生体組織観察のための軟X線点光源の開発 Development of soft X- ray point source for observation of living tissue

○袴塚駿¹,重根崇志²,高杉恵一³ ^{**}Shun Hakamatsuka¹, Takashi Shikone², Keiichi Takasugi³

Abstract: The study of soft X-ray source for biotissue observation was conducted. Divergent argon gas-puff was used, and an electric discharge of 150kA was carried out.Reproducible production of hot spots near the center conductor was observed using CCD. It was able to confirm a that enough amount of X-ray was abtained for biological measument.

1. はじめに

Z ピンチはその名の通り, プラズマ自の中心軸上 (z 軸方向) 電流を流しその周りに形成される J×B の力, 磁気圧の力でプラズマ自身をピンチさせる現象である. 通常のアルゴンガスを用いたガスパフ Z ピンチでは 1keV の電子温度が得られ K 殻に関する放射は 4Å^[11], L 殻に関する放射は 4.4~4.8nm の波長の放射が確認さ れている.^[2]

この研究室では発散型ガスパフ Z ピンチを用いた. 発散型ガスパフ Z ピンチの大きな特徴としてエネルギ ーの注入効率が高く、中心導体付近に局所的なホット スポットが形成されることがこれまでの研究で確認さ れている.^[3]将来的には軟 X 線光源を用いて生体組織 の観察を目指している.

本研究の目的は、ホットスポットを点光源とした生体組織の観察を目指すため事前段階として軟 X 線光源の特性を調べ、また、同時に CCD が実用に耐えるのか評価することである.



Fig.1. Schematic of the SHOTGUN III device.

2. 実験装置

本実験で用いた実験装置 SHOTGUNIIIを Fig.1 に示す. この実験装置はコンデンサー容量が 12μ F であり、最 大充電電圧±40kV,バルブ内のアルゴンガスは5気圧 であり、10°外向きのラバルノズルを使用した.ノズ ル径は 30mm で、電極間距離は 30mm である. この実 験ではコンデンサーを-25kV に充電して放電実験を行 った. 便宜上,中心電極を Anode,外部電極を Cathode と呼んでいる. 放電電流は真空容器外部及び内部に配 置した.で示した場所でロゴスキーコイルを用いて計 測を行ない,軟X線の検出はシンチレーションプロー ブ検出器を用いた.

観測は Laser-Laboratorium Göttingen e.V.製の CCD を 用いた. この CCD の仕様を Table.1.に示す.

仕様	データ
観測可能波長域	<1nm~1100nm
解像度	$1,392 \times 1040$ pixels
ダイナミックレンジ	14 bit
フレームレート	15fps

Table.1. Specification of the CCD Camera.

SHOTGUNIIIの装置下部, 45°ポートに CCD を取り付 けピンホールカメラにてホットスポットを観測した. (Fig.2.)また,ピンホールの前に厚さ15µmベリリウ ムの窓を取り付け可視光を遮断した. プラズマからピ ンホールまでの距離が300mm,ピンホールから CCD カメラまでの距離は75mm であり,4:1の比である.



3. CCD によるホットスポットの観測

放電の波形を Fig.3.に示す.トリガー開始時刻からお よそ 2μs 後に-150kA の最大電流値を確認した.また, 電流のピーク近傍にシンチレーションプローブへ -0.5V の電圧が確認できる.つまりこの時刻にプラズマ がピンチし軟 X 線が放射されていることがわかる.



Fig.3. Waveforms of discharge currents and X-ray signal.

X線フィルムによる観測結果を Fig.4.に示す. X線 フィルムは放電 15 回の積算である. これより, 雲状構 造が強く観測されホットスポットが隠されてしまって いる.

次に, CCD によるホットスポットの観測結果を Fig.5. 示す. CCD による X 線の観測は Anode 電極付近で確認されたホットスポットであり 1 回の放電で観測されたものである. この結果を X 線フィルムで得られたデータと比較するとホットスポットが明瞭に確認できている.

また,ホットスポットが中心電極前方に集中して再 現よく形成されることが確認できた.

雲状構造は電極物質である Fe などの K_a線である事 が確認されている. この結果は CCD がその波長に感度 が無くホットスポットのみきれいに観測される事を示 している. なお, ベリリウムフィルタにより L 殻放射 もカットされている.^[2]



Fig.4. Pinhole of photograph.



Fig.5. Photograph of the CCD and Pinhole.

4. まとめと今後の課題

この実験結果から CCD 素子を用いて Anode 近傍に 発生するホットスポットの確認ができた.この実験結 果を踏まえて K 殻放射のホットスポットが点光源にな り得ることが確認でき,十分実用に耐えうることが分 かった.この K 殻放射のホットスポットを光源とし生 体組織の観察を今後行っていくが,次の課題として L 殻放射による点光源の観測が期待できる.

5. 参考文献

[1]K.Takasugi and H.Akiyama "Energy Transfer and X-Ray Radiation Characteristics of a Gas-Puff Z-Pinch" Japanese journal of Applied Physics, Vol.43, No.9A, p6376-6380, 2004.

[2]F.Kobayashi and K.takasugi "EUV SPECTROSCOPIC MEASUREMENT OF AN ARGON Z-PINCH PLASMA" NIFS Report, Vol.54, p70, 2003.

[3]K.Takasugi and E.Kiuchi "Hard X-Ray radiation from a Z-Pinch with a Divergent Gas-Puff" Plasma and fusion research, Vol.2, 36, 2007.