

5단 증펄핑 증폭기에서의 고반복률 40 W급 색소 레이저

High-Repetition-Rate 40 W Dye Laser with 5-Stage Longitudinally Pumped Amplifier

임 권, 고평훈, 김택수, 노시표, 차용호, 한재민, 정도영, 김철중

양자광학기술개발부, 한국원자력연구소

gwonlim@kaeri.re.kr

원자분광용 광원으로 널리 사용되는 파장가변 색소 레이저는 여러 파장대역의 레이저 색소를 사용하여 매우 넓은 파장영역의 레이저를 동작시킬 수 있다. 근자외선 영역에서부터 근적외선 영역까지 많은 레이저 색소들이 사용되고 있으나 대개의 경우 가시광 영역의 파장대역의 레이저 색소들이 많이 사용되고 있다. 특히 고반복률의 레이저 시스템에서는 Rhodamine 계열의 색소들이 레이저 수명이 길기 때문에 선호도가 높게 사용되고 있다. 색소 레이저로서 UV 영역의 레이저를 발전시키기 위하여는 Coumarin 및 BBQ등의 색소를 사용하여야 하는 데, 이들의 색소는 수명이 매우 짧다. 따라서 파장가변 UV 고출력 레이저를 얻기 위하여 가시광 영역 약 580 nm에서 색소 레이저를 발전 및 증폭시키고, 이를 다시 비선형 SHG 결정을 이용하여 파장변환을 하여 사용하게 된다. 이러한 파장가변 펄스형 고반복률-고출력의 UV 레이저를 필요로 하는 분야는 여러분야가 있지만 그 중에서 안정동위원소의 생산과 같은 분야에서 광펄핑 방법을 이용하여 동위원소중 특정원소를 분리하는데 사용된다.

본 연구의 색소 레이저 및 UV 광원은 진단의료용 방사선 의약품으로 사용되는 TI-203 안정동위원소를 생산하는데 필요로 하는 3개의 레이저 광원중 하나이다. 이때의 필요로 하는 펄스 UV 레이저의 출력은 약 4 W정도이고 이를 발생시키기 위하여 색소 레이저의 출력이 향상과 빔 질 개선이 요구된다. 따라서 본 연구 결과로서 색소 레이저의 출력 및 빔 질 특성과 UV 레이저 발생특성에 대하여 언급하고자 한다.

파장가변 색소 레이저를 구성하는 발전기는 자체 제작된 GIM형 공진기 형태로 제작되었다.⁽¹⁻²⁾ 발전선폭은 약 1.5 GHz이고 약 300-500 mW의 출력을 방출한다. 증폭기의 경우에는 펄프광과 레이저의 진행축과 같은 축으로의 펄핑하는 증펄핑 방법을 사용하고 있다.⁽³⁻⁵⁾ 이것은 레이저 빔 질의 개선을 위하여 채택한 방법이다. 레이저 증폭기의 단수는 3단에서 5단까지 구성하여 실험할 수 있었는데, 40 W급의 색소 레이저 시스템에서는 5단 증폭기를 구성하였다. 펄프 레이저는 10 kHz의 고반복률을 갖고 있는 532 nm의 Nd:YAG SHG 광원을 사용하고 있다. 약 50 W급의 레이저를 3대 사용하여 약 150 W급으로 색소 레이저에 펄핑하고 있다. 다음의 그림 1은 고반복률 5단 증폭기의 펄스형 색소 레이저 시스템과 UV 광원 발생을 위한 구성도이다. 또한 표 1은 색소 레이저 시스템의 각각의 출력특성표이다. 그림 2는 펄스 색소 레이저의 출력에 따른 UV 광원의 발생 출력특성이다.

결론적으로, 532 nm 펄프 레이저 156 W로 펄핑하였을 때 색소 레이저의 출력 40 W를 얻었고, 이를 BBO 결정에서 파장변환하여 얻은 펄스 UV 레이저의 출력은 약 4 W급의(± 0.3 W)이었다. 따라서 색소 레이저의 변환효율은 26% 이었고, 색소 레이저에 대한 펄스 UV의 변환효율은 약 10% 이었다. 또한 이상과 같은 색소 레이저 시스템에서의 주파수 안정성과 레이저 색소의 수명 등을 측정하였다.

