

第7回若手科学者によるプラズマ研究会 2006年3月15-17日 於原研那珂
フェルミ縮退を用いた高密度プラズマ診断法の開発

渡利威士、細田裕計、中井光男、白神宏之、重森啓介、
境家達弘、武田和夫、間東紀充、斉藤寛、李明篤、
疇地宏、三間園興、GOD、TMグループ

高密度縮退プラズマ診断の必要性

レーザー核融合では、重水素・三重水素（トリチウム）からなる球状燃料ターゲットにレーザー光を均一に照射し、球対称に爆縮することで高温・高密度のプラズマを生成し、これを点火・燃焼させる。その際、理想的にはターゲットの最大圧縮の時間においてはプラズマコアの密度は固体密度の千倍程度の圧縮が必要であるが、このような高密度の測定を正確に行う手法がまだ確立されていない。高密度プラズマ診断の新しい手法の開発は現在のレーザー核融合の主要なテーマの一つである。本研究では新しい高密度プラズマの診断法としてフェルミ縮退効果を用いた方法を実験で実際に適用し、プラズマ密度の計測を行った。

測定原理

重水素燃料ターゲットを爆縮して核融合反応を起こすと、1次核融合反応で生成されたトリチウムがプラズマ中を飛行し未反応の重水素と2次核融合反応を起こす。それぞれの核融合反応では2.45 MeVの1次核融合中性子と11.8-17.1 MeVのエネルギーを持つ2次核融合中性子が生成される。これらの発生数の比（2次核融合反応率）は1次核融合反応で生成されたトリチウムのプラズマ中での飛程に依存する。トリチウムの飛程はプラズマの面密度に比例する量なので、2次核融合反応率からプラズマの面密度を求めることができる。しかし、プラズマがさらに高密度になって面密度がトリチウムの飛程を越えるとトリチウムはプラズマ内で全て止まってしまい、2次核融合反応率は飽和し、面密度に比例しなくなるのでこの計測法は使えなくなる。しかしプラズマが高密度になりフェルミ縮退状態になると、トリチウムがプラズマ中を飛行する際に電子から受ける寄与が低下していくのでプラズマ中での飛程が伸張する。この効果でプラズマ中の未反応重水素と衝突して核融合反応を起こす確率が増すので結果的には2次核融合反応率が上昇する。このようにフェルミ縮退の概念を導入すれば、より高い面密度の測定が可能になると考えられる。古典的なプラズマ（縮退無し）の場合と比較したときの2次核融合反応率の変化を測定することにより、高密度爆縮プラズマにおける電子系のフェルミ縮退度および圧縮コアプラズマの密度の直接測定が可能である。発表者は実際に重水素の爆縮によって生成された中性子の数を測定し、プラズマの縮退度及び密度の計測を行った。詳細は講演にて説明する。