

FELEX08 改 動作試験

東貴俊

1 目的

ASIC(FEXE08) に不足していたカレントミラー回路を補強し、その基本性能として、リニアリティ、ダイナミックレンジ、ENC(Equivalent Noise Charge) の評価、さらには冷却試験を行う。これまでの FE200X シリーズ、FEXE08 の挙動から、低ノイズ、低温での動作が期待される。その確証を得るべくこの実験を行う。また、現在開発中の TPCFE09 の回路では、カレントミラーを用いた FEXE08 改の回路がベースとなっているため開発の上で大きな意味を持つ。さらに、低温での動作が確認できれば、このチップ自体も LXeTPC への本格的な応用も期待できる。

2 手段

リニアリティは、検出器から得られた電荷信号を、どれだけ正確に電圧値に変化させることができるのかを評価する上で重要である。また微小信号を見るにあたり、ENC(Equivalent Noise Charge) などでノイズを評価する必要もある。リニアリティの測定では、入力電荷は $\pm 2\text{fC}$, $\pm 4\text{fC}$, $\pm 6\text{fC}$, $\pm 8\text{fC}$, $\pm 10\text{fC}$, $\pm 30\text{fC}$, $\pm 50\text{fC}$ を予定している。アテネータで入力電荷を調整しながら、オシロスコープでアンプ値を読み取っていく。前回の実験で、0 チャンネルのリニアリティを測るのに要する時間を見ており、1 チャンネル当り、50 分ほどかかっている。8 チャンネル分で 6 時間 40 分かかると見られる。今回の試験も所要時間をモニターする。

2.1 準備

電源は DC Power Supply (KENWOOD REGULAR DC POWER SUPPLY PW18-1.8Q) を用いる。テスト信号は、Pulse generator (Agilent 33220A 20MHz Function / Arbitrary Waveform Generator) を使い、アテネータ (ATTENUATOR KEK MODEL-I NO.214) で減衰させて送る。モニターは Oscilloscope (Tektronix TDS 5054 Digital Phosphor Oscilloscope) を使う。

図 1 に、信号の流れを示す。

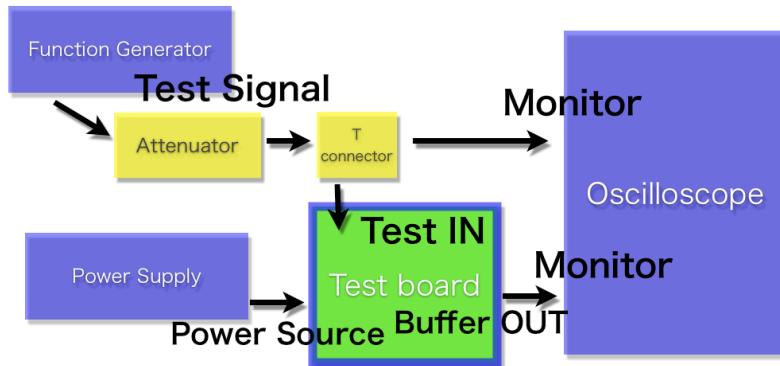


図 1 信号の流れ

2.1.1 Function Generator

Agilent 33220A 用いる。設定は Amp 92 mV_{pp}, Offset $\pm 46.8\text{mV}_{\text{DC}}$ にセットしてある。これにより、アテネータ、ならびに T 字コネクターを介して最終的に出力される信号が $\pm 60\text{mV}$ となる。

2.1.2 アテネータ

アテネータを調整することで、テスト入力の波高を調整する。

以下に、アテネータ 0dB で $\pm 60\text{mV}$ のテスト入力になっている場合の目安の dB 値を示す 1。あくまで目安でなので、実際のテスト入力値はオシロスコープで確認する。

2.1.3 Oscilloscope

オシロスコープを用いて ENC(Equivalent Noise Charge) を測定する。オシロスコープは、自動的にアンプ値を測定する機能を兼ね備えている。設定方法はメニューバーで、Measure を選び、Measurement Set up を選べば、下方より GUI が現れるので、感覚的に調整できる。以下、GUI でアンプを測定する場合の設定手順を示す (今回のテストの場合)。

