

Ar Z ピンチプラズマの K 殻放射に関する分光学的研究

秋山尚之

指導 助教授 高杉恵一

1. はじめに

ガスバフ Z ピンチプラズマは、ガスバフから放電までの時間によって、真空放電、電極間放電、フォーカス型放電がある。電極間放電のときガスの検出から放電までの時間を増加させるとピンチする時間も増加する。

ピンチする時間が増加すれば入力されるエネルギーも増加する、ということが分かっている^[1,2]。

本研究では、Z ピンチプラズマの動作条件に対する温度の変化を調べるために、X 線分光によってその温度を求めた。高温の Ar プラズマ中では He 様イオンが形成され、サテライト線との分光強度比から電子温度を求めることができる。同時に、シンチレーションプローブによる X 線の放射強度と、ピンホールカメラによるプラズマ像の遅延時間による変化を確認する。

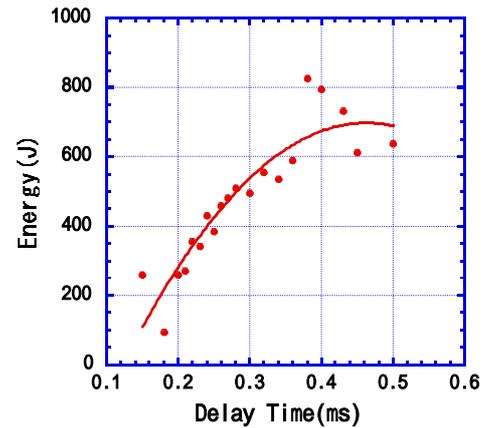


図 1. エネルギーの遅延時間依存性

2. 入力エネルギー

入力エネルギーは電流波形を解析し、等価回路のインダクタンスの時間変化から求めた。この Z ピンチプラズマに入力されるエネルギーを図 1 に示す。遅延時間を遅くすると入力エネルギーは増加する傾向にある。このエネルギーの増加は、遅延時間を遅らせればピンチする時間が遅くなるので流れる電流が多くなり、その分エネルギーが増加すると考えられる。

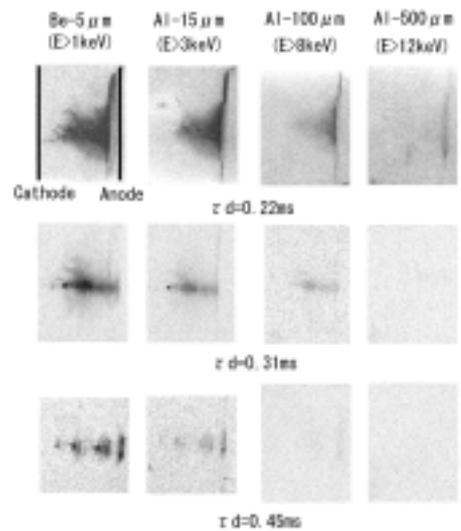


図 2 . ピンホール像

3. X 線像

ピンホールカメラで撮影した X 線像を図 2 に示す。遅延時間 τ_d を 0.22 ms、0.31ms、0.45ms と変えて、それぞれ違うフィルタの張ってある 4 つのピンホール穴で一度に撮影した。

遅延時間が 0.22 ms ときの X 線像には雲状の X 線と電極に円盤状の X 線が観測された。この雲状の X 線は遅延時間を遅らせていくと薄くなり軸上に並んだホットスポットが観測された。ホットスポットとはプラズマの中でも最も圧縮され高温高密度になっている点である。

遅延時間が 0.22 ms のときの雲状に観測された X 線は、遅延時間が早くガスが十分に拡散しなかったため真空放電に近い放電になり、放電時のエネルギーで、電極や放電管が溶けだしてそこから放射された X 線であると考えられる。また、フィルタ Al-500 μ m (E>12keV) を通した像でも電極の表面に円盤状の X 線が観測されているのは、エネルギーの高い硬 X 線であるので、ガスに使用した Ar プラズマからの軟 X 線ではない。

