

Title	レーザー核融合爆縮プラズマにおける誘導ラマン散乱に関する研究
Author(s)	塚本, 雅裕
Citation	大阪大学, 1994, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/38800">https://hdl.handle.net/11094/38800</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a>〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	塚本 雅裕
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 11388 号
学位授与年月日	平成6年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科電磁エネルギー工学専攻
学位論文名	レーザー核融合爆縮プラズマにおける誘導ラマン散乱に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 中井 貞雄 教授 三間 罔興 教授 西川 雅弘 教授 青木 亮三 教授 加藤 義章 教授 三宅 正宣 教授 井澤 靖和 教授 権田 俊一 教授 中塚 正大 教授 西原 功修

### 論文内容の要旨

本論文は、レーザー核融合爆縮プラズマ中における誘導ラマン散乱 (Stimulated Raman Scattering: SRS) に関する研究の成果をまとめたものであり、5章より構成されている。

第1章は緒論であって、誘導ラマン散乱及びレーザー核融合用ターゲットについて説明し、二層構造球殻ターゲットにおけるSRSの基本特性を調べる重要性について述べている。

第2章では、二層構造球殻ターゲットを爆縮実験に使用し、爆縮におけるSRSの観測結果及び発生原因について考察している。実験では、外側プラスチック層として $1\mu\text{m}$ の厚さを有する二層構造球殻ターゲットを使用し、SRS発生波長領域内で長波長側から短波長側にシフトする「シフトラマン」の成分を球殻ターゲット爆縮実験において初めて観測し、また薄膜ターゲットの実験結果から、空間電子密度分布に平坦な部分を作ればその領域でSRSが発生し、その領域の密度低下にともなってSRS波長が短波長側にシフトすることを観測している。空間的に密度勾配を持つプラズマ中に密度分布の平坦な部分を人工的に作り、シミュレーションにより予測した結果、その平坦部分の密度できまるSRS光の強度が非常に高くなることが示された。「シフトラマン」は内層フォームプラズマ噴出開始後、発生していることが一次元流体シミュレーションにより示された。よって、シフトラマンの発生にはフォーム層が関与して平坦なプラズマの部分形成されたと考えられる。二層構造ターゲットの直径を変えた実験結果から、「シフトラマン」発生領域はプラズマの噴出方向に移動していることがわかった。さらに、「シフトラマン」は、観測方向に最も近い、入射レーザービームの端の部分で起こっていることなどを明らかにしている。

第3章では、二電子プラズマ波崩壊不安定性 (Two Plasmon Decay: TPD) により生成した電子プラズマ波をノイズ源として発生したSRS (ブルー $\omega_0/2$ :  $\omega_0$ は入射レーザー光の角周波数) について調べている。ブルー $\omega_0/2$ は、二層構造球殻ターゲット爆縮実験において、外側プラスチック層の厚さに関わらず発生する。実験では、 $\omega_0/2$ 光及び、電子プラズマ波による入射レーザーの散乱光である $3\omega_0/2$ 光の計測を行い、ターゲットによる原子番号依存性を平板プラスチックターゲット ( $Z=3.5$ ) とアルミニウムターゲット ( $Z=13$ ) を使い測定している。 $3\omega_0/2$ 光計測からTPDによる電子プラズマ波の成長は、衝突減衰で抑制されていることが確認されている。一方の $\omega_0/2$ 光計測では、ブルー $\omega_0/2$ は、プラスチック、アルミニウムターゲットで同量の発光量を示している。以上の結果を基に、プラスチックターゲットにおけるブルー $\omega_0/2$ は飽和レベルに達していることを説明している。

第4章では、レーザー核融合爆縮実験において、ターゲット上で入射レーザービーム間の干渉が起こることに着

目し行った2ビーム照射実験の結果について述べている。実験では、平板プラスチックターゲットを使い、2レーザービーム重ね合わせ照射時のSRSを観測している。さらに、参照及び比較用ターゲットとして平板アルミニウムを使い、Z依存性について調べている。観測結果から、1ビーム照射の場合は、Zの大きいアルミニウムの方がSRS発生量が小さいが、2ビーム照射の場合は、反対にZの大きいアルミニウムの方がSRS発生量大きいことがわかった。2ビーム照射時の実験結果を解釈するために、2ビームによる干渉効果(定在波)によるSRSの成長モデルを提案し、Z依存性を説明している。

