

論文内容の要旨

論文題目 Application of Genetic Algorithms to
Radiation Signal Processing for Compound Semiconductor Detectors
(和訳 遺伝アルゴリズムを用いた半導体検出器のデジタル信号処理)

氏名 アリ ノーハ シャーバン エルサッド

遺伝アルゴリズム (GA) は、理工学のさまざまな分野で最適化問題に有効に用いられつつある。非線形の複雑な関数に対して適用が可能であるため、注目されている。本研究においては、GA をコンパクト性、最近急速に普及しつつある CdZnTe 検出器の波形データ処理に用い、波高スペクトルの改善を図ることを目的として研究を行った。一般に放射線信号処理においてはパルス信号を対象とする場合が多い。放射線検出器から得られる信号は多くの場合、検出器内部での反応位置、粒子の種類・飛程など、放射線と検出器の間で生じた事象を反映した詳細な構造を持っているが、最近では、CdTe, CZT 等の化合物半導体検出器のように信号の生成位置に応じて複雑な応答を示す検出器が普及しつつあるので、これまでごく一部において粒子弁別などの特殊な用途で利用されてきた信号波形の変化に対して、再度、新しい観点から検討がなされるべきであると考えられる。化合物半導体検出器においては、正孔の移動度が電子の移動度に比べて極端に小さいため、たとえ内部電場が一様な平行平板型の検出器にあっても、得られる信号波形は陽極からの距離に応じて大きく変化する。この場合正孔の収集時間が長くなるとその分だけ電荷捕獲等が生じ易くなるため、信号の大きさは減少することになる。したがって検出器中に電荷が生成した場所に応じた波高の変化が

生じ、検出器のエネルギー分解能は大幅に劣化する。この場合波高の変化は波形の変化と直接関係付けられる。高精度のスペクトルを得るためには、このような波形の変化を検出することが重要になってくる。波形の変化を記述し、認識する手法には波形に対して波高値・立ち上り時間など、いくつかのパラメータを求め、それらのパラメータ空間で同定を行う手法や、ニューラルネットワークを用いる手法などさまざまなものが考えられる。たとえば、この問題に対してテンプレートマッチングの手法を取った場合、出現の予測されるテンプレートを予め作成しておき、測定されたパルス信号がそれらのうちのどれに分類されるかを各パターン間の距離を比較することで行うが、そうした手法をとった場合、実測波形をテンプレートとすることに起因する雑音の抑制が必要となる。また、単一の関数形を仮定してそれを当てはめた場合は、さらに高次の波形変化、すなわちエネルギーに依存して、検出器内の電荷生成場所がばやけてくる効果を取り扱うことができなくなる。ここでは、波形の表現に、単に一つの関数形を用いるのではなく、検出器内部で複数回散乱した際に生じる複雑な波形変化を、波形ベクトルとして表し、個々のイベント毎に、どの位置でどの程度の大きさの反応が起こったかをあらかじめ用意した複数の関数を重ね合わせて推定することにより、取り扱うことを試みた。このため、まず、光子・電子モンテカルロ輸送シミュレーションコード EGS4 を用いて、CdZnTe 検出器中での信号生成についてのシミュレーションを行った。その結果、波形の表現として、立ち上がり時間を複数組み合わせで得られる簡単なベクトルが波形変化を表す上で有効であること、また、500keV 程度のエネルギーでは、2-3 回程度の散乱を扱えば、主要なエネルギー付与の過程を表すことができることなどが分かった。この結果をもとに、実際に CdZnTe 検出器から得られるプリアンプ出力信号のパルス波形をデジタル化したデータをベクトル化し、検出器内部での単一反応、複数回散乱した反応に GA を用いて分類し、それぞれ、検出器内部の反応位置に応じて、波高の減少を補うような信号処理を施すことを試みた。種々のエネルギーの γ 線に対してこの信号処理法を適用した結果、数 10keV 以下の低エネルギー側においては、既に γ 線による電荷の生成は、十分表面近傍で起こるため、エネルギー分解能の改善においてはそれほど寄与しないが、100keV 以上の比較的高エネルギーの領域においては、全エネルギーピークのエネルギー分解能が数 10% から数倍程度まで改善されることが分かった。本研究は、このように多重散乱のような複雑な信号生成の過程を GA を用いた非線形の繰り返し推定法により、適切に取り扱うこ

とができることを示したものである。

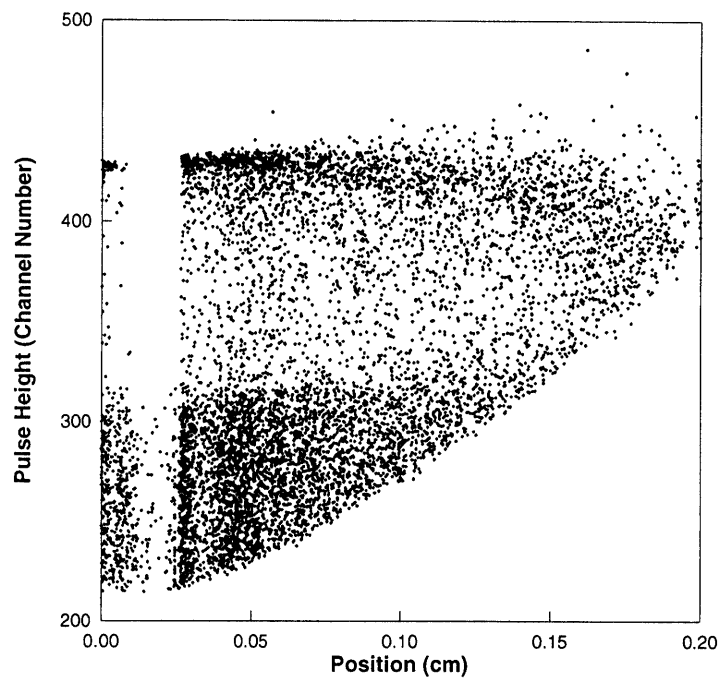


Fig. 1. Pulse height versus Interaction position after the correction process for ^{137}Cs .

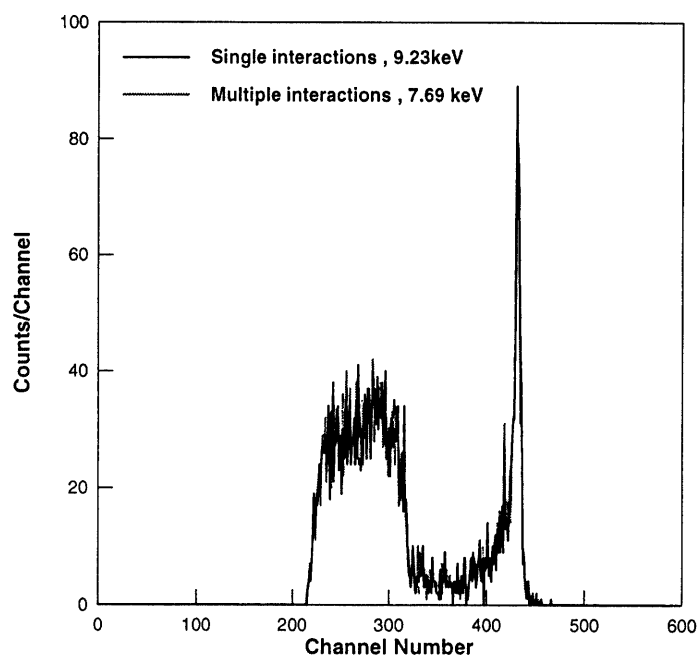


Fig. 2. Pulse height spectrum after the correction process for ^{137}Cs