

半導体検出器におけるフォトン・電荷カウンティング読み出し信号処理

Photon-Charge counting signal processing in semiconductor radiation detectors

静岡大電子研¹, ANSeeN², ○青木 徹^{1,2}, 小池 昭史^{1,2}, 田端 健人¹, 都木 克之^{1,2}

Shizuoka Univ.¹, ANSeeN², °Toru Aoki^{1,2}, Akifumi Koike^{1,2}, Kento Tabata¹, Kento Tabata^{1,2}

E-mail: aoki.toru@shizuoka.ac.jp

半導体検出器に限らず放射線検出器のエレクトロニクス, 特に本稿ではフォトンカウンティングのためのエレクトロニクスをさすが, 一般には高いレベルで完成されたアナログ信号処理回路をベースに増幅・波形処理を行った上でデジタル変換される. デジタル処理としては一般的にはヒストグラムが作成されエネルギースペクトルとして活用され, 時にはフォトンが検出器でカウントされるイベントごとにタイムスタンプをもったリストモードでの活用もされている. ディスクリット検出器やディスクリットデバイス, 例えばFETやトランジスタ, 抵抗やコンデンサなど, が活用されてきた時代から研ぎ澄まされた回路で, 非常に低ノイズの高精度エレクトロニクスが実現している. 我々はこれを否定する気は毛頭なく, 実際に検出器開発評価に活用もさせて頂いているが, 一方でLSI技術が向上し, 従前では考えられなかったような回路や処理が実現できる可能性が出て来た. 以前よりLSI回路は微細であることから寄生容量やノイズで有利であったり設計通り, シミュレーション通りに動作したりという利点はあったが, 一方でシリコン上にモノリシックで回路を実現するという制約は大きく, ディスクリットで完成された回路を「そのまま」実現することは, 特に高抵抗や大容量コンデンサを必要とする放射線検出器のエレクトロニクスでは容易ではなく, 画像検出器で不可欠な信号処理のLSI化には並々ならぬ努力が注がれてきた.

一方, 我々のベースコンセプトは静岡大学電子工学研究所が進めている「ナノビジョンサイエンス」の概念に依っており, これまで光子や電子を集団統計的に取り扱ってきた画像工学にナノテクノロジーを導入し, 光子や電子をナノ領域で個々に取り扱うことで新しい画像工学の世界を創出する, という基本的な考え方がある. これは光子も電子もカウントすることのできる粒子であることが出発点であり, 我々はデジタル処理でこれを実現できないか, と考え「フォトン・電荷カウンティング」にたどり着いた. アナログ回路の代替や簡略化, という意味ではなく元来デジタルで存在する物理的な情報をデジタルのまま処理しより情報量の多い信号を取り出したい, という期待である. 理念は明快であるが実際には困難も多く, とっても個々の電子の取り扱いまでには至っていないが, 従来のアナログ処理では失われがちな波形の時間情報も活用できる可能性が出て来た. また, 信号処理を全てデジタル処理するため多くの種類の検出素子, たとえば我々は研究を進めてきたCdTeに対してLSI設計したが, CdZnTeや移動度の大きく異なるTlBrでも良好に動作することを示してきた. 実際には検出素子からLSIへの電荷転送, 検出素子とLSIの接続, 低リーク微小容量コンデンサの形成など困難な点や現状まだ十分でない点も多々あるが, これらは当日議論したい.

なお, 本研究の一部は生体医歯工学研究拠点共同研究, AMED医療分野研究成果展開事業(先端計測分析技術・機器開発プログラム), NEDOインフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト, NEDO研究開発型スタートアップ支援事業, 経済産業省関東経済産業局戦略的基盤技術高度化支援事業, 浜松市ファンドサポートのサポートを受けて実施した. また, 東北大学工学研究科人見先生, 医学系研究科高瀬先生, 歯学研究科石幡先生らの他, 放射線分科会の先生方に多くの治験を頂きました. この場を借りてお礼申し上げます.