

# ガスパフ型プラズマフォーカス装置の研究

## Research on the Gas-Puff Plasma Focus Device

指導 助教授 高杉 恵一

M5006 木内 恵菜

### 1. はじめに

ガスパフ Z ピンチは電気エネルギーの注入効率が高く[1]、容易に高温高密度のプラズマを生成することができるため、各種波長の光源として利用することができる[2]。ガスパフ Z ピンチによって生成されるホットスポットは電極間の軸上に分散して形成される。これに対して、プラズマフォーカスではプラズマが一点に収束し、点光源が形成される。しかし従来のプラズマフォーカスは沿面放電を利用するため、ピンチ時の再放電によってピンチ形成が制限されていた。そこで、両者の長を活かして高効率の点光源の形成を目指したガスパフによるプラズマフォーカス実験を考案した。

ガスパフ型のプラズマフォーカスは沿面放電を利用しないため強いピンチが期待されるとともに、点光源が形成されることが期待される。この研究では、ガスパフ角度の異なるガスノズルを作製し、ガスパフ型プラズマフォーカスの特性と最適な形状を調べることを目的としている。

### 2. 実験装置

図 1 はガスパフプラズマフォーカス実験装置の概略図である。この装置はコンデンサー容量  $24\mu\text{F}$ 、充電電圧  $25\text{kV}$ 、充電エネルギー  $7.5\text{kJ}$  のコンデンサーバンクを電源としている。電極間隔は  $30\text{mm}$ 、ガスは  $5$  気圧の  $\text{Ar}$  を用いている。ガスパフはアノード上に設けられた円環状のガスノズルによって行われ、角度は  $10^\circ$  外向き、 $90^\circ$  となっている。カソードは非対称性を持たせるため中心に穴が開いており、その周囲は容器内でガスが停留することを防ぐために多数の穴が開けられている。

電流測定にはロゴスキーコイル、X線の時間分解測定にはシンチレーションプローブ、軟 X 線～紫外線の時間分解測定には X 線ダイオードを使用している。光電面にはエネルギーの高い紫外線に感度の高い順に、 $\text{Au}$ 、 $\text{Ni}$ 、 $\text{Al}$  を使用している。X 線の空間分布を観測するために X 線ピンホールカメラを使用し、放電容器周辺の X 線を観測するために X 線フィルムを入れたカセットを使用した。

### 3. 実験結果

ガスパフ Z ピンチと同様にピンチ直前の最大電流は約  $200\text{kA}$  であった。ピンチに伴って電流波形に大きな凹みができ、同時に X 線が放射されることが確認できた。ピンチ時の電流の凹みは  $10^\circ$ 、 $90^\circ$  ノズルともにガスパフ Z ピンチより大きい。電流波形の解析から入力エネルギーを算出した[1]。図 2 にガスパフ Z ピンチと  $10^\circ$  ノズルおよび  $90^\circ$  ノズルの入力エネルギーの遅延時間依存性を示す。四角が Z ピンチ、黒丸が  $10^\circ$  ノズルそして三角が  $90^\circ$  ノズルの値である。 $10^\circ$ 、 $90^\circ$  ノズルでは遅延時間が遅くなるにつれて入力エネルギーは減少している。遅延時間が  $10^\circ$  ノズルでは  $0.45\text{ms}$ 、 $90^\circ$  ノズルでは  $0.25\text{ms}$  でピークとなり、ガスパフ Z ピンチに比べて  $10^\circ$  ノズルでは約  $40\%$ 、 $90^\circ$  ノズルでは約  $75\%$  増加している。

図 3 はガスパフ Z ピンチと  $10^\circ$  ノズルの X 線画像である。遅延時間はそれぞれ  $0.45\text{ms}$ 、 $0.55\text{ms}$  で 5 ショット重ねて撮影した。図 3(a)より、ガスパフ Z ピンチではホットスポットが中心軸上に分散して形成されている。これに対して、図 3(b)より  $10^\circ$  ノズルではホットスポットがアノード先端に集中して形成されている。5 ショット重ねて撮影してもアノード先端に集中

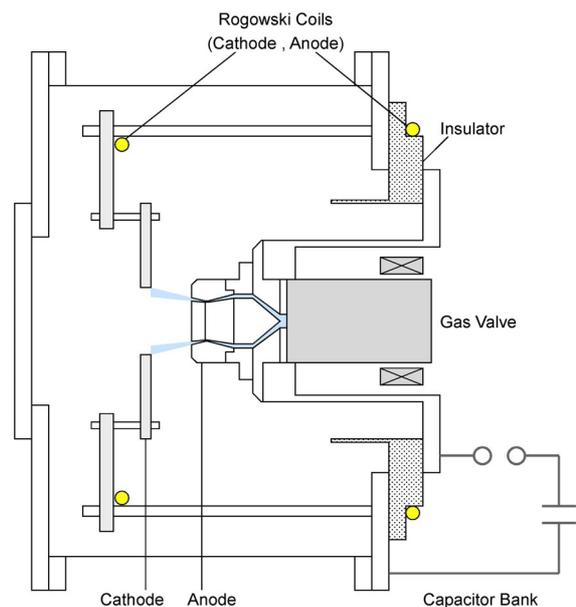


図 1 ガスパフフォーカス実験装置概略図

して形成されていることから、ショットによってホットスポットの位置は変わらずにアノード先端に集中することがわかった。また、ホットスポットの黒化度を比較すると、10° ノズルでもガスパフ Z ピンチと同程度の強いピンチが形成されている。

