

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 12 日現在

機関番号：82118

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26400301

研究課題名(和文)耐放射線性能を有する高時間高位置分解能中性子検出素子の開発

研究課題名(英文) Development of high time, high position resolution neutron detector with radiation resistance performance

研究代表者

島崎 昇一 (Shimazaki, Shoichi)

大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所・専門技師

研究者番号：80391803

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,100,000円

研究成果の概要(和文)：これは中性子検出素子として、高分解能(位置・時間)・低コストの中性子検出器の開発を目的とした研究である。この画素をホウ素から水素を含む材料に変更することにより、中性子を広範囲のエネルギーで検出することができ、衛星等に搭載可能な中性子検出装置を製造することができる。本研究では、シリコン画素検出器の32種類の画素の静特性データを取得した。また、2種類の画素を組み合わせることで同一基板上に5つの回路を形成し、各光信号を入力して、シリコン画素の出力を確認した。また、アナログ値読み取り素子として、画素サイズ $7\mu\text{m} \times 30\mu\text{m}$ 角の330k画素の評価回路を作製し、LED光による動作を確認することができた。

研究成果の概要(英文)：This is a research for the purpose of developing a neutron detector with high resolution (position and time) and low cost as a neutron detecting element. Neutrons can be detected with a wide range of energy by changing this pixel from boron to a material containing hydrogen, and it is possible to manufacture a neutron detecting device that can be mounted on a satellite or the like.

In this study, static characteristic data of 32 kinds of pixels of silicon pixel detector was acquired. In addition, with combination of two kinds of pixels, five circuits were formed on the same substrate, each optical signal was input, each output of the silicon pixel was confirmed. Moreover, as an analog value reading element, an evaluation circuit of 330 k pixels having a pixel size of $7\mu\text{m} \times 30\mu\text{m}$ square was fabricated, and the operation by the LED light could be confirmed.

研究分野：ASIC

キーワード：中性子 ASIC

1. 研究開始当初の背景

中性子コンバータを硼から水素を含んだ物に変える事で広範囲のエネルギーに渡り中性子の検出が可能になる。これにより、従来の中性子検出器の置き換えだけでなく、衛星等に搭載可能な中性子検出装置が作成可能になり、従来の加速器をベースにした実験のみならず、宇宙等でも容易に中性子を測定できる。そして中性子検出用素子として高位置分解能(100um 未満)、高時間分解能(10nsec)、耐放射線性能、低消費電力、小型、低価格の特徴を併せ持った中性子検出器を作るための検出素子の開発を行う。

2. 研究の目的

現在低エネルギー中性子検出では ^3He ガスを使用した比例計数管、高エネルギー中性子検出では水素を含んだ物質(有機シンチレータ等)からの散乱陽子を光検出器等で検出する方法が取られているが、これらの検出装置は大型且つ高圧を使用するため消費電力が大きく、位置分解能もミリメートルのオーダーとなる。これを後述する安価な商用シリコンプロセスを使用した、中性子検出素子を開発する事により広範囲の中性子検出装置の基盤技術として提供する事で、中性子を利用した基礎物理、中性子を使用した宇宙線、太陽観測等へ応用していくことを目的とした。

3. 研究の方法

特許申請した(放射線検出装置:出願番号2011-043218,2011-043217)素子を使ってコンバータの形状や配置及び種類の研究開発を行っているところであるが、この素子は汎用産業用半導体プロセスでの製作が可能であり、CCD 等と比較し安価に開発、量産することができる。素子サイズを 10um 程度に小さくできるため、高位置分解能を達成できると考える。研究期間全体では先ずシリコンピクセル検出器の静特性評価用サンプルにて総数 32 種類でピクセルのサイズや M 値を変えたピクセル素子のデータを取得する。その後は低雑音化ピクセル読み出し回路サンプルとしてピクセル素子の組み合わせを 2 種類ずつ組み合わせたものの 5 回路を同一基板内で評価できる回路を制作し各々のピクセル素子の GAIN や読み出しタイミングのチェックを行う。最後にアナログ値読み出し素子として 1ピクセルサイズ 7um x 30um 角 330k ピクセル数の評価用サンプルを制作しピクセル素子の動作およびアナログデータ読み出しを行う。

