

에너지 전환을 이용한 청록색소레이저의 출력 증가

Enhancement of blue-green dye energy laser using an energy converter dye

최 영수, 박 성진, 오 철한

경북대학교 물리학과

색소레이저의 효율과 출력 증가를 위한 연구에서 보다 강력한 펌핑 광원의 개발에 주로 많은 관심을 기울이고 있다. 그러나 본 연구에서는 펌핑광의 스펙트럼 전환을 이용하여 청록색소레이저의 효율과 출력에너지를 증가 시켰다. 레이저 색소 Coumarin 503을 전환색소 BBQ와 혼합하므로 160 % 이상의 청록색소레이저의 출력에너지 증가와 61 %의 구배 효율 증가를 얻었다.

1. 서론

섬광관은 색소레이저의 높은 출력을 얻는데 있어 단순하고 다루기 쉬운 펌핑광원으로 널리 알려져 있다.¹⁾ 그러나 섬광관과 새로운 펌핑광원들은 색소레이저의 펌핑에 직접 사용되지 않는 많은 부분의 광을 방출하는 단점이 있다. 레이저색소가 직접 흡수할 수 없는 펌핑광 스펙트럼의 부분이 전환색소를 여기서 레이저색소의 흡수영역에 형광을 방출하므로 펌핑광의 스펙트럼 전환효율을 높이기 위한 색소 혼합 방법이 여러 연구진에 의해 연구되고 있다.²⁻⁴⁾ 본 연구에서는 청록색 영역의 레이저색소 Coumarin 503에 전환색소 BBQ를 혼합하여 Xe 섬광관으로 펌핑한 색소레이저의 구배 효율과 출력에너지의 증가를 조사하였다.

2. 실험 결과

Fig. 1은 레이저색소 C503과 전환색소 BBQ의 흡수와 형광 스펙트럼에 대한 본광 관계이다. 레이저색소 C503의 흡수영역은 245 nm와 390 nm를 중심으로 25 nm와 60 nm의 폭을 지니며, 형광은 490 nm를 중심으로 50 nm의 폭을 지닌다. 전환색소 BBQ의 흡수영역은 300 nm를 중심으로 40 nm의 폭을 지니며 레이저색소 C503의 최소

흡수영역에 위치한다. 반면에 390 nm를 중심으로 한 전환색소 BBQ의 형광 방출영역은 레이저색소의 흡수영역과 잘 일치를 보인다.⁵⁾ 따라서 색소 BBQ는 레이저색소 C503에 대한 전환색소로 적합함을 알 수 있다. 이때 흡수스펙트럼은 흡수 분광장도계(Beckman, DU-64)로 측정하였고 형광스펙트럼은 형광분광장도계 (Shimadzu, RF-500)를 사용하여 얻었다.

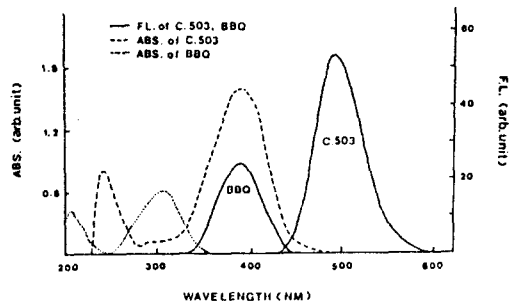


Fig. 1 Spectra of fluorescence and absorption of the laser dye C503 and converter dye BBQ

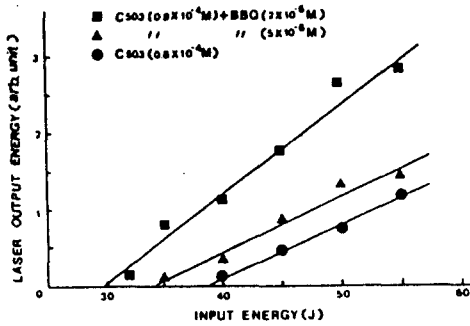


Fig. 2 Laser output energy of the C503 and C503 + BBQ solutions as a function of the electrical input energy

Fig. 2는 레이저색소 C503의 최적농도 0.8×10^{-4} M/l의 용액과 전환색소 BBQ의 농도 2×10^{-6} M/l와 5×10^{-6} M/l를 첨가한 용액들에 대하여 전기 입력에너지 증가에 따른 레이저 출력에너지 변화를 보인 것이다. 최적농도의 레이저 색소 용액만 사용한 것보다 전환색소를 혼합하므로 레이저 문턱에너지가 낮아지고 레이저 출력에너지와 구배(slope) 효율이 증가한다. 레이저 색소 C503의 최적농도 0.8×10^{-4} M/l 용액에 전환색소 BBQ의 농도 2×10^{-6} M/l를 혼합하므로 레이저 문턱에너지가 24 % 낮아지고 구배효율은 61 % 증가함을 보인다. 이는 펄핑에너지가 전환색소에 흡수 여기된 후 레이저색소로 에너지 전환이 이루어졌음을 의미한다. 형광분광장도계로 측정한 레이저색소 C503과 전환색소 BBQ의 혼합에 의한 총 형광 강도의 증가율은 약 32 %로 나타났다. 이 때 나타난 최적 형광 방출의 최적농도에 대한 결과와도 잘 일치한다.⁵⁾