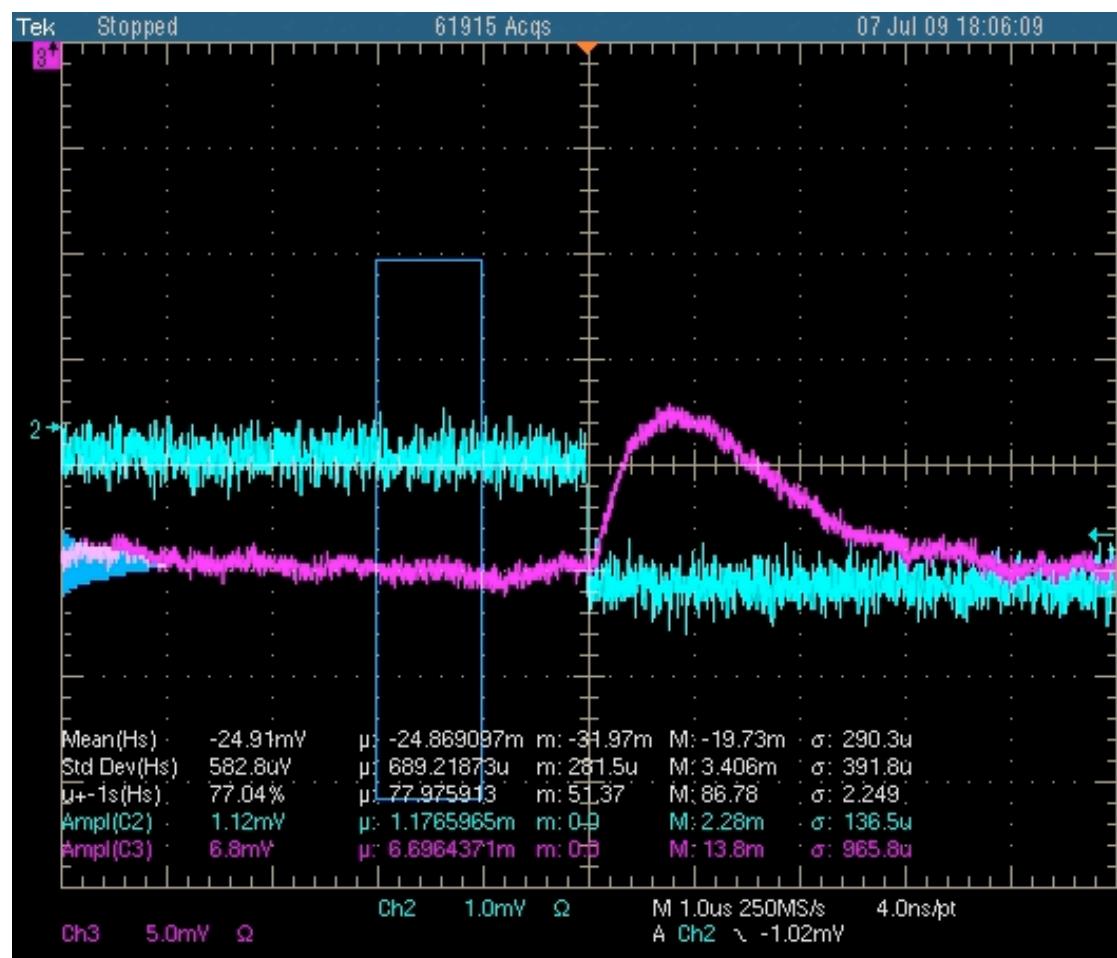


図 2 1mV 入力波形と出力波形

表 1 テスト入力とアテネータ値の対応

テスト入力 (mV)	アテネータ値 (dB)
± 60	0
± 50	2
± 30	7
± 10	16
± 8	19
± 6	20
± 4	24
± 2	32

Ampl タブをクリックして、

- Channel 2 (入力信号) をクリック、Amp をクリック
- Channel 3 (buffer 出力) をクリック、Amp をクリック
- Setup の枠内、statistics の [n, μ , σ] ボタンをクリック。All を選択し、weight n = 10000 とする。

これで、10000 イベントの平均アンプ値と sigma が取れる。

また、記録は File をクリック、Select for Export から Graticule [bitmap] を選びクリック (初回のみ) し、再び File から今度は Export をクリックしたら、保存場所を指定すればよい。

2.2 ENC の測定

検出器容量を付加することで、ベースのノイズがどれだけ変化するのかを見ることにより、ノイズを測定する。

2.3 テストボード

テストボードは現行の液体キセノンプロトタイプ検出器へのインストールを想定して、 60mm x 50mm と小型に設計してあり、検出器接続の簡便さを計る為に、直径 6mm の穴を四カ所に空けてある。図 3 に写真を示す。