4. 研究成果

(1) ピクセル素子の諸特性の確認(素子-1)
シリコンピクセル検出器の静特性評価用サンプルにて総数 32 種類のピクセル素子でそれぞれサイズや M 値を変えたピクセル素子の静特性を取得する為、KEITHLEY の SCS4200 を使用しシールドボックスとして

プローバ-を利用した(図1)。ピクセルの動作電圧として測定はセットアップでピクセル素子の Anode を GND、Cathode 側に印加電圧 0V ~ 1.8V および電流は 100pA 最大にて行い全てのピクセル素子の静特性データを取得できた(図2)。



図1 プローバと SCS4200

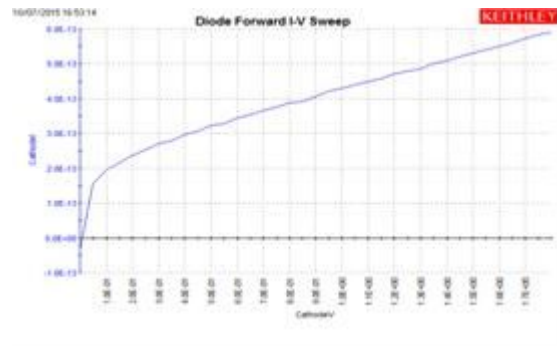


図2 静特性グラフ

これによりピクセル素子へ流れる電流の安定性や電流変化などを評価することができた。

(2) 冷却時の動向(素子-1)

冷却のテストを行うにあたり特製容器にシリコンピクセル検出器の静特性評価用サンプルを固定・挿入し真空引きをしている。ピクセル素子部分の温度は冷却器の設定温度およびサーミスタによる抵抗値を読みながらデータを取得していった(図3)。

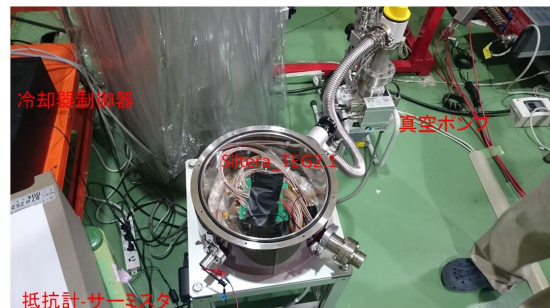


図3 冷却試験

測定温度は 27、0、-10、-30、-40、-50 の 6 点と Cathode への印加電圧は 500mV、

1000mV、1500mV の3点で各々のピクセル素子の変化を測定した。
 各々のピクセル素子は冷却によつての電流変化が非常に少ないことを確認できた(図4)。

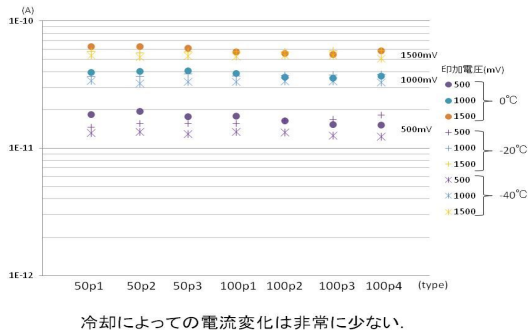


図4 冷却テスト

しかし、先を取得した KEITHLEY の SCS4200 を使ったデータと比較すると2桁ほどの電流が増えていた(図5)。これは一概には言えないが測定環境の違いによるものと思われる。

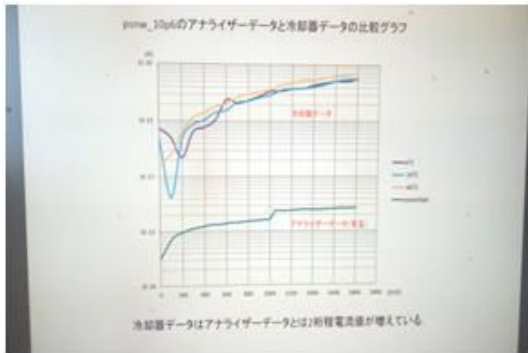


図5 冷却テスト

(3) ピクセル素子の動作および読み出し回路の確認(素子-2)
 低雑音化ピクセル読み出し回路サンプルとしてピクセル素子の組み合わせを2種類ずつ組み合わせたものの5回路を同一基板内で評価できる回路(図6)でピクセル素子の動作と読み出しのタイミングのチェックを行った。これらの全ての回路でLED光によるアナログ出力が得られた(図7)。



