

SOI pixel 検出器の開発とその応用

池本 由希子^{*1}, 新井 康夫^{*1}, 武田 彩希^{*2}, 丸藤 竜之介^{*3}

^{*1} 高エネルギー加速器研究機構, ^{*2} 総研大, ^{*3} 京都大学

1. SOI pixel 検出器とは

SOI pixel 検出器とは SOI (Silicon-On-Insulator) 構造を持つシリコンウエハの特徴を生かして開発している新しいタイプのイメージング検出器である。SOI ではシリコンウエハに酸化膜(SiO₂)の絶縁層を埋め込み、上部の Si 層 (数十〜数百 nm 厚) に回路を形成する。この技術によってトランジスタ間の完全分離ができることから、従来の Bulk CMOS と比べて低寄生容量化でき、高速・低消費電力の LSI の実現が可能となり産業界でも既に高性能プロセッサ等に用いられている。しかし、一般的な SOI LSI では上部の Si 層を回路として利用しているだけで、埋め込み酸化膜層 (BOX 層:Buried Oxide) 下の厚い Si 層 (数百 μm) は単なる物理構造物となっている。この部分に p-n 接合のダイオードを形成して空乏層を形成し、BOX 層に貫通 via を形成して上部 Si 層に形成された回路と接続することによってエレクトロニクスと一体化した放射線検出器として実現したものが SOI pixel 検出器である。

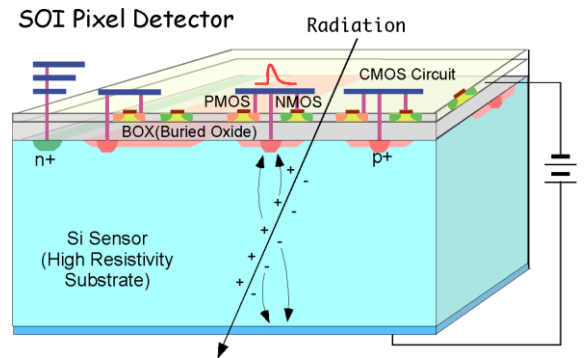


図 1 SOI pixel 検出器の概略図

2. 開発検出器

現在開発中の検出器の一つである積分型 pixel 検出器(INTPIX4)の構成を示す (図 2)。

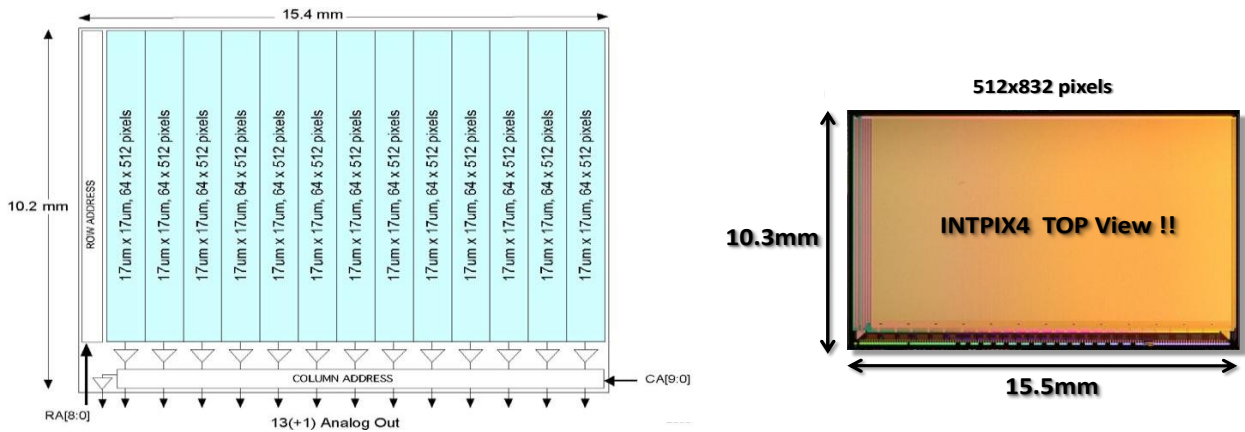


図 2. 積分型 pixel 検出器 (INTPIX4) のブロック図 (左) と検出器の写真 (右)

ひとつの pixel の大きさは 17umx17um で、全体で 512x832pixels ある。各 pixel 内には CDS (Correlated Double Sampling) 用のコンデンサを組み込んでいる (図 4)。センサーダイオードからの信号は row と column それぞれに配置したデコーダーで pixel 選択をすることで読み出しを行う。この検出器は X 線や荷電粒子等の多くの放射線に感度があり、様々な物理実験への応用を目指している。また可視光にも感度を持っているので、可視光で撮影したイメージの一例を図 3 に示す。

