

テクノエーピー社製 SDD 製品

シリコンドリフト検出器の調整手順

第 1.1.0 版 2025 年 6 月

株式会社 テクノエーピー

〒312-0012 茨城県ひたちなか市馬渡 2976-15

TEL : 029-350-8011

FAX : 029-352-9013

URL : <http://www.techno-ap.com>

e-mail : info@techno-ap.com

－ 目 次 －

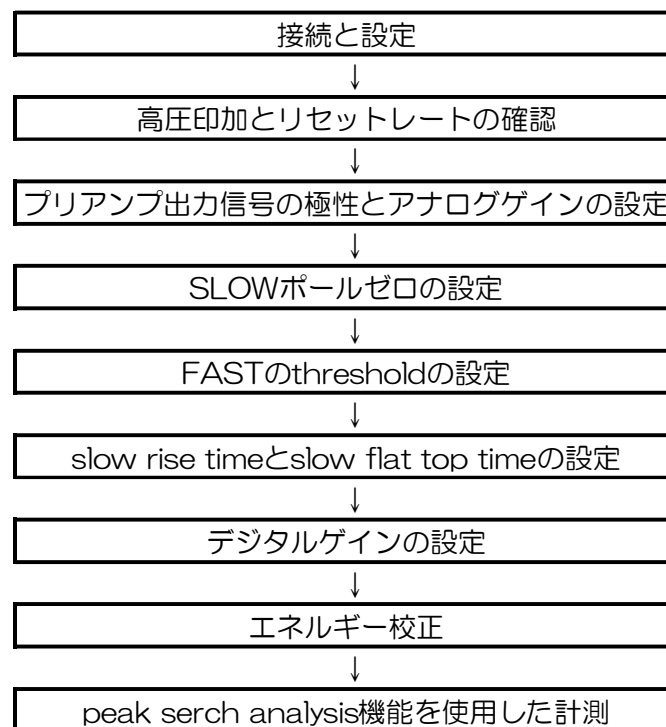
1.	概要.....	3
2.	接続と設定.....	4
3.	高圧印加とリセットレートの確認.....	6
4.	プリアンプ出力信号の極性とアナログゲインの設定.....	8
5.	SLOW ポールゼロの設定.....	10
6.	FAST の threshold の設定.....	12
7.	slow rise time と slow flat top time の設定.....	13
8.	デジタルゲインの設定.....	14
9.	エネルギー校正.....	15
10.	peak serch analysis 機能を使用した計測.....	16

1. 概要

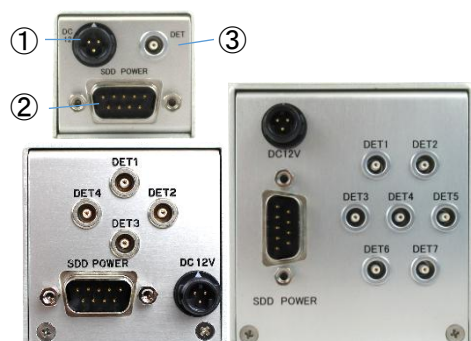
本書は、テクノエーピー社製 DSP 搭載製品 APU101X を使用し、シリコンドリフト検出器の調整手順を記したものです。

機器の接続やパラメータの詳細、トラブルシューティング等については、それぞれの取扱説明書をご参考ください。

調整手順の流れは次の通りです。

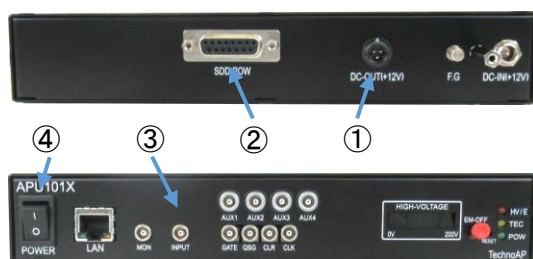


2. 接続と設定



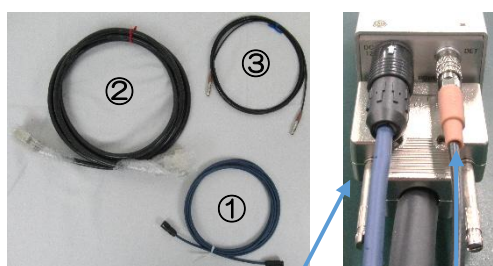
SDD 検出器の背面（左上：1 素子、左下：4 素子、右：7 素子）です。

- ① ファン電源用 HR30 コネクタ
- ② preamp 電源、ペルチェ電源、HV 電源用 Dsub9 ピンコネクタ
- ③ preamp 信号出力用 LEMO コネクタ



APU101X の背面と前面です。

- ① ファン電源供給用 HR30 コネクタ
- ② preamp 電源、ペルチェ電源、HV 電源供給用 Dsub15 ピンコネクタ
- ③ preamp 出力信号入力用 LEMO コネクタ
- ④ POWER スイッチ。「0」…オフ、「1」…オン

