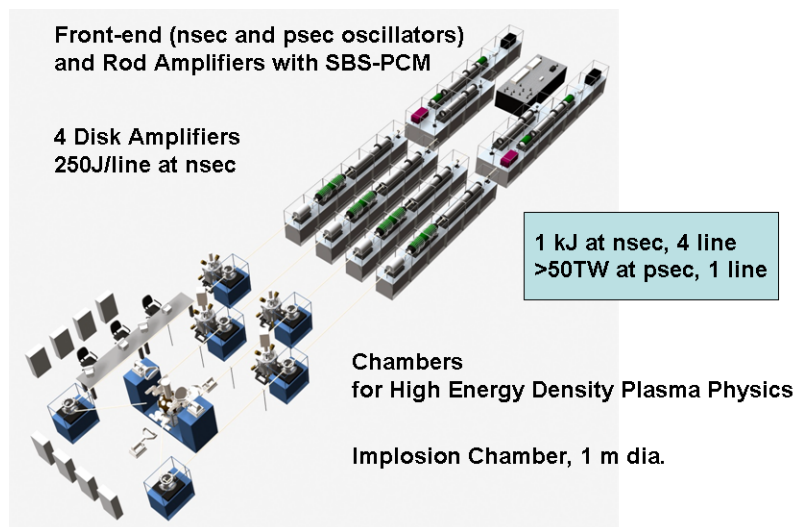


그림 1 한국원자력연구소에 설치될 1 kJ급 Nd:Glass 레이저 시설의 구성도.

그림 1은 구축될 시설의 구성도이다. 현재 발진기는 Spectra-Physics사의 injection seeding type의 Quanta-Ray Pro-230(1 J, 8 nsec, 1064 nm)로 rod 증폭기의 성능 검사를 위해 사용하고 있다. 증폭기 glass 재질은 Hoya사의 phosphate 계열의 LHG-8과 LHG-80로 형광 중심파장이 1054 nm, 스펙트럼 폭은 8 nm 정도로 1053 nm 뿐 아니라, 1064 nm 파장에서도 증폭이 가능하다.

Nd:Glass 매질의 광여기에는 섬광등을 사용하였고, 섬광등 방전을 위한 회로도는 그림 2와 같다. 섬광등은 방전 길이가 300 mm, core 직경이 12 mm의 fused silica 재질이 사용되었으며, 내부에는 Xe 가스를 봉입하였다. 충방전을 위한 capacitor bank내에는 회로도와 같이 capacitor, inductor, 스위치, 저항 등으로 구성되었고 capacitor bank가 설치된 모습을 사진 1에 나타내었다.

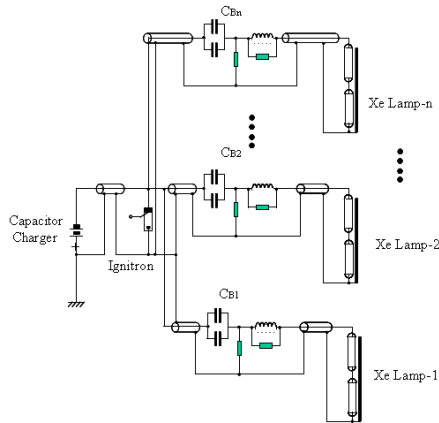


그림 3 섬광등 방전을 위한 충방전 회로도.



사진 1. 설치된 capacitor bank 모습.

표 1. SBS-PCM을 이용한 2중 증폭과 single pass에 의한 이득 비교표.

Pumping Voltage (kV)	Input Energy(1) (J)	S-Pass Energy (2) (J)	D-Pass Energy (3) (J)	S-pass Gain	SBS Reflec.	D-pass Gain	Total gain
3	1	1.2	1.1	1.2	0.91	1.12	1.22
3.5	1	1.44	2.33	1.44	0.92	1.95	2.51
3.75	1	2.07	2.89	2.07	0.94	1.65	3.20
4	1	2.41	3.55	2.41	0.94	1.74	3.93
4.5	1	2.56	5.33	2.56	0.94	2.46	6.02
4.75	1	3.0	7.22	3.0	0.94	2.85	8.02
5	1	3.16	7.6	3.16	0.94	2.84	8.44

110 mm의 Disk 증폭기에 레이저가 입사되기 전에 에너지를 높이기 위하여 60 mm와 80 mm 등 구경이 비교적 큰 rod 증폭기가 사용될 예정으로, 이때 발생하기 쉬운 birefringence, thermal lensing 등 빔 품질을 저하시킬 수 있는 열변형을 보상하기 위하여 SBS-PCM(Stimulated Brillouin Scattering Phase Conjugated Mirror)을 이용한 이중 증폭에 대하여 실험하였다. 30 mm rod 증폭기를 이용한 예비 실험결과를 표 1에 나타내었고 이때 빔 패턴을 사진 2에 표시하였다. 보다 자세한 내용은 공연에서 서술하도록 하겠다.

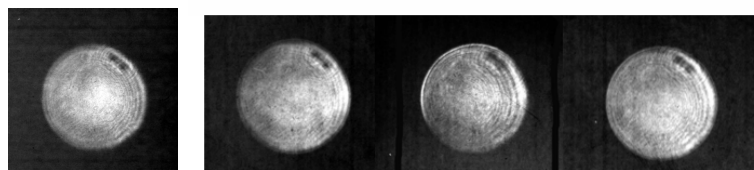


사진 2 (a) input beam, (b) SBS-PCM 2중 증폭, (c) 거울에 의한 2 중 증폭, (d) single pass 증폭.