

# シートターゲットを用いたプラズマフォーカス Plasma Focus with A Sheet Target

指導 教授 高杉 恵一

量子理工学専攻 M8007 加藤 智也

## 1.はじめに

近年、Z ピンチ実験においてワイヤを放射状に張ったターゲットを用いた実験(ラディアルワイヤアレイ Z ピンチ)が行われている。[1]この実験は軸方向にジェットが発生するので、これがイオンビームと同様の役割を果たすことが期待でき、慣性核融合のドライバーとして利用できる可能性がある。また、ジェットの流出量を調べることで、ラディアルワイヤアレイ Z ピンチにより宇宙の活発な銀河の核や若い星の事象、惑星の星雲などの再現をすることも出来ると考えられている。[1]この実験は1回の実験で何百本のワイヤを張る必要があり、ワイヤを張る専門の職人まで必要なので当研究室ではこの実験は不可能である。そこで当研究では、ワイヤを1枚のシートに置き換えることでターゲットの配置を簡単にする事を考えた。ラディアルワイヤアレイ Z ピンチのプラズマの動きは本質的にはプラズマフォーカスである。

プラズマフォーカスではプラズマが3次元的な圧縮を受けるためZピンチに比べ強いピンチが期待される。また、X線源においても理想的な点光源に近い放射源が形成されると予想される。従来のプラズマフォーカスは再放電(入力エネルギーの減少)が問題となっていたが、シートターゲット(以下シートと呼ぶ)を用いたプラズマフォーカスでは負荷となるシートが一度の放電で全てプラズマ化してしまうため再放電が起きにくい。

さらにシートに様々な金属を蒸着させることにより、任意のプラズマ種を生成することが可能であり、生成可能な高密度ピンチプラズマ種を飛躍的に増やすことが出来る。これは細線Zピンチにおいて金属物質そのものを細線として加工しなければその金属物質のプラズマを生成することが出来ないという点に対して、蒸着できさえすればその金属のピンチプラズマを生成出来るという大きなメリットを持つ。

当研究ではシートを用いたプラズマフォーカスについて初期実験を行い、各パラメータを変えたことによる電流波形の解析や積分写真の撮影による放電の様子、プラズマにどれだけエネルギーが入るか、従来のプラズマフォーカス(シートと同じ場所に絶

縁物が設置してあるもの、以下沿面放電と呼ぶ)との比較をすることを目的とした。

## 2.実験装置

本実験において使用した日本大学 SHOTGUN-III の装置全体の概略図を図1に示す。電極は同軸状になっており、中心導体が陽極、リターンロッドが陰極になっている。陽極先端は、取り外し可能になっておりそれによって電極半径や先端の長さを変えることができる(図2)。真空容器の直径は520mm、幅が540mmである。この装置はコンデンサー容量6 $\mu$ Fのものを2つ並列に接続した全容量12 $\mu$ Fで、充電電圧40kV、充電エネルギー9.6kJのコンデンサーバンクを使用している。絶縁物に巻きつけたログスキーコイルは、コンデンサーバンクからの入力電流を測定することができる。

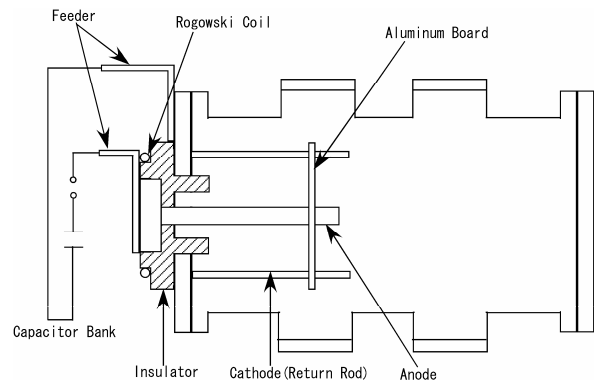


図1. SHOTGUN-III 装置概略図

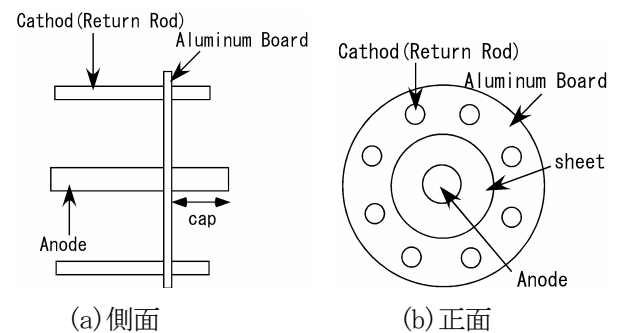


図2. 電極部分

### 3.実験結果

図3は電極半径5mmで放電したときの積分写真である。この写真からは、シートで対称に放電が起こっている様子がわかり、電極中心にプラズマが集まっている様子が読み取れるので、これらのことから電極先端においてピンチが起こっているのではないかと推測できる。電極先端からジェットが出ているのがわかる。これはピンチ後にプラズマが崩壊してZ方向に飛んでいると考えられる。