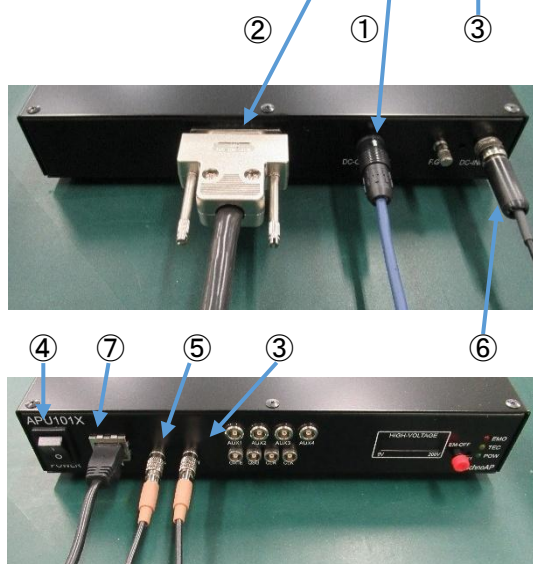


検出器と接続するケーブルを確認します。

- ① HR30 コネクタケーブル
- ② preamp 電源、ペルチェ電源、HV 電源用 Dsub9-Dsub15 ケーブル
- ③ preamp 信号出力用 LEMO ケーブル



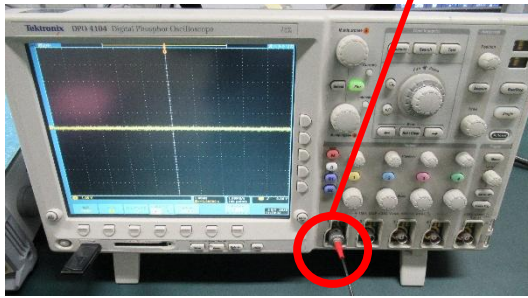
APU101X の電源が入っていないことを確認し、同じ番号を接続していきます。



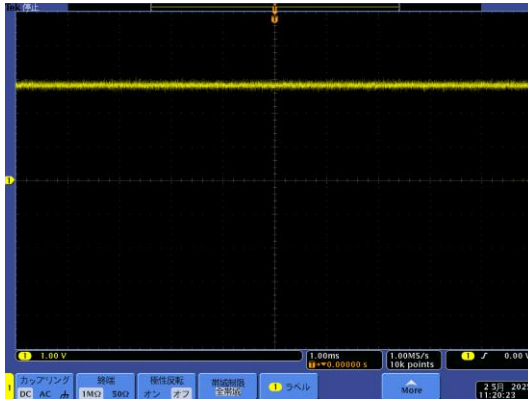
①～③のケーブルを接続し完了した状態です。さらに下記を APU101X へ接続していきます。

- ⑤ オシロスコープへの信号出力用 LEMO ケーブル
ケーブルの先は、今は未接続です。
- ⑥ 付属の APU101X 用電源ケーブル
- ⑦ PC 接続用 LAN ケーブル

プリアンプ信号出力



一旦、前面③に接続してある preamp 信号をオシロスコープへ接続します。電源投入前は、0V です。



前面④のPOWER スwitchをON します。
APU101X へ電源が供給され、SDD 検出器への preamp 電源と、ペルチェ電源の供給が開始されます。

オシロスコープを見ると、プリアンプ出力信号は+3V 付近に張り付くことが確認できます。

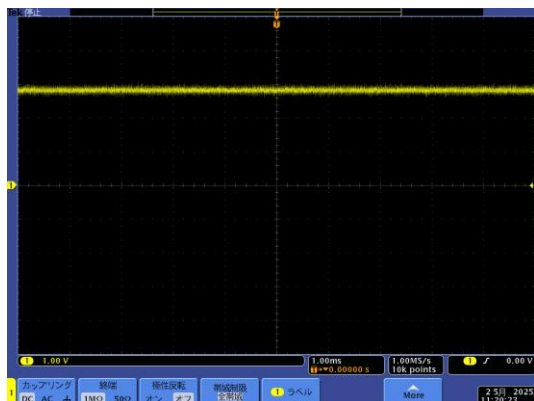
※+3V 付近への張り付きが確認できない場合は、プリアンプ電源の異常が考えられます。直ぐにPOWER スwitchをOFF にして、使用を中止してください。

