

## Nd : YAG레이자의 2중굴절보상방법에 대하여

김도일

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《선진과학기술을 받아들이기 위한 사업을 적극적으로 벌려야 하겠습니까.

선진과학기술을 받아들이는것은 나라의 과학기술을 빨리 발전시키기 위한 중요한 방도의 하나로 됩니다.》(《김정일선집》 증보판 제15권 499~500페이지)

가로랭각원통형 Nd : YAG레이자활성물질은 광학적으로 려기될 때 세계 2중굴절된다.

2중굴절은 보통의 광학공진기로 얻어지는 빔뭉침질과 편광특성에 영향을 주는 동경방향과 접선방향으로 편광된 빛에 대하여 각이한 굴절률을 준다. 이러한 결함이 있음에도 불구하고 Nd : YAG레이자의 원통형활성물질은 기술공학적으로 간단하고 비교적 원가가 낮으며 만족할만 한 효율을 주기때문에 여전히 리용되고있다.[1-5]

우리는 TEM<sub>00</sub>으로 동작하는 1개의 Nd : YAG레이자활성물질의 출력한계를 실험적으로 연구하고 2중굴절을 보상하는 2개의 활성물질계를 리용하여 Nd : YAG레이자활성물질의 출력을 높일수 있는 가능성을 밝혔다.

### 실험 방법

2중굴절보상은 2개의 같은 Nd : YAG레이자활성물질사이에서 보충적인 90°편광회전으로 진행한다. 실험에서는 출력이 50W인 TEM<sub>00</sub>방식을 출구하는 2개의 Nd : YAG레이자활성물질계를 리용하였다. 이 방법으로 최량보상과 높은 효율을 얻으려면 특별히 력학적으로 안정한 광학공진기가 필요하다. 광학러기 Nd : YAG레이자활성물질의 열유기2중굴절은 뭉침질을 가장 많이 제한하는 인자이다.

열렌즈의 굴절출력은 레이자뭉침의 편광방향(쌍집초)에 관계된다. 일반적으로 동경 및 접선방향으로 편광된 뭉침의 굴절출력의 상대차는 근사적으로 20%에 달하며 2중굴절활성매질이 들어있는 광학공진기의 안정상태가 파괴되면 완전한 가우스뭉침이 형성되지 않는다.

안정구역이 부분적으로라도 일치하지 않는 경우에 TEM<sub>00</sub>방식형성은 더 불가능하다. 그것은 TEM<sub>00</sub>방식은 순수 동경 및 접선방향으로 편광되지 않을수 있기때문이다. 공진기안에 있는 편광자로 얻은 선편광뭉침은 동경 및 접선방향으로 편광된 성분으로 갈라질수 있는데 이것은 2중굴절 Nd : YAG레이자활성물질을 통과한 후에 타원편광뭉침으로 되면서 각이한 위상이동의 영향을 받는다.

이로부터 편광자가 공진기안에 놓여있을 때에도 손실이 생긴다. 결과 TEM<sub>00</sub>출력은 공진기안에 편광자가 있을 때와 없을 때에도 제한을 받는다.

공진기안에 편광요소가 없는 공진기의 경우  $TEM_{00}$ 뭉음은 무질서하게 편광되므로 쌍절초제한만을 연구하면 되지만 선편광된  $TEM_{00}$ 방식의 경우에 편광제거제한이 추가적으로 있게 되며 두 제한이 클수록 그 효과는 커진다. 공진기안에 편광요소가 없는 경우에는  $TEM_{00}$ 방식발진이 불가능하다.

우리는 활성매질안에 편광자를 넣었을 때의  $TEM_{00}$ 방식의 특성을 연구하였다.

2중굴절을 보상하는 력학적으로 안정한 2개 활성물질 Nd : YAG레이자의 구성도는 그림 1과 같다.

2중굴절보상원리는 첫번째 활성물질에서 동경방향으로 편광된 성분이 두번째 활성물질에서는 접선방향으로 편광된 성분으로 되게 하거나 그 반대인 성분으로 되게 하기 위하여 그것들사이에  $90^\circ$  편광회전자가 있는 2개의 같은 레이자활성물질을 리용하는것인데 바로 그 계가 2중굴절없는 매질처럼 작용한다.

충분한 근사에서  $TEM_{00}$ 방식으로 동작하는 레이자의 출력  $P_{TEM_{00}}$ 은 다음과 같이 표시된다.

$$P_{TEM_{00}} = \frac{w^2}{r_0^2} P_{다방식} \quad (1)$$

여기서  $w$ 는  $TEM_{00}$ 방식의 반경이고  $r_0$ 은 활성물질의 반경이다.

$TEM_{00}$ 방식의 반경은 활성매질의 편광제거특성에 의해 제한된다.

열출력( $P_{열}$ )이 각각 1.0, 2.25, 4.0kW인 경우 교차된 편광자사이에 놓여있는 빗러기 Nd : YAG활성물질을 통과하는 레이자빔뭉음에 대한 세기분포는 그림 2와 같다.