図4に電極半径15mmでの沿面放電とシートの放電時の電流波形を示す。なお、図では $\mu\text{s}$ を $\text{us}$ と書いている。沿面放電とシートとともに電流波形に凹みが見られる。電流波形の凹みは、プラズマが急激に収縮することでインダクタンスが大きくなって現れるものであり、プラズマにエネルギーが入って内向きに加速が起きる。沿面放電では最大電流値85kA、電流立ち上がりから凹みまでの時間 $2\mu\text{s}$ 、半周期 $5.0\mu\text{s}$ であった。シートでは最大電流値82kA、凹みまでの時間 $2\mu\text{s}$ 、半周期 $5.2\mu\text{s}$ であった。図4の電流波形を解析しエネルギーを算出した。沿面放電とシートでは、放電管へのエネルギーがそれぞれ1.20kJ、1.25kJ、正味のエネルギーが140J、190Jであった。ここで、沿面放電とシートの正味のエネルギーを比べてみるとシートの方がおよそ1.36倍大きくなっていることがわかる。

### 4.まとめ

シートターゲットを用いたプラズマフォーカスの実験を行った。放電を行い積分写真を撮影したところ、シート上で放電が起こっている様子やジェットを確認できた。沿面放電とシートでの電流波形ではともに波形に凹みが見られ、最大電流値、凹みの時間、半周期はほぼ同じであった。その時のプラズマへのエネルギー入力を比較したところシートの方がエネルギーが高いことがわかった。しかし両方とも電流のピークでピンチしているわけではないので、単純に優劣はつけられない。

今後は、今回の実験で得たデータをもとに各パラメータを変えてより細かく調べていくことや、実際にプラズマの動きをみて確認をすることも必要であると思うので、積分写真やシミュレーションだけでなくイメージインテンシファイアを用いたカメラで、プラズマの瞬間的な状態を可視光で観測し、均一な

ピンチが起こっているかという事など、放電で実際に何が起こっているのかを目で見て確かめることが必要だと考える。

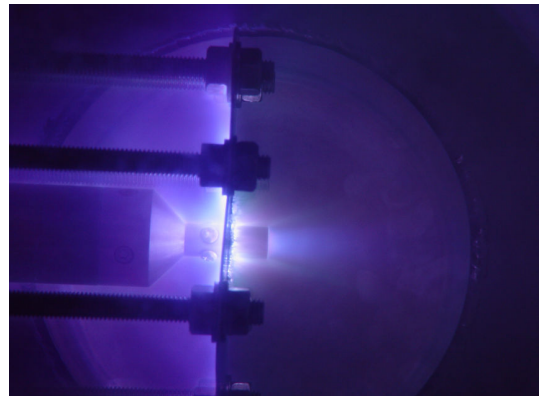
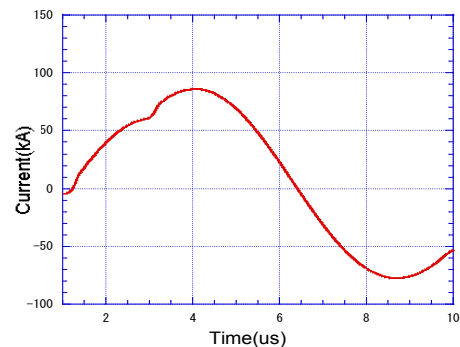
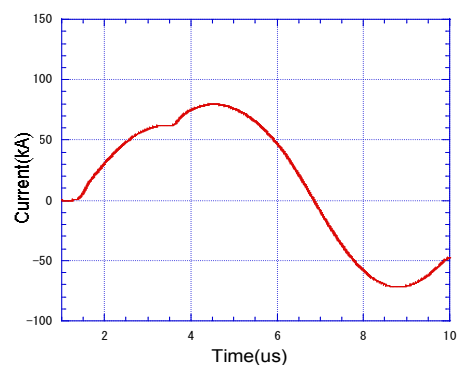


図3. 放電時の積分写真



(a)沿面放電



(b)シート

図4. 放電時の電流波形

### 参考文献

[1]A.Ciardi et al: Laser and Particle Beams  
20, 255 (2002).