

常温動作での Silicon Drift Detector の X 線検出に関する研究 ～高抵抗化による分解能向上を目指して～

E03088 前田 健寿
松浦研究室

【背景】蛍光 X 線分析検出器に用いられる X 線検出素子の 1 つに SDD (Silicon Drift Detector) がある。現在主流である Si(Li) 検出器に比べ、SDD は素子容量を減少出来るため S/N 比が向上し、高エネルギー分解能・高計数率を有する¹⁾。さらに、Si(Li) 検出素子では液体窒素を必要とするが、SDD 素子ではペルチェ素子で済むため、装置の小型化が可能である。現状では常温動作時において漏れ電流が多く発生する事、SDD の膜厚を厚くできないため高エネルギー X 線検出が出来ない事等の問題点があるため、これらの改善が望まれる。更に製品化されている SDD は海外製である。そこで昨年度、国産の X 線検出器実用化を目指し SDD の Ring 本数を 3 本にして、市販品である SDD 18 本 Ring と比べ製造工程を簡素化した²⁾。この SDD 3 本 Ring は製作した SDD 18 本 Ring に比べ分解能が良かったことから、Ring の本数を減らしても X 線検出用素子として利用可能であるということが分かった³⁾。しかし、未だ漏れ電流が多いため、その低減が必要である。

【目的】昨年度より高抵抗率の Si 基板を用い、SDD 素子の漏れ電流の低減による X 線検出における分解能への影響について比較・検討する。

【実験方法】常温で放射線源 Am (アメリシウム) の γ 線 (59.5 keV) を SDD に照射し、分解能を評価した。SDD で γ 線によって発生した電荷を電圧に変換して増幅するために、図 1 の電圧増幅器 (Pre-Amp) を使用し、波形整形するために比例増幅器 (Shaping Amp) を用いた。さらに、MCA (Multi Channel Analyzer) で入力電圧 (0 V ~ 5 V) を 1024 等分に A-D 変換し、各値を検出した回数をカウントした。そのカウントの結果から、 γ 線の分解能を評価する。また、Shaping Amp の Shaping time を変化させることによって分解能も変化するため、Shaping time の最適化を行う。

【実験結果及び考察】測定システムを図 1 に示す。測定試料として基板抵抗率の違う 2 種類の SDD (抵抗率 2 k Ω ・cm と 5 k Ω ・cm) を使用した。5 k Ω ・cm の基板を用いることで漏れ電流は -1.3 nA と 2 k Ω ・cm に比べ、1/4 程度に抑えられた。

59.5 keV での FWHM (full width at half maximum) と Shaping time の測定結果を図 2 に示す。図 2 より、5 k Ω ・cm の分解能が 2.7 keV (Shaping time : 0.25 μ s) と 2 k Ω ・cm の 3.3 keV (Shaping time : 1 μ s) より良く、特に Shaping time が 0.25 μ s の時の分解能が良かった。装置の仕様上 Shaping time を 0.25 μ s 以下に設定し測定することが出来なかったが、それ以下で更なる分解能向上が期待できる。また 0.25 μ s の時の波高分析結果を図 3 に示す。但し、横軸は 1024 分割した値では分かりにくいため、Am の γ 線のピークを 59.5 keV としてエネルギーに変換した。分析結果は、Am の γ 線と共に、Am の α 崩壊過程で放射される Np (ネプツニウム) の弱いエネルギーの放射線のピークも良く分離できた。

【結論】高抵抗率基板を用い漏れ電流を低減することで分解能を向上させることが出来た。また、ペルチェ素子などの冷却により漏れ電流をより低減させることで、更なる分解能向上と SDD 検出器実用化が期待できる。

【謝辞】試料を製作して頂いた株式会社三社電機製作所の皆様、本研究を進めるにあたり御指導して頂いた本学応用化学科の谷口 一雄教授に心より御礼申し上げます。

【参考文献】1)中井泉 「蛍光 X 線分析の実際」 朝倉書店 (2005) 3 章

2)松浦秀治、谷口 一雄、宇高忠、特願 2006-336727

3)小原 一徳 「常温動作 Silicon Drift Detector の X 線検出に関する研究」 平成 17 年度 卒業論文

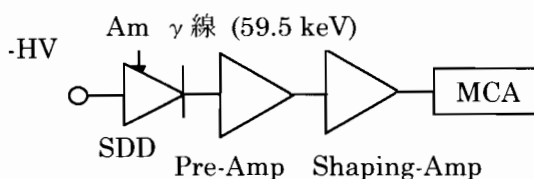


図 1 測定システム

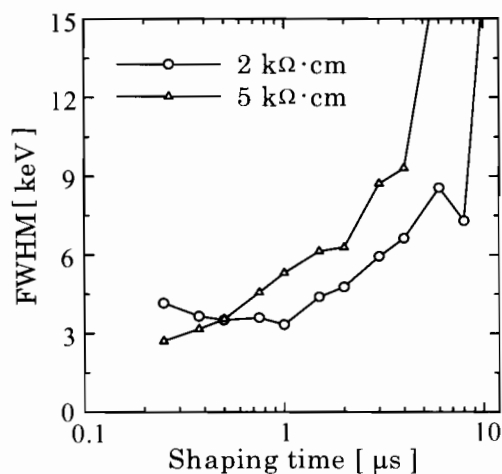


図 2 Am の γ 線 (59.5 keV) での FWHM

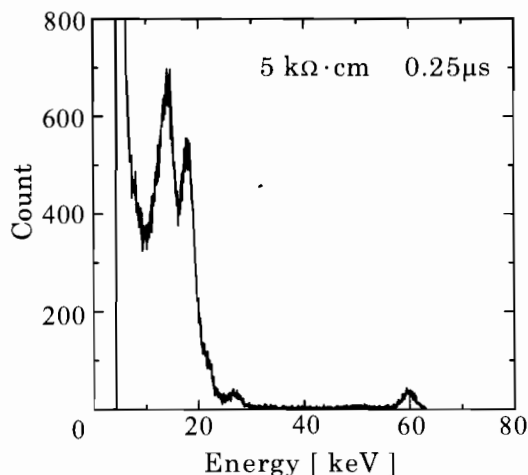


図 3 波高分析結果