

低雑音電流敏感型プリアンプ VIEC のダイナミックレンジ評価

Dynamic Range Estimation of a Low-noise Current Sensitive Preamplifier VIEC

*神野 郁夫¹, 西川 潤一郎¹, 尾鍋 秀明²

¹京都大学, ²レイテック

低雑音電流敏感型プリアンプ VIEC とそれに補助回路を付加した場合, および従来型の IPA-6 のダイナミックレンジを測定した. また, 補助回路付き VIEC を用いて減弱が大きい被検体の CT 撮影を行った.

キーワード: X 線, 電流測定, 電流敏感型プリアンプ, 低雑音, コンピュータ断層撮影.

1. 緒言 コンピュータ断層撮影(CT)の低被ばく化のために, 低雑音電流敏感型プリアンプ(電流プリアンプ)VIEC を開発した[1]. VIEC は帰還抵抗を除去した電荷プリアンプの帰還容量電圧変化を電流値とする. 帰還容量に替えて図 1 に示す補助回路を用いることでダイナミックレンジを広げることが可能である. 補助回路無し/有り VIEC と従来型電流プリアンプ IPA-6 のダイナミックレンジを測定, 比較した. また, 補助回路付き VIEC を用いて CT 測定を行ったので報告する.

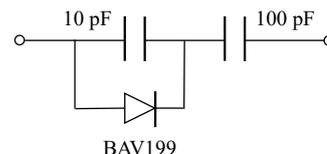


図 1. 補助回路.

2. 実験 2-1. ダイナミックレンジ 用いた PIN 型 Si 検出器の寸法は 5×5

×0.5 mm である. X 線線量率を電離箱型線量計でモニタした. IPA-6 を読みだす電圧-周波数変換器の最小設定時間 0.1 秒に合わせて, VIEC の測定はデジタルストレージオシロ(DSO)の 0.5 秒画面の中の 0.1 秒, 100 サンプルング点を用いた. 測定可能最小電流値は, IPA-6, VIEC とともに暗電流を 10 回測定した標準偏差の 3 倍の値とした. 測定可能最大電流値は, IPA-6 では X 線管電流値の関数として測定値が飽和を

示す値, VIEC では DSO の電圧変化スロープに測定点が 10 点以上ある中の最大値とした. **2-2. CT 測定** 被検体は直径 3 cm の鉄棒を入れた直径 10 cm のアクリルである. X 線軸に垂直方向に 1 mm ピッチでスキャンし, データを 35 回繰り返す, 36 方向測定 of CT データとした.

3. 解析 3-1. ダイナミックレンジ IPA-6, 補助回路無し/有り VIEC の最大/最小測定可能電流値の X 線管条件, その時の線量率およびダイナミックレンジを表 1 に示す. 補助回路無し VIEC は IPA-6 の 16 倍のダイナミックレンジであり, 補助回路有り VIEC は補助回路無し VIEC のその約 3 倍であった. 3 素子からなる補助回路はリーク電流が高く, 測定

可能最小電流値が大きくなり, 予測した 10 倍よりも小さくなった. **3-2. CT 測定** X 線が被検体を通過した位置とその場合の DSO で測定した電圧変化を図 2 に示す. B で, ダイオードの順方向電圧約 0.7 V を超えて, 10 pF がバイパスされたことが分かる. B を用いて, A と C および D の電流値を整合的に評価できる.

4. 結論 IPA-6 のダイナミックレンジは 500 程度であり, 人体を想定した 30 cm の水の測定に必要な値, 約 800 よりも小さい. このため病院の CT ではボウタイフィルタを用い, 空気層を通過する X 線を厚いアルミで減弱している. VIEC を使用することでボウタイフィルタが不要となり, 人体の体側方向位置に関わらず同じスペクトルの X 線で測定できる. これにより, CT 値を Hounsfield 単位ではなく線減弱係数で表現できる.

[1] I. Kanno, H. Onabe, J. Nucl. Sci. Technol., **58**, 100 (2021).

*Ikuo Kanno¹, Junichiro Nishikawa¹ and Hideaki Onabe²

¹Kyoto Univ., ²Raytech Corp.

表 1 各前置増幅器のダイナミックレンジ.

前置増幅器	最大値	最小値	ダイナミックレンジ
IPA-6	150 kV, 5 mA 1.14 Gy/min	20 kV, 0.1 mA 2.20 mGy/min	5.2×10^2
VIEC	60 kV, 2 mA 4.06 mGy/min	20 kV, 0.4 mA 0.48 μ Gy/min	8.5×10^3
VIEC+ 補助回路	60 kV, 15 mA 31.8 mGy/min	20 kV, 0.8 mA 1.01 μ Gy/min	3.1×10^4

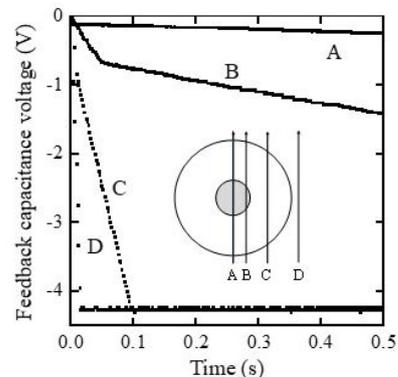


図 2. X 線入射位置と電圧変化.