第5章は結論であり、以上の研究をまとめ、本論文の総括を行っている。

## 論文審査の結果の要旨

レーザー核融合において、点火及び高利得実験に使用される二層構造ターゲットの高効率爆縮のためには、エネルギー損失、先行加熱の原因となるレーザー核融合爆縮プラズマにおける誘導ラマン散乱に関する物理過程を明らかにする必要がある。

本論文はレーザープラズマ相互作用実験において特に誘導ラマン散乱に着目し、その発生機構及び基本特性を明らかにすることを目的として行った研究をまとめたものであり主な成果を要約すると次の通りである。

- (1) 外層として $1\mu\text{m}$ の厚さを有する二層構造球殻を使用し、誘導ラマン散乱発生波長領域内で長波長側から短波長側にシフトする「シフトラマン」の成分をレーザー爆縮実験において初めて観測している。
- (2) 上記の物理機構を説明するため薄膜ターゲットの実験を行い電子密度の空間分布に平坦な部分及び密度勾配の緩やかな領域(プラズマショルダー)を作れば、その領域で誘導ラマン散乱が発生し、その領域の密度低下にもなって誘導ラマン散乱の波長が短波長側にシフトすることを観測している。
- (3) シミュレーションにおいて空間的に密度勾配を持つプラズマ中に、プラズマショルダーを人工的に作り、誘導ラマン散乱の発生を調べ、その結果から、密度勾配の暖やかな部分からの誘導ラマン散乱光の強度が非常に高くなることを示している。
- (4) 発生時刻についても「シフトラマン」は、内側フォーム層のレーザーによるプラズマ化が始まった後、発生していることが一次元流体シミュレーションにより示されている。これらの結果よりシフトラマンの発生にはフォーム層が関与して、プラズマショルダーが形成され、その部分からの強力な散乱現象であることを明らかにしている。
- (5) 二電子プラズマ波崩壊不安定性(TPD)により生成した電子プラズマ波をノイズ源として発生した疑似ラマン散乱であるブルー $\omega_0/2$ 光の計測を行い、同時に、TPDにより生成した電子プラズマ波による入射レーザーの散乱光である $3\omega_0/2$ 光の計測を行っている。この際平板プラスチックターゲット( $Z=3.5$ )とアルミニウムターゲット( $Z=13$ )を使い、ターゲットによる原子番号依存性を測定している。 $3\omega_0/2$ 光計測から電子プラズマ波の振幅を相対比較し、プラスチックに比べアルミニウムターゲットの場合、垂直入射では $1/10$ 、斜入射では $3/100$ であること、アルミニウムターゲットの場合、TPDにより生成した電子プラズマ波は、衝突減衰で抑制されていることを示している。
- (6)  $\omega_0/2$ 光計測では、ブルー $\omega_0/2$ は、プラスチック、アルミニウムターゲットで同量の発光量である。これは、ノイズ源である電子プラズマ波の振幅が小さいアルミニウムの方が、プラスチックターゲットよりも誘導ラマン散乱による増幅率が大きいか、あるいはプラスチックターゲットにおけるブルー $\omega_0/2$ の成長が飽和レベルに達していることを示している。
- (7) アルミニウムとプラスチックターゲットの場合でSRS成長率がほぼ等しいことを示すとともに、衝突減衰についてもアルミニウムターゲットの方がその効果が大きいことを示した。その結果として、理論上アルミニウムの方がプラスチックターゲットよりも誘導ラマン散乱による増幅率が大きくは成り得ないと示している。
- (8) 以上の実験結果及び、考察をもとに、プラスチックターゲットにおけるブルー $\omega_0/2$ は、入射光強度 $2\times 10^{14}\text{W}/\text{cm}^2$ で飽和レベルに達していることを明らかにしている。