

高感度イオン撮像素子 SCAPS-II の開発

Development of SCAPS-II ion imager

坂本 直哉 [1]; 青山 聡 [2]; 川人 祥二 [3]; 塚本 尚義 [4]

Naoya Sakamoto[1]; Satoshi Aoyama[2]; Shoji Kawahito[3]; Hisayoshi Yurimoto[4]

[1] 北大・創成; [2] ブルックマン・ラボ; [3] 静大・電工; [4] 北大・理

[1] CRIS, Hokudai; [2] BL; [3] Electronics, Shizuoka Univ.; [4] Natural History Sci., Hokudai

<http://www.ep.sci.hokudai.ac.jp/~g3/>

イオンは試料の同位体情報を得る質量分析法の信号としてよく用いられている。その二次元分布を定量的に測定するために、イオンを直接検出可能な二次元固体撮像素子 SCAPS(Stacked CMOS type Active Pixel Sensor) が提案されている。SCAPS は、電極が積層された画素が 600x576 個二次元的に配置されており、それぞれの画素が独立したイオン検出器として次のように機能する。入射イオンと画素電極表面との相互作用の結果、二次電子や二次イオン等の荷電粒子が放出され、画素電極は電氣的に帯電する。この帯電の程度は入射イオン数に比例し、そのキャリアが画素電極に接続されている画素キャパシタに蓄積されていく。蓄積した電荷量は、画素キャパシタの電気容量および画素電極と配線の持つ浮遊電気容量に反比例して読み出しトランジスタのゲートに印可される電位を変える。その電位に応じて増幅された電流は、素子内部で電圧変換されて出力される。蓄積した電子 1 個あたりの出力電圧の変動幅が大きいほど信号-ノイズ比は高くなり、これを変換ゲインと呼ぶ。現行の SCAPS の画素キャパシタ容量は約 14 fF であり、見積もられた変換ゲインは約 9 マイクロボルト/電子である。現在我々は、画素キャパシタの電気容量を 4 fF 以下に抑えることで変換ゲインの向上を図った、新しい二次元イオン検出器 SCAPS-II を開発している。

試作した SCAPS-II の画素サイズは 7 ミクロン四方であり、504x504 個の画素が二次元的に配置されている。列ごとに積分演算回路と振幅抑圧演算回路を設けた読み出し方式を取っている。積分演算回路は、信号を多重サンプリングして積分することにより読み出しランダムノイズを低減する。振幅抑圧演算回路は、飽和点近くまで電荷が蓄積した画素を自動的に基準電圧まで放電し、その回数をカウントしておくことで広いダイナミックレンジを確保する。また、出力信号を上下 2 線から読み出すことで、読み出し速度が 2 倍高速になる。真空チャンバは、121 ピンハーメチックシール、超高真空仕様素子ソケットおよび液体窒素デューワーとコールドフィンガーからなる素子冷却ユニットで構成される。読み出しには、モジュール式の PXI 工業規格を採用したシステムを用いた。

積分演算機能は、積分回数の増加に伴い統計に従い読み出しノイズが低減することが確認できた。変換ゲインは、熱雑音による画素キャパシタへのキャリアの移動量と出力信号の変位から約 29 マイクロボルト/電子と見積もることができた。現行の SCAPS に比べ約 3 倍の感度の向上がみられた。