Fig. 3은 레이저 색소 C503의 최적농도 용액에 전환색소 BBQ의 농도를 증가시킴에 따른 레이저 출력 변화를 보인 것이다. 전환색소 BBQ의 농도가 2×10^{-6} M/l이고 전기 입력에너지 55 J일 때 레이저 출력에너지 증가는 약 160 % 이상이다. 전환색소에 대한 그 이상의 농도 증가에 대해서는 오히려 레이저 출력에너지의 감소를 나타낸다. 이는 레이저색소의 형광 방출영역에서 전환색소의 삼중상태간(triplet-triplet) 흡수에 의한 영향이 증가되어 레이저 발진을 저해하기 때문이라고 생각된다.⁶⁾

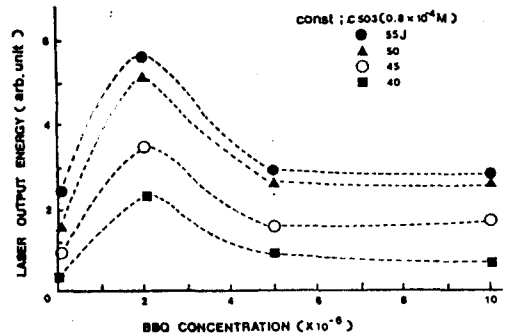


Fig. 3 Laser output as a function of converter dye BBQ concentration with a fixed laser dye C503 concentration 0.8×10^{-4} M/l

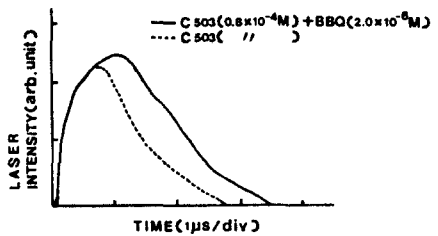


Fig. 4 Temporal behavior of the laser pulses of C503 and C503 + BBQ

Fig. 4는 레이저색소 C503만에 의한 레이저 펄스의 시간적 모양(점선)과 전환색소 BBQ의 혼합에 의한 레이저 펄스의 시간적 모양(실선)을 비교한 것이다. 레이저색소 C503만 이용 할 경우 레이저 펄스의 상승시간은 약 0.7 μ s 이고 반폭치가 1.2 μ s이다. 전환색소 BBQ를 혼합하므로 약 1 μ s 이후에서 레이저 강도가 증가를 보이며 상승시간은 거의 같으나 반폭치는 약 1.8 μ s로 약 1.5 배 증가한다. 색소 분자간의 에너지 전이시간은 약 수 ns 정도이므로 본 실험에서의 레이저 출력에너지 증가는 색소 분자간의 에너지 전환시간에 의한 효과보다는 펌핑광 펄스의 시간적 특성에 기인하는 것으로 보인다.¹²⁾ Xe 섬광관의 방전초기에는 가시영역의 펌핑광이 많이 방출되는 반면에 광 펄스의 상승시간 이후는 자외선의 광이 상대적으로 많이 방출된다. 따라서 보다 낮은 시간에 단파장에 흡수영역을 지닌 전환색소가 여기되고 레이저색소에 제흡수되어 에너지전이를 도우기 때문이다.

3. 결 론

레이저색소 C503과 전환색소 BBQ를 혼합함으로써 청록색소레이저의 효율과 출력에너지 증가를 얻었다. 레이저 발전을 위한 C503의 최적농도는 0.8×10^{-4} M/l이고 색소 혼합에서 전환색소 BBQ의 최적 농도는 2×10^{-6} M/l로 나타났다. 레이저색소 C503에 전환색소 BBQ를 최적농도로 혼합하므로 레이저 출력에너지는 160%, 구비효율은 61% 증가하였고 펌핑 문턱에너지는 24% 감소를 보였다. 또 레이저 출력의 증가는 강도의 증가와 함께 레이저 펄스의 반폭치가 1.5 배로 증가하였다. 이는 펌핑광원의 펌핑광 방출의 시간 특성에 의한 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. P. P. Sorokin, J. R. Lankard, V. L. Moruzzi, and E. C. Hammond, J. Chem. Phys., 48, 4726 (1968)
2. J. M. Drake, et al., IEEE J. Quant. Electr., QE-8, 92 (1972)
3. T. G. Parlopoulos, Opt. Commun., 24, 170 (1978)
4. T. Kotowski, W. Skubiszak, J. A. Soroka, K. B. Soroka and T. Stacewicz, SPIE Laser Technology II, 859, 10 (1987)
5. 오 철한, 강 예남, 라 병욱, 새물리, 30, 358 (1990)
6. K. S. Han, C. H. Oh, and J. H. Lee, J. Appl. Phys., 55, 4113 (1984)