

Report on the Experiment

No. 15

Subject PIN フォトダイオードを用いた放射線測定

Date 2019. 10. 28

Weather 晴れ Temp 22.1 °C Wet 50.5 %

Class	E3	
Group	2	
Chief		
Partner	井上	隆治
	木下	拓真
	重見	達也
	DANDAR	TUGULDUR

No	15
Name	小畠 一泰

Kure National College of Technology

1 目的

PIN フォトダイオードを用いたガンマ線検出回路による放射線測定実験を行い, 微小信号の観測, 増幅回路の雑音について理解する.

2 使用器具

- ガイガーカウンタ Mark2
- 線源 (ランタンマントル)
- テスター
- デジタルオシロスコープ (RIGOL DS1064B)
- CR 発振器 (E1202)
- 検出器
- 電池ボックス
- PC

3 実験方法

3.1 予備実験

3.1.1 自然放射線と線源の放射線測定

ガイガーカウンタ Mark2 を用いて, 実験室の自然放射線と線源の放射線強度について測定を行う.

1. ガイガーカウンタの電源を入れるとファームウェアのバージョンが表示された後, GM 管の昇圧が行われるので (10 秒) 待機した. 次に線量計測・計算が安定するまで (30 秒) 待機した.
2. ガイガーカウンタと線源のランタンマントル (袋から出さない) を 1m 以上離れた状態で 10 分以上経過した後, 値を記録した.

3. ガイガーカウンタと線源のランタンマントルを密着 (袋越しに) した状態で 10 分以上経過した後, 値を記録した.

表 1: 自然放射線と線源の放射線強度

	[cpm]	[$\mu\text{Sv/h}$]
自然放射線	21	0.140
線源の放射線強度	88	0.657

3.1.2 PIN フォトダイオード

1. PIN フォトダイオードの受光面に光をあてた状態で順方向にテスターをあてて, 抵抗値を測定した. 次に逆方向にテスターをあてて抵抗値を記録した.
2. PIN フォトダイオードの受光面に遮光した状態で順方向にテスターをあてて, 抵抗値を測定した. 次に逆方向にテスターをあてて抵抗値を記録した.

表 2: PIN フォトダイオード

	順方向抵抗 [Ω]	逆方向抵抗 [Ω]
光を照射	45k	1.8k
遮光	∞	1.8k

3.2 チャージアンプの雑音測定

検出器と線源のランタンマントルを十分離れた状態で、チャージアンプの出力ノイズを観測した。

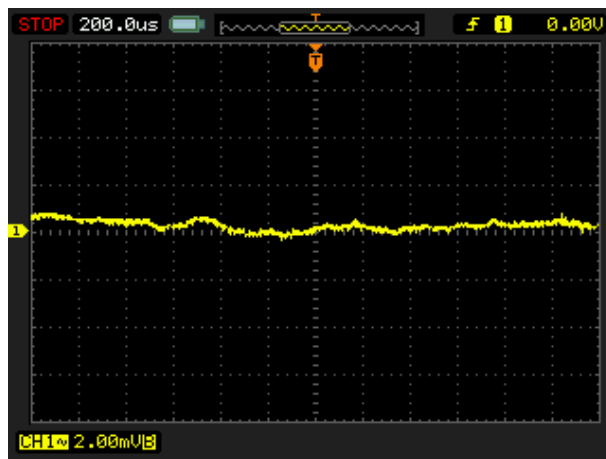


図 1: チャージアンプの出力ノイズ

3.2.1 FFT(高速フーリエ変換) 確認実験

1. CR 発振器の出力振幅を最小にしてオシロスコープにつなぎ、50 [kHz], 2 [V_{pp}] の正弦波に調整した。
2. オシロスコープの Time/div を 50 [μs] にしたのち、MATH 機能の FFT を選択し、SCALE を dBVRMS にした。
3. Time/div をまわしてスペクトルのスケールを 25kHz/div, 50kHz/div にして、50kHz のピークがどこにあるか確認した。
4. CR 発信器の出力を矩形波に変えて、50kHz の第 2, 第 3, 第 4, 第 5 高調波を確認した。

