

YLiF₄ 결정에 첨가된 Er³⁺ 이온의 상방전환 과정

Upconversion Mechanisms of Er³⁺ doped YLiF₄ crystals

주 정 진, 권 도 형, 윤 수 인, 차 명 식
부산대학교 물리학과/유진체 물성 연구소

문 병 기, 서 효 진
부경대학교 물리학과

물질과 광의 비선형 상호작용으로써 입사광의 진동수보다 방출광의 진동수를 높게 변환하는 방법인 상방전환 과정(upconversion process)은 근적외선 레이저로 여기한 희토류 이온에 의한 에너지 전달이나 Excited State Absorption(ESA)에 의해 여기광의 에너지보다 더 높은 에너지 상태로 여기되어 blue/green 영역의 형광을 방출하는 과정이다. Er³⁺ 이온이 첨가된 YLiF₄ 결정은 광학포논의 진동수가 작아 Er³⁺ 이온의 형광 양자효율이 높고, 자외선 영역의 광투과율이 높아 상방전환 과정을 이용한 blue/green 영역의 레이저 물질로 응용 가능하기 때문에 근적외선 영역의 다이오드 레이저로 펄핑한 상방전환 과정이 연구되었고, 그 결과 551 nm, 561 nm, 413 nm 그리고 469 nm 파장에서 레이저 발진이 보고 되었다.^(1,2) 그러나 이들 파장의 레이저 발진과 관련된 상방전환의 구체적인 mechanism은 많은 중간준위가 매개되어, 율방정식(rate equation) 분석이 어렵기 때문에 정확하게 규명되고 있지 않다.

본 연구에서는 펄스 색소레이저로 상방전환이 가능한 Er³⁺ 이온의 중간준위인 ⁴F_{9/2}, ⁴I_{9/2}, 그리고 ⁴I_{11/2} 준위를 각각 여기하여, 이들 각 준위에서 일어나는 상방전환 과정을 연구하였다. 상방전환의 mechanism들을 조사하기 위한 방법으로, 상방전환된 형광의 시간적 거동, 입사광의 세기 및 온도 의존성을 조사하였다.

Erbium 이온의 ⁴I_{11/2} 준위(980 nm 근방)로 여기한 경우, 413 nm, 551 nm의 상방전환된 형광이 관측되었고, 551 nm 형광의 방출 mechanism은 ESA 과정과 에너지전달 과정이 혼합되어 있어 이들 두 mechanism의 기여도는 여기광의 미세한 파장변화에 의존하였다. 그리고, 413 nm 형광은 3개의 photon이 매개된 에너지 전달과정이었다. ⁴I_{9/2} 준위(800 nm 근방)를 여기 하여 방출된 413 nm, 551 nm 형광은 2개의 photon이 매개된 순수한 에너지 전달과정이었다. 그리고 ⁴F_{9/2} 준위(635 nm 근방)로 여기할 경우 위의 두 파장대의 형광 뿐만아니라 ²P_{3/2} 준위에서 낮은 에너지 준위로 전이하면서 320 nm와 469 nm 주위의 파장대에서 상방전환된 형광을 관측 할 수 있었고, 그 mechanism은 3개의 이웃하는 Er³⁺ 이온사이의 에너지 전달에 의해 일어남을 알 수 있었다.

[참 고 문 헌]

1. R. A. Macfarlane, M. Robinson, and S. A. Pollack, SPIE Solid State Lasers, 1223, 294(1990).
2. G. C. Valley, R. A. Macfarlane, OSA Proceedings on Advanced Solid-State Lasers, 13, 376(1992).