3. 高圧印加とリセットレートの確認

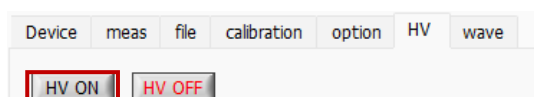
HV off					acq.	save	error	mode	histogram
net cps	FWHM (ch)	FWHM (%)	FWHM	FWTM	meas. mode				real time
NaN	0.0	0.000	0.000	0.000	meas. time				24:00:00
NaN	0.0	0.000	0.000	0.000	real time				00:00:00
000	0.0	0.000	0.000	0.000	data file size(byte)				0.000
000	0.0	0.000	0.000	0.000	meas. count				0 / 1
000	0.0	0.000	0.000	0.000	quick scan				0 / 10
000	0.0	0.000	0.000	0.000	peltier				on
000	0.0	0.000	0.000	0.000	HV output				0 V
000	0.0	0.000	0.000	0.000	HV status				shutdown
000	0.0	0.000	0.000	0.000	set voltage(V)				sweep(V/min)
000	0.0	0.000	0.000	0.000	-168 V				400 V/min

アプリケーションを立ち上げ、”HV” の設定を確認します。

SDD 検出器は極性が neg です。高圧電源は-168V の電圧を印加する設定となっています。
sweep 速度は400V/min の設定です。



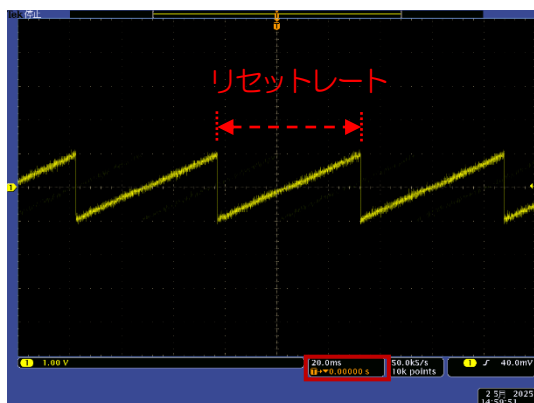
高圧印加前 (OFF 時) のオシロスコープ画像です。



高圧印加を開始する時は、赤枠”HV-ON” をクリックします。

HV sweep					acq.	save	error	mode	histogram
net cps	FWHM (ch)	FWHM (%)	FWHM	FWTM				meas. mode	real time
NaN	0.0	0.000	0.000	0.000				meas. time	24:00:00
NaN	0.0	0.000	0.000	0.000				real time	00:00:00
000	0.0	0.000	0.000	0.000				data file size(byte)	0.000
000	0.0	0.000	0.000	0.000				meas. count	0 / 1
000	0.0	0.000	0.000	0.000				quick scan	0 / 10
000	0.0	0.000	0.000	0.000				peltier	on
000	0.0	0.000	0.000	0.000				HV output	-47 V
000	0.0	0.000	0.000	0.000				HV status	shutdown
000	0.0	0.000	0.000	0.000				set voltage(V)	sweep(V/min)
000	0.0	0.000	0.000	0.000				-168 V	400 V/min

高圧印加中は、赤枠のように output に HV sweep が点灯します。
青枠は現在の印可電圧値のモニタ電圧です。



掃引中の例、リセットレート約60ms。徐々に拡大。

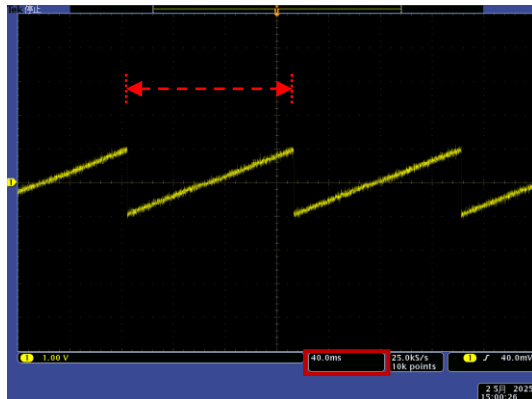
トランジスタリセット型プリアンプの場合、図のように右上がりであれば正極性であることが確認できます。

HV on					acq.	save	error	mode	meas. mode	histogram
net cps)	FWHM (ch)	FWHM (%)	FWHM	FWTM				meas. time	meas. time	real time
NaN	0.0	0.000	0.000	0.000				real time	00:00:00	00:00:00
NaN	0.0	0.000	0.000	0.000				data file size(byte)	0.000	0.000
000	0.0	0.000	0.000	0.000				meas. count	0 / 1	0 / 1
000	0.0	0.000	0.000	0.000				quick scan	0 / 10	0 / 10
000	0.0	0.000	0.000	0.000				peltier	on	on
000	0.0	0.000	0.000	0.000				HV output	-166 V	-166 V
000	0.0	0.000	0.000	0.000				HV status	shutdown	shutdown
000	0.0	0.000	0.000	0.000				set voltage(V)	-168 V	-168 V
000	0.0	0.000	0.000	0.000				sweep(V/min)	400 V/min	400 V/min