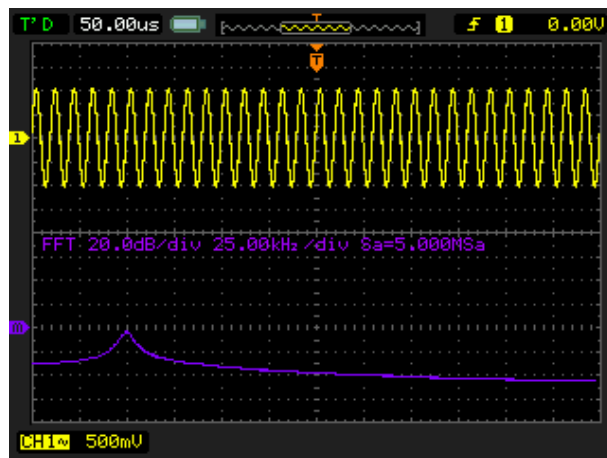


図 2: 正弦波の FFT

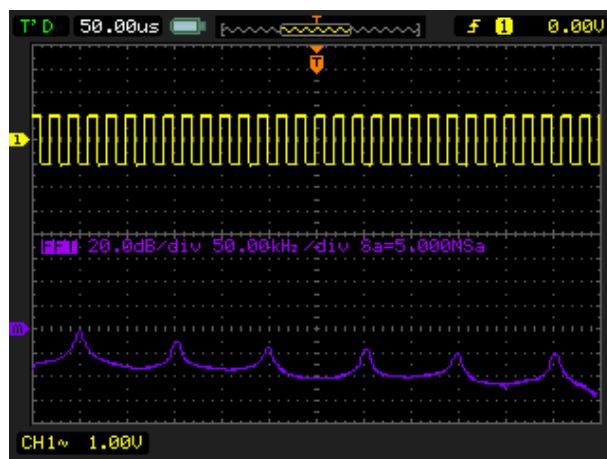


図 3: 矩形波の FFT

3.2.2 オシロスコープによるノイズの観測と、ノイズの実効値測定

1. 検出器をオシロスコープに繋ぎ, Volts/div を調整して, 雑音波形を観測し, 画像を記録した.
2. 雑音の FFT 波形を観測し, 画像を記録した.
3. オシロスコープの Measure により, 雑音の実効値を求めた. 値のばらつきが大きいので, 10 個以上を平均した.
4. 波形を CSV データで保存し, Excel を用いてノイズの実効値を求めよ. ただし実効値はデータ総数 N , 測定値を $(noise)_i$ とすれば, 次式となる. 測定結果と計算結果を比較した.

$$Noise_{rms} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (noise)_i^2}$$

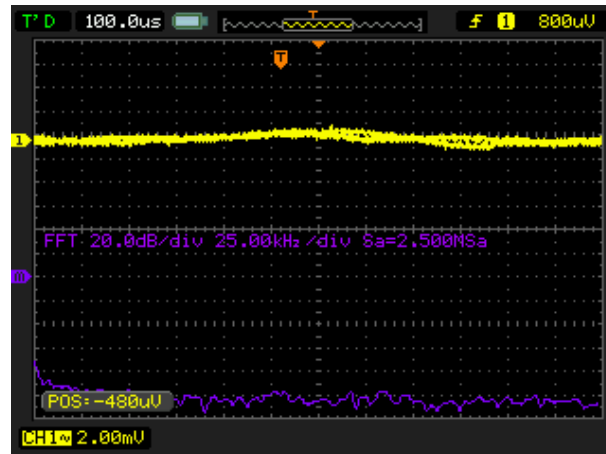


図 4: 雑音波形の FFT

雑音の実効値 [μV]
339
438
330
384
416
310
571
408
349
384
310
408
367
358
445

表より, 平均値: 387.8 [μV]

また CSV より, $Noise_{rms} = 362.833$ [μV]

3.2.3 WaveSpectra によるノイズの周波数成分の観測

1. PC の MIC 入力に検出器をつなぎ, WaveSpectra を起動し, 画面左上の「サウンドデバイスから入力」(録音) ボタンを押してスペクトル分布波形を表示した.
2. MIC 入力の R チャンネルは GND に接地してあるので, PC 内部の雑音のみ観測できる. L チャンネルは検出器を含めた回路の雑音を観測できる. 画面右上の RL 切替ボタンを押して, それぞれの画面を snipping Tool 等でキャプチャした.

