

방전여기 엑시머 레이저의 이론해석 기법

이영우*

*목원대학교

Methods of Numerical Analysis for the Discharge Pumped Excimer Laser

Young-Woo Lee*

*Mokwon University

E-mail : ywlee@mokwon.ac.kr

요 약

최근 에너지 위기와 함께 대형 엑시머 레이저의 효율을 향상시키고자 하는 연구가 선진 각국에서 진행되고 있다. 본 연구에서는 방전으로 여기 되는 대형 엑시머 레이저를 이론적으로 해석하기 위한 방법을 제시한다.

키워드

엑시머 레이저, 방전여기

I. 서 론

방전에 의한 가스레이저는 기체전자공학을 응용한 전형적 예이다. 현재 거의 모든 전자 전기공학 디바이스가 고체화 되어 있으나 고전압 분야와 방전을 응용한 광 디바이스의 필요성이 에너지위기와 함께 구미 선진국으로부터 대두되고 있다. 특히 레이저 핵 융합과 고전압 스위칭 등의 분야에서 지난 과거에 비해 더욱 정밀도 높고 엄밀한 연구가 다시 한번 필요하게 되었다.

기체전자공학을 이용하는 기체 레이저는 매질의 균질성이 우수하고 가스의 순환등이 편리할 뿐만 아니라 장시간의 연속동작과 넓은 파장대역을 모두 고출력으로 동작하는 장점을 갖고 있다.

본 연구에서는 자외선 영역에서 고출력의 고품질 광을 생성하는 엑시머 레이저의 이론모델 기법에 대해 소개하고 기체전자공학 관점에서 반응과정의 해석을 새롭게 제안한다. 이와 같이 개발된 모델은 실험에서 얻어진 결과와 함께 출력 특성을 보다 향상시킬 뿐만 아니라 이론적으로 방전 메커니즘을 엄밀히 분석하는데 유용할 것으로 사료된다.

II. 방전여기 엑시머 레이저 이론모델

방전여기 레이저 모델[1,2]의 가장 중요한 부분

은 그림 1에 보이는 바와 같이 플라즈마 반응식을 이용한 전자밀도의 계산, 레이저 매질의 도전성 계산, 레이저 플라즈마를 부하로 보고 계산하는 회로방정식, 또한 이를 이용한 전계강도의 산출, 불쯔만 방정식을 이용한 전자에너지분포함수 및 전자충돌 반응 레이트의 계산 등이 있다. 이와 같은 다양한 과정의 해는 여기필스폭 안에서 시간에 따른 변화에 따라 상호 작용하며 계산해 나가게 된다. 특히 방전여기 엑시머 레이저의 경우 전자에너지 분포함수를 매개 변수로 하는 전압 및 전류와 레이저 매질과의 연관 관계가 가장 중요하다.

방전여기에서는 에너지가 낮은 전자가 외부전계에 의해 가열되어 여기되어진다. 따라서 에너지가 낮은 전자가 탄성충돌에 의해 에너지를 잃어가는 손실과정이 매우 중요하며 레이저 매질 자체가 전원의 부하로 작용하므로 전원으로 부터 전력의 이행효율 자체도 정확히 계산에 고려할 필요가 있다. 전자에너지의 계산은 불쯔만의 열형 상태를 가정한 방정식을 이용한다[3].

희-가스 할라이드(Rare-Gas Halide) 계열의 레이저와 같이 이온화율이 상당히 높은 경우에는 전자-전자 충돌의 영향이 매우 크므로 초 탄성충돌의 예를 포함하여 방정식에 반듯이 포함시킬 필요가 있다. 희-가스 할라이드 계의 경우, 불쯔만 방정식은 E/N , 전자밀도, 준안정 여기원자 밀도, 할로겐 가스 밀도를 입력항으로 이용한다. 이

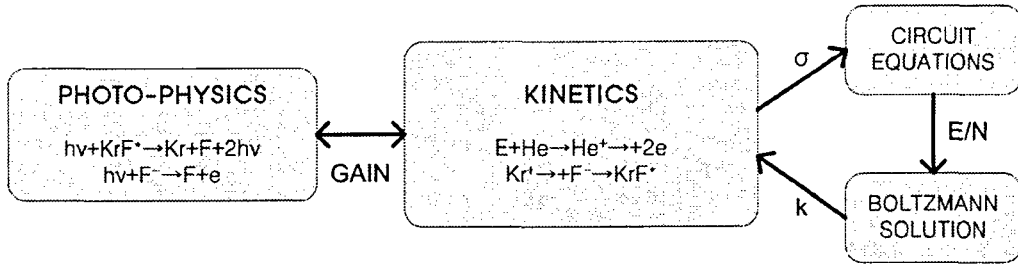


그림 1 방전시스템에서의 반응역학 (KrF 레이저의 예)

와 같은 계산은 비교적 장시간이 소요되므로, 계산시간을 단축하기 위하여 한번의 광범위 계산을 통해 매트릭스를 작성한 뒤 외삽 계산을 이용하기도 하나 본 계산에서는 주어진 조건에서 정상적으로 발생하는 전자의 발생률을 가정하고 기체가 절연파괴(방전개시)하기까지의 전자 증배과정 계산을 행하였다. 보통, E/N 5%-10% 정도 변화할 때 마다 불췌만 코드를 불러 반응정수를 수정, 가스의 분자-원자 레이트(rate) 방정식 및 회로방정식을 연립하여 계산하였다.

참고문헌

[1] M. Maeda, et al, Jpn. J. Appl. Phys., 64, 507 (1982).
 [2] M. J. Kushner, J. Appl. Phys., 60, 904 (1986).
 [3] K. Smith and R. M. Thomson, "Computer Modelling of Gas Lasers", Plenum Press (1978)

III. 결 론

방전여기 엑시머 레이저 모델의 정확한 계산을 위한 방법을 제안하였다. 특히 본 계산 방법은 레이저 장치의 대구경화 및 장펄스 동작 등에 매우 유용할 것으로 사료되며, 현재 공업용(반도체 공정) 가공기 및 의용장치 등에 사용되는 엑시머 레이저의 성능 향상에도 크게 기여할 것으로 기대된다.