

Nd:YAG 레이저로 여기하는 Ti:Sapphire 레이저 개발

Development of Ti:Sapphire Laser Pumped by a Nd:YAG Laser

이 중훈
영남대학교 물리학과
jhyi@yu.ac.kr

원자 분광 연구를 위해서는 원자의 공명 파장을 가진 레이저를 사용해야 하므로 파장이 가변되고, 선평이 매우 좁은 레이저가 필요하다. 특히 원자의 이온화를 위해서는 레이저와 원자와의 상호작용 시간이 충분하여야 하므로 *ns* 이상의 시간폭을 가진 레이저가 요구된다⁽¹⁾. 이 같은 목적에 사용되는 레이저는 색소레이저가 가장 대표적이다. 색소레이저는 파장 가변 영역이 매우 넓고 선평이 좁으며, 고출력이 가능한 장점이 있는 반면에 액체 이득 매질을 사용하므로 순환 장치가 필요하고, 색소의 사용 수명이 제한되며, 공해를 유발한다는 단점이 있다. 이러한 단점을 극복하기 위하여 고체 이득 매질을 사용하기 위한 노력이 지난 20년간 꾸준히 지속되어 왔다. 파장이 가변되는 고체 이득 매질은 여러 가지가 개발되었으나, Ti:Sapphire 레이저 결정이 파장가변 영역이 650-1050 nm으로 매우 넓고, 고출력, 고분해능이 가능하다는 장점으로 인하여 가장 적합하다⁽²⁾. 이 레이저의 발진 선평을 축소시키기 위한 방법으로는 회절 격자를 사용하거나⁽³⁾, 다이오드 레이저나 색소레이저 등의 연속발진 레이저를 파종(seeding)하여 증폭시키거나⁽⁴⁾, 공진기 내부에 고체 에탈론과 복굴절 필터를 사용하는 것⁽⁵⁾ 등이 사용되어 왔다. 회절 격자를 사용하면 파장을 변환시키기가 용이하나 효율이 비교적 낮고, 선평이 좁은 연속발진 레이저를 사용하면 선평을 푸리에 한계(Fourier limit)로 좁히면서도 파장 변화가 용이하고 효율이 좋게 할 수 있으나 파장 가변 영역이 제한되고 비용이 상승하며, 에탈론과 복굴절 필터를 사용하면 선평이 좁으나 파장 제어 장치가 매우 복잡해지는 단점이 있다. 따라서 필요한 파장 가변 영역이 1 nm이하이면서 선평이 매우 좁아야 하는 경우는 파종 증폭 방법이나 고체 에탈론을 사용하는 것이 유리하고, 파장 가변 영역이 매우 넓어야 할 경우 회절 격자를 사용하는 것이 유리하다고 판단된다.

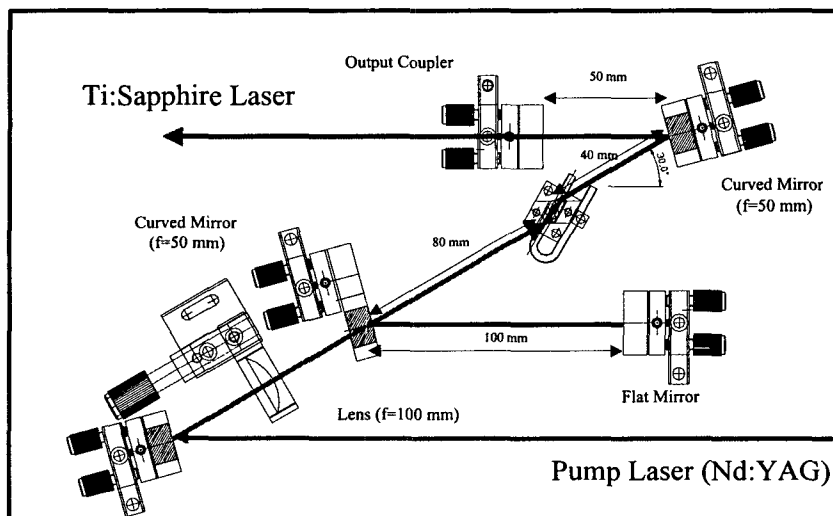


Fig. 1. Schematic structure of a Ti:Sapphire laser.

본 연구에서는 파종형 레이저를 개발하기 위하여 먼저 내부 파장 선택 소자가 없는 가장 간단한 형태의 레이저를 먼저 개발하고 그 특성을 살펴본다. 파종형 레이저에 사용하는 공진기는 공진기 덤핑(cavity dumping)의 경우, 일자형 공진기와 포켈셀(Pockel's cell)을 사용하나 공진기 거울을 통하여 파종할 경우는 고리형 공진기를 주로 사용한다. 그러나 본 연구에서는 Z형 공진기를 사용할 예정이다. Z형 공진기는 정렬이 쉽고, 내부 공진기에서 제2고조파를 발생시킨다거나 나중에 에탈론이나 회절 격자를 사용하는 변형이 쉬워서 채택하였다. 그림 1은 본 연구에서 채택한 공진기의 구조이다. 공진기의 전체 길이는 약 27 cm이다.