高圧印加完了すると、赤枠が“HV ON” となります。



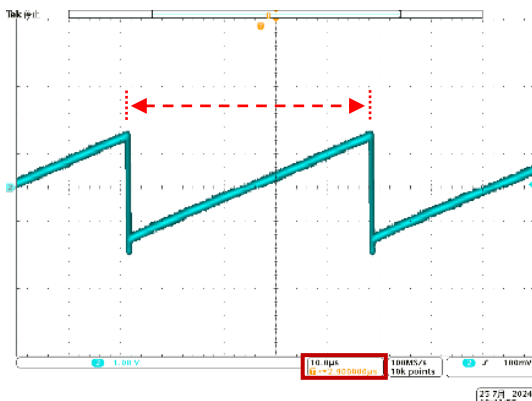
高圧印加中は絶対にケーブルを外さないでください。故障の原因になります。



印加完了後の例、リセットレート 約130ms。

印加完了後も、安定するまで変動があります。リセットレートの値は、検出器に依存しさまざまですが、正常な場合、数ms～数百ms程度が確認できます。

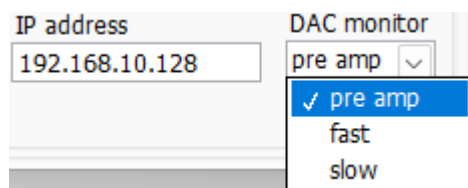
※”HV-ON”しても印加が始まらない場合は、HV電源の異常が考えられます。直ぐに”HV-OFF”を押してから、POWERスイッチをOFFにして、使用を中止してください。



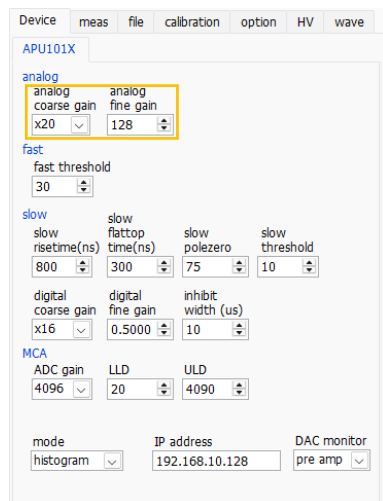
異常信号の例、リセットレート 約50μs。

※リセットレートが1ms未満の場合は、ペルチェ電源の異常が考えられます。SDD検出器素子の破損の恐れがあるため、直ぐに”HV-OFF”を実行し、HV出力が0Vになったことを確認した後に、APU101Xの電源を切り使用を中止してください。

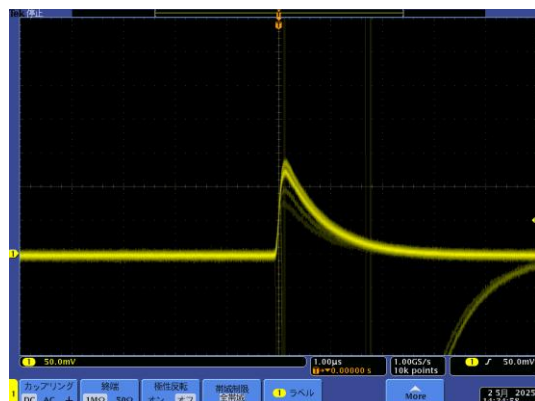
4. プリアンプ出力信号の極性とアナログゲインの設定



アプリケーションの Device タブ ” DAC monitor type” のモニタ信号の種類を” pre amp” に選択します。モニタ出力の波形の種類が pre amp 信号に切り替わります。



今、オシロスコープに接続しているプリアンプ信号を、APU101X の INPUT 端子へ接続し、かわりに MONI 端子からオシロスコープへ接続します。



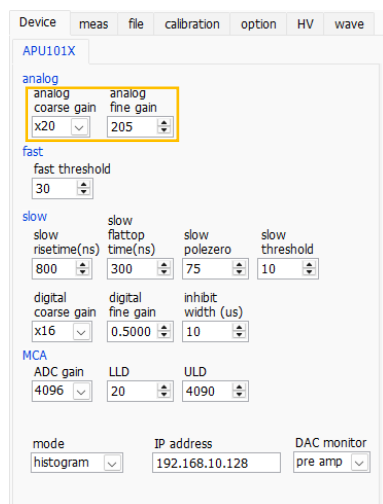
Device タブ ” analog coarse gain” と、” analog fine gain” を調整していきます。
モニタ出力からの” preamp” を出力させて、オシロスコープの縦スケールと横スケールを変更したものです。
” analog fine gain” 調整。設定範囲は 85 から 255 が、x0.5 から x1.5 に相当します。

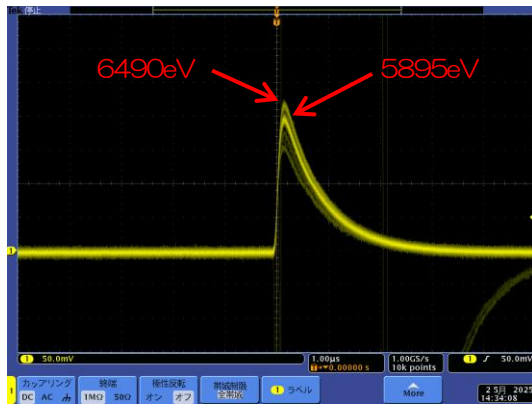
APU101X のモニタ出力のフルスケールは±1V です。
エネルギーフルスケールレンジが 30keV の場合、5895eV@Fe-55 の信号のピークは 196mV になります。

$$196 \text{ mV} \div 5.895 \text{ keV} \div 30 \text{ keV} \times 1000 \text{ mV}$$