図 3 テストボードの写真。写真上方にテスト入力 (LEMO コネクタ) と電源入力 (スルーホール)。写真下方にバッファ出力 (LEMO コネクタ)。左にアナログ出力。右にアナログ入力。

2.3.1 機能

テスト入力に関して、各チャンネルをジャンパーで切り替えることが可能である。また、出力にバッファアンプを 1 つ備えており、ジャンパーを切り替えることで各チャンネルの出力を確認できる。

2.3.2 前回の試験からの変更

抵抗対をカレントミラーに変更したので、余分な抵抗が実装されることになる。余分な抵抗を除去し、適切な抵抗を実装し直す必要がある。抵抗値に関しては、もう一度シミュレーションし直して確認したい。

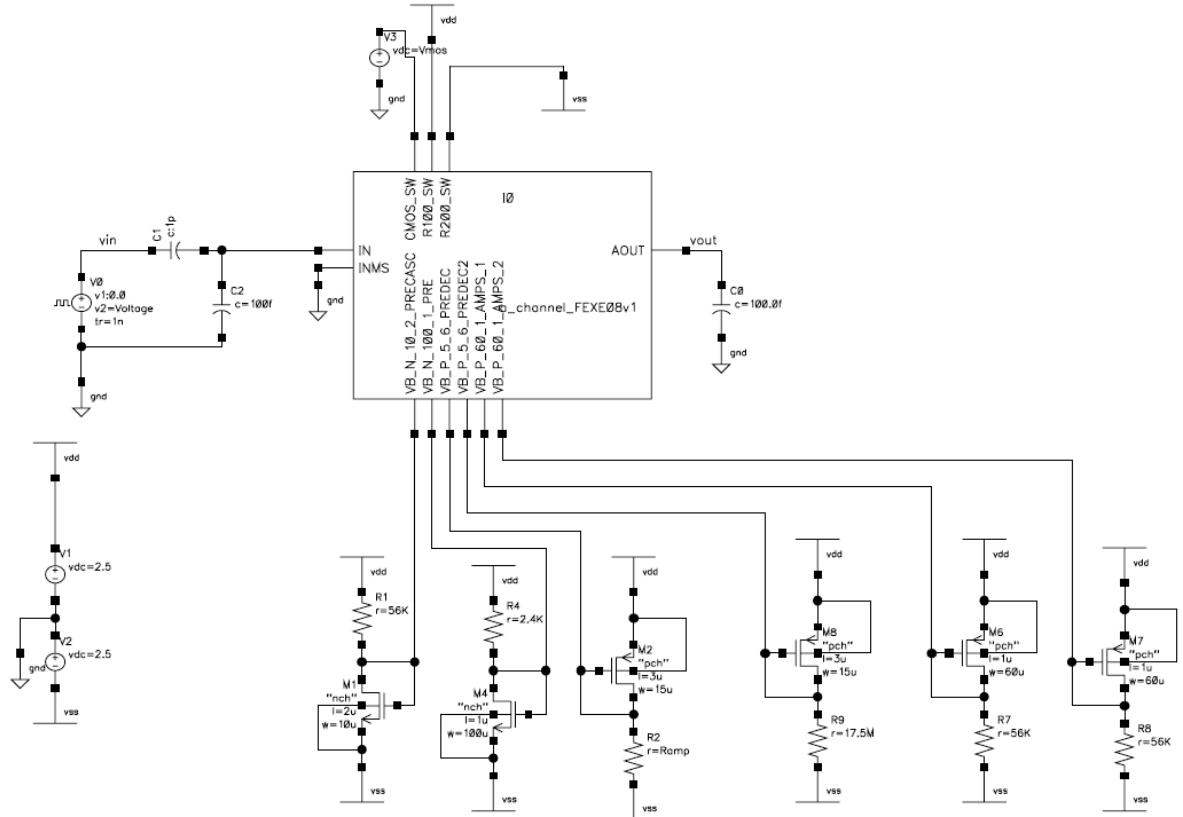


図 4 テスト回路 (simulation) から抵抗値を導きだす

3 前回 (カレントミラー回路無し) の結果

3.1 リニアリティ

データを波形画像と共にファイルに保存した。さらに、Excel ファイルにデータを記入し 5、プロットした 6。

入力電荷が十数 fC の位置では十分なリニアリティが得られている。若干、ゲインが低くなっているが、原因はよくわからない。

Input [fC]	Input(actual)[fC]	Output	Conversion Gain [V/pC]	sigma [mV]
-60	-60.31	-335.2	5.557950589	1.093
-50	-52.38	-296	5.651011837	0.9355
-30	-29.89	-176.4	5.901639344	1.073
-10	-9.551	-58.17	6.090461732	0.5063
