The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Study on fast heating of high density plasmas with relativistic electrons produced by ultra-intense lasers
Author(s)	中村, 浩隆
Citation	大阪大学, 2008, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/49550
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、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

【4】

氏　　名	中（なか）　村（むら）　浩（ひろ）　隆（たか）
博士の専攻分野の名称	博　士（工　学）
学　位　記　番　号	第　２２３９７　号
学位授与年月日	平成20年６月30日
学位授与の要件	学位規則第４条第１項該当 工学研究科電気電子情報工学専攻
学　位　論　文　名	Study on fast heating of high density plasmas with relativistic electrons produced by ultra-intense lasers **（超高強度レーザー生成相対論電子ビームによる高密度プラズマ高速加熱に関する研究）**
論　文　審　査　委　員	（主査） 教　授　兒玉　了祐 （副査） 教　授　田中　和夫　　教　授　上田　良夫　　教　授　飯田　敏行 教　授　三間　圀興　　准教授　坂和　洋一

論　文　内　容　の　要　旨

本論文は、著者が博士課程在学中に行った「超高強度レーザー生成相対論電子による高密度プラズマ高速加熱に関する研究」についてまとめたものである。

超高強度レーザーと高密度プラズマの相互作用によって生成される高エネルギー密度電子はプラズマを瞬時に高温に加熱することが可能である (高速加熱)。その加熱により生成されるプラズマは，超高温・超高圧状態であり，このようなプラズマはレーザー核融合における高速点火方式や極限状態の状態方程式の研究に応用が可能である。

第1章は序論であり、超高強度レーザーによる高速加熱を中心に高強度レーザープラズマによる新しい物理研究について述べた。

第2章では超高強度レーザープラズマ相互作用実験における加熱診断のための中性子スペクトローメーターの開発に関して述べた。また、多チャンネル波形コインシデンス法を提案し、実験において熱中性子スペクトル計測の精度の向上を明らかにした。

第3章では超高強度レーザーとコーン形状ターゲットの相互作用によって生成される高速電子ビームの特性を明らかにした。その結果、超高強度レーザーのコーンターゲット上での照射位置精度が固体物質の高速加熱には重要であるということを明らかにした。

第4章では高速電子ビームによるコーンワイヤーターゲットの効率的な高速加熱を実現し、1keV以上の温度を持つ高密度高温プラズマを生成した。この結果から高エネルギー密度電子ビームはその高い密度を維持したままワイヤー中を伝搬していることが明らかになった。

第5章では超高強度レーザーによるシリンダー爆縮プラズマの高速加熱実験を行った。加熱効率から高エネルギー密度電子ビームが爆縮プラズマ中をコリメートされて伝搬していることを明らかにした。

第6章は結論であり、得られた研究成果をまとめ本論文の総括を行っている。超高強度レーザーとコーン形状ターゲットの相互作用によって生成される高速電子ビームの特性、伝搬を明らかにし、効率的なプラズマの高速加熱を実現した。高速電子の伝搬を明らかにすることで更なる効率的な高速加熱が期待され、高温高密度状態の状態方程式研究への応用や高速点火核融合への可能性を示した。

論文審査の結果の要旨

本論文は、「超高強度レーザー生成相対論電子による高密度プラズマ高速加熱に関する研究」についてまとめたものである。ペタワットの強度をもつ短パルス超高強度レーザーと高密度プラズマとの相互作用においては、高い効率でMeV電子ビームが生成される。通常、その変換効率は数10%になり、電流密度は100ＴＡ/ｃ㎡にも及ぶ。このような高エネルギー密度電子ビームを利用することで、一定体積の高密度物質を瞬時に高温に加熱することが可能である (高速加熱)。その加熱により生成されるプラズマは，超高温・超高圧状態であり，レーザー核融合における高速点火方式や極限状態の状態方程式などの応用研究が期待される。

第1章は序論であり、超高強度レーザーによる生成される高エネルギー密度電子の応用について述べている。さらに効率的な高エネルギー密度電子生成のターゲット幾何学配置であるコーンターゲットについて述べてあり、効率的な高速加熱に重要な物理を述べている。さらに高エネルギー密度電子ビームよる高速加熱に関する応用例を述べ、本研究の位置付けを示している。

第2章では超高強度レーザープラズマ相互作用で発生する高エネルギー密度電子によるプラズマ加熱診断として、イオン温度に依存した中性子スペクトルを測定するスペクトロメーターの開発に関して述べている。高速シンチレータを使用した中性子飛行時間法に多チャンネル波形コインシデンス法を適用した方法を提案し、中性子スペクトル計測の精度を７－８倍、向上させている。その成果は本研究を遂行する上で重要な計測器として3章、4章、5章で示されている実験の要となっている。

第3章は、超高強度レーザーとコーン形状ターゲットの相互作用によって生成される高エネルギー密度電子ビームのエネルギースペクトルの違いによる加熱の違いを初めて明らかにしている。超高強度レーザーの照射位置精度が固体物質の高速加熱には重要であるということを明らかにしている。同時に発生電子のエネルギースペクトルが照射位置により異なる物理機構をシミュレーション結果により考察している。

第4章では高エネルギー密度電子ビームによる固体極細線ワイヤーの効率的な高速加熱を実現し、1keV以上の温度を持つ固体密度プラズマを生成した結果を述べている。高エネルギー密度電子ビームが、自己生成電場と磁場のバランスの上でワイヤーにガイドされながら伝搬している物理を明らかにしている。

第5章では超高強度レーザーによるシリンダー爆縮プラズマの高速加熱実験の結果を述べている。加熱効率から高エネルギー密度電子ビームが爆縮プラズマ中をコリメートされて伝搬していることを示唆する実験結果を示している。実験結果をシミュレーションと比較しながら高エネルギー密度電子ビームが、固体とは異なる物理機構でガイドされ効率的に高密度プラズマを加熱していることを考察している。

第6章は結論であり、得られた研究成果をまとめ本論文の総括を行っている。様々な条件で超高強度レーザー生成高エネルギー密度電子による高密度プラズマの加熱の実験行った結果をまとめている。

以上のように、本論文は、新しく開発した中性子診断法で超高強度レーザー高エネルギー密度電子による高密度プラズマ加熱物理を明らかにした。これらの結果、考察は効率的なプラズマの高速加熱実現に重要な知見を与えている。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。