

【目的】脳機能イメージングにおいて脳活動に伴う血量変化の計測や電位感受性色素を用いた神経活動計測では、信号変化量が微弱であり高い信号対雑音比（Signal-to-Noise Ratio : SNR）が要求される。これに対し、我々は画素寸法が小さく、脳表に搭載可能な小型の自己リセット画素搭載イメージセンサを用いて高い信号対雑音比を実現することを提案した。この手法では、画素が飽和する前にリセットをする回路を画素内に搭載し、画素飽和を回避する。従来の自己リセット型イメージセンサの課題として、線形性の低さと自己リセット回数の境界での信号対雑音比の低下があった。本研究では、画素構造を見直して画素出力の線形性を改善するとともに、2回読み出しを可能とした自己リセット型イメージセンサを試作し、撮像領域全体で0.1%の変化を検出可能とすることを目的とした。

【方法】CMOS（Complementary Metal Oxide Semiconductor：相補型金属酸化膜半導体）イメージセンサの特徴として、画素信号を異なるタイミングで複数回読み出すことができる非破壊読み出しがある。この特徴を用いて、同一画素をわずかに異なる露光時間で2回読み出す。自己リセットイメージセンサの場合は、得られる2枚の画像では自己リセット境界が異なる画像となる。本研究では、これを実現可能な小型の自己リセット型イメージセンサを設計・試作した。イメージセンサの画素寸法は $15\mu\text{m}$ 角、画素数は 128×128 である。全体の寸法 $2.07\text{mm}\times 2.75\text{mm}$ であり、マウス等の頭部にも搭載できる大きさとなっている。個々の画素の特性を評価するため、信号対雑音比の照射光強度に対する変化を計測した。また、試作したイメージセンサを用いて、撮像実験を行った。実際に得られた露光時間の異なる2枚の画像を組み合わせ、自己リセット境界付近の不正確な値を除外した合成画像を生成することで、撮像範囲全体で雑音成分の少ない画像の生成を試みた。

【結果】試作したイメージセンサの特性を評価し、2回読み出しにより露光時間の異なる2枚の画像が得られることを実証した。画素の特性評価では、撮像領域の中央および4角付近のいずれにおいても高い信号対雑音比を達成できることを確認し、先の画像合成と組み合わせることによって撮像領域全体で0.1%の微弱な変化を検出できる性能があることを実証した。また、得られた2枚の画像を合成することによって、自己リセット境界付近の雑音の大きい領域を排除する手法を開発した。これを用いることで、画像全体で高い信号対雑音比の出力が得られる見通しを得た。

試作イメージセンサの外観と信号対雑音比測定結果

