

实现激光核聚变的一种新方案

1. 提出新方案的背景

(1) 1972年激光向心聚爆解密以来^[1],已有17年的历史。这段时期有关器件、相互作用、聚爆物理的研究集中到一点,即如何有效实现“通过向心压缩,获得高密度,然后中心升温,产生热核聚变。释放出的 α 粒子,以热核波的形式,加热周围DT燃料,引发整个靶球热核聚变”(下面简称为中心点火)。为了俘获 α 粒子不使逃逸,靶不能设计得太小。热核聚变要求达到10 keV高温,这样可算出需要的激光在3~10 MJ,而且是高光学质量的。但近两年日本的实验及Hora的理论表明“中心点火”不是最佳方案,也很难实现。实验已观察到且较易实现的是“体点火”^[2-4],对激光能量要求与“中心点火”同,但光学质量可降低些,这将使器件造价相应下降。

(2) 近年Nova内爆实验取得很大进展^[5],有两组典型实验,能量均为20 kJ。一组为高压缩、低温度(1.7 keV),低中子产额。另一组为低压缩、高温度(10 keV)、高中子产额。

(3) CO₂激光加热与Nd玻璃激光加热很不一样,当激光功率密度增高时,Nd玻璃激光吸收率有所下降。但在CO₂激光情形,当达到 10^{16} W/cm²时,吸收率达70%,这是在Los Alamos实验室做的实验^[6]。分析表明这主要是共振吸收增大引起的,这将导致产生大量的能量>20~100 keV的超热电子,也带来了预热靶心的致命弱点。

2. 新方案的要点

(1) 关键词:短波长(1.06 μ m的2或3倍频)高光学质量激光冷压靶,长波长CO₂激光产生的超热电子加热靶。或简称“倍频压缩,CO₂超热电子加热”。

(2) 解释:a.短波长主要是经典吸收,较少共振吸收,产生的超热电子也少,不会预热靶心。若同时采用宽频带,空间非相干均匀照明,便能实现均匀对

称冷的等熵压缩,保证高的(ρr),但中心温度不高(希望能做到<1 keV)。b.CO₂高的共振吸收及高的转换为超热电子的效率,可用于加热靶。也不要求高的光学质量或宽频带、空间非相干。即可将已经压缩的冷靶的温度由1 keV迅速提高到10 keV,达到Lawson判据要求。

(3) 好处:形象地说,上述方案是现在只需花高价买1 keV,而余下10-1=9 keV就用低价买了。因为由电能转换为Nd玻璃激光能的效率为0.1%,而转换为CO₂激光能的效率则是20%,且Nd玻璃激光能在推进靶的压缩过程中,大部分以“火箭燃料”形式向外喷射掉,仅有5%转为靶丸的压缩能,而CO₂激光吸收率高达60~70%,大部份为产生超热电子的共振吸收,转换效率不会低于10%。又因超热电子能量高,贯穿力强,聚心加热靶丸中心区,迅速升温,引发“体点火”。

3. 技术难点:要解决好两种激光脉冲在时间上的衔接,即同步技术。短波长要求整形,长波长CO₂不要求整形,但脉宽<1ns。

参 考 文 献

- 1 J. W. Nuckolls et al., *Nature*, 239, 139 (1972)
- 2 H. Hora and P. S. Ray, *Z. Naturforsch*, 33A, 890 (1979)
- 3 H. Hora, *Z. Naturforsch*, 42A, 1239(1987)
- 4 C. Yamanaka and S. Nakai, *Nature*, 319, 757 (1986)
- 5 E. Storm et al., Eighth Session of the International Seminars on Nuclear War Erice, Sicily, Italy August 20~23, 1988
- 6 D. B. Bach et al., *Phys. Rev. Lett.*, 50, 1082 (1983)

(中国科学院上海光机所
谭维翰 余文炎 邓锡铭
1989年1月19日收稿)