10°、90° ノズルでは放電容器周辺での測定により高エネルギーの X 線が発生していることがわかった。この X 線は 4mm の Fe で 10° ノズルでは約 50%~70%、90° ノズルでは約 55%~75%透過している。この X 線を単色だと仮定して透過率からエネルギーを推定すると、10° ノズルで約 150~200keV、90° ノズルで約 200~250keV であった。図 4 は X 線の放射源を特定するために 0.5mm の Cu 板を付けて軟 X 線を遮断して、5 ショット重ねて撮影した硬 X 線のピンホール写真である。これより X 線の放射源は 10° ノズルではアノード先端の中心部で点光源が形成され、90° ノズルではアノード先端の表面全体であることがわかる。分光計測により放電ガスに使用している Ar からは 4Å 付近の軟 X 線は放射されるが 10keV を超える X 線は放射されない。これよりピンチの際に発生した電子ビームが電極に衝突してエネルギーの高い X 線が放射されたと考えられる。

#### 4. まとめ

ガスパフ角度 10° 外向き、90° 放出型のガスノズルを使用したガスパフ型のプラズマフォーカス実験を行ない、ガスパフ Z ピンチとの比較を行った。ガスパフ Z ピンチに比べて、プラズマへの入力エネルギーは増加した。X 線ピンホール写真から、10° ノズルではホットスポットがアノード先端に集中して形成された。また、ガスパフ Z ピンチでは観測されない高エネルギーの X 線が観測された。その放射源は 10° ノズルではアノード先端の中央で点光源が形成され、90° ノズルではアノード先端の表面全体であることがわかった。

#### 参考文献

- [1] K.Takasugi, H.Suzuki, K.Moriyama and T.Miyamoto : Jpn.J.Appl.Phys.35,4051 (1996).
- [2] 横山昌弘 編著, “プラズマ理工学 大電流プラズマ現象とその応用” 日刊工業新聞社 (1988).

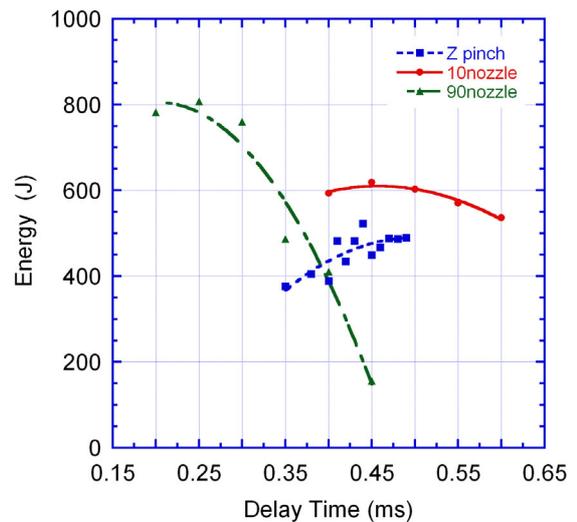


図 2 入力エネルギーの遅延時間依存性

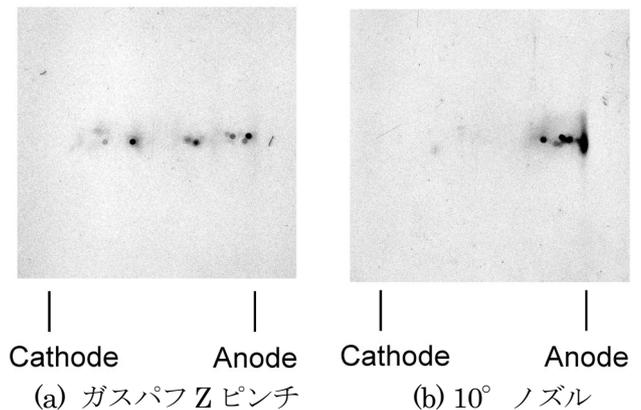


図 3 X 線ピンホール写真

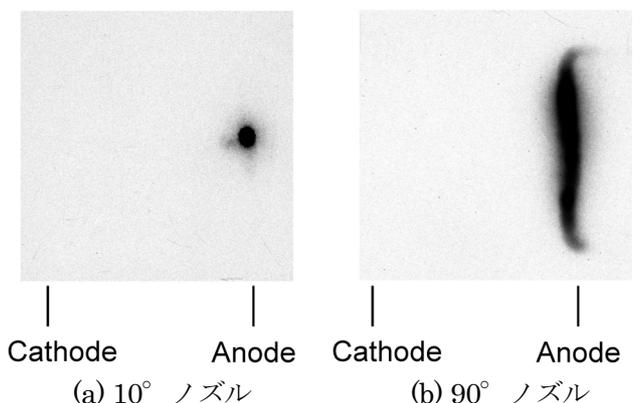


図 4 硬 X 線のピンホール写真