

卒業論文概要書

CD

2015年 1月提出

学籍番号

1Y11A011-0

所属学科	物理	氏名	大島 翼	指導員	片岡 淳 印
研究 題目	次世代 CT を目指した高精細カラー放射線イメージセンサの開発				

【研究動機・背景】

近年、X線CTや非破壊検査、空港の手荷物検査をはじめ原発事故後の除染に至るまで、放射線イメージセンサの需要は益々高まっている。放射線イメージセンサとして広く普及しているフラットパネル検出器(FPD)においては、X線によって生じた電荷を一定時間蓄積した後に読み出しており、各エネルギーのX線光子がどれだけ透過したのかというエネルギー情報は失われてしまう。その結果、得られるイメージはモノクロ画像となる。さらに、X線変換部に用いられている柱状CsI(Tl)は汎用性がなく、厚みを増すことができず0.4mm程度であり、100keV以上のエネルギーには感度が低い。また、読み出しはピクセルと1対1の対応であるため高解像度にするほど読み出しチャンネル数が増加し信号処理が膨大になる(数百万画素)。これに対し、CdTe、CZTなどの半導体イメージセンサは大面積化が難しく、コスト面でも広い普及を阻んでいる。本研究では汎用かつ安価な無機シンチレータと光半導体増幅素子MPPCを組み合わせることで、従来品より圧倒的に簡便かつ安価に、高解像度かつエネルギー情報も取得可能な「高精細カラー放射線イメージセンサ」を開発した。具体的には1mm厚のCe:GAGGシンチレータにダイシング加工を施すことで0.2mm/pixelの超高精細アレイを製作し、ガンマ線を用いた撮像評価を行った(図1)。

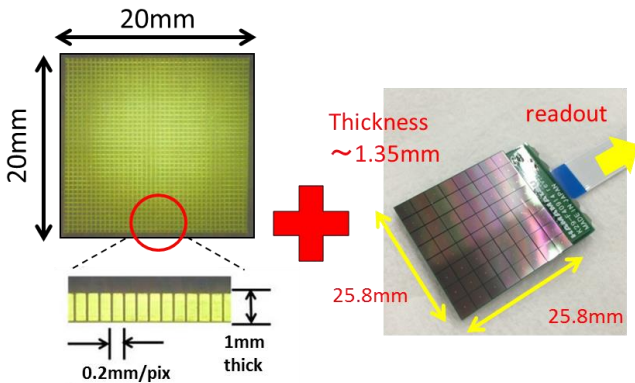


図1. 高精細シンチレータ(Ce:GAGG)+MPPPCアレイ(8×8)

【イメージセンサの撮像評価】

撮像評価を122keVと59.5keVで行った結果、122keVで解像度は0.3-0.4mm(図2)、エネルギー分解能は12%(FWHM@122keV), 18%(FWHM@59.5keV)を達成した(図3)。これは現状で世界最高性能である。

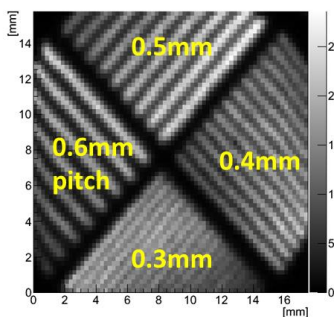


図2. 122keVにおける位置分解能評価結果

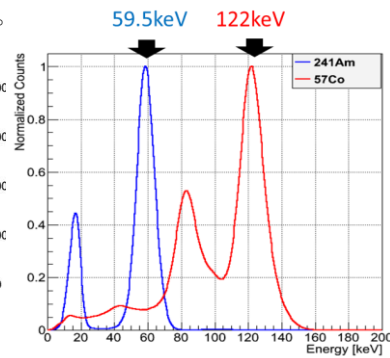


図3. ⁵⁷Co, ²⁴¹Amのエネルギースペクトル

【エネルギー情報を利用したイメージング】

現在、空港の手荷物検査や非破壊検査、医療現場でデュアルエネルギーイメージングが普及してきているが、その多くは低・高エネルギーを正確に分離して計測したものではない。今回開発したイメージセンサはフォトンカウンティングを実現し、エネルギー情報の取得が可能であるため、低・高エネルギーのフォトン数を計測でき、正確なデュアルエネルギーイメージングが可能となる。本実験では59.5keVと122keVの低・高エネルギーの透過率の違いを利用することで被写体金属の材質を同定する実験を行い、金属の原子番号を大まかに同定することに成功した。

また、X線を用いた多色イメージングの前段階として多色イメージングの有用性を検証するために単一のエネルギーを持つガンマ線を何種類か照射し、それぞれのエネルギーにおける画像を取得し混合した。その結果、多色イメージングによって材質の弁別がより明確にできることが示された(図4)。



図4. 多色イメージングの結果

【フォトンカウンティングCTに向けた展望】

従来のX線CTは被写体を透過してきたX線をシンチレータ(GOS)+PDで検出し、生じた電荷をパルスで読み出すのではなく、一定時間たまった電荷量を読みだし、画像を出力する「エネルギー積分型」である。しかし、エネルギー積分型CTにおいては、ビームハードニングアーチファクト、CT値が同一である物質の弁別が困難になるなどの問題が生じてしまう。そこで、透過してきたX線をパルスごとに読みだし、X線のエネルギー帯域ごとにCT画像を出力するフォトンカウンティングCTが次世代CTとして注目されている。従来のCTの画質とスピードを維持するために必要なレートは 10^6 cts/s/mm²であり、高計数パルス読み出しを実現するためには、検出器には高いS/N、シンチレータには高速応答するために短い時定数が要求される。MPPCは 10^6 という高いゲインを持ち、Ce:GAGGは~100nsという短い時定数を持つため高計数パルス応答を実現出来る可能性がある。しかし、現状の4chの重心演算では1chあたりのレートが多く、パイプアップしてしまい高計数に耐えることは難しい。そこでMPPCのアレイサイズをより細かくし、1chあたりのレートを如何に抑えるかが今後の課題である。

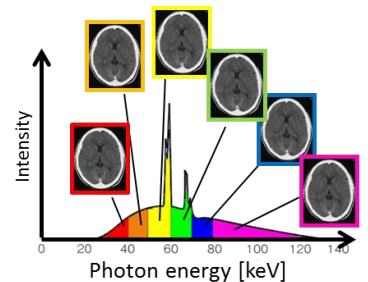


図5. フォトンカウンティングCTの概念図