上図の設定値では、まだ波高が小さい様子が確認できました。

調整後のアプリケーション画面です。

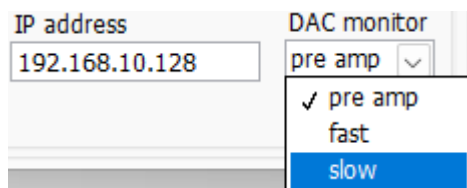




調整後はFe-55の5895eVの濃く映る波形がおおよそ196mVに設定することができました。

上記の式をもとに、使用する線源のエネルギーと、確認したいエネルギーのフルスケールレンジの計算を行い、最適な調整値を見つけるようにしてください。

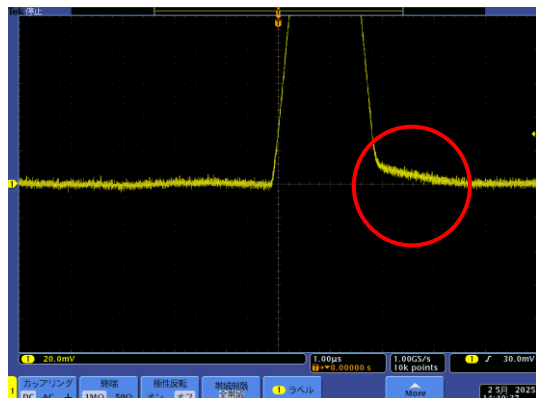
5. SLOW ポールゼロの設定



アプリケーション中のモニタ信号の種類を”slow” に選択します。モニタ出力の波形の種類がslow 信号に切り替わります。

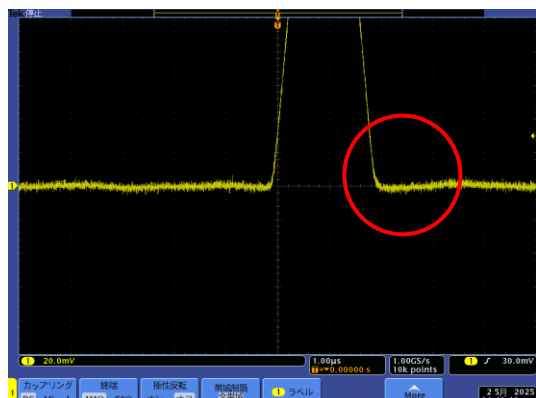
slow は preamp 信号を元に Trapezoidal Filter 処理をした波形です。

slow の波高がエネルギー情報そのものなので調整が重要です。

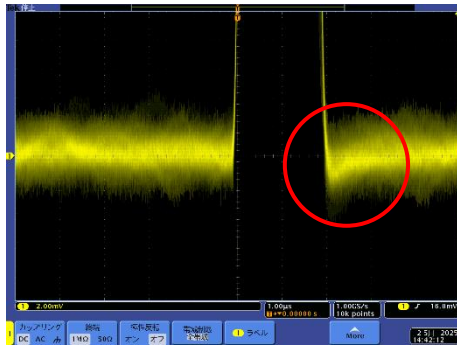


調整前、Device タブ ”slow pole zero” の値が 70 digit の slow 信号のオシロスコープ画像です。

波形の立下り後にオーバーシュートがあることが確認できます。

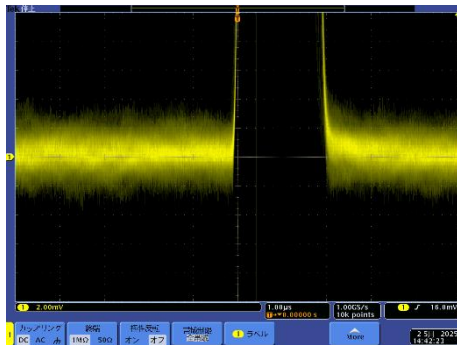


“slow pole zero” の調整値を 76 digit に調整することにより、オーバーシュートのない slow 波形にすることができました。



オシロスコープの電圧レンジを 20 mV から 2 mV に変更したものです。この状態ではアンダーシュートが確認できます。

20 mV 電圧レンジでは調整できたと思っていても、2 mV レンジにするとまだ調整が必要なのがわかりました。

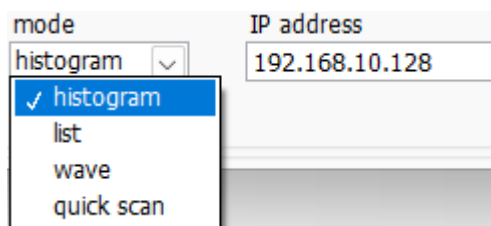


“slow pole zero”を75 digitに調整すると、アンダーシュートが無くなりましたが僅かにオーバーシュートが見られます。

“slow pole zero”の値は、**エネルギー分解能に非常に大きく影響します**。1~2 digit 異なる場合でも影響は大きいので、実際の環境や繰り返しの計測を行い、最適な調整値を見つけるようにしてください。

