

## TST-2における硬X線カメラ計測システムの信号処理回路の改良

## Improvement of the signal processing circuit used in the hard x-ray camera system of TST-2

弥富豪、江尻晶、高瀬雄一、辻井直人、渡邊理、彭翊、岩崎光太郎、高竜太、James Rice、大澤佑規、山田巖

YATOMI GO, EJIRI Akira, TAKASE Yuichi, TSUJII Naoto, WATANABE Osamu, PENG Yi, IWASAKI Kotaro, KO Yangtae, RICE James, OSAWA Yuki and YAMADA Iwao

東京大学  
The University of Tokyo

これまでTST-2球状トカマク装置では、ピンホールカメラを用いた硬X線計測システムにより、低域混成波（LHW）によって非誘導的に立ち上げられたプラズマからの制動放射X線の計測を行ってきた[1]。このシステムはピンホール、LYSOシンチレータ、ライトガイド、光電子増倍管、電流電圧変換回路で構成されている。回路の素子によって決まる信号の減衰の時定数は $1.2\ \mu\text{s}$ であったが、これはLYSOのシンチレーション光の減衰の時定数である $40\text{-}44\ \text{ns}$ よりも長いものであった。そこでより速く減衰する回路に変更することでカウントレートの高い信号でも処理を可能とすることを目標とし、カメラシステムの改良を行っている。

電圧変換回路（Fig. 1）の減衰定数は帰還回路の抵抗値 $R_f$ と容量 $C_f$ の積 $\tau = R_f C_f$ で決まる。 $R_f$ の値を $220\ \text{k}\Omega$ から $22\ \text{k}\Omega$ に変更し、それに伴い使用するオペアンプをOPA627からより性能の良いAD847Jに変えた。減衰の時定数は $120\ \text{ns}$ となり、一桁ほど減少した。

この回路を用いて、X線源からの信号を測定した。光電子増倍管の前に $\phi 8 \times 6\ \text{mm}$ のLYSOシンチレータを置き、 $^{57}\text{Co}$ 、 $^{133}\text{Ba}$ 、および $^{137}\text{Cs}$ からのX線を測定し、波高解析によりスペクトルを求めたところ、それぞれ $122\ \text{keV}$ 、 $356\ \text{keV}$ 、 $662\ \text{keV}$ と見られるピークが確認された。（ピークの半値全幅の電圧値）/（ピークの電圧値）として求めたエネルギー分解能は、それぞれ $54\%$ 、 $36\%$ 、 $21\%$ であった。

LYSOシンチレータからの光を光電子増倍管に伝送するライトガイドとしてバンドルファイバー（Edmund optics製#39-368）を用いたところ、 $\text{Co}$ の $122\ \text{keV}$ のみでピークが観測されるようになった。光電子増倍管のゲインを考慮してライトガイドを通すときと通さないときの光量を比較すると、バンドルファイバーを用いたときは光量が $3.75\%$ に減衰することが確認された。光量の減衰によってエネルギー分解能が悪化し、コンプトン散乱の影響が大きいエネルギーの大きなピークは観測さ

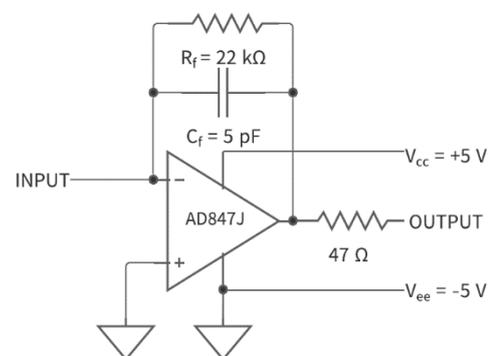


Fig. 1: 電流電圧変換回路の回路図

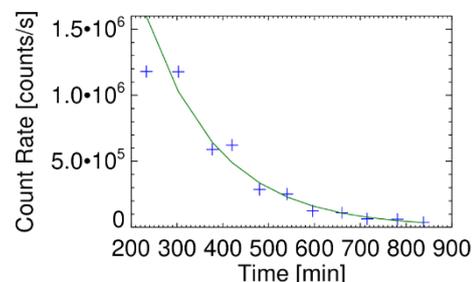


Fig. 2: 蓄光のカウントレートの時間発展

れなくなったと考えられる。

加えてLYSOについては、可視光に照射されることによって励起状態となり、脱励起によって発光する蓄光現象が観測された。室内光として用いている高圧水銀灯を1時間照射した後のカウントレートの時間変化を測定することにより、蓄光の発光量がおよそ2.5時間の時定数で指数関数的に減衰されることが確認された（Fig. 2）。メーカーの異なる複数のLYSOについても、同様の現象が確認された。この蓄光は低電圧のピークとして計測され、ノイズの原因となることが分かった。

## References

- [1] A. Ejiri *et al.*, Plasma and Fusion Research. **15**, 1402030 (2020).