

레이저와 플라즈마와의 비선형 상호작용 - Self focusing effect -

The Nonlinear Interaction of Laser with Plasma
- Self focusing effect -

강 영 부

한양대학교 전기공학과

1. 서 론

레이저와 플라즈마의 비선형 상호작용은 레이저 핵융합의 연구뿐 만 아니라, 레이저와 물질과의 비선형 상호작용의 연구와 관련하여 중요한 연구과제가 되고 있다. 레이저의 세기가 크게 되면 플라즈마 중에는 레이저에 의해 여러가지 비선형 효과가 나타나는데, 본 연구에서는 비선형 효과의 하나인 자기수축 효과 (self focusing effect)에 의한 기본 주파수 부근에서의 스펙트럼의 주파수 이동 (shift)을 관측하여 그 기구를 연구 고찰하였다.

2. 실험방법 및 실험결과

실험 장치는 5단 증폭 대출력 글라스 레이저 시스템, 레이저 조사용 타겟장치 및 계측용 장치로 구성되고 있다. 발전기에는 글라스 레이저와 YAG 레이저의 두 가지 종류가 있으며 서로 바꾸면서 쓸 수 있게 되고 있다. 즉 하나는 파장이 1.06 μm , 스펙트럼 폭 약 60 \AA 을 갖는 글라스 발전기-그라스 증폭기 시스템이며 또 하나는 파장 1.064 μm , 스펙트럼 폭 약 6 \AA 을 갖는 YAG 발전기-글라스 증폭기 시스템이다. 두 시스템은 파장은 거의 같으나 스펙트럼 폭이 크게 다르다. 두 레이저 시스템의 최대 출력은 펄스 폭

2 nsec에서 30 GW정도이다. 이 대출력 펄스를 액체 He 냉냉기에서 만들어 지는 고체 수소 및 중수소에 초점거리 50 mm인 렌즈를 통해 비스듬하게 입사시킨다. 이때 발생하는 플라즈마에서 반사되는 반사파의 입사파장 (1.06 μm) 주위의 광 스펙트럼을 분광기로 측정했다. 이때 반사광 스펙트럼은 레이저 비임의 타겟에서의 초점위치에 의해 크게 영향을 받는다. 초점이 수소 타겟에 대하여 표면하 50 - 150 μm , 중수소 타겟에 대해서는 표면하 100 - 200 μm 의 범위에 있을 때 $5 \times 10^{13} \text{ W/cm}^2$ 의 레이저 강도 이상에서 역방향 산란광의 스펙트럼에 두개의 피크 (peak)가 나타났다. 그림 1(a)에서 보듯이 하나의 피크는 장파장측에, 또 하나의 피크는 단파장측에 나타난다. 그러나 초점이 위에서 말한 범위를 벗어나면 레이저 강도가 $5 \times 10^{13} \text{ W/cm}^2$ 이하가 되면 그림 1(b)와 같이 입사파장으로 부터 3 - 8 \AA 정도 장파장측에 이동한 곳에 하나의 피크 만이 나타난다. 또 레이저 비임에 대하여 45° 및 90° 방향의 산란광에는 입사 레이저 강도가 10^{14} W/cm^2 가 되어도 단파장측에 이동하는 피크는 그림 2(a)에서 보는 바와 같이 나타나지 않았다. 레이저 비임 (beam) 방

량의 산란광에서 입사 레이저의 중심파장으로 부터 단파장측에 이동하는 주파수 이동량은 10^{14} W/cm^2 의 레이저 강도에서 증수소 톨라즈마에 대해서는 약 14 \AA 이 됐다. 단파장측에 이동하는 주파수 지이르가 발생하는 시간은 펄스 폭이 3 nsec 의 입사펄스가 최대강도가 되는 시간이 거의 같으며 그 강도가 최대가 되는 것은 입사펄스의 강도가 최대펄스가 되는 시간부터 1.5 nsec 후였다. 한편 장파장측에 이동하는 지이르는 입사펄스의 시작으로 부터 1 nsec 정도 늦게 나타나며 최대강도가 되는 시간은 입사펄스가 최대가 되는 시간과 일치했다. 이들의 시간관계는 그림 2(b)에 나타나 있다. 이들 지이르의 발생기구에 대한 고찰은 발표 때로 미루기로 한다.

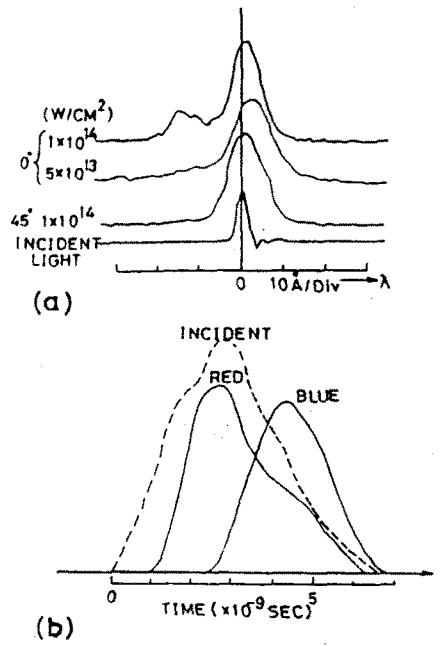
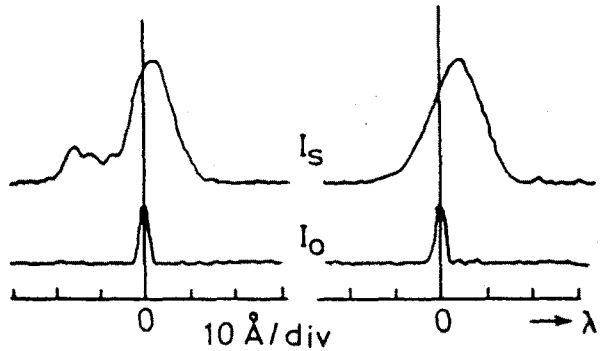


그림 2. 입사 YAG 레이저의 반사광(0°) 및 산란광(45°)의 스펙트럼

Fig. 2. Reflected(0°) and scattered(45°) spectra of incident YAG laser

3. 결 론

- (1) 입사 레이저 광은 비스듬한 입사의 전회영역으로 부터 반사한다.
- (2) 반사광 스펙트럼이 장파장측과 단파장측의 양측에 이동하는 것은 전회영역에서의 self-focusing에 의한 자기위상변조에 의한 것이다.



(a) 타겟내부 $100 \mu\text{m}$ 에 초점이 있을때 (b) 타겟표면에 초점이 있을때

그림 1. 입사레이저 주위의 역방향산란스펙트럼
Fig. 1. Spectra of backscattered light near incident laser wavelength