

GCCのX線伝達特性と軟X線カメラへの応用

佐藤 直人

指導 専任講師 高杉 恵一
教授 宮本 徹

1 はじめに

滑らかなガラスの表面でEUV~X線が反射されることは実験的によく知られている。このことを利用したガラス毛细管X線変換器(GCC: Glass Capillary Converter)は多数のガラス毛细管によって構成され、X線の伝達、集光、画像断面積の変換、及びX線ビームの方向変換が可能である。これらのGCC装置は20eV~100KeVまでの広帯域の放射に対して高い伝達特性がある[1]。GCCはその使用目的に応じて形状、長さ、内径の大きさ等様々なものが開発されている。

この研究の目的は、高温Zピンチプラズマから放射される非常に軟らかいX線($\geq 20\text{\AA}$)の画像計測をする測定器の開発である。そこで、まずGCCの視角のX線エネルギー依存性を測定した。そして波長選択性のあるX線カメラを製作し、Arプラズマから放射されるX線のうち、L殻放射領域(252~586eV[2])の選択的な撮影を行なった。

2 フィルムの感度特性

今回の実験では二種類のX線フィルムを使用した。一つはロシア製の軟X線フィルム(フィルム生地に直接乳剤が塗付されているNo-Screenタイプのものである)であり、もう一つはKodak DEF5である。そこで両者のX線エネルギーに対する感度領域を調べた。測定では、ロシア製軟X線フィルムが上になるようにして両者を重ね合わせて撮影した。そしてその両者の黒化度を比較した。その結果、ロシア製軟X線フィルムでは非常に低エネルギーの軟X線に対しては高い感度を示すが、KrのK殻放射領域(13~15KeV[2])のようなエネルギーの高いX線に対しては殆んど感度を示さなかった。その一方で、Kodak DEF5では低エネルギーの軟X線から20KeV近いX線に対して広範囲にわたって高い感度を示した。

3 視角のX線エネルギー依存性

GCCの視角のX線エネルギー依存性を調べるには、本来ならシンクロトン放射光から出る単色化されたX線を用いて正確に測定した方が良いが、取り敢えず今回は光源としてガスパフZピンチプラズマを用い、動作ガスの種類を変えることによって大雑把に調べた。その結果、低エネルギーX線に対しては大きな視角をもっており、X線のエネルギーが高くなるにつれて視角は狭くなる傾向を示した(図1)。

4 GCC軟X線カメラによる画像計測

GCCを用いた二方式のX線カメラを考案した(図2)。そして実験で得られたGCCの視角のX線エネルギー依存性を基に、それぞれの方式に於ける撮像条件及び目的波長領域を求めた。そしてGCCとピンホールを併用した方式でArのL殻放射領域付近を選択的に撮影できるようにカメラを調整し、実際に動作ガスにArを用いてガスパフZピンチプラズマから放射されるX線放射領域の撮像を行なった。この時同時に通常のX線ピンホールカメラによる撮像も行ない、得られたX線画像の比較を行なった。

5 結果と考察

X線フィルターに15 μm 厚のAlを用いた通常のX線ピンホールカメラによって撮影された写真(図3(a))とGCC軟X線ピンホールカメラによって撮影された写真(図3(b))を示す。二つの写真には対応する箇所に印が付けてある。これらの写真は同一ショットに於ける20ショットの積分写真である。通常のX線ピンホールカメラによる像は印を付けた位置の右隣やや上部にあるスポットから下方に尾を引いた像が確認できるが、GCCを用いた方の像ではそれは確認できなかった。

6 まとめ

まず、実験に使用したX線フィルムの感度特性を大まかに調べた。次に、GCCの視角のX線エネルギー依存性を測定した。それを基にしてGCCを用いた軟X線カメラを製作した。そして今回はガスパフZピンチプラズマから放射されるArのL殻放射付近の非常に軟らかいX線放射領域を選択的に撮影した。その結果、ホットスポットを異なる波長で同時撮影することが出来た。

参考文献

- [1] V.Kantsyrev and R.Bruch, Rev. Sci. Instrum., Vol.68, No.1, January 1997.
- [2] R.L.Kelly, Journal of Physical and Chemical Reference Data Volume 16, 1987 Supplement No.1, *Atomic and Ionic Spectrum Lines below 2000 Angstromes: Hydrogen through Krypton.*

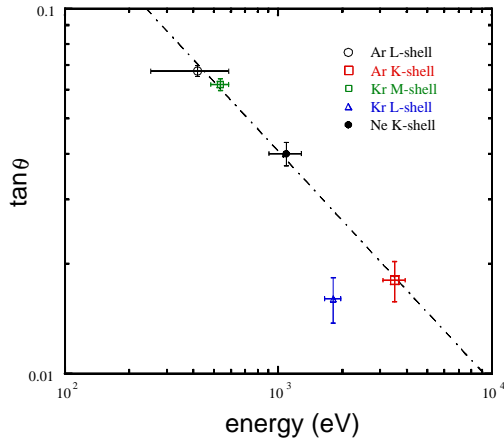
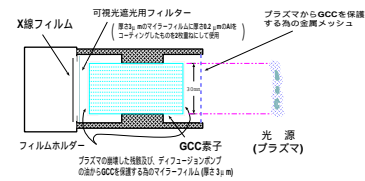
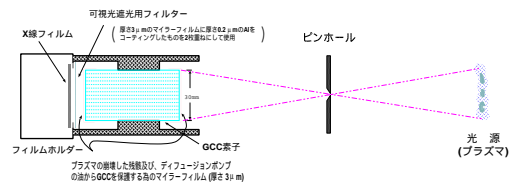


図 1: GCCの視角のX線エネルギー依存性

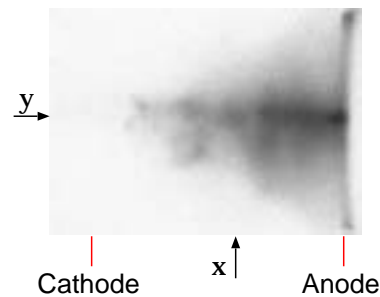


(a) GCCでX線光源の像を直接捉える方式のカメラ

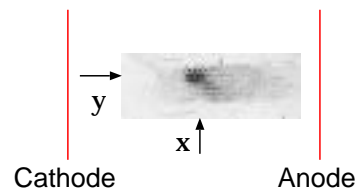


(b) GCCとピンホールを併用してX線光源の像を捉える方式のカメラ

図 2: GCC X線カメラ



(a) 通常のX線ピンホールカメラ (フィルター Al 15μm)



(b) GCC軟X線カメラ

図 3: 二種類のカメラによって撮影されたArプラズマのX線画像