

Title	高速直線シートピンチによるプラズマ加熱の研究
Author(s)	木山, 学
Citation	
Issue Date	
Text Version	none
URL	http://hdl.handle.net/11094/32965
DOI	
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

氏名・(本籍)	木 山 學
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	第 5 0 6 2 号
学位授与の日付	昭 和 55 年 9 月 12 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 2 項該当
学位論文題目	高速直線シートピンチによるプラズマ加熱の研究
論文審査委員	(主査) 教 授 伊 藤 博 (副査) 教 授 西 口 公 之 教 授 渡 辺 健 二 教 授 石 村 勉 教 授 山 中 千 代 衛

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は磁場立上りが変えられる高速シートピンチ装置の設計と建設に必要な技術開発、およびこの装置によるプラズマ加熱の相似則・内部機構についての実験結果と解析結果を対照して述べたもので、9章よりなっている。

第1章緒論ではシートピンチ研究とその歴史のあらましを述べ、本研究のねらいと内容についての概要を述べている。

第2章では本研究で解決されるべき研究課題を、プラズマ加熱・ピンチ過程・予備加熱・計則・技術などに分けて述べている。

第3章では磁場立上り速度が変えられるシートピンチ装置の工夫と構成部品の開発・設計について述べている。可変インダクタンスと変成器とを組合せて用いることにより磁場の最大値を大幅に変えることなく、磁場の立上り速度を広範に変え得ることを示し、高電圧・大電流可変インダクタンスと変成器の設計について述べている。この回路に生じる大きなサージ電圧に耐えるために開発した特殊なギャップスイッチの設計と動作特性について述べている。トリガー系のパルストランス・パルス発生器の設計について述べ、これらの組合せにより高電圧回路を確実にトリガーできることを示している。また予備加熱・予備電離の方式について概略を述べている。

第4章では建設したシートピンチ装置の概要とその性能について述べている。磁場の立上り速度は設計値に近いものが得られ、その最大値は $4.4 \times 10^6 \text{ T/sec}$ が得られた。

第5章ではプラズマの観測に用いられたいろいろの測定方法について述べている。特にこの研究のために開発された磁束とコイル電流の計測より得られる入力エネルギーの測定については、その方法

および測定誤差について述べ、またこの測定より等価プラズマ半径、等価内部エネルギー等の諸量が求められることを示している。

第6章では予備加熱プラズマの性質と電離にいたる機構について述べている。シートピンチ型予備加熱によって初期圧の広い範囲にわたって、トラップ磁場の少い様な完全電離プラズマが得られた。電離が進んで反磁性が現われる時点は、それまでの1/4半波の数のみが関係するが、それはほぼ初期圧に反比例し、電磁場の強さ、周期によらないことが見出され、磁場中をドリフト運動する電子の衝突電離で説明できることを示している。

第7章には測定結果を与えた。高速度カメラによる観測では、種々の条件におけるピンチ時間等が求められ、また質量密度が等しければ、ガスの種類によらずほぼ同じパターンの流し写真が得られることが分った。

マッハ・シェンダー干渉計による測定では密度の最大値・プラズマ径が求められた。プラズマへのエネルギー入力測定から、第2半波で大きなエネルギーがプラズマ中へ入ることが分り、その値が大きいかほどその後のエネルギー損失が大きいかことが見出されている。磁気プローブによる内部磁場測定から磁場浸透の表皮厚さが求められ、また磁場の足が発生すること、逆転トラップ磁場が急激に減少すること、中心部附近に強い常磁性効果が現われるなどのMHD的でない現象が確認されている。

第8章ではイオン粒子モデルを用いたピンチ過程の解析を行い、他のモデルや実験結果との比較検討を行っている。急峻な境界をもつ簡単な反射イオンモデルを用いてピンチ速度・密度プロファイル・速度分布等を求め、ピンチ速度については雪かきモデル、MHDモデルや実験の結果とも広範囲に合うことを示している。これらの結果を応用して適用範囲の広い加熱の比例則が得られている。実験条件とピンチの過程を詳細に考察し、もし径方向電場が周方向電場より小さいとすると、電子は準中性を保つ以外に大きな動きをしないことが分り、イオン電流が重要であることを示している。この考察に基づいてイオン粒子モデルを用いた解析と計算機シミュレーションを行い、実験結果と対照した。その結果、表皮厚さに関しては極めてよい一致を見た他、磁場分布の特徴についても説明できることを示している。エネルギー入力についても実験結果と解析結果がよく一致することを示し、ジュール加熱の寄与は小さいことを考察している。以上の結果を総合し、反磁性測定より第2半波における等価温度を求めている。磁場の立上りが速く初期圧の低い領域では1 keV以上のイオン温度が得られることを示している。

第9章は結論で本研究で得られた結果をまとめている。

論文の審査結果の要旨

本論文は磁界立上り速度が可変な高速シートピンチ装置の設計と建設に必要な技術開発、およびこの装置を使用した実験におけるプラズマ加熱の相似則、内部機構について実験結果と解析結果を対比して議論したものである。

まず磁界の最大値を大幅に変えないように可変インダクタンスと変成器の適当な組合せにより磁界の立上りを広範に変えうることを示しそれに必要な高電圧・大電流可変インダクタンス、スイッチおよび変成器の設計指針を明らかにしている。このような原理によって建設した大電流パルス回路は磁界の立上りについては設計値に近く、しかも最大磁界立上り速度は、 $4.4 \times 10^6 \text{ T/sec}$ という大きな値を得ている。次にシータピンチ実験において予備加熱と電離度については予備加熱用高周波電流の(1/4)半波の数のみが寄与し、電磁界の強さ、周波数によらないことを実験的に示している。またプラズマの加熱過程について種々の測定手段により従来からよく使われるMHDモデルでは説明しきれない幾つかの現象を発見している。そこで反射イオンモデルを基盤とした理論的考察と計算機シミュレーションを行ない、実験結果と比較してイオンの振舞がプラズマの加熱過程において重要な役割を演じていることを明らかにしている。

以上の成果はプラズマ工学および核融合研究における高ベータプラズマの今後の研究に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。