4. スペクトル線

図2で雲状のX線が薄くホットスポットが見えている遅延時間 $t_d=0.32\text{ms}$ のときの分光器によりフィルムに撮影されたX線スペクトルと、フィルムの黒さを数値的に表したグラフを図3に示す。スペクトル線は一度の放電ではX線の量が少なく、数回の放電のX線をひとつのフィルムに重ねた。

一番強く現れている線が、ArXVII He 様共鳴線(3.9488)である。He 様スペクトル線が強く出現するのは、電子が閉殻構造をとっていて安定しているため、その状態に落ち着きやすく占有率が高いためである。波長の長い側に ArXVII 異重項間結合線(3.9691)、ArXVI Li 様サテライト線(3.989)がならんでいる。短波長側にあるスペクトル線は動作ガスに使用した Ar ガスからの X 線ではなく、放電管の壁から放出された FeK 線(1.936)の2次のスペクトル線である。Ar の K 殻放射は 3.14keV で Be-5 μm と Al-15 μm の写真に写っている。FeK 線は 6.39 keV で Al-100 μm の写真までかろうじて写っていると考えられる。

5. 温度の評価

分光器により得られたスペクトル線の、He 様共鳴線と Li 様サテライト線の強度比から電子温度を求めた^[3-5]。図4に温度の遅延時間依存性を示す。遅延時間による温度の変化は観測した範囲内では、遅延時間とともに上昇していく傾向にあった。入力エネルギーが上昇すればプラズマへのエネルギーのため温度が上昇するが、遅くしすぎるとガスの量が多くなるので1粒子あたりに入るエネルギーが少なくなるので温度は上昇しなくなると考えられる。

6. まとめ

今回の研究で、プラズマから放射される X 線を分光することで得られたスペクトル線から、プラズマの温度特性を求めることができた。また、分光器と同時に用いたピンホールカメラとシンチレーションプローブによる測定で、Z ピンチプラズマから放射される X 線の遅延時間の違いによる傾向をつかむことができた。

参考文献

- [1] K.Takasugi, A.Takeuchi, H.Takada and T.Miyamoto, Jpn. J. Appl. Phys. **31** (1992) pp. 1874-1878
- [2] K.Takasugi, H.Suzuki, K.Moriyama, and T.Miyamoto, Jpn. J. Appl. Phys. **35** (1996) pp. 4051-4055
- [3] A.H.Gabriel and T.M.Paget, J.Phys. B.,**5**, 673 (1972)
- [4] A.H.Gabriel, Mon. Not. R. astr. Soc. **160**, 99 (1972)
- [5] C.P.Bhalla, Mon. Not. R. astr. Soc. **172**, 359 (1975)

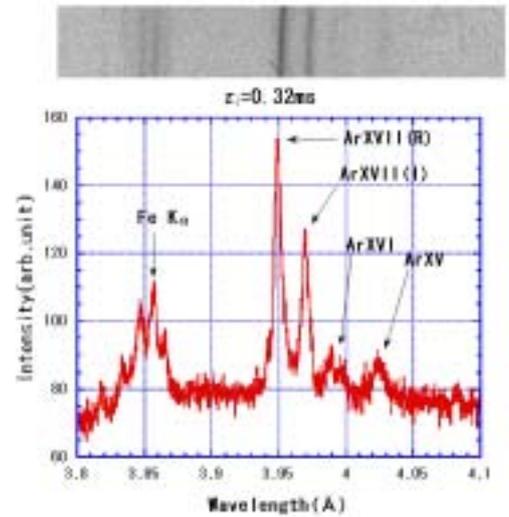


図3.スペクトル線

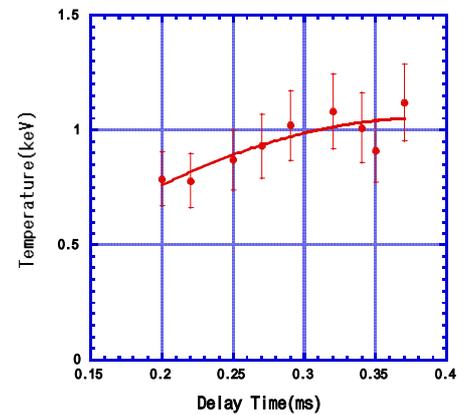


図4.温度の遅延時間依存性