

主論文の要旨

報告番号

※甲第 12345号

氏名

山口直洋

レーザー光を核融合ペレットに照射する時、レーザープラズマから発生するX線や高速電子はレーザー光の遮断密度より高密度の領域あるいはまだ加熱されていないペレット内に侵入して加熱してしまう可能性がある。この早期加熱は爆縮核融合を遂行する際の燃料圧縮効率低下を招く。このようなレーザープラズマ中エネルギー輸送現象を解明する事が爆縮核融合の基礎実験に於て一つの重要な課題となっている。X線または電子が冷たい領域で吸収される時、内殻電離を伴うが、その結果放出される K_{α} 線はレーザーターゲット内部で吸収されるエネルギー量を測る手掛りになると考えられている。これまでの K_{α} 線観測実験の解析は K_{α} 線がレーザープラズマ中高速電子により誘起されるという前提のもとに行われてきた。しかしながらレーザープラズマのX線輻射エネルギーは吸収レーザーエネルギーの10%以上に及び、X線による内殻電離を無視する事ができない。またK殻空孔の生成因を決める事なしに内部吸収エネルギーの評価もできない。この観点からレーザープラズマの K_{α} 線発生機構を調べる為の実験を行った。

Alを蒸着したSi平板にガラスレーザー光($\lambda=1.06\mu\text{m}$, 3J, 150ps)を集光し、生成するプラズマの結晶分光器によるX線分光が主な実験手段である。これまでレーザープラズマのX線分光計測には、殆んどX

線フィルムが用いられていたのに対し今回の実験で多チャンネル光電測光法を導入した。光電検出系はフィルムに較べ感度が良く、ダイナミックレンジも広いので広い強度範囲にわたって線スペクトルの強度測定ができるようになった。またこの方法により数ナノ秒の時間分解測定も合わせて可能になった。主な実験結果は次のようである。

- i) Al層厚を $0.002\mu\text{m} \sim 10\mu\text{m}$ まで変えた時の Al XII $1s^2\ 1s-1s2p\ ^1P, ^3P$ 線と $\text{Si K}\alpha$ 線の強度変化によると He 様イオンはターゲット表面から $0.1\mu\text{m}$ の深さまでの領域にある原子から成っているのに対し $\text{Si K}\alpha$ 線発生領域は $1 \sim 2\mu\text{m}$ の深さに達している事を明らかにした。
- ii) Al XII, He 様イオン線と $\text{Si K}\alpha$ 線の信号波形は、ほぼ同時に立上るがピークに達する時間は $\text{Si K}\alpha$ 線の方が約 2ns 遅れる事を見出した。

以上の結果を Si K 殻電子を電離する因子として高速電子と X 線の二つについて考えてみる。本実験に於て測定された等価電子温度 3keV の高速電子は固体 (Al) 中飛程が $0.2\mu\text{m}$ でその寿命はレーザーエネルギー照射時間 150ps とほぼ等しいと考えられる。(高速電子の発生機構がレーザーとプラズマの相互作用に基づいて、且高速電子の低温成分電子への緩和時間が数 ps と非常に短いので)。次に K 吸収端エネルギー以上の X 線は固体中吸収長 (透過が $1/10$ になる距離) が $2\mu\text{m}$ で、X 線源となるプラズマの寿命は ns のオーダーである。従って X 線のターゲット内部に於ける吸収による $\text{K}\alpha$ 線発生モデル

が i), ii) の実験結果をよく説明する。また K 殻電子の光電吸収、電子衝突による K 殻電離断面積や電子の固体中エネルギー損失等を考慮した K 殻空孔生成効率を X 線によるものと高速電子によるものについて比較し、各々が生成し得る K_{α} 線光子数の概算も X 線により誘起される K_{α} 線の方が優勢であるという結果になり上の解釈を支持する。

二重層ターゲットレーザープラズマの X 線分光に光電測光を導入する事により、ターゲット内部での X 線再吸収に起因する K_{α} 線の発生する事を初めて明らかにした。 K_{α} 線光子数は吸収された X 線光子数に比例する為、 K_{α} 線強度の絶対測定はターゲット内部で吸収された X 線エネルギー測定に応用できる。