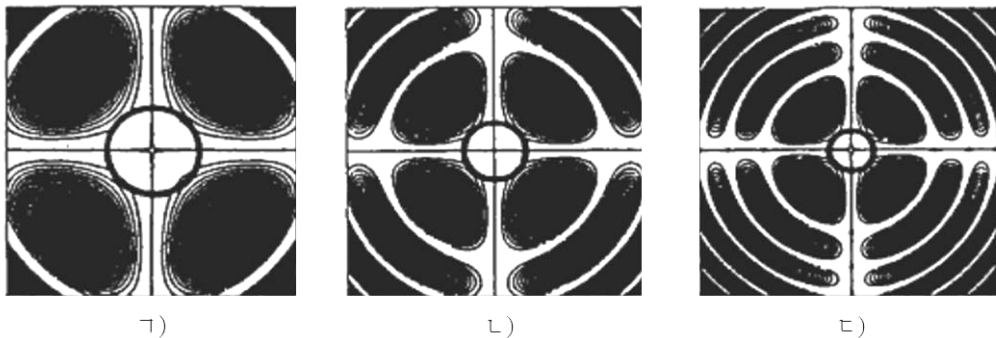


그림 2. 교차된 편광자들사이에 있는 빗러기 Nd: YAG활성물질을 통과하는 빔뭉음의 세기무늬  
a)~c)는  $P_{열}$ 이 각각 1.0, 2.25, 4.0kW인 경우

그림 2에서 어두운 부분은 투과가 작다(손실이 크다.)는것을 보여준다. 열출력을 1.0~4.0kW에서 증가시킬 때 손실이 없는 무늬의 중심반점은 작아진다. 이 원반점은 편광이 없는 영역이므로 선편광 $TEM_{00}$ 방식으로 동작하는 방식체적으로 리용할수 있다. 려기출력을 더 높여도 불안정한 방식체적이 크게 감소하기때문에  $TEM_{00}$ 출력이 반드시 더 높아지는것이 아니다.

Nd : YAG레이자가 TEM<sub>00</sub>방식으로 동작할 때 방식선택구멍의 반경은 고차방식의 발진을 피하기 위하여 86%의 출력이 포함된 TEM<sub>00</sub>방식반경보다 일반적으로 1.4배 커야 한다. 이 경우 TEM<sub>00</sub>방식의 전체 손실은 근사적으로 2%이다.

그러므로 편광이 없는 구멍에 의한 손실이 역시 2%일 때 가우스빔뭉음의 반경이 최대라고 볼수 있다.

### 실험결과 및 분석

선편광빔은 공진기안에 있는 편광자에 의해 형성되고 무질서한 편광빔은 편광자를 공진기에서 해체하면 형성된다. 1개의 활성물질계에서 단방식의 최대출력은 러기출력이 4.2kW일 때 9.8W(선편광빔)와 19.5W(무질서한 편광빔)이다.

2중굴절보상이 있을 때 전리기출력의 함수로서의 레이자 활성물질속에서의 TEM<sub>00</sub>방식의 반점크기를 연구하면 그림 3과 같다.

또한 공진기안에 있는 편광자로부터 반사되는 출력에 의해 검출되는 편광제거율은 2%미만인데 이것은 2중굴절을 거의 완전히 보상하며 TEM<sub>00</sub>방식으로 거의 4배의 출력을 보장할수 있다는것을 보여준다.

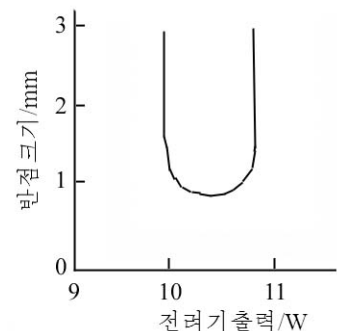


그림 3. 전리기출력에 따르는 TEM<sub>00</sub>방식의 반점크기변화

### 맺 는 말

1) 측면으로 러기 및 랭각되는 Nd : YAG레이자활성물질의 유효출력이 20W로 제한된다는것을 실험적으로 보여주고 2중굴절한계를 주었다.

2) 일반적인 한계는 두 활성물질 Nd : YAG계에 기초한 2중굴절보상계로 극복할수 있으며 이 계로 선편광 TEM<sub>00</sub>출력을 1개의 활성물질계보다 4배로 높일수 있다는것을 밝혔다.

### 참 고 문 헌

- [1] W. Koechner; Solid State Laser Engineering, Springer-Verlag, 23~56, 1993.
- [2] S. C. Tidwell et al.; Opt. Lett., 18, 2, 1993.
- [3] J. C. Rasmussen et al.; J. Light Wave Technology, 20, 12, 2101, 2002.
- [4] 刘玉敏 等; 中国激光, 38, 1, 79, 2011.
- [5] 郑 远 等; 中国激光, 30, 1, 43, 2003.

주체104(2015)년 4월 5일 원고접수

## **The Method of Birefringence Compensation at the Nd : YAG Lasers**

*Kim To Il*

In the present study it is shown experimentally that the output power available from side-pumped and cooled Nd:YAG rods is limited to  $<20\text{W}$ .

The traditional limits can be overcome by birefringence compensation schemes on the basis of dual rod Nd:YAG system, it is demonstrated that with this schemes linearly polarized  $\text{TEM}_{00}$  output power can be improved by a factor of 4 compared with a single-rod system.

Key words: Nd:YAG laser , birefringence compensation