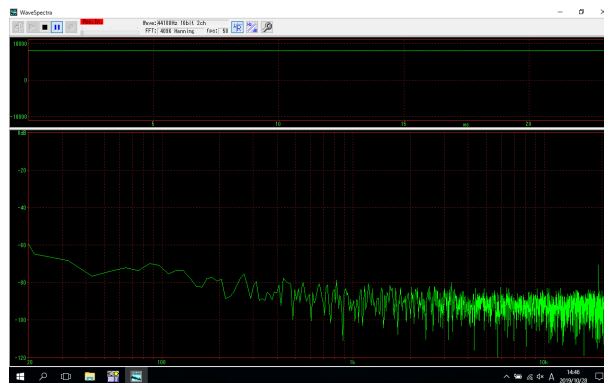


図 5: スペクトル分布波形 (L)

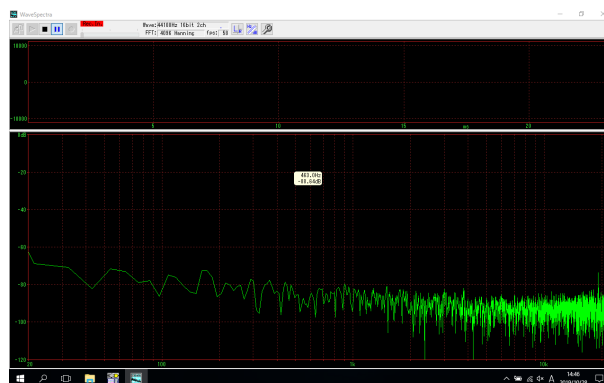


図 6: スペクトル分布波形 (R)

3.3 放射線検出実験

検出器を線源（ランタンマントル）に密着させて、ガンマ線のパルス波形観測を行った。

1. オシロスコープの Volts/div を最小, Time/div を調整し, トリガレベルを雑音より上に設定しポジション位置もレベルを下げて, 単発掃引でパルス波形を観測し, 画像を 5 つ以上記録した。そして, 振幅とパルス幅を表にまとめた。
2. オシロスコープの CH ボタンを押し, メニューにある帯域制限をオンにすると, 雑音を低減させることができる。帯域制限をオンにした画像を記録した。

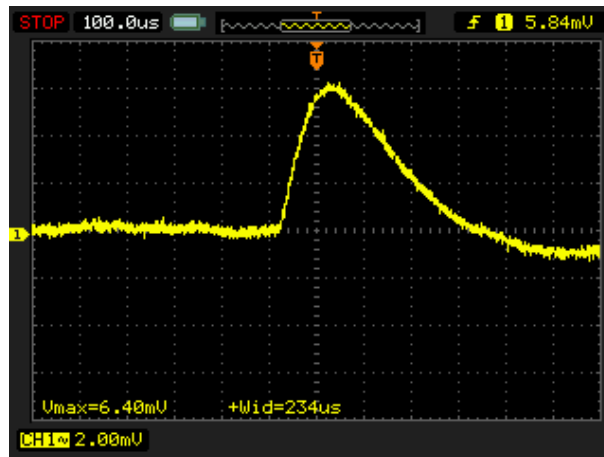


図 7: 帯域制限を OFF にした波形 (1)

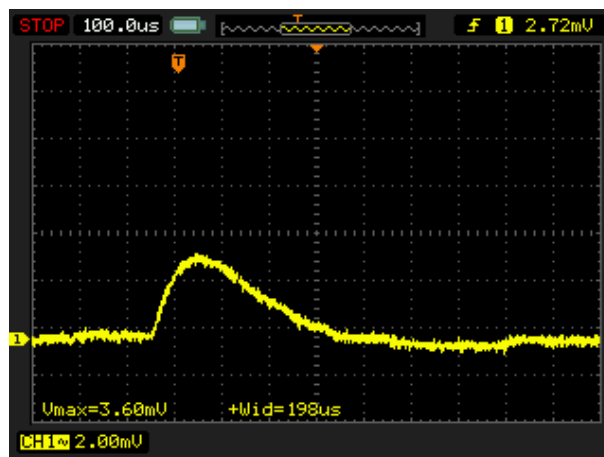


図 8: 帯域制限を OFF にした波形 (2)