また、"slow pole zero" の値自身も、検出器に依存しさまざまです。必ずオシロスコープで確認しながら調整するようにしてください。

6. FAST の threshold の設定



FAST 機能では、取り込んだプリアンプ出力信号を元に、タイミングフィルタアンプ回路の微分処理と積分処理をした FAST 系フィルタ波形を生成します。

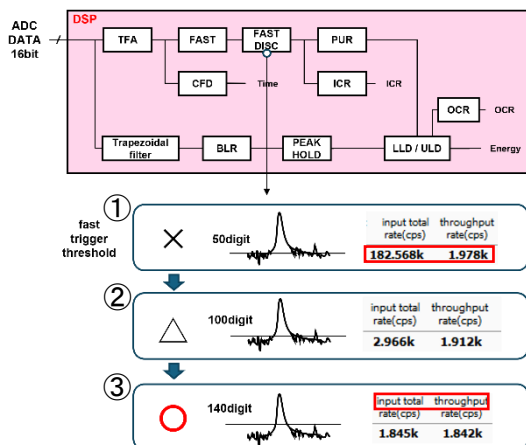
その波形にて、この閾値以上になった場合に、その時点での時間情報取得タイミングやスペクトロスコープアンプ回路での波形生成開始のタイミングを取得します。

この設定は主に時間取得（タイムスタンプ）に関係します。

Device タブより、mode を” histogram” にし、計測をスタートさせます。

CH	input total count	throughput count	input total rate(cps)	throughput rate(cps)	pileup rate(cps)	dead time ratio(%)
CH1	10.952M	114.503k	182.568k	1.978k	0.000	0.0

アプリケーション上部の CH に注目すると、” input total rate” が約 182 kcps に対して、” throughput rate” が約 1.9 kcps と、計数率がアンバランスであることが確認されました。



この現象は fast の信号に対する threshold である” fast trigger threshold” の設定が小さすぎるために、**ノイズを検知し易くなり多数計数してしまっている状態です。** 図①

Device タブ “fast threshold” の値を徐々に大きくしていき、140 digit と設定すると、” input total rate” と” throughput rate” が同程度に落ち着きました。図③

” fast threshold” の値も、検出器に依存しさまざまです。 ” input total rate” を見ながら、極端に数値が増えるノイズレベルの境目より数 digit 高めに設定します。

7. slow rise time と slow flat top time の設定

Slow rise time	Slow flat top time
300 ns	300 ns
500 ns	300 ns
800 ns	300 ns
1000 ns	300 ns
2000 ns	300 ns

高計数向け



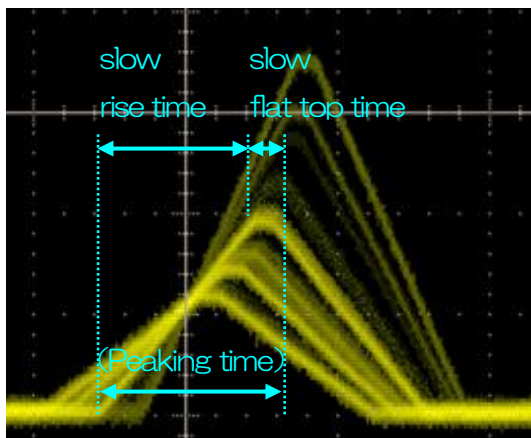
デフォルト



高分解能向け

”slow rise time” と ”slow flat top time” の設定値もエネルギー分解能を良く計測するための非常に影響のある設定値です。

短く設定すると、スループットは多くなり、より高計数計測が可能となりますが、エネルギー分解能が落ちます。
逆に設定が長過ぎると、エネルギー分解能は良いがスループットが少なくなり、計数がかせげないという傾向があります。



”slow flat top time” の設定値は、プリアンプ出力信号の立ち上がり（立ち下がり）時間の 0 から 100% で、最も遅い時間の 2 倍の時間を目安とします。デフォルト設定は 300ns です。

お客様自身の計測環境による最適な設定値は、デフォルトの値を基準として、”slow rise time” は 100 ns ～ 10 μ s、
”slow flat top time” は 100 ns ～ 400 ns と、値を変更、繰り返し計測し、分解能と両パラメータとの依存を知る必要があります。