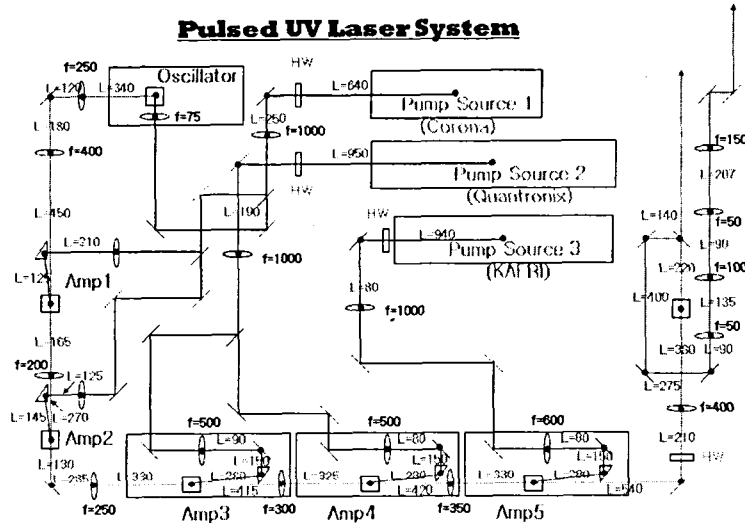


그림 1. 색소 레이저 및 UV 레이저 시스템의 구성도.

표 1. 색소 레이저 및 UV 레이저의 출력 특성표.

SHG Radiation(291.8354nm) of Dye Laser(533.6703nm) Pumped by High Repetition Rate SHG Radiation of Nd:YAG laser

	Laser Power (Watt)		Efficiency (%)		가울 전송률%	Power of PL	
	DL Output	Pump Laser	at each stage	Overall			
Oscillator	0.35	16.00	2	2	28.88	156.00 Watt	
Amplifier 1	0.97	13.40	5	3	24.19	40.00 Watt	
Amplifier 2	6.00	26.00	19	11	46.93	Overall-Efficiency	
Amplifier 3	10.00	19.00	21	13	39.58	26 %	
Amplifier 4	21.00	29.00	38	20	60.42	Power of UV Laser	
Amplifier 5	40.00	47.04	40	27	96.00	4.20 Watt	
						Overall-Efficiency	
SHG of DL						4.20	Efficiency (%)
							10.5 for DL
							2.7 for Pump Laser
							16 %
							In front of TI-Chamber
							1.20 Watt
							Beam Dia horizontal
							12.00 mm
Pump Source Data							
			15x20 max. dia.				
	Corona	Quantronix	KAERI-DPSSL				
Condition	Pump Laser-1	Pump Laser-2	Pump Laser-3				
Time delay	4.377 micro-sec	1.534 micro-s	0.605 micro-sec				
Rep. Rate	10 kHz	10 kHz	10 kHz				
Current	24.3 Ampere	39 Ampere	25 Ampere				
Pulsewidth	110 ns	75 ns	83 ns				
Power	57 Watt	50 Watt	49 Watt				
						Voltage(V)	45.928
						SHG Temp. Control Indicator	0.833

참고문헌

1. F. J. Duarte, "High power dye lasers", Springer Verlag Series in Optical Sciences, Vol. 65, 158 (1991).
2. M. G. Littman, and H. J. Metcalf, Appl. Opt. 17, 2224 (1978).
3. 임권, 외 2인, "비선형 매질 BBO 결정을 이용한 고반복률 색소 레이저의 제2조화파 발생 및 출력 특성" 한국물리학회 가을 학술발표회 (2002).
4. 임권, 외 6인, "Second Harmonic Generation of Frequency-Locked Pulsed Dye Laser for Selective Photoionization of Tl-203 Isotope" 첨단 레이저 및 레이저응용 Workshop 학술발표회 (2003).
5. 임권, 외 4인, "에탈론 간섭무늬를 이용한 파장안정화" 첨단 레이저 및 레이저응용 Workshop 학술발표회 (2005).