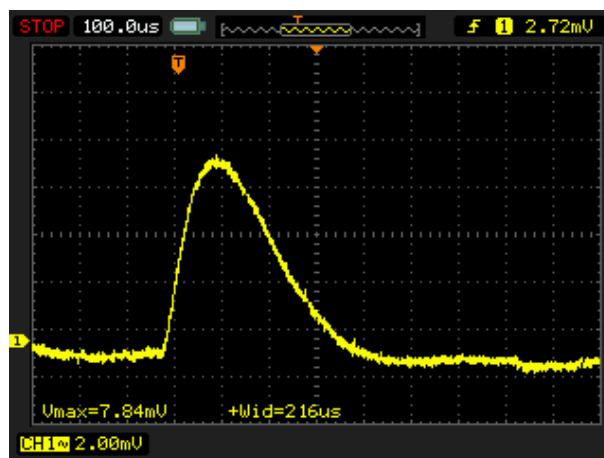


図 9: 帯域制限を OFF にした波形 (3)

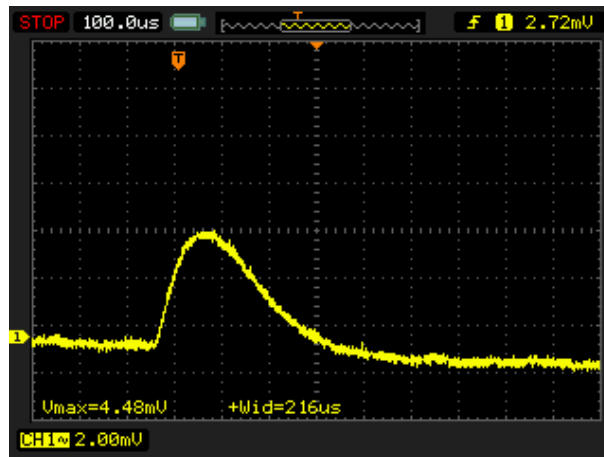


図 10: 帯域制限を OFF にした波形 (4)

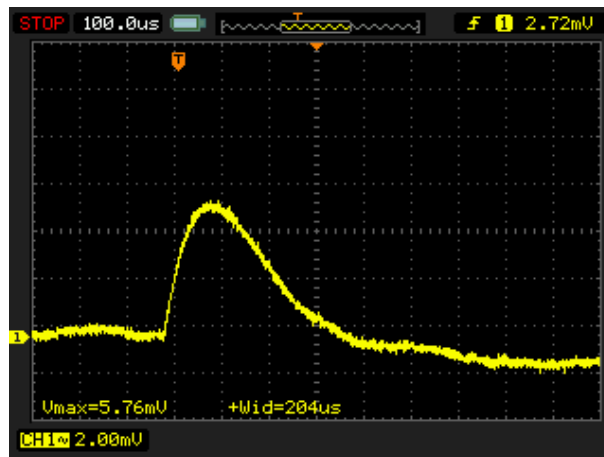


図 11: 帯域制限を OFF にした波形 (5)

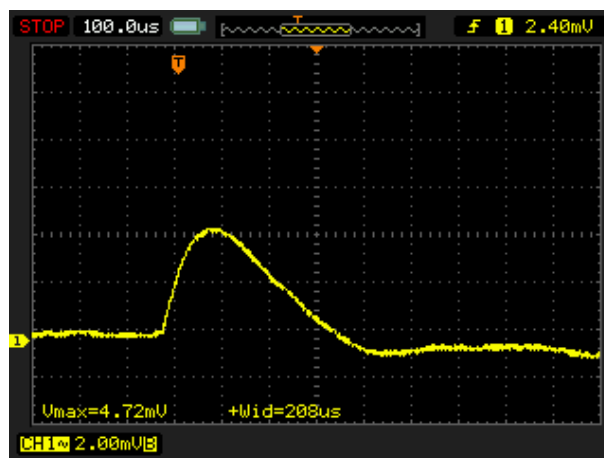


図 12: 帯域制限を ON にした波形

4 考察

1. PIN フォトダイオードのしくみを実験結果から考察せよ.

逆方向抵抗は光にかかわらず同じ抵抗値を示すが, 順方向抵抗に関しては光を照射した時の方が遮光時よりも抵抗が小さくなる.

2. チャージアンプ回路の雑音について総合的に考察を行え.

周波数が小さいほど高周波のピーク値が大きく, 周波数が大きいほどピーク値が小さくなっていることがわかった.

3. 放射線の測定結果について総合的に考察を行え.

きちんと γ 線のパルス波形を計測できたので正しく実験ができたといえる. また, パルス波形のピーク値が計測毎に変化していることがわかった.

5 参考文献

1. フォトダイオードで作るガンマ線検出回路トランジスタ技術, 49 巻, 2 号 山口 晶大 pp.177-179