8. デジタルゲインの設定

unit of x axis
☒ ch ☐ eV ☐ keV ☐ manual ☐ file

ROI centroid(ch) energy
 ROI1 - 807.22 - 5895
 ROI2 - 3586.81 - 6490

Device タブより、mode を” histogram” にし、計測をスタートさせます。

calibration の” ch” にチェックを入れてください。

Device meas file calibration option HV wave

APU101X

analog
 analog coarse gain x20 analog fine gain 205

fast
 fast threshold 30

slow
 slow risetime(ns) 800 slow flattop time(ns) 300 slow polezero 75 slow threshold 10

digital
 digital coarse gain x16 digital fine gain 0.5000 inhibit width (us) 10

MCA
 ADC gain 4096 LLD 20 ULD 4090

mode histogram IP address 192.168.10.128 DAC monitor pre amp

アナログゲインのフルスケールに合わせてデジタルゲインも調整していきます。設定値を変更し、Stop→config→clear→start を繰り返します。

エネルギーフルスケール 30 keV に調整したい場合は、ADC gain (X 軸の細かさ) が 4096 の場合は、5895 eV@Fe-55 のスペクトルピークは約 805 ch に立つように調整します。

$$805 \text{ ch} \div 5.895 \text{ keV} \div 30 \text{ keV} \times 4095 \text{ ch}$$

ROI No.	peak (ch)	centroid (ch)	peak (count)	gross (count)	gross (cps)	net (count)	net (cps)	FVHM (ch)	FVHM (%)	FVHM	FVTM
ROI1	535	535.71	9.504k	126.840k	2.114k	125.778k	2.096k	12.4	2.319	136.713	248.177

上図の設定値では、まだピーク位置が低い様子が確認できます。

ROI No.	peak (ch)	centroid (ch)	peak (count)	gross (count)	gross (cps)	net (count)	net (cps)	FVHM (ch)	FVHM (%)	FVHM	FVTM
ROI1	805	824.14	515.000	12.360k	68.667	12.360k	68.667	16.6	2.062	121.539	230.294

調整後、ピーク位置が適切値になったことが確認できます。

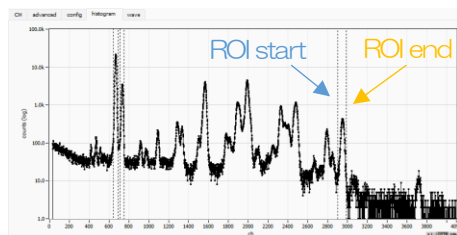
9. エネルギー校正

Device	meas	file	calibration	option	HV	wave
ROI	CH	ROI start (eV)	ROI end (eV)	energy (eV)	Gauss fitting	
1	CH1	5671.5	6112.6	5895	☒	
2	CH1	6267	6708.1	6490	☒	
3	CH1	25903.4	26785.6	26344	☒	
4	none	253.3	30064.5	1	☐	
5	none	253.3	30064.5	1	☐	
6	none	253.3	30064.5	1	☐	
7	none	253.3	30064.5	1	☐	
8	none	253.3	30064.5	1	☐	

エネルギー校正は、既知のエネルギーのピークに対して ROI を設定すると、X 軸のスケールを ch から keV など単位に変換する校正です。

アプリケーションの calibration タブを表示します。

例えば、Fe-55、Am-241 線源を使用した場合、赤枠のように energy 欄に既知のエネルギーを入力します。



青枠の ROI start、黄枠の ROI end には、スペクトルを確認しながら、ch 情報を入力します。または、スペクトル上にある ROI ラインをマウスでドラックし設定することもできます。

ROI start と ROI end に数値を入力した後のスペクトルです。ピークを挟んで ROI start end の縦線が表示されました。

unit of x axis
☐ ch ☒ eV ☐ keV ☐ manual ☐ file

ROI	centroid(ch)	energy (eV)	a
ROI1	807.40	5895	7.35171
ROI3	3588.93	26344	-40.7495

エネルギーが既知の 5895 eV と 26344 eV の 2 点を元にしたエネルギー校正を行います。

赤枠の ROI の選択に ROI1 (5895 eV) と ROI3 (26344 eV) を選択します。

青枠の eV にチェックを入れると、ROI1 と ROI3 の情報を元に、緑枠のように 1 次式 $ax+b$ でのエネルギー校正ができました。

エネルギー校正前



スペクトルの X 軸はエネルギーの単位に変換されました。最大値については、ch 時の 4095 に対し、校正後は 30273 eV となりました。

エネルギー校正後



ROI No.	peak (ch)	centroid (ch)	peak (count)	gross (count)	gross (cps)	net (count)	net (cps)	FWHM (ch)	FWHM (%)	FWHM (eV)	FWTM (eV)
ROI1 : 677	676.70	10.618k	166.706k	2.778k	163.042k	2.717k	14.5	2.166	127.666	235.772	
ROI2 : 743	743.85	1.737k	30.550k	509.167	27.290k	454.842	15.6	2.116	137.300	248.179	

