

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年6月27日現在

機関番号：37301

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2008～2011

課題番号：20790916

研究課題名（和文） GEMを用いた超低被爆X線イメージング装置の開発研究

研究課題名（英文） Development of Very Low Dose X-ray Imager based on GEM

## 研究代表者

房安 貴弘（FUSAYASU TAKAHIRO）

長崎総合科学大学・情報学部知能情報学科・准教授

研究者番号：70399210

## 研究成果の概要（和文）：

放射線からの信号を大幅に増幅することで、少量のX線でも検出することができるようになる、GEM（ガス電子増幅器）と呼ばれるデバイスを用い、低被爆X線撮影装置の開発研究を行った。大面積化した場合でも高分解能を保つことのできる「2次元ストリップ」方式による電荷検出面を用い、効率的な信号検出のため、専用LSIを開発した。構成した検出器による初期の結果として、50kV管球による50mm×50mm面積でのイメージング実験を実施した。

## 研究成果の概要（英文）：

A Low-dose X-ray imaging device was developed using Gas Electron Multipliers (GEMs), with which low-dose X-ray can be detected. The 2-dimensional strip method is used so that high resolution can be kept even when the imaging area is increased. A dedicated LSI was developed for effective signal detection. As the first result from the prototype detector, 50×50mm<sup>2</sup> imaging experiment was performed with 50kV X-ray tube.

## 交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2009年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2010年度	600,000	180,000	780,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：内科系臨床医学・放射線科学

キーワード：エックス線、CTスキャン、ADC、集積回路、GEM、2次元ストリップ

## 1. 研究開始当初の背景

(1) X線撮影は、誰もが年1回の健康診断で受診するように、人の健康維持のために重要な医療機器である。しかし、放射線を用いるために、健常者への年間利用回数が制限されている。より低被爆量でも撮影可能なX線撮影機があれば、医師は複数の角度からの撮影

像から、総合的に診断することができるなど、よりの確かつ安全な診察が可能になる。

(2) ガス電子増幅器(GEM: Gas Electron Multiplier)は、X線から光電コンバータによって生じた電子を数千倍から数万倍に増幅するフォイル状のデバイスである。従来開発されてきたGEM型の放射線検出器は、主と

して、高エネルギー物理学実験向けの大型で位置分解能の粗いもの、あるいは、CMOS LSI を用いて 0.1mm 程度の位置分解能を持つが、検出面積は  $20 \times 20 \text{mm}^2$  以内に限定されるもの、のいずれかであった。

(3) 大面積かつ高分解能を実現するには、電荷検出面として X 方向のストリップと Y 方向のストリップを複数配置する「2次元ストリップ」方式があるが、線量が増加するとダブルヒットにより、入射していない位置にイメージが観測されるゴースト現象を、いかに抑えるかが課題である。

## 2. 研究の目的

(1) 本研究の目的は、2次元ストリップ方式の電荷検出面で得られた信号から、ゴースト信号を除去しつつ効率よくデータ収集できる専用 LSI を開発し、光電コンバータや GEM を組み合わせて検出器を構成することにより、 $200 \times 200 \text{mm}^2$  の大面積ながら 1mm 以下の位置分解能を持つ、低被爆の X 線イメージングデバイスを開発することである。

## 3. 研究の方法

(1) まず電荷信号を処理する専用 LSI を設計し、試作を行う。この LSI は、電荷を計測するためのアナログ/デジタル変換回路 (ADC) および、ゴーストイメージ除去に必要な時間計測のための時間/デジタル変換回路 (TDC) を各ストリップ信号ごとに備え、複数ストリップのデータを統合するマルチプレクサを経て外部に出力するものである。

(2) 次に、試作された LSI の測定評価を行う。ADC の分解能や直線性および、TDC の分解能、ノイズ特性等が評価の対象となる。

(3) 試作・評価を終えた LSI を用いて、読み出し回路全体を搭載した読み出し基板を製作する。また読み出し回路全体としての測定評価を行う。

(4) 光電コンバータおよび GEM から成る検出器チャンバーに読み出し基板を接続し、人体の X 線撮影に用いる 100kV 前後の X 線管球による X 線照射装置を用いて、イメージング実験を行う。

