

電荷敏感型前置増幅器を応用した低雑音電流敏感型前置増幅器の開発

Development of Low-noise Current-sensitive Preamplifier with Applying Charge-sensitive Preamplifier

*神野郁夫¹, 尾鍋秀明²

¹京都大学, ²レイテック

X線コンピュータ断層撮影では大量のX線を電流測定するが、これに使用する電流敏感型前置増幅器は雑音レベルが高い。雑音を低減するために、低雑音特性を持つ電荷敏感型前置増幅器を応用して新型電流敏感型前置増幅器を開発した。新型と従来型とで測定可能なX線量を比較し、新型では従来型より3桁近く少ない線量の測定が可能であることを示した。

キーワード : X線, 電流測定, 低雑音, 電荷敏感型前置増幅器, 電流敏感型前置増幅器

緒言 病院で実施されるX線コンピュータ断層撮影(CT)では、X線を電流として測定し、人体透過X線の多寡をデータとしてCT画像を再構成している。一方、X線のエネルギー情報を利用すれば組織識別および実効原子番号測定が可能となる。このために、我々はtransXend検出器を用い、従来通りX線を電流として測定し解析によりエネルギー分布を求めるエネルギー分解CTを行っている[1]。

X線のエネルギー測定には電荷敏感型前置増幅器、電流測定には電流敏感型前置増幅器を用いるが、一般に後者は前者より雑音レベルが大きい。これは、後者においてはX線による誘起電流とともに雑音である暗電流をも電流-電圧変換するためである。より少量のX線でCT撮影を可能とすることを目指して、雑音レベルが低い電流敏感型前置増幅器VIECを開発した。

原理 帰還抵抗を除去した電荷敏感型前置増幅器では、X線の入射により図1のように帰還容量の電圧が減少する[2]。電圧が下限に達した時にアクティブリセットにより上限電圧に復帰する。電圧減少開始からリセットまでの計測時間 T を測定することで、電流を $I = Q/T$ と求めることができる。ここで Q は帰還容量の最大蓄積電荷量である。また電圧変化から $I = C \cdot dV/dt$ とも評価できる。ここで C と V はそれぞれ帰還容量とその電圧である。

実験 $5 \times 5 \times 0.5$ mmのPIN検出器を帰還容量10 pFをもつVIECと接続し、種々のX線管電圧、電流のX線を測定した(図2)。また従来からtransXend検出器に用いている電流敏感型前置増幅器IPA-6に同じPIN検出器を接続して測定し、両者が測定可能なX線量の下限值を比較した。ある実験配置でIPA-6では、30kV、3mAのX線が測定できなかったが、VIECではアクリル6cm+アルミ0.5cmを通過した30kV、1mAのX線の測定ができた。

結論 図2から得た電流値は線量率計の値とよく比例しており、VIECによるX線由来の電流測定を実証できた。また、VIECではIPA-6が測定可能な下限X線線量の1/750の線量を測定できた。

[1] I. Kanno, et al., J. Nucl. Sci. Technol., **45**, 1165-1170 (2008).

[2] G. F. Knoll, 神野他訳, 「放射線計測ハンドブック」第4版, p. 638 (2013).

*Ikuo Kanno¹ and Hideaki Onabe²

¹Kyoto Univ., ²Raytech Corp.

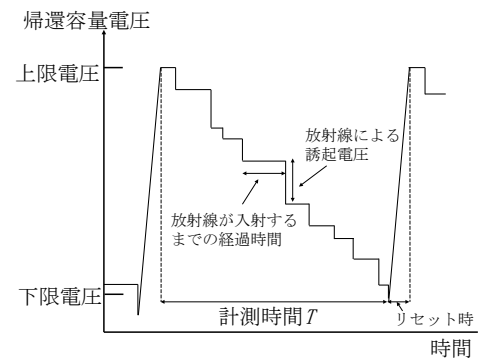


図1. 電荷敏感型前置増幅器の帰還容量の電圧変化の模式図[2]。

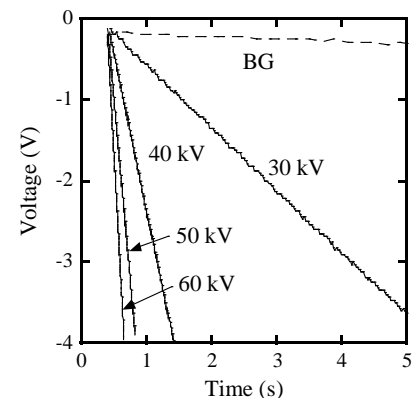


図2. 管電圧30~60 kV, 管電流1 mAのX線を測定した際の帰還容量の電圧値の変化。