図6 低雑音化ピクセル読み出し回路(左)とパルス・ジェネレータ

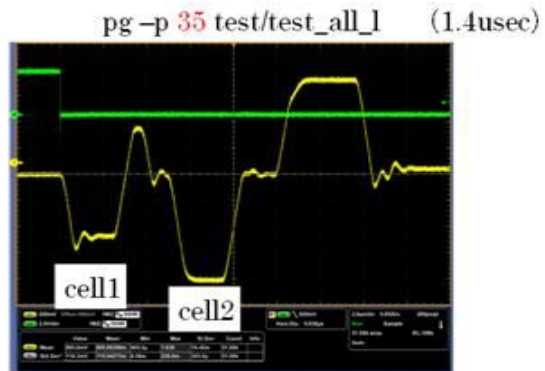


図7 アナログ出力

ボード全体を恒温槽に0、-20、-40とアナログ出力値の変化を観た。結果はそれぞれのピクセル素子でのGAINの違いにより出力電圧は違っているものもあるが温度の変化に対しては殆どが数mV内に収まっているのを確認できた(図8)。

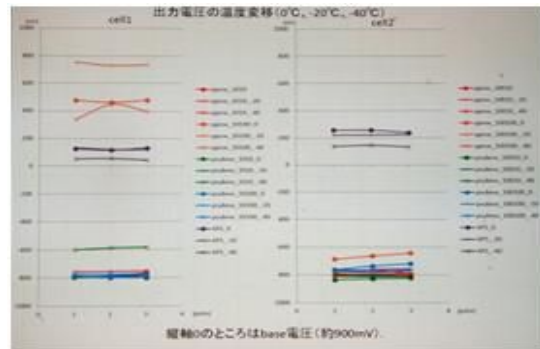


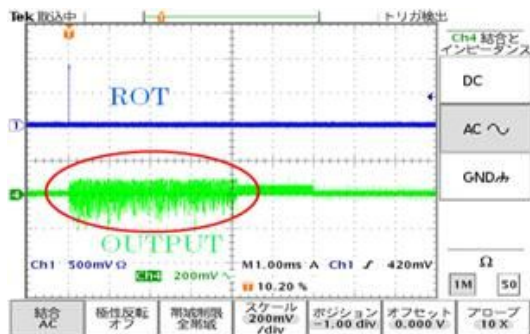
図8 温度依存性

(3) アナログ値読み出し素子(素子-3)
 1ピクセルサイズ7um x 30um角330kピクセル数の評価用サンプル(図9)を使って全体のピクセル素子の動作およびアナログデータ読み出しを行うはずであったがピクセル出力と読み出しの特殊接続ケーブルの取得が遅くなってしまった為、読み出しを行うADCとのプロトコルを開発出来ずに研究期間を終えてしまった。但し、アナログデータ出力が出ていることは確認(図10)できたので

今後、プロトコルを完成させアナログデータ読み出しを行う。



図9 ピクセル素子の評価用サンプル



CLOSE (光が当たっていない)

図10 アナログ出力

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 0 件)

〔学会発表〕(計 0 件)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：

国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

島崎昇一 (Shoichi, Shimazaki)
高エネルギー加速器研究機構・加速器科学支援センター・シニアフェロー
研究者番号：80391803

(2)研究分担者

内田智久 (Tomohisa, Uchida)
高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所・准教授
研究者番号：40435615

(2)研究分担者

大下英敏 (Hidetoshi, Ohshita)
高エネルギー加速器研究機構・物質構研究所・技師
研究者番号：00625163

(3)連携研究者

()

研究者番号：

(4)研究協力者

()