

# 軟X線イメージング測定に向けた 高速読み出しフotonカウンティング2D検出器の基礎評価

株式会社リガク

三楠 聡, 井上 朋直, 柳原 邦俊, 久慈 惇史, 作村 拓人

## 緒言

軟X線(250eV~2 keV)はスピン・電荷に対してより敏感なプローブであり、新規材料研究のための重要なツールとして着目されている。近年、軟X線をもちいたイメージング等、軟X線領域における研究分野の関心が急速に高まっており、X線検出器にもこれまで以上に高いスペックが要求されるようになってきた。軟X線を検出できる2次元検出器の大半はCCDまたはCMOSモノリシックセンサー型の積分検出器であるが、ダイナミックレンジ、フレームレート、雑音と信号の分離性など最適化すべき課題も多い。一方で、微小型(フotonカウンティング型)検出器は積分型検出器の持つ欠点を一部補完しつつ、パルス波高値を弁別し雑音と信号をほぼ完全に分離することができるという魅力的な特性を有している。こういった背景から軟X線計数に順応した微小型検出器の早期実現が多方面から強く望まれている。

## 実験内容

今回使用した検出器の仕様を表1に示す。ASICはAGH大学と共同開発した130nm CMOSテクノロジーを用いた約 $9.6 \times 20.2\text{mm}^2$ サイズのASICである。この集積回路の主要部分は $128 \times 256$ 個の $75 \times 75\mu\text{m}^2$ ピクセルマトリックスである。

表1 検出器の基本仕様

実験検出器の仕様	
Active Area:	38.4 mm x 9.6 mm
Sensor Material:	Compatible with Si
Number of Pixels:	512 x 128 pixels
Size of Pixels:	$75 \mu\text{m} \times 75 \mu\text{m}$
Counter Depth:	14-bit x 2 (long counter mode: 28-bit x 1)
Max Count Rate:	$> 1 \times 10^5$ cps / pixel
Energy Resolution:	$< 7\%$ (at Cu K $\alpha$ , FWHM)
Max Frame Rate:	56 kfps (Zero Dead 2-bit / pixel)
	8.5 kfps (Zero Dead 14-bit / pixel)
	970 kfps (2-bit Burst Mode: Duty ratio 1.12%)

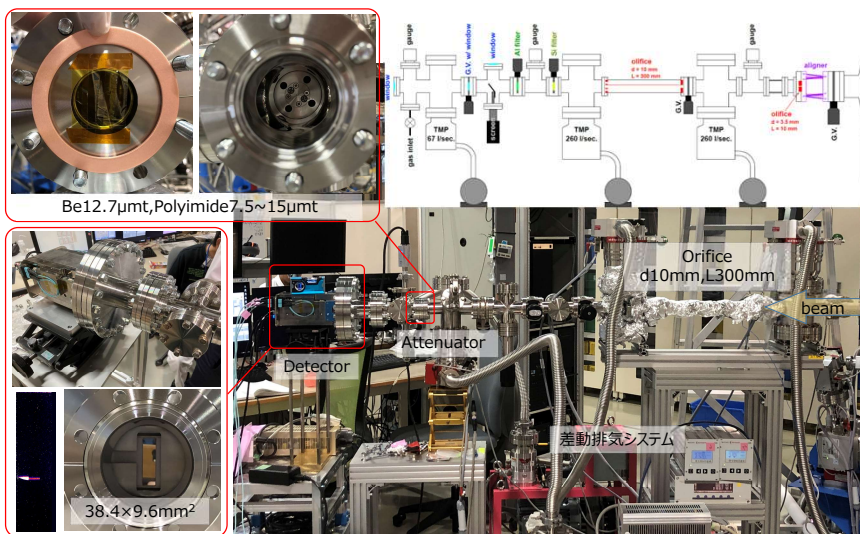


図1 BL7Uビームライン/差動排気システム

BL7U 真空紫外・軟X線分光のビームラインに差動排気システムを構築し実験を行った。検出器の構造に由来して検出面近傍の到達真空度は $5 \times 10^{-1}$  Pa程度と悪く、今後改善すべき課題である。検出器の特性上、高計数( $> 1 \times 10^5$  cps / pixel)領域では数え落としなどにより正しい計数が出来ない他、アンプで処理すべき計数率も上昇し、統計的な信頼性が低下する。そのため、光源からDetectorの間にBe箔やPolyimideフィルムをアッテネーターとして入れる事で入射強度を調節した。各エネルギーの入射光に対して検出器のエネルギー閾値を可変させながら2次元画像を取得し、得られたスペクトル形状から雑音と信号の分離性を評価した。