## 4. 研究成果

(1) 電荷信号を処理する専用 LSI の設計およびシミュレーション検証を行い、試作を TSMC 250nm プロセスを用いて実施した。LSI

I は 1 個につき 8 本のストリップ信号を処理でき、加えて 1 つのテストチャンネルを持つ。ADC は 10bit 10Msps のパイプライン ADC であり、TDC の分解能は 10ns である。図 1 にチップのブロック図を、図 2 に試作 LSI チップの写真を示す。チップの寸法は約  $5 \times 5 \text{mm}^2$  である。

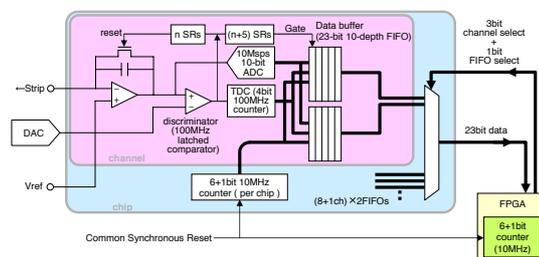


図 1: 試作 LSI 「GEMFE2」の回路ブロック図

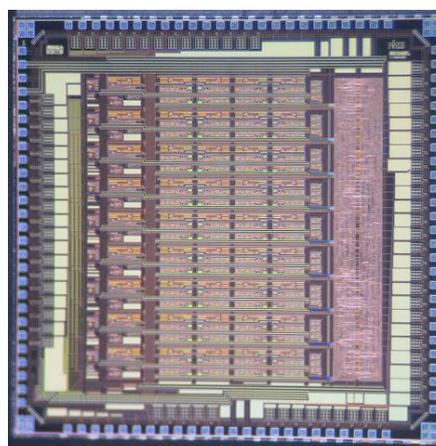


図 2: 試作 LSI 「GEMFE2」のチップ写真

(2) 試作したチップの測定評価を行った。チップは ADC、TDC のほか、信号入力部や、信号入力を検知するコンパレータから成る。これらの構成回路を個別に評価できるテストチャンネルを用いて評価を行った。一例として、図 3 にコンパレータのオフセット分布の測定結果を示す。ここでは、800mV のしきい値に対して比較対象の入力電圧を変化させ、コンパレータの出力平均値がどのように変化するかを測定し、コンパレータのオフセットを導出した。その結果、チップ間で約 9.0mV の標準偏差ばらつきのあることが確認された。また、図 4 に示すように、チップ入力電荷に対する ADC 値の特性を評価し、十分な線形性のあることが確認された。

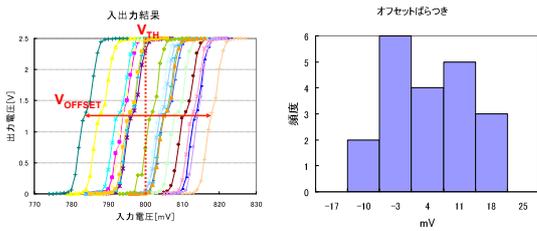


図 3: チップ 20 枚のコンパレータオフセット分布

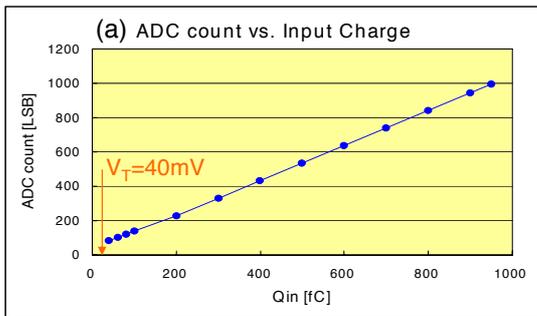


図 4: 電荷入力に対する ADC の線形性

(3) 読み出し基板の設計・製作を行い、基板から LAN ケーブルを通じて伝送されたデータを PC で処理するためのプログラム開発を行った。図 5 に読み出し基板の外観を示す。



図 5: GEMFE2 読み出し基板プロトタイプ

(4) 光電コンバータと GEM を組込んだ検出器チャンバーに、試作した読み出し基板プロトタイプを接続し、エックス線照射装置を用いてイメージング実験を行った。図 6 に、読み出し基板 1 枚を搭載した検出器の様子を示す。ここでの被写体は、図 7 に示すような、厚さ 2mm の鉛板に  $15 \times 15 \text{mm}^2$  の正方形の穴を開けたものである。エックス線管球の電圧は 50kV から 300kV まで変化させた。図 8 は、管電圧 50kV で得られたイメージング像である。ここでは最小限のセットアップである、X ストリップ用、Y ストリップ用に各 1 枚の読み出し基板を用いており、イメージング寸法は  $50 \times 50 \text{mm}^2$  である。管電圧 50kV の場合、発生する X 線は 50keV 以下に広く分布す