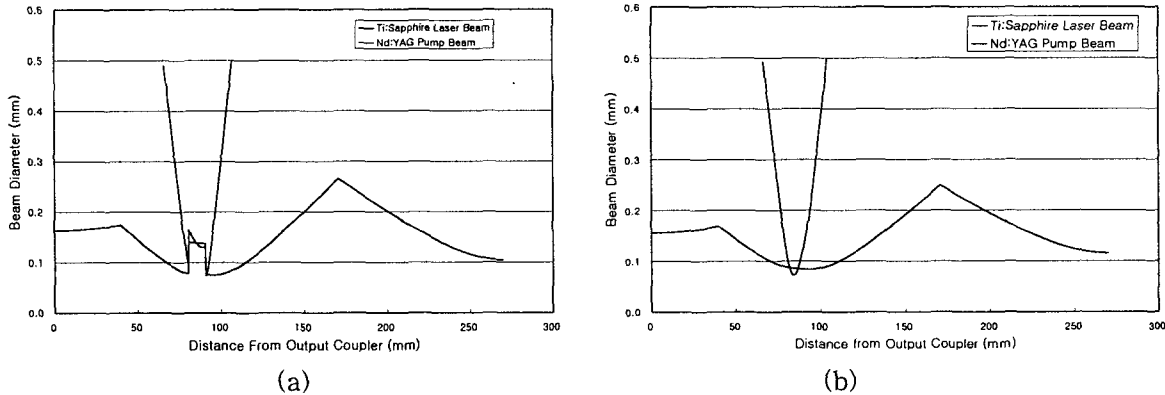


Fig. 2. Calculated beam diameter of TEM₀₀ mode beam in Z-shaped Ti:Sapphire laser cavity.
(a) Tangential Plane, (b) Sagittal Plane

이 구조에서 Ti:Sapphire 레이저 결정 위치에서의 빔 직경은 여기용 Nd:YAG 레이저 빔의 직경과 일치해야 좋은 여기 효율을 기대할 수 있다. 본 연구에서 사용한 Ti:Sapphire 레이저 결정(EKSMA Co.)은 직경 5 mm, 길이 10mm이며, 양면이 Brewster 각으로 절단되어 있다. 따라서 구결면과 자오면에서의 빔 직경이 다르다. 공진기의 길이와 거울의 위치를 적절히 조절하면 레이저 결정 위치에서 빔의 직경이 최소가 되도록 조절할 수 있다. 여기빔의 직경을 고려한 최적의 빔 직경 조건을 얻기 위하여, 공진기의 파라미터를 변화시키면서 이 공진기에서 발진하는 TEM₀₀ 모드 레이저빔 직경을 위치에 따라서 계산하였다. 레이저 결정 위치에서 여기 레이저빔의 직경을 TEM₀₀ 모드 레이저빔의 직경과 가능한 가깝게 해야 하므로 여기빔의 직경도 계산하였다. 여기빔을 집속시키는 렌즈의 초점거리는 10 cm이며, 여기빔이 오목거울과 Ti:Sapphire 레이저 결정을 지날 때의 직경 변화도 고려하였다. 레이저 결정에서의 빔 직경이 비슷해지는 때의 여기빔과 Ti:Sapphire 레이저빔 직경을 계산한 결과가 그림 2에 나와 있다. 빔의 방향을 30° 정도 변화시키면서 반사시키는 2개의 곡면거울의 초점거리는 각각 5 cm이며, 출력경과 전반사경은 평면 거울을 사용하였다. 출력경의 반사율은 80%이다. 여기용 레이저는 제2고조파의 에너지가 최대 400 mJ, 펄스폭이 6-8 ns인 Nd:YAG 레이저(Quantel, YG980E-10)이다. Ti:Sapphire 레이저 결정을 냉각시키기 위하여 냉각수가 흐르는 mount를 구리로 제작하였다. 거울을 비롯한 전 부품은 소형 마운트에 본드로 부착하였다. 제작된 레이저의 발진 특성을 측정할 예정이다.

<감사의 글>

This work was supported by KOSEF research project No. R02-2000-00033.

<참고문헌>

1. G. S. Hurst, M. G. Payne, Resonance Ionization Spectroscopy (Adam Hilger, Bristol, 1988).
2. M. R. H. Knowles and C. E. Webb, Opt. Comm. **89**, 493 (1992).
3. B. Pati, J. Borysow, Appl. Opt. **36**, 9337 (1997).
4. N. J. Vasa, M. Tanaka, T. Okada, M. Maeda, O. Uchino, Appl. Phys. **B62**, 51 (1996).
5. Jonghoon Yi, R. Horn, K. Wendt, '9th International Symposium on Laser Spectroscopy, 67 (2001).