## 結果と考察

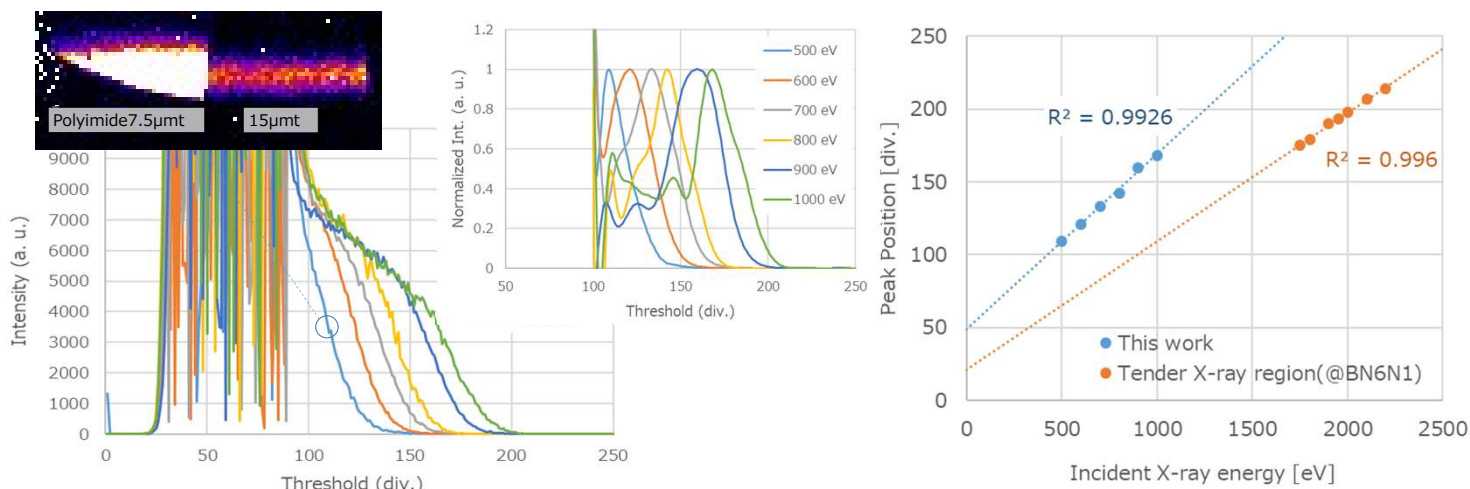


図2 各入射エネルギーに対するプロファイルとピーク位置の相関

各入射エネルギーに対するプロファイルとピーク位置相関を図2に示す。1000 eV以下の領域でもノイズと信号が明瞭に分離できている。また、各エネルギーに対するピーク位置の相関から500~1000 eVの領域において良い線形性を示しているものの、テンドー領域(1.7~2.2 keV@BL6N1)で得られた実験結果の直線とは一致しないことが分かる。これはピーク位置を推定した(ビームが入射した)ピクセルの性能差に由来するもので、この系統誤差をどのように緩和させられるかが将来的な課題となろう。

## 結論と今後の展望

信号と雑音の分離に課題は残るものの500~600eV近傍の軟X線まで測定できることを示した。得られたプロファイルの微分カーブの半値全幅から算出されたエネルギー分解能は約340eVとシングルフotonカウンティング方式のピクセル検出器としては極めて高い性能を有する事が分かった。低エネルギー領域で使用する際には受光素子/検出面に由来する検出効率の制限が必然的に起こるため、今後素子構造の最適化を進めて行く予定である。