

SUMMARY

Thesis Title:

ENERGY DISSIPATION IN RUN-DOWN PHASE OF MATHER-TYPE PLASMA FOCUS DISCHARGES

Mehrdad A.M.Kashani

College of Science and Technology, Nihon University

Japanese translation:

Mather 型プラズマフォーカス放電の Run-Down フェーズにおけるエネルギー損失

本論文は、7kJ Mather 型プラズマフォーカス装置上の放電で、Run-down フェーズのエネルギー損失に対して、陰極構造が及ぼす影響について述べる。プラズマフォーカス装置は、優れた中性子、X線、電子およびイオンビーム源として知られている。1962年にMather(米国)[資料1]とFilippov(当時のソ連)[資料2]によって独立に発見され、装置についてもこの2人の先覚者により、互いに異なる形状のものが研究され、それぞれMather型、Filippov型と呼ばれている。エネルギーが1kJから1MJ、電圧10から300kV、電流は1mA程度まで、初期ガス圧は2から10torr程度のものが製作されている。

Mather 型プラズマフォーカス装置は、中性子、X線、電子およびイオンビーム発生率の向上のため、長年、たくさんの研究室で広範囲にわたって研究されている。中性子発生率改善のために要求されるパラメータ、中心電極の長さ、電極半径、ガス圧、不純物、絶縁物材質、形状等についてもたくさんの実験結果が報告されている。[資料3,4,5]それぞれの装置の最適条件はおおまかにいうと最大電流領域付近での陽極前方でのプラズマピンチから求められる。強いプラズマフォーカスが発生すると、ピンチ領域でのインピーダンスは劇的に増加するため、回路内のエネルギーはそこに集中する。これまで陰極の構造とパラメータは、プラズマフォーカス放電最適化への影響は小さいため重要ではないと考えられてきた。とはいえ、ピンチフェーズでの入力エネルギーを増加させるためには、ピンチフェーズ以前でのエネルギー損失(たとえば放電でのRun-Downフェーズ)も重要であり、減少させる必要がある。本論文ではRun-downフェーズでのエネルギー損失とその損失に対する陰極構造の影響について報告する。[資料6,7,8]

実験は、1)棒タイプと2)円筒タイプの2つの陰極を使用して、放電電圧25kV、封入ガスは重水素で0.5から12torrまで変化させて行った。放電におけるRun-Downフェーズでのエネルギー損失の測定にはロゴスキープローブ、光学検出器、中性子検出器等を使用した。我々の実験結果では、陰極構造はRun-Downフェ

ーズでのエネルギー損失、ひいては中性子発生率に大きな影響をもつことが確認された。最大中性子発生率は 2.5torr の円筒タイプ陰極と 4.5torr の棒タイプ陰極から得られた。棒タイプ陰極での平均中性子発生率は最適ガス圧のもとで 5.8×10^8 で、これは円筒タイプ陰極の平均値の 2.5 倍である。

Kwek et al. は棒タイプ陰極ではプラズマが棒の間から漏れ出すため、残留プラズマのシースが薄くなることを指摘しているが、[資料 9] エネルギー損失との関連について十分な解明をすることには成功していない。本実験では棒タイプ陰極から漏れていくプラズマがエネルギー損失を減少させることを示している。そしてこれこそが棒タイプ陰極のピンチ電流および中性子発生率が円筒タイプ陰極より高くなる理由である。

中性子発生率の比例測は、先の実験結果をベースにした陰極構造を用いて、再度実験を行った結果、中性子発生率とコンデンサーに蓄えられたエネルギーおよび放電電流との間にはそれぞれ、 $E^2.1$ と $I^3.3$ の比例関係がみられた。これらの比例測は先の比例測

[資料 10,11]と合致している。しかしながら、棒タイプ陰極と円筒タイプ陰極との間の明確な差を示すことには失敗した。両陰極の中性子発生率の差は、オーダーレベルであるが、比例測のあいまいさの範疇にある(?)。このあいまいさは、先の実験結果は、今回とは別の実験装置上で行われ、さらに棒タイプおよび円筒タイプ陰極についての最適条件も異なったものであったためである。本論文は 5 つの部分にわかれる。

Chapter 1 (導入) Z ピンチの歴史の概略および近代 Z ピンチシステムの特徴について述べる。総合的見地からプラズマフォーカス装置とその応用についても述べる。

Chapter 2 (Mather 型プラズマフォーカス) Mather 型プラズマフォーカス装置についての導入説明を行う。またこの章では放電の力学についても Run-Down フェーズと Radial フェーズに分けて吟味する。続いて放電中のプラズマへのエネルギー注入のメカニズムについて Snowplow モデルと Slug モデルを用いて述べる。

Chapter 3 (実験構成) 我々が実際に実験で使用したプラズマフォーカス装置、計測およびデータ収集システムについて詳細に述べる。第 1 章ではプラズマフォーカス装置のシステム構成について、棒タイプおよび円筒タイプ陰極の構造、電気的パラメータについて述べる。第 2 章では計測システム、ロゴスキーコイル、シース速度測定および中性子測定 (時間積分と時間分割 ?) について述べる。

Chapter 4 (実験結果) いくつかの基礎的な測定、たとえば重水素プラズマフォーカス上での電流、電流変化率、光学測定について示す。両タイプの陰極について中性子発生率の時間積分、時間分割(?)測定についても示す。

Chapter 5 (実験結果検討) 実験結果の要約とその解釈について述べる。特に棒タイプと円筒タイプ陰極の放電の Run-Down フェーズにおけるエネルギー損失

について検討を
行う。

Chapter 6 (結論) 我々の理論的、実験的研究の結論について述べる。本研究で最も重要な部分を要約すると以下のとおりである。

- ・ 陰極構造はエネルギー損失について重要な役割をもち、ピンチ電流、中性子発生率に影響をおよぼす。
- ・ 陰極以外の実験コンディションが最適化されている同一装置上で実験される場合には、棒タイプ陰極は円筒タイプ陰極より優れている。
- ・ 本実験結果は先の実験結果を必ずしも否定するものではない。先の実験は異なる装置での棒タイプおよび円筒タイプ陰極についてのものである。とはいえ両陰極について、同一装置の最適条件下での十分な比較研究が必要である。
- ・ 最後に我々は、Run-Down フェーズを短くすることは、ピンチ以前のエネルギー損失を減少させることについて効果的であることを指摘したい。別のいいかたをすると、初期ガス圧の増加と電極の短縮化は、それらが放電の質と最適化を台無しにしない限り効果的である。