-8	-7.646	-46.25	6.048914465	0.5319
-6	-6.043	-36.63	6.061558828	0.5521
-4	-3.765	-22.84	6.066401062	0.514
-2	-1.908	-11.53	6.042976939	0.5625
2	1.89	11.5	6.084656085	0.5964
4	3.746	23.07	6.15856914	0.5369
6	6.035	37.1	6.147473074	0.5737
8	7.615	47.2	6.198292843	0.501
10	9.541	59.25	6.210040876	0.5344
30	29.79	188.2	6.317556227	0.9665
50	52.07	333.2	6.399078164	1.278

図 5 エクセルファイル

4 冷却試験に関して

液体窒素などについて、その波形を確認する。また、低温の状態でリニアリティ、ダイナミックレンジ、ENC なども測定できるようあれば行いたい。

4.1 温度のモニターに関して

熱電対を用いて測定する。液体窒素で温度を一定に保つことは原理的に難しいが、保温容器内への液体窒素の流入量を調整して、 ± 1 度程度の誤差に抑えることが可能のようである。ただし、温度計の位置に依存してしまうので、なるだけチップのパッケージ表面に温度計を貼る。理想的にはチップの両面に貼るのが望ましいが、実装状態なので片面にしか貼れない。もし、温度計がもう一つ確保できるのであれば、実装されたチップの裏の PC ボードの温度も測りたい。

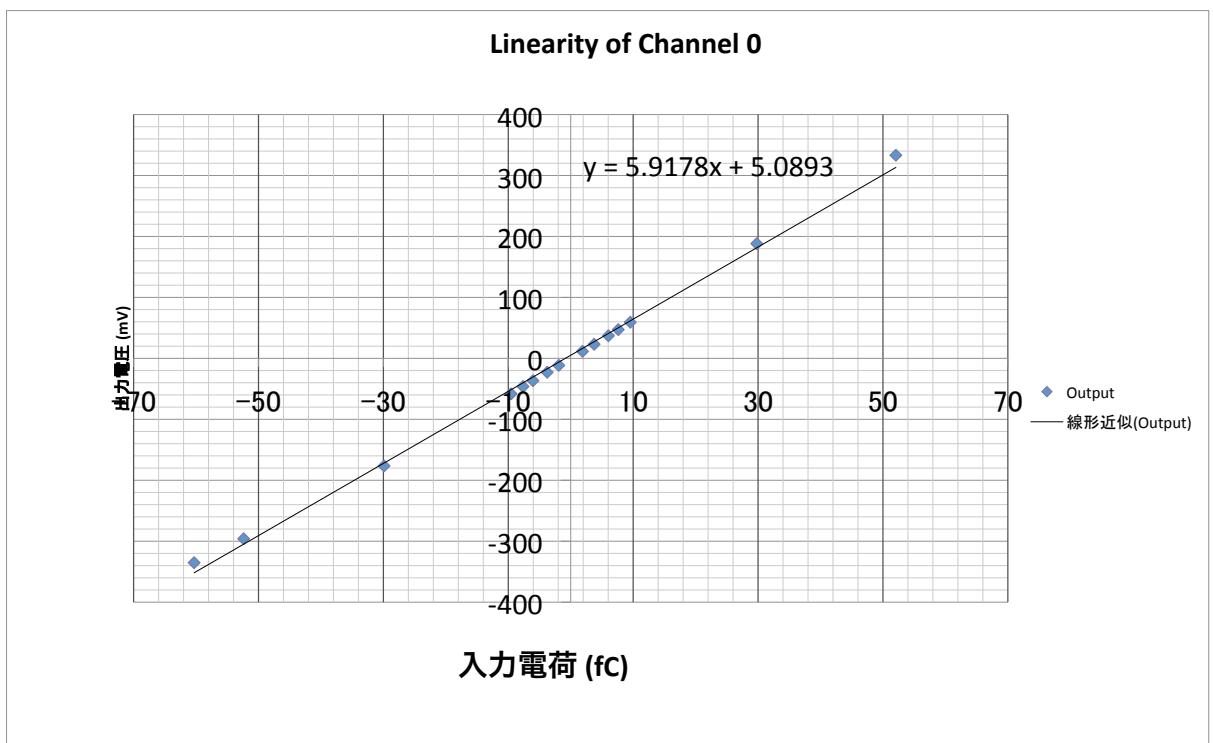


図 6 チャンネル 0 のリニアリティ