るエネルギー分布を持つが、このエネルギー領域の X 線は、2mm 厚の鉛でほとんど遮蔽される。そのため、透過した領域と遮蔽された領域が、明確に区別されている様子が分かる。

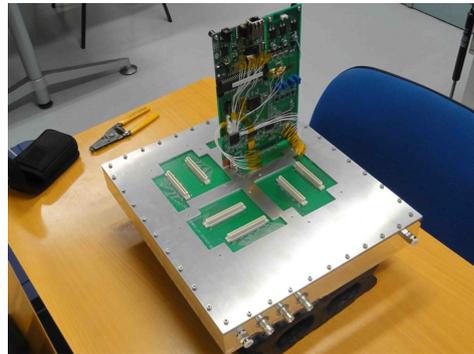


図 6: 検出器に搭載した読み出し基板

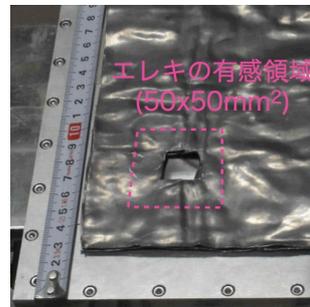


図 7: イージング実験の被写体

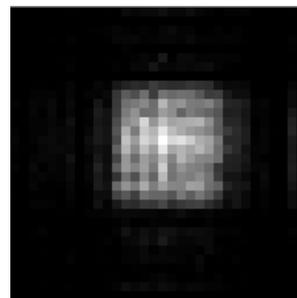


図 8: イメージング実験で得られた像

(5) 今後の課題として、検出器の感度測定や、位置分解能の高精度化、読み出し回路の高速化、イメージング寸法の更なる大型化が残されている。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 3 件)

X 線イメージセンサーの開発と移動が困難な文化財の調査, 犬塚将英, 房安貴弘, 越牟田聡, 忽滑谷淳史, 阿部圭一, 田中義人,

浜垣 秀樹, 保存科学 51, 235-242 (2012年3月).

Development of a read out system for 2D-imaging using GEM, Y. Hori, H. Hamagaki, T. Gunji, S. Sano, Y. Tanaka and T. Fusayasu, ISSN 1343-2230, CNS-REP-83, The University of Tokyo, February, 2010, pp. 61-62.

Development of a read out circuit for 2D-imaging using GEM, S. Sano, H. Hamagaki, Y. Tanaka, T. Fusayasu, F. Kajiwara, and T. Gunji, ISSN 1343-2230, CNS-REP-80, The University of Tokyo, August, 2009, pp. 51-52.

[学会発表] (計4件)

A Frontend LSI for Large-Area Gamma-Ray Imaging Detectors with Gas Electron Multipliers, T. Fusayasu, S. Koshimuta, H. Hamagaki, Y. Tanaka and M. Inuzuka, 2009 IEEE Nuclear Science Symposium Conference Record N19-5, pp.1100-1102.

GEM を用いたイメージング装置の読み出し部分の開発, 忽滑谷淳史, 浜垣秀樹, 田中義人, 房安貴弘, 川口達喜, 日本物理学会講演概要集, 第66巻 第2号 第1分冊, p.19 (17aSE-9), 2011年8月

GEM を用いたイメージング装置の読み出し部分の開発, 忽滑谷淳史, 浜垣秀樹, 田中義人, 房安貴弘, 渡邊匠, 川口達喜, 日本物理学会講演概要集, 第66巻 第1号 第1分冊, p.38 (28pGN-2), 2011年3月

超高感度・大面積ガンマ線イメージセンサーの開発と移動が困難な文化財の調査, 犬塚将英, 房安貴弘, 越牟田聡, 田中義人, 浜垣秀樹, 日本文化財科学会・要項集, 2010年6月

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計1件)

名称: 2次元読み出し回路

発明者: 房安貴弘

権利者: 学校法人長崎総合科学大学

種類: 特開

番号: 2011-99813

出願年月日: 2009年11月9日

国内外の別: 国内

○取得状況 (計0件)

[その他]

ホームページ等

<http://www.it.nias.ac.jp/~fusayasu/>

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

房安 貴弘 (FUSAYASU TAKAHIRO)

研究者番号: 70399210