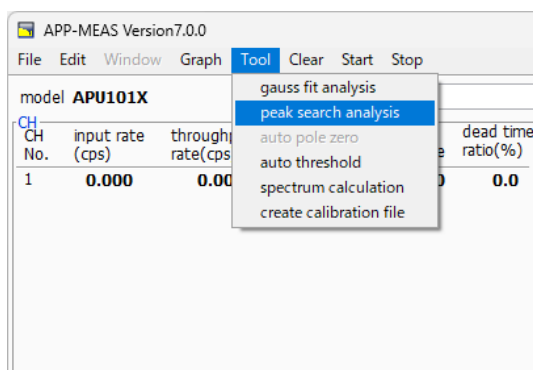
校正が完了すると、アプリケーション右上の ROI 情報の赤枠 FWHM と FWTM が ch 換算の数値から、keV 換算に数値に変換されます。

特に SDD 検出器や計測モジュールの良し悪しを見る指標として 5895 eV@Fe-55 の半値幅エネルギーが挙げられます。

ROI1 に 5895 eV を設定しました。エネルギー分解能は 127.666 eV と出ています。

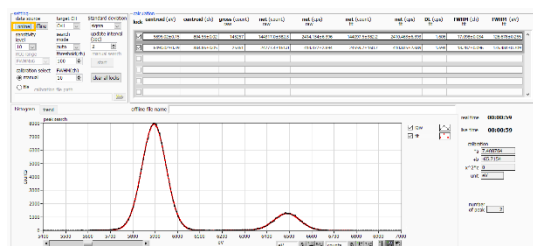
環境にもよりますが、**おおむね 135 eV 未満であることを**確認してください。

10. peak serch analysis 機能を使用した計測



peak serch analysis を開きます。

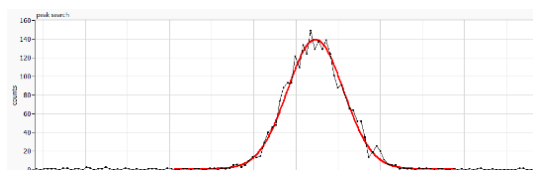
“Tool - peak serch analysis” をクリックします。



peak serch analysis の画面が開きます。

図は Fe-55 の 5895 eV、6490 eV 付近を拡大したものです。

今回は計測中にリアルタイムに使用しますので、オレンジ枠中 data source は “online” に選択しました。



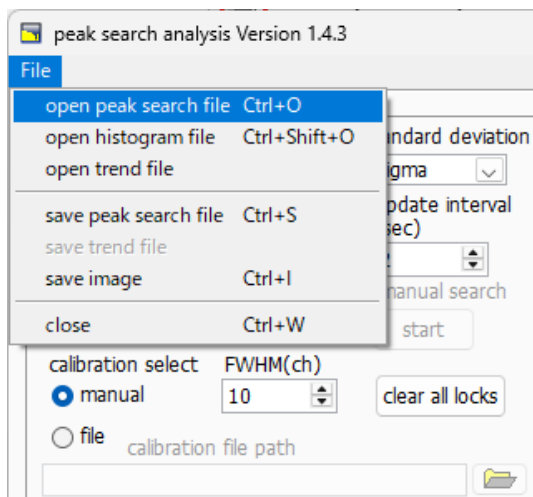
この状態でメインのアプリケーションから計測をスタートさせます。スタートするとヒストグラムの自動更新が始まり、calculation 欄に、peak serch にかかったピークが次々と追加されていきます。赤枠のスクロールを使用し、各ピークの計算値を見ることができます。

ヒストグラムの更新が始まり、図のように生データ（黒）に対して、ガウスフィット（赤）がかかる様子が確認されます。

lock	energy (ev)	centroid (ev)	gross (count)	net (count)	FWHM (ch)	FWHM (ev)	FWHM (ev)
☒	5899.5	5899.4	323.075k	316.718k	14.1	126.040	230.090
☒	6494.1	6493.9	58.542k	53.322k	15.0	134.603	245.723
☒	26353.2	26352.8	13.937k	12.993k	29.4	263.270	480.608
☐	3670.3	4162.2	1.157k	1.157k	13.3	119.135	217.485
☐	4138.5	4138.4	3.387k	1.137k	10.6	95.012	173.447

赤枠のようにチェックを入れると、上位側に計算結果が保持されます。計算結果からエネルギー分解能や誤差、計数率など様々な情報が得られます。

今回は 2 分間の計測において、5895 eV のエネルギー分解能が 126.04 eV と良好に出たことがわかります。



Peak serch analysis には過去に取得したデータを読み込み再確認する機能もあります。

data source を “offline” を選択し、 “File-open histogram file” を選択しファイルを読み込むことができます。

株式会社テクノエーピー

住所：〒312-0012 茨城県ひたちなか市馬渡 2976-15

TEL：029-350-8011 FAX：029-352-9013

URL：<http://www.techno-ap.com> e-mail：info@techno-ap.com