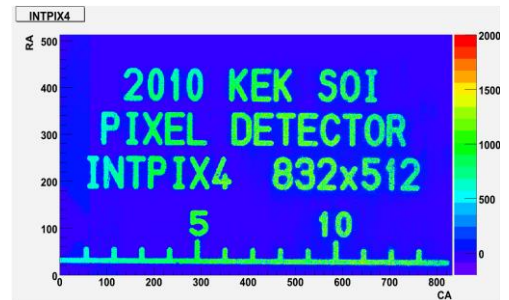


図 3. 可視光による検出器の反応例

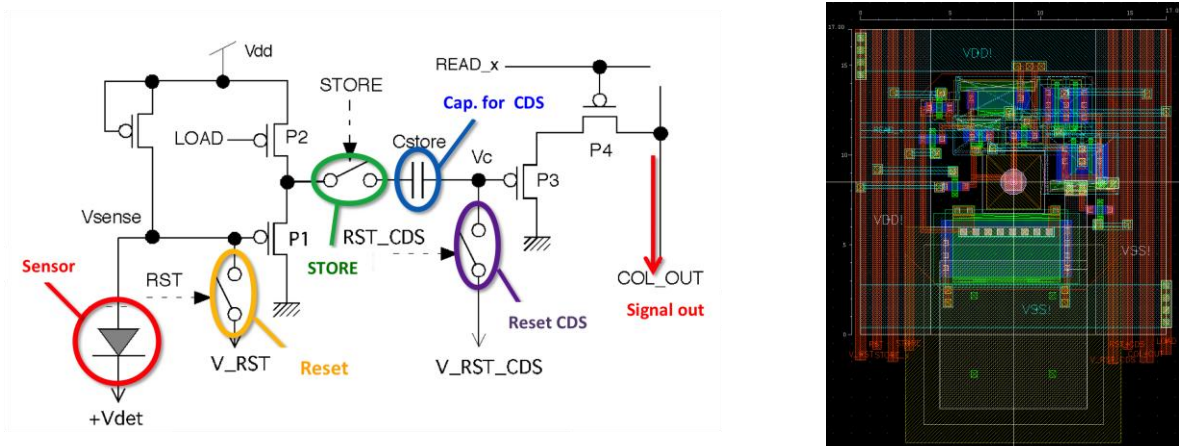


図 4. 積分型 pixel 検出器(INTPIX4)の pixel 内回路図 (左) とレイアウト図 (右)

3. 質量分析器用検出器としての応用

SOI pixel 検出器の応用としてイメージング質量分析への応用を検討している。

イメージング質量分析とは試料表面の物質の質量を 2 次元分布として測定することで「どんな物質が試料上のどこにあるか」を調べる計測技術である。2 次元分布を保ったまま測定する事から、1 点ずつスキャンする従来の方法に比べ飛躍的な高速化が望める。まず試料の表面にレーザーを照射して表面物質をイオン化させる。次の電場のかかった質量分析部ではイオン化物の質量に応じてそれぞれ異なる速度で飛行する。最後に検出部でその飛行時間の計測と位置情報を割り出すことによって対象試料が 2 次元に投影された構造を分析する。

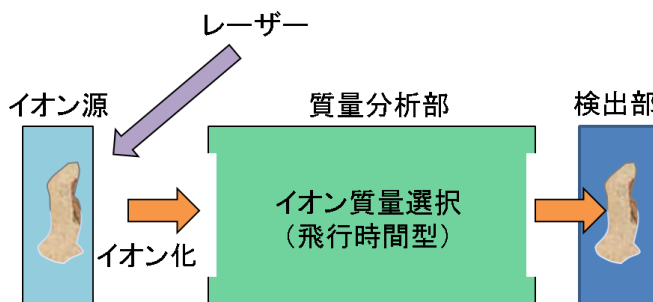


図 5. イメージング質量分析の概略図

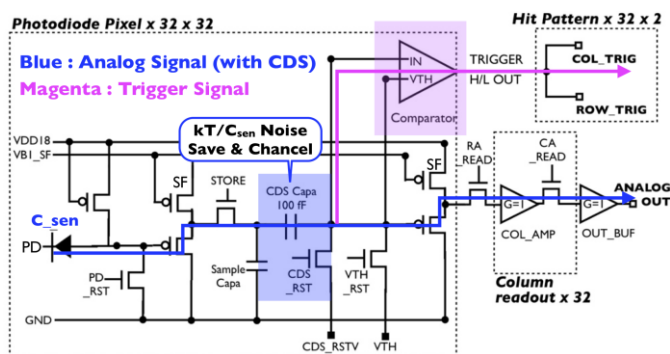


図 6. XRPIX1 の pixel 回路図

今回の発表では開発の手始めとして、既存の SOI 検出器を用いて質量分析器用検出器としての応用の有用性を示した実験結果を紹介する。使用検出器(XRPIX1)の回路構成は先に紹介した積分型 pixel 検出器(INTPIX4)のそれに加え、pixel 毎にコンパレータを搭載している。これによって pixel にあるしきい値以上のエネルギーを落としたときのタイミング信号を出力することが可能で、イオンの飛行時間計測が可能となる。

また検出器として必要なスペックを考慮した回路開発の進捗状況も報告する。

4. 参考資料

高エネルギー加速器研究機構、測定器開発室 SOIPIX グループ <http://rd.kek.jp/project/soi/>